Aufgabenkultur vor dem Hintergrund von Computereinsatz und Bildungsstandards

Eine empirische Studie über Auswirkungen des Computereinsatzes auf die Bearbeitung von Aufgaben im Mathematikunterricht

Von der Philosophischen Fakultät
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des Grades

Doktor der Philosophie

Dr. phil.

genehmigte Dissertation
von

Dirk Tönnies

geboren am 10.12.1975, in Haselünne

2013

Referent: Prof. Dr. Thomas Bedürftig
Korreferent: Prof. Dr. Klaus Hasemann
Tag der mündlichen Prüfung: 21. November 2012

Zusammenfassung

Die zentralen Fragen der vorliegende Studie waren: „Wie weit erfüllte der Mathematikunterricht die Ansprüche der Bildungsstandards vor ihrer offiziellen Einführung?“ und „Hatte der Computereinsatz im Unterricht Effekte auf die ‚Kultur‘ der Aufgaben?“

Unterricht ist vielschichtig und die Erfassung und Auswertung aller während des Unterrichts ablaufenden Prozesse ist nicht möglich. Ein zentrales Element des Mathematikunterrichts allerdings sind die dort gestellten Aufgaben. Deswegen wurden zur Beantwortung der Fragen die Analyse der Aufgaben in den Mittelpunkt der Untersuchungen gestellt. Es ging dabei nicht allein um die Aufgabenstellungen, sondern auch um die Art der Bearbeitung, um das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler und um die Einbettung der Lösungen in den gesamten Unterricht. Zur Erfassung der Aufgaben wurde eine Klassifikation entwickelt, die sich an den Bildungsstandards für Mathematik orientiert.

Die Aufgabenklassifikation erlaubt, im Unterricht gestellte und bearbeitete Aufgaben zu bewerten. Die Daten der Studie stammen aus 99 Unterrichtsstunden an zwei Gymnasien, zwei Realschulen und drei Hauptschulen in Niedersachsen, die auf Video aufgezeichnet wurden. Die beteiligten Klassen hatten an einem Notebookprojekt „1000mal1000“ von „N-21“ teilgenommen. Alle Schülerinnen und Schüler in den Klassen verfügten über ein eigenes Notebook im Unterricht. Im Unterricht wurden 144 Aufgaben mit Computereinsatz und 594 Aufgaben ohne Computereinsatz bearbeitet. Das ermöglichte einen Vergleich der Aufgaben nach ihrem Niveau und Aussagen über den Effekt des Einsatzes der Notebooks auf das Niveau.

Von den Leitideen in den Bildungsstandards fehlte allein die Idee „Daten und Zufall“ im damaligen Unterricht. Durch Einführung der Kerncurricula wird diese Leitidee mittlerweile in allen drei untersuchten Schulformen berücksichtigt. Die prozessbezogenen Kompetenzen konnten dagegen schon damals vollständig im Unterricht beobachtet werden. Die Auswertung der Daten aber zeigte deutlich, dass die gestellten Aufgaben von den Schülerinnen und Schüler überwiegend nur reproduzierende Tätigkeiten verlangten. Diese Ausrichtung des Unterrichts war in allen drei Schulformen zu beobachten. Aufgaben aus dem Anforderungsbereich drei „Verallgemeinern und Reflektieren“ der Bil-

dungsstandards waren so gut wie nicht vertreten. Dass von den Schülerinnen und Schüler nur sehr selten selbstständig komplexe Aufgaben zu bearbeiten waren, machte eine Grundausrichtung des Unterrichts deutlich, die den Ansprüchen der Bildungsstandards im Wege stand. Dies kann als wesentlicher Grund dafür angenommen werden, dass der Computereinsatz im Unterricht keine positiven Effekte zeigte. In einem eng geführten Unterricht, wie er in den vielen Klassen und Unterrichtsstunden beobachtet wurde, veränderte der Einsatz des Computers das Niveau der Aufgaben und der Bearbeitungen nicht. Es gab vielmehr einen negativen Effekt: Der Einsatz des Computers verlängerte die Bearbeitung der gestellten Aufgaben merklich und reduzierte so die Schülerübungen.

Im Fazit der Studie werden die aus den Untersuchungen gewonnen Erkenntnisse den Beobachtungen und Erfahrungen gegenübergestellt, die der Autor als Fachmoderator für Mathematik in Niedersachsen machte. Hier wird aufgezeigt, dass für die vollständige Umsetzung der Bildungsstandards und einen gewinnbringenden Einsatz von Notebooks im Unterricht eine Veränderung der Unterrichtskultur und der Unterrichtsstruktur notwendig ist. Diese Veränderungen setzen zudem eine Teamarbeit von Lehrerinnen und Lehrer voraus. Solange die Kolleginnen und Kollegen als „Einzelkämpfer“ ihren jeweiligen Unterricht vorbereiten und durchführen, wie es überwiegend der Fall ist, werden grundlegende Veränderungen im Unterricht nicht erreicht werden können.

Durch die vorliegende Studie wurde ein zurückliegender Iststand erhoben, der es ermöglicht, die Entwicklung und Veränderung des Unterrichts nach der Umsetzung der Bildungsstandards durch die Kerncurricula in Niedersachsen zu erfassen. Eine Grundlage für eine Evaluation der Bildungsstandards wurde gelegt.

Schlagwörter

Bildungsstandards für den Mathematikunterricht, Aufgaben,
Computernutzung im Unterricht

Abstract

The central questions of this study were: “In how far did the mathematics classes met the requirements of the educational standard before its official introduction?“ and “Did the use of computers in the classroom affect the ’culture of the tasks’?“

All lessons are complex and multi-layered so that the compilation and evaluation of all processes occurring during a lesson is impossible. One central element of mathematic classes is the tasks given by the teacher. Therefore the main focus in order to answer the central questions of the study lay in the analysis of the tasks. In addition to the analysis of the setting of the task, the way of solving the tasks and the prior knowledge of the pupils as well as the integration of the solutions within the lesson is also analysed. For compiling the different tasks, a classification was needed to be developed that is conforming to the educational standards of mathematics.

The classification of tasks enables to evaluate the tasks given and worked on in class. The present data of the study is taken from 99 videotaped mathematic lessons at two Gymnasien, two Realschulen and three Hauptschulen, i.e. three different levels of secondary school, in Lower Saxony. The involved forms participated in a notebook-project 1000mal1000 by N-21. All pupils possess own notebook in school. There were a total of 144 tasks solved with the use of computers and 594 tasks solved without computers. This enables comparisons of the tasks in terms of their level and furthermore enables statements on the effect of the use of notebooks on the level of the tasks.

In the classes of this study only the central theme of Data and Chances was not yet represented. The recently introduced curriculum standards includes this central theme so that Data and Chances is regarded on all three investigated levels of schools by now. In contrast to this, process-oriented competences could already be seen at the time of the study. However, the evaluation of the data clearly showed that most tasks required only reproduction by the pupils. This orientation in class could be seen on all three types of schools. Thus, tasks from the applied performance standard (Anforderungsbereich III) „Generalising and Reflecting“ from the educational standard were rarely used. The fact that the pupils rarely solved complex tasks independently showed an orientation in class that did not meet the requirements of the educational standards. This can be seen as significant reason why the use of computers did not show any positive effects. In narrow-leaded classes, as could be seen in many cases, the use of computers did not change the level of the tasks or their processing. It rather showed negative effects: The use of computers even extended the time of work done on the tasks and reduced the pupils own working on the tasks.

In the conclusion the findings of the analysis are contrasted to the observations and experiences that the author has made during his position as Fachmoderator (facilitator) of mathematics in Lower Saxony. It will be demonstrated that it is necessary to change the structure and the culture of classes in order to implement the educational standards and to achieve a successful use of notebooks. These changes require the teachers to work together. As long as teachers prepare and execute their classes on their own as „lone fighters“ as it is usual in most cases, there cannot be essential changes.

The present study compiled an already past state of current state that enables to show the development and the changes in classes after the introduction of the educational standards in Lower Saxony. A basis for an evaluation of the educational standards is made.

Keywords

mathematical task, educational standards, laptop

Vorwort

Die Umsetzung der Bildungsstandards im alltäglichen Unterricht ist auch fast zehn Jahre nach ihrer Verabschiedung durch die Kultusministerkonferenz nicht beendet. Dass die Vorgabe einer neuen didaktischen Ausrichtung nicht per se den konkreten Unterricht verändert, zeigte sich bei der ersten Einführung der Bildungsstandards durch Kerncurriula in Niedersachsen deutlich. Zur Zeit wird gerade mit der Überarbeitung dieser Kencurriula begonnen. In der vorliegenden Studie wird untersucht, wie im Unterricht vor ihrer Einführung bereits die geforderten Leitideen und Kompetenzen der Bildungsstandards umgesetzt wurden.

Es soll aufgezeigt werden, welche Veränderungen im Unterricht noch notwendig sind, und welche Bereiche bereits die Anforderungen der Bildungsstandards erfüllen. Die Auswirkungen der Einführung der Bildungsstandards bis zum jetzigen Zeitpunkt können nur nachfolgende Studien beschreiben.

Neben diesen allgemeinen Fragen im Umfeld der Bildungsstandards werden in der vorliegenden Arbeit Auswirkungen studiert, die schülereigene Notebooks auf Aufgabenstellungen, Unterricht und Schülerkompetenzen haben. Hierzu wurden Aufgaben im Unterricht mit und ohne Computernutzung erfasst und Unterschiede in den Aufgabenstellungen und Bearbeitungen analysiert.

Die Grundlage dieser Untersuchungen bildet eine Aufgabenklassifikation, mit deren Hilfe versucht wurde, unterschiedliche Unterrichtssituationen miteinander zu vergleichen und die Komplexität der gestellten Aufgaben zu messen. Die Klassifikation der Aufgaben bezieht sich direkt auf die Aspekte in den Bildungsstandards und lässt so unmittelbare Rückschlüsse auf deren Umsetzung im Unterricht zu.

Mein Dank gilt den Schülerinnen und Schülern und den 27 Kolleginnen und Kollegen der am Notebookprojket „1000mal1000“ beteiligten Schulen. Ohne ihre Offenheit und Bereitschaft ihre Arbeit in den Schule untersuchen zu lassen, wäre diese Studie nicht möglich gewesen. Ich möchte mich auch für die großzügige Unterstützung von „n - 21: Schulen in Niedersachsen e. V.“ bedanken. Auch die 37 Gesamtschulen, die sich mit über 2000 Schülerinnen und Schülern an der Schülerbefragung beteiligt haben, hatten einen großen Anteil am Gelingen dieser Arbeit.

Die Arbeit wäre nicht entstanden ohne die unermüdliche Unterstützung von Herrn Prof. Dr. Thomas Bedürftig, der mir jederzeit mit wertvollen Hinweisen und Anregungen zur Seite stand. Hierfür möchte ich mich ganz herzlich bei ihm bedanken.

Außerdem gilt mein Dank den Kolleginnen und Kollegen vom Institut für Didaktik der Mathematik und Physik der Leibniz Universität Hannover. In vielen Gesprächsrunden und Kolloquien wurden mir wertvolle Hinweise und Tipps für meine Arbeit gegeben. Hierbei sei besonders Herr Prof. Dr. Hasemann erwähnt, der durch seine umfangreiche Erfahrung immer wieder wichtige Ideen eingebracht hat. Auch bei Herrn Prof. Dr. Wippermann, der sich lange Zeit als mein zweiter Doktorvater aktiv am Entstehen der Arbeit beteiligt hat, möchte ich mich bedanken.

Für die Auswertung der Schülerbefragen hat mich die Ursula-Viet-Stiftung finanziell unterstützt. Ohne diese Unterstützung wäre die Auswertung der Fragebögen kaum leistbar gewesen. Auch hierfür meinen herzlichen Dank.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Freunden und meinen Eltern bedanken. Sie haben viel Verständnis für meine Arbeit aufgebracht und wurden nicht müde, sich meine Probleme anzuhören und mir mit wichtigen Ideen zu helfen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Die **Bildungsstandards** (KMK, 2003a,b) wurden 2003 von der Kultusministerkonferenz (KMK) verabschiedet. In diesen Standards wurden die bisherigen mathematischen Inhalte, die themen- und unterrichtsbezogen strukturiert waren, in der Schule unter fünf Leitideen neu geordnet und zum Teil ergänzt.

Die *Leitideen* sind:

- Zahl
- Messen
- Raum und Form
- Funktionaler Zusammenhang
- Daten und Zufall (KMK, 2003b, S. 9)

Diesen Leitideen wurden sechs allgemeine mathematische *Kompetenzen* an die Seite gestellt:

- Mathematisch argumentieren
- Probleme mathematisch lösen
- Mathematisch modellieren
- Mathematische Darstellungen verwenden
- Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen
- Kommunizieren (KMK, 2003b, S. 7)

Zum Lösen der im Unterricht behandelten Aufgaben sind diese Kompetenzen notwendig. Aufgaben können hierbei aus drei verschiedenen *Anforderungsbereichen* gestellt werden:

I: Reproduzieren

II: Zusammenhänge herstellen

III: Verallgemeinern und Reflektieren (KMK, 2003b, S. 13)

Insgesamt wurde hierdurch die bisherige Lernzielorientierung aufgehoben und eine Ergebnisorientierung eingeführt. Eine genauere Beschreibung der Bildungsstandards erfolgt in Kapitel 5.4.

Der **Computer** ist aus unserem Alltag und auch aus der Schule nicht mehr wegzudenken. Die technische Ausstattung der Schulen wird kontinuierlich besser. Besonders der vom Kultusministerium unterstütze Verein „n-21: Schulen in Niedersachsen online e.V.“ engagiert sich seit Jahren in diesem Bereich. Seit 2003 wird verstärkt die Ausstattung von Klassen mit Notebooks unterstützt. In diesen „Notebookklassen“ (wie sie im Folgenden genannt werden) steht jeder Schülerin/jedem Schüler ständig ein Notebook zur Verfügung. Die Geräte werden meistens von den Eltern bezahlt, können daher auch zu Hause genutzt werden. Auf diese Weise wird die Abhängigkeit von Computerräumen vermieden, somit ist ein schneller Zugriff auf den Computer im Unterricht und zu Hause möglich. Um die im folgenden Kapitel formulierten Hypothesen zu überprüfen, wurden ein Jahr lang sieben am Notebookprojekt beteiligte Schulen begleitet. Insgesamt wurde der Unterricht von 99 Mathematikstunden mit und ohne Notebookeinsatz analysiert. Am Projekt waren drei Hauptschulen, zwei Realschulen und zwei Gymnasien beteiligt. Welche Veränderungen sich für den Mathematikunterricht durch diese neuen technischen Möglichkeiten ergaben, wird im Folgenden ausgeführt. Eine ausführliche Beschreibung des Notebookprojektes und ein Überblick über die Forschungslage wird in Kapitel 6 vorgenommen.

Neben der Analyse des Notebookeinsatzes im Unterricht erfolgt eine Analyse der Auswirkungen der privaten Computernutzung auf Testleistungen von Schülerinnen und Schülern. In dieser zweiten getrennten Untersuchung werden mögliche Einflüsse des Computers auf die Leistungen im Unterricht ermittelt. Um diese Frage zu untersuchen war eine komplett neue Datenerhebung notwendig. Hierzu wurde eine Fragebogenumfrage an niedersächsischen Gesamtschulen durchgeführt. Der Fragebogen richtete sich an die Schülerinnen und Schüler, die an freiwilligen Vergleichstests in Klasse 9 teilnahmen. Diese Vergleichstests dienten der Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler sowie der Schulen, sich auf die neu eingeführten zentralen Abschlussarbeiten in Klasse 10 vorzubereiten. Zusammen mit zwei Lehrerteams wurden insgesamt drei Vergleichstests, je einer für die Integrierte Gesamtschule (IGS) und für den Gymnasial- und Realschulzweig der Kooperativen Gesamtschule (KGS) entwickelt. An dieser Untersuchung haben über 2000 Schülerinnen und Schüler teilgenommen. Da diese zweite Untersuchung zwar die Aufgabenklassifikation aus der ersten Untersuchung nutzt, aber ansonsten vollkommen eigenständig ist, wird diese getrennte Untersuchung in einem eigenen Kapitel beschrieben. Im Kapitel 8 werden die Forschungsfragen für diesen Teil formuliert.

Die Kapitel 2 bis 7 beschäftigen sich mit der ersten Untersuchung. Die Datenerhebung wurde von 2003 bis 2004 durchgeführt. 2003 sind die Bildungsstandards von der KMK veröffentlicht worden, waren allerdings in Niedersachsen noch nicht in Kerncurricula überführt. Es wird also der Stand der Schulen unmittelbar vor der Neustrukturierung der Lehrpläne erfasst. Als allgemeine Leitfrage wird untersucht, welche Aspekte der Bildungsstandards zu diesem Zeitpunkt schon im Unterricht realisiert sind. Sie kann als Basis dienen für eine Untersuchung, die den jetzigen Stand fünf Jahre nach der Einführung der Bildungsstandards in Niedersachsen erhebt. Im Ausblick (Kapitel 9) werden weitere Anknüpfungspunkte der Studie aufgezeigt.

Die Stellung und Bearbeitung von **Aufgaben** standen und stehen weiterhin im Mittelpunkt des Unterrichts. Aufgaben sind daher das zentrale und verbindende Element der gesamten Studie. Die im Unterricht eingesetzten Aufgaben lassen viele Rückschlüsse auf den Unterricht insgesamt zu. Besonders für den Mathematikunterricht sind die gestellten Aufgaben sinntragend für die behandelten Inhalte und angesprochenen Kompetenzen. In Tests wird durch die gestellten Aufgaben überprüft, ob die Schülerinnen und Schüler die Ziele des Unterrichts erreicht haben. Um überhaupt Aufgaben, die im Unterricht der hospitierten Klassen gestellt werden, differenziert erfassen zu können, wird in Kapitel 4 geklärt, was unter einer „Aufgabe“ verstanden werden soll und wie einzelne Aufgaben voneinander abgegrenzt werden können. Aus diesen Gründen fiel die Entscheidung auf eine Analyse der Aufgaben und nicht für eines der Analysesysteme von Unterricht (vgl. Clausen u. a., 2003; Hosenfeld u. a., 2007), die mit zeitlich kleinen Bewertungsrastern arbeiten und hierdurch stärker eine fachübergreifende Perspektive auf den Unterricht einnehmen.

Um mögliche Veränderungen im Unterricht mit Notebookeinsatz deutlich zu machen und die Umsetzung der Bildungsstandards im Unterricht zu erfassen, werden vor dem Hintergrund einer Klassifikation die Aufgaben in den beobachteten Unterrichtsstunden analysiert. In Kapitel 3 wird zunächst ein Überblick über die bereits vorliegenden Klassifikationen gegeben und im Kapitel 5 eine eigene Aufgabenklassifikation für diese Studie erarbeitet. Die Auswertung der ersten Datenerhebung zum Notebookeinsatz sowie den Bildungsstandards erfolgt in Kapitel 7.

2 Forschungsfragen

In dieser Studie werden die folgenden Fragen untersucht:

- In wieweit wurden die Bildungsstandards vor der offiziellen Einführung im Mathematikunterricht umgesetzt?
- Welche Auswirkungen hat der Einsatz des Computers im Mathematikunterricht auf die Stellung und Bearbeitung von Aufgaben?
- Hilft der Einsatz des Computers im Unterricht die Anforderungen der Bildungsstandards zu erfüllen?
  D. h.: Hat der Einsatz des Computers im Unterricht Einfluss auf die Niveaustufen der Aufgaben und Problemstellungen, die nach den Bildungsstandards berücksichtigt werden sollen?

2.1 Bildungsstandards

Die Bildungsstandards wurden 2003 von der Kultusministerkonferenz (KMK, 2003a,b, 2004b,c) in Deutschland eingeführt und sollten von den Ländern zu Beginn des Schuljahres 2004/2005 als Grundlage für Curricula genommen werden. Die Bildungsstandards beschreiben die *„erwarteten Lernergebnisse“* (KMK, 2003b, S. 3). Die bisherige Lernzielorientierung wurde zugunsten der Ergebnisorientierung aufgegeben. Durch die genaue Ausweisung von Kompetenzen werden die zentralen Inhalte beschrieben, die die Schülerinnen und Schüler am Ende der jeweiligen Klassenstufe erworben haben sollen. Hierdurch sollte ein System zur Qualitätssicherung geschaffen werden. Die Bildungsstandards sind so formuliert, dass der Erwerb der einzelnen Kompetenzen überprüft werden kann. Durch die Übersetzung der einzelnen Kompetenzen in Aufgaben wird zum einen eine Grundlage für die Entwicklung von Unterrichtsmaterial gelegt, zum anderen eine Möglichkeit, den Erfolg des Unterrichts zu messen, geschaffen (vgl. Walther u. a., 2011a, S. 10f). Die Bildungsstandards für Mathematik sind in Leitideen und Kompetenzen unterteilt. Diese Leitideen beschreiben die zentralen mathematischen Inhalte. Hierbei soll der vernetze Charakter der Mathematik hervorgehoben und die Abgrenzung der traditionellen curricularen Teilgebiete aufgehoben werden (vgl. OECD, 2000, S. 54).

Durch die allgemeinen mathematischen Kompetenzen werden *„zentrale Aspekte des mathematischen Arbeitens"* (Blum, 2006, S. 20) erfasst. Diese Kompetenzen hatten auch vorher schon eine große Relevanz für den Unterricht. Der Stellenwert der Kompetenzen in den Bildungsstandards ist allerdings umfangreicher verankert, so wurde z. B. 1989 auch in den Rahmenrichtlinen des Gymnasiums die Kompetenz „Problemlösen" gefordert: *„Im Mathematikunterricht sollen dazu Situationen geschaffen werden, in denen die Lernenden problemlösend, abstrahierend, begriffsbildend und konstruktiv tätig werden [...]"* (Niedersächsisches Kultusministerium, 1989a, S. 5).

Diese Forderung wurde aber nur in einem allgemein einleitenden Text erwähnt. In den Bildungsstandards werden jetzt die Kompetenzen ausführlich formuliert und getrennt vom mathematischen Inhalt, den Leitideen, beschrieben.

Die einzelnen Kompetenzen unterteilen sich in drei Anforderungsbereiche. Hierdurch können Aufgaben hinsichtlich ihrer *„Angemessenheit, Qualität und Komplexität"* (Walther u. a., 2011b, S. 21) in Bezug auf die jeweiligen Schülerinnen und Schüler als auch auf die zu erbringenden kognitive Leistungen eingeteilt werden. Diese Einteilung hängt außerdem vom jeweiligen Unterricht selbst ab, daher ist es für eine Aufgabe nicht immer eindeutig vorzunehmen.

Die Entwicklung der Kompetenzen *„hängt nicht nur davon ab, **welche** Inhalte unterrichtet wurden, sondern in mindestens gleichem Maße davon, **wie** sie unterrichtet wurden, d. h. in welchem Maße den Kindern Gelegenheit gegeben wurde, selbst Probleme zu lösen, über Mathematik zu kommunizieren usw. [Hervorhebungen wie im Original]* (KMK, 2004c, S. 6). Damit die Schülerinnen und Schüler diese Kompetenzen erreichen, genügt es also nicht, die jeweiligen Aufgaben im Unterricht zu behandeln. Es muss auch eine aktive Auseinandersetzung mit den Aufgaben durch die Schülerinnen und Schüler erfolgen. Hierbei kann die Lehrkraft nur unterstützend tätig werden. Die Bildungsstandards sollen für die Entwicklung eines solchen Unterrichts einen Beitrag leisten. Die Lehrerinnen und Lehrer sollen aus ihnen Anregungen zur Unterrichtsgestaltung und zur Weiterentwicklung der Unterrichtskultur entnehmen (vgl. Walther u. a., 2011b, S. 25).

In dieser Studie wird untersucht, inwieweit die Forderungen der Bildungsstandards bereits **vor** ihrer Einführung in Niedersachsen im Unterricht umgesetzt wurden.[1]

Um diese Frage untersuchen zu können, werden vier Hypothesen aufgestellt. Durch die Verifizierung oder Falsifizierung dieser Hypothesen ist ein Rückschluss auf die Beantwortung dieser allgemeinen Frage möglich.

Hypothesen

In diesen Hypothesen wird der durch die Bildungsstandards angestrebte Sollzustand vor der Einführung der Kerncurricula in Niedersachsen angenommen. Diese Maßnahme ermöglicht es, die Diskrepanz bzw. die „Länge des Wegs“ zur Umsetzung der Kerncurricula in Niedersachsen abzuschätzen.

1. Alle Leitideen wurden im Unterricht behandelt.
2. Alle Kompetenzbereiche wurden im Unterricht berücksichtigt.
3. Die im Unterricht eingesetzten Aufgaben beschränken sich fast ausschließlich auf die Kompetenz „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“(KMK, 2003a).
4. Die in den Bildungsstandards beschriebenen drei Anforderungsbereiche „Reproduzieren“, „Zusammenhänge herstellen“ und „Verallgemeinern und Reflektieren“ werden im Unterricht angemessen berücksichtigt. Aus dem Anforderungsbereich

[1] Eine ausführliche Beschreibung der Bildungsstandards und einen Einblick in die Diskussion erfolgt in Kapitel 5.4.

„Zusammenhänge herstellen“ stammen 40 %, aus dem Anforderungsbereich „Verallgemeinern und Reflektieren“ 10 % der Aufgaben im Unterricht.

Die in der vierten Hypothese aufgestellten Prozentsätze lassen sich z. T. aus den Kerncurricula ableiten. *„..., wobei der Schwerpunkt im Anforderungsbereich „Zusammenhänge herstellen“ liegt“* (Niedersächsisches Kultusministerium, 2006a, S. 40). Außerdem wird der Bereich der Note „sehr gut“ in Klassenarbeiten meistens mit 12,5 % ausgewiesen. Somit sollten auch in den Arbeiten mindetens 12,5 % der Punkte mit Aufgaben aus dem höchsten Anforderungsbereich erworben werden können. Da sich die Studie nicht auf Klassenarbeiten sondern auf den Unterricht stützt, wurden die Prozentsätze etwas kleiner gewählt. Diese Werte bilden also eher eine Abschätzung nach unten und geben keinen Hinweis auf einen guten Unterricht.

Wenn sich diese Hypothesen bestätigen, kann davon ausgegangen werden, dass die Bildungsstandards in zentralen Bereichen bereits im Unterricht erfüllt werden.

Um das komplexe System „Unterricht“ messbar zu machen und die Hypothesen zu überprüfen, werden in dieser Studie die im Mathematikunterricht eingesetzten Aufgaben analysiert. Aufgaben und Problemstellungen bestimmen sehr stark den Mathematikunterricht. Selbstverständlich kann eine Studie dieser Art nicht den Lernprozess der einzelnen Schülerin oder des Schülers erfassen. Es wird aber möglich, anhand der Beobachtung, die sich auf die Aufgabenstellung konzentriert, etwas über die im Unterricht behandelten Inhalte, Niveaus und Kompetenzen auszusagen.

2.2 Computereinsatz in Notebookklassen

„Das Arbeiten mit neuen Technologien ist fast zwangsläufig ein individualisierter Unterricht, in dem Partnerarbeit und Teamarbeit eine wichtige Rolle spielen. Der Umgang mit neuen Technologien entlastet von schematischen kalkülhaften Rechnungen und gibt Zeit und Raum für kreative Überlegungen und alternative Lösungsmöglichkeiten. Der Einsatz neuer Technologien bringt nicht die Lösung der Schulprobleme, aber der Computereinsatz kann zu einem Katalysator für eine neue Unterrichtskultur werden“ (Reiss und Weigand, 2001, S. 3).

In dieser Studie werden zwei Bereiche des Computereinsatzes untersucht. Einmal werden die Auswirkungen von Notebookklassen auf den Mathematikunterricht untersucht und in einer zweiten Erhebung werden mögliche Zusammenhänge zwischen der privaten Computernutzung und den Mathematikleistungen ermittelt. Zur Untersuchung dieser beiden Bereiche waren zwei Datenerhebungen notwendig. Um einen besseren Zusammenhang zur Beschreibung der Datenerhebung und Auswertung der Hypothesen zu haben, erfolgt die Beschreibung der Forschungsfragen zum zweiten Bereich in Kapitel 8. Im Folgenden werden nur die Forschungsfragen zum Computereinsatz in Notebookklassen thematisiert.

In Deutschland sind immer mehr Schülerinnen und Schüler mit Notebooks ausgerüstet. Bei vielen Projekten gibt es die stille Hoffnung, dass vereinfacht gesagt der Einsatz von Technik wie Computer die Probleme des Unterrichts, ja des Bildungssystems löst. So werden z. B. eine Verbesserung der Problemlösefähigkeiten, eine stärkere Differenzierung, mehr Motivation und *„selbstgesteuertes und kooperatives Arbeiten und Lernen“* (n-21, 2001, S. 1) mit dem Notebookeinsatz verbunden. Was kann von diesen Zielen in der Schulwirklichkeit überhaupt erreicht werden? So nehmen nach Lowther u. a. (2003) die Problemlösefähigkeiten in Notebookklassen im Vergleich zu Klassen mit wenigen festinstallierten Computern zu. Andere Studien sehen den Nutzen von Notebooks im Mathematikunterricht als eher gering an (Stevenson, 2001). Einen signifikant größeren Lernzuwachs allein durch den Einsatz von tragbaren Computern im Unterricht zu erwarten hieße, den Computereinsatz als eine Art Allheilmittel zu sehen, das er nicht sein kann. Kann durch den Notebookeinsatz aber ein Umdenken in der Art und Weise, wie Unterricht erteilt wird, angestoßen werden? Müssen sich die Lehrerinnen und Lehrer z. B. durch das neue Medium über neue Konzepte des Unterrichts Gedanken machen, weil moderne Programme viele Routinetätigkeiten im Mathematikunterricht übernehmen können? Hilft somit der Computer doch, die Anforderungen der Bildungsstandards zu erfüllen?

Alle diese Fragen lassen sich in einer Studie nicht vollständig beantworten. Durch die Analyse der im Unterricht eingesetzten Aufgaben kann aber ein Beitrag zur Beantwortung geleistet werden. Sollte durch den Einsatz von Notebooks im Unterricht eine Veränderung des Unterricht, d. h. eine Verschiebung weg vom reinen Abarbeiten von Algorithmen und Anwenden von Techniken hin zu einer stärkeren Auseinandersetzung mit der Mathematik und zu einem problemorientieren Unterricht erfolgen, dann müssten folgende Hypothesen zutreffen:

Hypothesen

5. Beim Notebookeinsatz werden vermehrt Aufgaben aus folgenden Kompetenzbereichen behandelt:
   a) „Mathematisch modellieren“
   b) „Probleme mathematisch lösen“
   c) „Argumentieren und kommunizieren“
6. Beim Einsatz des Notebooks im Unterricht werden bevorzugt Aufgaben aus den Anforderungsbereichen „Zusammenhänge herstellen“ und „Verallgemeinern und Reflektieren“ gestellt.
7. Im Unterricht ohne Notebooks wird überwiegend in Einzelarbeit gearbeitet. Beim Unterricht mit Notebooks steigt der Anteil der Partnerarbeit und Gruppenarbeit.
8. Durch den Einsatz von Notebooks im Unterricht können die Schülerinnen und Schüler vielfältige Hilfestellungen unabhängig von der Lehrkraft nutzen. Dadurch verändert sich der Unterricht und die Lehrkraft nimmt stärker eine moderierende Position ein.

Diese Hypothesen werden auf der Grundlage der erhobenen Daten in den Notebookklassen untersucht. Hierzu werden die Aufgaben, die unter Verwendung des Computers bearbeitet wurden, mit den Aufgaben verglichen, die ohne Hilfe des Computer bearbeitet wurden. Eine genaue Beschreibung der Untersuchung wird in Kapitel 7.10 vorgenommen.

3 Bestehende Aufgabenklassifikationen

„Ist die Klassenarbeit schwer?“ und „Was ist die schwerste Aufgabe?“ sind Fragen, die häufig von Schülerinnen und Schülern vor oder während Klassenarbeiten gestellt werden. Das Lösen von Aufgaben bildet in Tests die Grundlage, um den Lernerfolg zu messen. Wie kann jedoch die Frage nach der „schwersten Aufgabe“ überhaupt beantwortet werden? Was heißt eigentlich „schwer“ in diesem Zusammenhang? Die Schülerinnen und Schüler verstehen zunächst unter „schwer“ eine neue oder unbekannte Aufgabe. Hier ist die individuelle Ebene angesprochen: Kann bei dem derzeitigen Wissenstand die Aufgabe ohne großes Nachdenken gelöst werden? Die Schülerfrage lässt sich also nur für den Leistungsstand der einzelnen Schülerin/des einzelnen Schülers beantworten.

Wie weit aber ist es möglich, allgemein etwas über Aufgaben auszusagen? Die Lehrkraft hat bei der Konzeption einer Klassenarbeit die gesamte Klasse im Blick und stellt hierfür Aufgaben zusammen. Diese Aufgaben sollen den Leistungsstand der Klasse messen. Hierbei wird u. a. berücksichtigt, welche Inhalte in welchem Umfang im Unterricht behandelt wurden. Hierbei spielt eine subjektive Empfindung der Lehrkraft eine Rolle, welche Leistungen für die einzelnen Noten erbracht werden müssen. Diese subjektive Einteilung der Leistungen erfolgt auf der Grundlage der eigenen Erfahrungen. Dies führt dazu, dass es große Unterschiede in der Benotung von Leistungen gibt.

Die Aufgaben bestimmen zu einem großen Teil den Unterricht. So ist die Benotung von Leistungen eng an die Lösung von Aufgaben gebunden. Durch die Aufgaben werden die Inhalte des Unterrichts bestimmt. Um eine Aussage über die „Schwierigkeit“ von

Aufgaben zu machen, ist es wichtig möglichst viel über die Aufgabe selbst in Erfahrung zu bringen. Hierfür müssen Kategorien entwickelt werden, die es erlauben Aufgaben zu vergleichen und so Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu erkennen. Bevor allerdings Aufgaben analysiert werden können, muss erst die Frage beantwortet werden, was überhaupt eine „Aufgabe“ ist und wie diese Aufgabe sich zu anderen Aufgaben abgrenzt.

Im Folgenden wird ein Überblick über bereits bestehende Aufgabenklassifikationen gegeben. Diese Klassifikationen dienen als Grundlage für die weiteren Überlegungen.

3.1 Bloom

Aus der Bloomschen Lernzieltaxonomie (Bloom, 1956) wurde von Manheim (1961) eine der ersten Klassifikationen von Mathematikaufgaben entwickelt. Die Bloomsche Taxonomie dient der Lernzielbeschreibung und Überprüfung von Lernzielen. Die Taxonomie ist hierarchisch aufgebaut. Bei jeder Kategorie wird angenommen, dass komplexere oder abstraktere Denkebenen als in den vorhergehenden notwendig sind.

Lernziele im kognitiven Bereich:

1. knowledge (Wissen)

   Auf dieser Ebene wird nur das Wiedergeben von Wissen erwartet. Es soll keine Auseinandersetzung erfolgen.

2. comprehension (Verstehen)

   Hier wird ein erstes elementares Verstehen des Wissens erwartet.

3. application (Anwendung) Das allgemeine Wissen soll auf verschiedene Kontexte übertragen und angewendet werden.

4. analysis (Analyse)

   Es sollen Beziehungen innerhalb der Sachverhalte eines Wissensgebiets erkannt und die einzelnen Bestandteile identifiziert werden.

5. synthesis (Synthese)

   Analysiertes Wissen soll neu kombiniert und daraus neue Sachverhalte entwickelt werden.

6. evaluation (Bewertung)
   Hier sollen Sachverhalte aufgrund von unterschiedlichen Kriterien bewertet werden.

Neben dieser kognitiven Kategorisierung wurden in den folgenden Jahren auch Lernzieltaxonomien für den affektiven und psycho-motorischen Bereich entwickelt (vgl. Bloom u. a., 1971).

Die Übertragung der Lernzieltaxonomie in eine Aufgabenklassifikation wurde von Manheim (1961) im Rahmen einer Vorläuferstudie der IEA in den USA durchgeführt. Diese Klassifikation wurde von dem National Assessment of Educational Progress (NAEP), die alle drei Jahre über zentrale Tests die Leistungen von amerikanischen Schülerinnen und Schülern erfasst, überarbeitet. Die Tests des NAEP nehmen in den USA eine ähnliche Rolle ein wie die Vergleichsarbeiten des zur Überprüfung der Bildungsstandards gegründeten Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) in Deutschland. Für das Fach Mathematik wurden vom NAEP sechs kognitive Level beschrieben (Wilson, 1971):

- Recall and/or recognize definitions, facts and symbols.
  Sich erinnern an und/oder wiedererkennen von Definitionen, Fakten und Symbolen.

- Perform mathematical manipulations.
  Durchführen von mathematischen Handlungen.

- Understand mathematical concepts and processes.
  Verstehen von mathematischen Begriffen und Abläufen.

- Solve mathematical problems - social, technical and academic.
  Lösen von mathematischen Problemen - soziale, technische und wissenschaftliche.

- Use mathematics and mathematical reasoning to analyse problem situations. Define problems, formulate hypotheses.
  Anwenden von Mathematik und mathematischen Argumentationen um Probleme

und Situationen zu analysieren. Erklären von Problemen, formulieren von Hypothesen.

- Appreciate and use mathematics.
  Den Nutzen der Mathematik erkennen und die Mathematik anwenden.

Bei dieser Klassifikation werden die Beziehungen zur Bloomschen Lernzieltaxonomie deutlich. Besonders bei den ersten drei Kategorien sind die ersten drei Ebenen von Bloom offen ersichtlich und nur auf mathematische Belange übertragen.

3.2 Low- und High-Level Aufgaben

Die Bloomsche Taxonomie wurde von verschiedenen Forschern (Shrable und Minnis, 1969; Brophy und Good, 1974; Stallings, 1977) modifiziert. Bei diesen Klassifikationen wurde überwiegend zwischen Datenabruf (Wissen) und Datenverarbeitung (Verstehen, Anwenden, Analyse, Synthese und Evaluation) unterschieden. Datenabruf und Datenverarbeitung wird auch als „low-level“ und „high-level“ verstanden. Aufgaben, die auf ein reines Wiedergeben von Wissen abzielen, werden somit als „low-level“ und Aufgaben, für deren Lösung komplexe kognitive Prozesse eingesetzt werden, als „high-level“ bezeichnet.

3.3 IEA-Studien

In den ersten zwei IEA-Studien, FIMS und SIMS wurde zur Bewertung von Aufgaben aufbauend auf der Bloomschen Taxonomie eine zweidimensionale Matrix verwendet. Hierbei wurden der Inhalt und die zur Lösung der Aufgabe wichtigen Tätigkeiten erfasst (Husén, 1967; Robitaille u. a., 1997). Es wurde kritisiert, dass die beiden Variablen Inhalt und Verhaltensweisen nicht immer unabhängig voneinander seien und die Kontextabhängigkeit einer Aufgabe nicht erfasst werden konnte (Romberg und Zarinnia, 1987). Zur Analyse und zum Vergleich der Curricula verschiedener Länder war diese Methode unzureichend, so dass in der TIMS-Studie eine neue Klassifikation entwickelt wurde. In dieser Klassifikation wurde zwischen drei Aspekten unterschieden: content, performance expectations, perspectives. Die einzelnen Aspekte wurden durch Unterkategorien weiter aufgeschlüsselt (siehe Abb. 3.1).

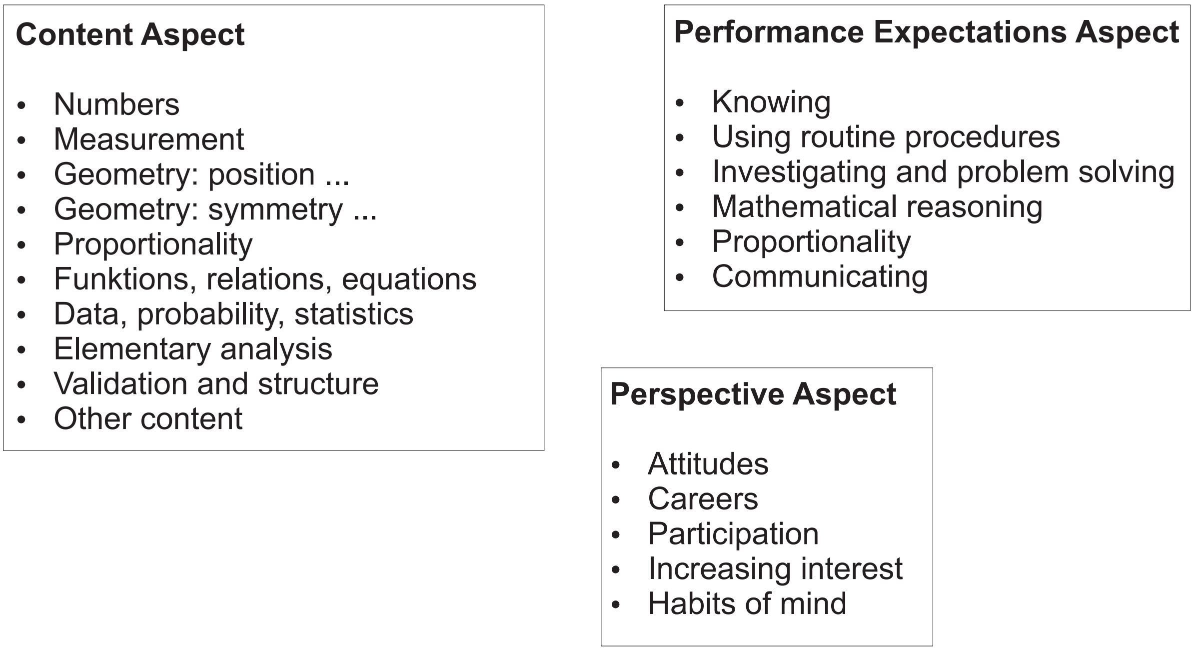


Abbildung 3.1: *The Three Aspects and Major Categories of the Mathematics Framework* (Robitaille u. a., 1997, Figure 3, S. 46).

Im abschließenden TIMSS-Report wurden die Unterpunkte im Aspekt *„performance expectations“* reduziert (Beaton, 1996). Die neuen Kategorien waren *„knowing“*, *„performing routine procedures“*, *„more Complex Procedures“* und *„solving problems“*. In der ursprünglichen Planung war vorgesehen, dass einem Item mehrere Kategorien zugeordnet werden können. So hätte ein Item differenzierter betrachtet werden können. Zusammen mit der Verringerung der Kategorien wurde auch diese multikategoriale Zuordnung aufgegeben.

3.4 Doyle 1983/1988

In einer amerikanischen Studie hat Doyle (1988) untersucht, wie das Lernen von Schülerinnen und Schülern abläuft und welchen Stellenwert das Curriculum für Lehrerinnen, Lehrer, Schülerinnen und Schüler hat. Seine Grundannahme hierbei war, dass die im Unterricht behandelten Aufgaben Rückschlüsse auf die Arbeit der Schülerinnen und Schüler und somit auf den Lernprozess zulassen. Durch die Untersuchung der Aufgaben sollte eine Aussage über den Stellenwert des Curriculums und über das Lernen der Schülerinnen und Schüler möglich sein. Da die im Unterricht behandelten Aufgaben den größten Einfluss (Shavelson u. a., 1986) auf den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler haben, wurden andere Faktoren wie das Vorwissen, die Motivation und die Einstellungen zum Unterrichtsinhalt in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

Einer Aufgabe ordnet Doyle vier Komponenten zu:

1. Das Ergebnis, wie z. B. die Lösung bei einer Rechenaufgabe oder die Antwort bei einer Textaufgabe.
2. Die Operationen, die notwendig sind, um die Lösung zu erreichen. Zu dieser Kategorie gehören sowohl das Lösen von Problemen als auch das Anwenden von Algorithmen.
3. Die Hilfen, die für die Lösung genutzt werden können, wie die Zusammenarbeit mit anderen Schülerinnen und Schülern oder vorhandene Informationsquellen.
4. Die Wichtigkeit der Aufgabe. Eine Aufgabe in der Klassenarbeit ist wichtiger für die Note als eine Kopfrechenaufgabe zu Beginn der Stunde.

Laut Doyle gibt es verschiedene kognitive Anforderungen, die Aufgaben an die Schülerinnen und Schüler stellen. Der Schwerpunkt der im Unterricht eingesetzten Aufgaben erfordert entweder das Abrufen von auswendig gelerntem Wissen oder das Anwenden von bekannten Algorithmen oder Formeln. Viele dieser Aufgaben können auch durch Versuch und Irrtum gelöst werden. Hierbei versuchen die Schülerinnen und Schüler einfach Zahlen oder Textstellen verschiedenen Algorithmen zuzuordnen und so die Aufgabe zu lösen, ohne die Aufgabe als Ganzes erfasst zu haben. Bei der „Lösung“ von „Kapitänsaufgaben“ liegt meistens diese Strategie zu Grunde. Daneben beschreibt Doyle auch Aufgaben mit höheren kognitiven Anforderungen. Die notwendige Kombination von verschiedenen Algorithmen erfordert einen höheren kognitiven Prozess. Zusammenfassend gehören in diesen Bereich Aufgaben, in denen Verständnis, Interpretationen, flexible Anwendung von Wissen und Fähigkeiten oder die Verwendung von unterschiedlichen Informationen zur Lösung notwendig sind. Bei dieser Einteilung der kognitiven Anforderungen wird der Bezug zu Low- und High-Level Aufgaben deutlich.

3.5 Renkl

Renkl (1991) hat eine Klassifikation zur Untersuchung von Grundschulunterricht entwickelt. Sie ist der zentrale Teil des Beobachtungsinventars SOME[2]. Neben der Aufgabenklassifikation werden in SOME auch verschiedene Formen von Lehrerrückmeldungen, wie z. B. Lob und Tadel, erfasst.

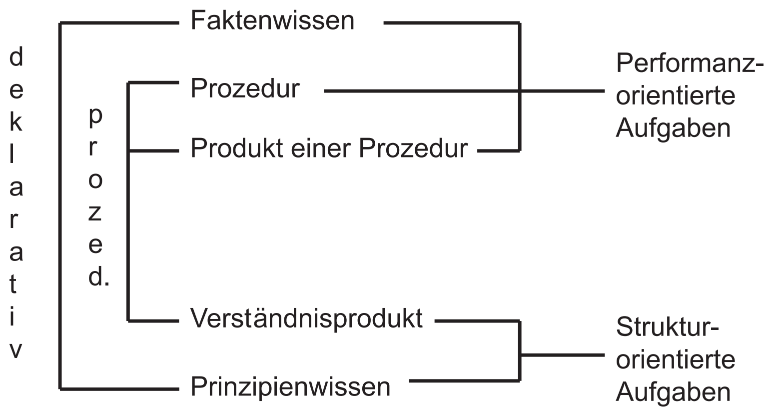


Abbildung 3.2: *Zweistufiges Klassifikationsschema von Lernaufgaben im Bereich Mathematik* (Renkl, 1991, S. 40).

Allgemein unterscheidet Renkl zwischen Aufgaben, die auf eine *„Stärkung von Assoziationen und Automatisierungen von Prozeduren oder auf den Erwerb konzeptuellen Wissens abzielen“* (Renkl, 1991, S. 40).

Aufgaben, die den Abruf von einzelnen Fakten oder bereits erlernter Prozeduren verlangen, fasst er unter Performanzorientierte Aufgaben zusammen. Zu dieser Gruppe

[2]SOME: System zur Observation von Mathematikunterricht in der Elementarschule.

gehören auch Aufgaben, die nur ein Ergebnis einer Prozedur verlangen.

Strukturorientierte Aufgaben sind dagegen Aufgaben, die Prinzipien des Faches Mathematik betreffen. Es muss direkt ein mathematisches Prinzip entweder genannt oder angewandt werden. Zu der Anwendung gehören sowohl Aufgaben die Transferleistungen erfordern, als auch Aufgaben die zur Wiederholung ein bereits bekanntes Prinzip ansprechen. Es ist also egal, ob in diesem Bereich altes oder neues Wissen behandelt wird.

Insgesamt ergeben sich fünf Kategorien:

- Faktenwissen:
  Unter Faktenwissen werden Aufgaben zusammengefasst, die zur Lösung den Abruf auswendig gelernten deklarativen Wissens erfordern. Bei diesen Aufgaben (z. B. $3 + 2 = ?$) müssen die Schülerinnen und Schüler nicht mehr rechnen, sondern können direkt die Lösung angeben. Des Weiteren sind in dieser Kategorie Aufgaben, die von den Schülerinnen und Schülern das Entnehmen von unmittelbaren Informationen aus Texten verlangen.

- Prozedur:
  Aufgaben, in denen eine Prozedur (Algorithmus) explizit angegeben werden soll. Dies kann z. B. das Vorrechnen einer schriftlichen Divisionsaufgabe an der Tafel sein.

- Produkt einer Prozedur:
  In diese Kategorie fallen Aufgaben, die durch das Anwenden einer bekannten Prozedur gelöst werden können, wobei hier nicht die Angabe der Prozedur im Mittelpunkt steht, sondern nur die Nennung eines Ergebnisses.

- Verständnisprodukt:
  „Verständnisprodukt bezeichnet die Anwendung mathematischer Prinzipien“ (Renkl, 1991, S. 42). Hierbei steht die Anwendung von konzeptuellem Wissen im Vordergrund, wobei nicht unterschieden werden soll, ob konzeptuelles Wissen explizit oder implizit vorliegt (z. B.: Ist $2456 + 3253$ das selbe wie $3253 + 2456$?).

- Prinzipienwissen:
  Aufgaben, die explizites konzeptuelles Wissen zur Lösung erfordern, wobei dieses Wissen als auswendig gelerntes Wissen vorliegt (z. B.: Nenne ein Verfahren zur schriftlichen Addition.).

Bei der Vorstellung des Beobachtungsbogens wird noch eine weitere Kategorie „Metakognition“ eingeführt. Mit Metakognition werden Aufgaben bezeichnet, die eine Auseinandersetzung über Strategien notwendig machen. Als Beispiel nennt Renkl (1991, S. 91): *„Wie können wir beim schriftlichen Subtrahieren verhindern, daß wir den Übertrag vergessen?“*

Ob hierbei über eine Strategie oder mehr über eine methodische Hilfe gesprochen wird, hängt sehr vom Unterricht ab. Auch ist zu überlegen wieweit Schülerinnen und Schüler in der Grundschule überhaupt in der Lage sind, eine Metaebene einzunehmen.[3]

Renkls Schwerpunkt bei der Untersuchung liegt auf dem Unterrichtsgespräch. In Schülerarbeitsphasen wird nur die Art der Lehrerrückmeldung erhoben, allerdings keine Aussage über die Aufgaben getroffen. Diese Einschränkungen machen eine Übertragung auf den gesamten Unterricht nur schwer möglich. Renkl versteht jede Lehrerfrage als eine Aufgabe. *„Da z. B. die Lösung einer Textaufgabe in aller Regel durch das Stellen mehrerer Lehrerfragen erarbeitet wird, bildet eine Textaufgabe nicht* ***eine*** *[Hervorhebung im Original] Aufgabe, sondern [...] mehrere Aufgaben (entsprechend der Zahl der Episoden)“* (Renkl, 1991, S. 89). Diese Form der Einteilung gliedert den Unterricht in viele kleine Abschnitte, sodass die Gefahr besteht, größere Zusammenhänge und Unterschiede zwischen einzelnen Phasen des Unterrichts nicht mehr zu erkennen.

Da das Unterrichtsgespräch nur einen Teil des Unterrichts ausmacht, ist es fraglich, wieweit durch dieses Vorgehen überhaupt Rückschlüsse auf die Qualität des Unterrichts möglich sind. Es wird auch nicht beschrieben, wie mit Aufgaben verfahren wird, die erst in Einzelarbeit gelöst und anschließend im Unterrichtsgespräch thematisiert werden.

[3]Vgl. hierzu Wessells (1984), Hasemann (1992), Heuvel-Panhuizen (2003), Hoffmann (2007).

3.6 Stein, Grover und Henningsen

In der Studie von Stein, Grover und Henningsen (Stein, 1996) wurde u. a. untersucht, wie sich die von der Lehrkraft gedachte Ausprägung einer Aufgabe bei der Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler verändert. Außerdem wurde versucht, Gründe für eventuelle Abweichungen anzugeben. Die Daten wurden in reformorientierten amerikanischen Schulen erhoben. Insgesamt wurden 144 Aufgaben aus verschiedenen Schulstufen ausgewertet. Es wurde aus jeder Unterrichtsstunde nur die Aufgabe mit dem größtem Zeitanteil in die weitere Untersuchung aufgenommen. Ein Ergebnis war, dass über die Hälfte der Aufgaben, die ein hohes kognitives Niveau ansprechen sollten, von den Schülerinnen und Schülern auf einem niedrigeren Niveau bearbeitet wurden. Aufgaben, die nur auf das reine Anwenden von Algorithmen abzielten, wurden zu 96 % in dieser Stufe bearbeitet.

Um die Beziehungen zwischen der Aufgabenstellung und Bearbeitung zu untersuchen, wurde eine Klassifikation entwickelt, die es ermöglicht, eine Entwicklung innerhalb einer Aufgabe zu untersuchen. Hierzu wurden verschiedene Phasen identifiziert, die eine Aufgabe im Prozess der Bearbeitung durchläuft. Eine Aufgabe aus z. B. dem Schulbuch wird von der Lehrkraft auf den jeweiligen Unterricht übertragen. Auf die Übertragung haben verschiedene Faktoren Einfluss, wie die Ziele der Lehrerin/des Lehrers und das Wissen der Lehrkraft über das Fach und die Schülerinnen und Schüler. Nach dieser Adaption wird die Aufgabe im Unterricht gestellt. Die Schülerinnen und Schüler nehmen eine Übertragung der Aufgabe vor. Hierbei spielen Faktoren, wie das Verhalten und die Anforderungen der Lehrkraft an die Schülerinnen und Schüler, eine Rolle. Im Anschluss wird die Aufgabe von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet. Als letzter Bereich ist das Lernen der Schülerinnen und Schüler beschrieben, das sich durch die Bearbeitung der Aufgabe ergibt.

Die beiden mittleren Bereiche, die Stellung der Aufgabe durch den Lehrer bzw. der Lehrerin und die Bearbeitung der Aufgabe durch die Schülerinnen und Schüler, nutzen Stein u. a. für ihre Aufgabenklassifikation. Grob unterteilen sie zwei Dimensionen: die Merkmale der Aufgabe und die kognitiven Anforderungen. Unter den Merkmalen

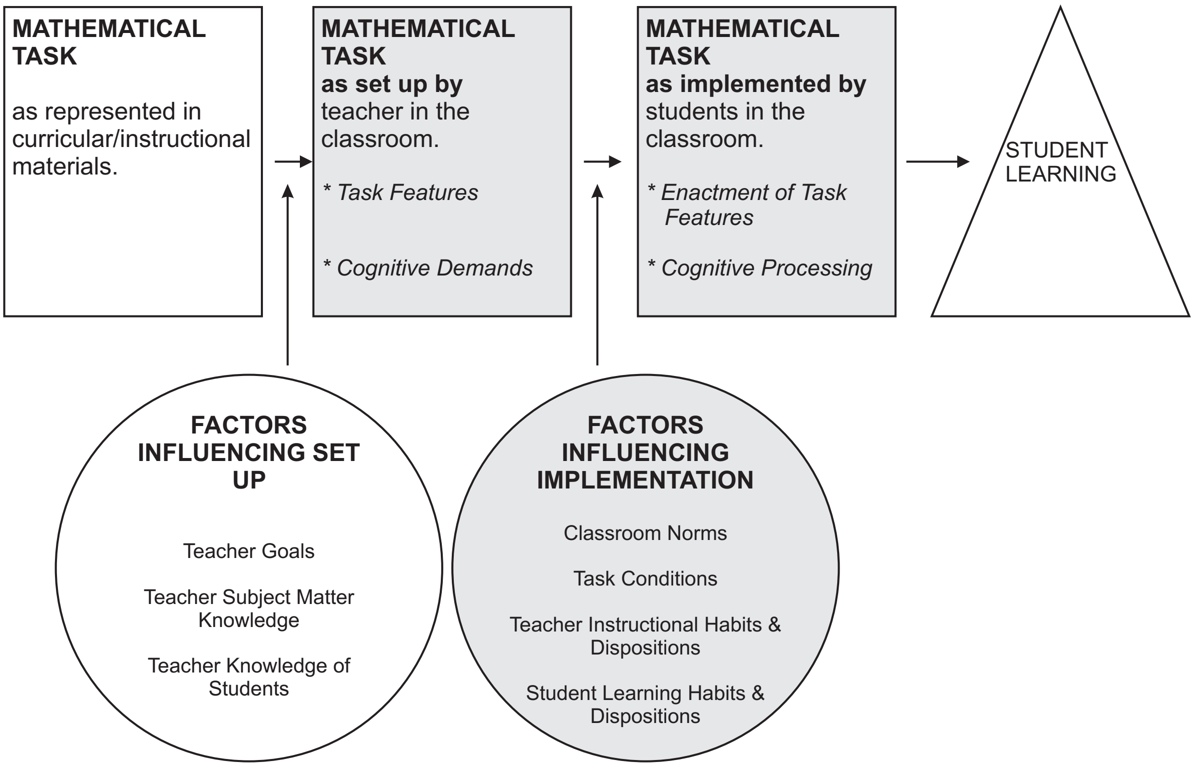


Abbildung 3.3: *Relationship among various task-related variables and student learning* (Stein, 1996, S. 459).

der Aufgaben werden Aspekte zusammengefasst, die aus der Sicht von Mathematikdidaktikern wichtig sind, um bei den Schülerinnen und Schülern mathematisches Denken anzuregen. Hierzu gehört z. B., ob mehrere Lösungswege möglich sind und ob mathematische Erklärungen verlangt werden. Die kognitiven Anforderungen bezeichnen die zur Lösung der Aufgabe notwendigen Denkprozesse. Je nach Phase werden erst die von der Lehrkraft geplanten Denkprozesse erhoben und dann die von den Lernenden wirklich vollzogenen. Die Denkprozesse reichen vom Aufsagen auswendig gelernten Wissens bis hin zum Lösen komplexer Probleme.

Die Klassifikation besteht aus 19 Items, die in vier Hauptgruppen gegliedert werden:

1. task description
2. task set up
3. task implementation

4. factors associated with decline or maintenance of high-level task

Unter „task description" werden äußere Merkmale, wie die Bearbeitungsdauer und die zur Verfügung stehenden Hilfsmittel, gezählt.

„Task set up" bezieht sich auf die Stellung der Aufgabe durch die Lehrerin/den Lehrer. Hierbei wird zwischen „features" und „cognitive demands" der Aufgabe unterschieden. Die features beinhalten die Anzahl der möglichen Lösungsstrategien, die potentiell möglichen Repräsentationen, die bei der Lösung genutzt werden können und die notwendigen Kommunikationen.

Die „cognitive demands" werden unterteilt in:

- erinnern
- Gebrauch von Formeln, Algorithmen oder Prozeduren ohne Verbindung zu Konzepten, Verstehen oder Bedeutung
- Gebrauch von Formeln, Algorithmen oder Prozeduren mit Verbindung zu Konzepten, Verstehen oder Bedeutung
- kognitive Aktivität *„that can be characterized as „doing mathematics"* (Stein, 1996, S. 466)

Unter „doing mathematics" werden komplexe mathematische Aktivitäten, wie Vermutungen aufstellen und verifizieren, Probleme lösen und Gemeinsamkeiten suchen, verstanden.

In der „task implementation" wird wieder zwischen „task features" und „cognitive demands" unterschieden. In dieser Kategorie werden allerdings nicht die Aufgabenstellung, sondern die während der Lösung tatsächlich erreichten Ebenen der Bearbeitung und die Lösungen der Schülerinnen und Schüler untersucht.

In der vierten Hauptgruppe wurden bei den „high-Level" Aufgaben Unterschiede in dem von der Lehrkraft geplanten Niveau der Aufgabe und dem tatsächlichen Schwierigkeitsgrad während der Bearbeitung erfasst. „High-level" Aufgaben werden als Anwendung von Formeln und Algorithmen mit einer Verbindung zu Konzepten, Bedeutung oder Verständnis definiert, während Aufgaben ohne diese Verbindung als „low-Level" bezeichnet werden. Faktoren für eine Niveauänderung sind z. B. die Unangemessenheit der Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler, zu wenig Bearbeitungszeit oder Probleme im Klassenmanagement.

Die Aufgabenklassifikation erfasst speziell die kognitiven Anforderungen von Aufgaben. Hierbei liegt das Hauptaugenmerk auf Veränderungen zwischen der Art der Stellung der Aufgabe und der tatsächlichen Bearbeitung. Für diese Klassifikation ist eine Einschränkung auf umfangreichere Aufgaben notwendig, da ansonsten viele „low-Level" Aufgaben das Bild der Untersuchung verfälschen. Um eine Aussage über den gesamten Unterricht und die verwendeten Aufgaben zu machen, ist diese Form der Klassifikation weniger geeignet.

3.7 Neubrand

Stand bei Renkl noch das Unterrichtsgespräch im Vordergrund, stehen in der Studie von Neubrand (2002) die Arbeitsphasen im Mittelpunkt des Interesses. Sie vergleicht in ihrer Dissertation Unterricht aus den USA, Deutschland und Japan. Hierbei stützt sie sich auf die in der TIMSS-Video-Studie erhobenen Daten. Im Rahmen der TIMSS-Video-Studie wurden 105 deutsche, 86 amerikanische und 55 japanische Unterrichtsstunden auf Video aufgezeichnet. Für die Untersuchung wurden aus jedem Land 22 Unterrichtsstunden ausgewählt.

Die in diesem Zusammenhang entwickelte Aufgabenklassifikation gliedert sich in drei große Bereiche.

1. Im *„Aufgabenkern"* werden die zur Lösung der Aufgabe notwendigen mathematischen Tätigkeiten zusammengefasst. Hierzu gehören die Art des mathematischen Wissens, das zur Lösung der Aufgabe erforderlich ist, der Umfang und die Explizitheit des für die Lösung notwendigen mathematischen Stoffes und die Art des Kontextes, in den die Aufgabe eingebettet ist (Neubrand, 2002, S. 93ff und 383ff).

2. Die *„Aufgabenperipherie"* umfasst u. a. die Form der Arbeitsanweisung, die Materialien zur Bearbeitung und die Sozialform.

3. In den *„strukturbildenden Aspekten“ „sind solche Kennzeichen aufgenommen, die den mathematischen und mathematikdidaktischen Gehalt der Aufgabe als Ganzes betreffen“* (Neubrand, 2002, S. 93). Hierzu gehören die Variationsbreite der Aufgabenstellungen und eine Einschätzung über den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe.

Das Zentrum der Klassifikation bilden die Bereiche des Aufgabenkerns, also wie sich die Schülerinnen und Schüler mathematisches Wissen aneignen. Hierfür wird der Begriff der „Wissenseinheit“ geprägt. *„Die von einem Experten in Hinblick auf die Anforderungen der jeweiligen Aufgabe aktivierten Wissensbestandteile werden hier als (die zur Lösung der Aufgabe notwendigen) Wissenseinheiten bezeichnet“* (Neubrand, 2002, S. 95).

Für die Winkelsumme im Dreieck würde es bedeuten, dass folgende Wissenseinheiten aktiviert werden:

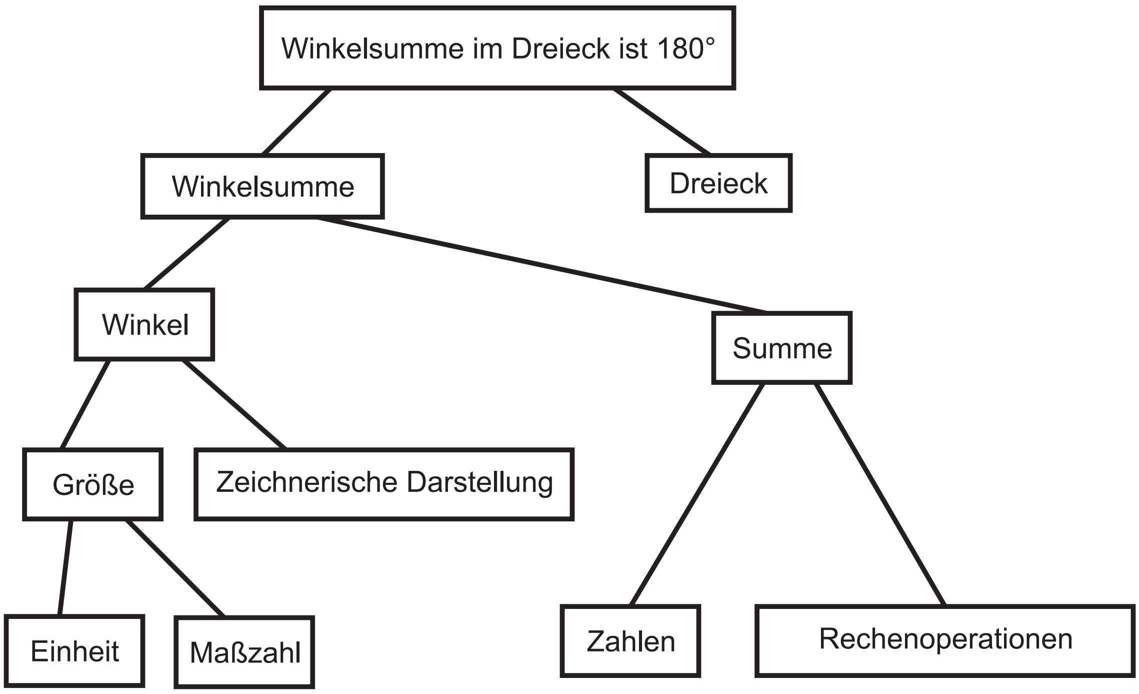


Abbildung 3.4: *Hierarchischer Aufbau von Wissenseinheiten* (Neubrand, 2002, S. 100).

Für die Klassifikation ist nur die oberste Ebene wichtig. In diesem Beispiel: „Winkelsumme im Dreieck ist 180°“. Es wird also nur eine Wissenseinheit angesprochen. Als Beispiel für mehrere explizit gegebene Wissenseinheiten gibt Neubrand die Aufgabe:

„*Solve the following equation in two different ways*

A) By completing the square,

B) By using the quadratic equation,

$x^2 + 14x - 43 = 0$“ (Neubrand, 2002, S. 102).

Kritisch anzumerken ist allerdings, dass die Behandlung von Aufgaben mit mehreren „Wissenseinheiten“ in der Klassifikation mit einer Vernetzung von Wissen gleichgesetzt wird. Dass in diesem Beispiel zwei Algorithmen zur Lösung von quadratischen Gleichungen gefordert werden impliziert nicht, dass auch eine Auseinandersetzung mit den eingesetzten Verfahren stattfindet. Inwieweit in diesem Beispiel zwei „Wissenseinheiten“ benötigt werden oder eine Übergeordnete, wie z. B. das Lösen von quadratischen Gleichungen, ist aus der Codierung nicht eindeutig zu erkennen.

3.8 COACTIV

Parallel zur eigenen Datenauswertung wurde eine Aufgabenklassifikation im Rahmen des DFG-Projektes „Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz“ (COACTIV) (Baumert u. a., 2006b) veröffentlicht. In dieser Studie wurden Lehrkräfte, deren Klassen an der PISA-Erhebung 2003 oder 2004 teilgenommen haben, gebeten, Hausaufgaben, Klassenarbeiten sowie ausgewählte Unterrichtsaufgaben der Jahrgänge 9 und 10 einzuschicken. Insgesamt wurden etwa 45000 Aufgaben klassifiziert.

Die Klassifikation gliedert sich in mehrere Teile:

1. Stoffgebiet
   - 1.1. Mathematisches Stoffgebiet
   - 1.2. Curriculare Wissensstufe
2. Mathematische Tätigkeit
   - 2.1. Außermathematisches Modellieren
   - 2.2. Innermathematisches Modellieren
   - 2.3. Mathematisch Argumentieren

    2.4. Gebrauch von mathematischen Darstellungen

3. Aufgabenklassen
    3.1. Aufgabenklassen - Typen mathematischen Arbeitens
    3.2. Wissensart - Faktenwissen/Fertigkeiten (bei den technischen Aufgaben)

4. Grundvorstellungen
    4.1. Intensität mathematischer Grundvorstellungen

5. Sprache
    5.1. Sprachlogische Komplexität

6. Aufgabenstellung
    6.1. Art der Repräsentationsformate (Instruktion)
    6.2. Anzahl der explizit eingeforderten Lösungswege

7. Lösungsprozess
    7.1. Mathematische Richtung der Auseinandersetzung
    7.2. Umfang der Bearbeitung (Anzahl der notwendigen Lösungsschritte)

8. Ergebnis
    8.1. Art der zwingend erforderlichen Repräsentationsformate (Antwort)
    8.2. Antwortformat
    8.3. Eindeutigkeit der Lösungen

Im „Mathematischen Stoffgebiet“ werden die Bereiche Arithmetik, Algebra, Geometrie und Stochastik unterschieden. Jeder dieser Bereiche besteht aus mehreren Untergruppen, die den Inhalt weiter präzisieren. Die „Curriculare Wissensstufe“ gliedert sich in Grundkenntnisse, wie Grundrechenarten, einfaches Wissen aus der Sekundarstufe I, wie der Bruchzahlbegriff und die Prozentrechung und anspruchsvolles Wissen aus der Sekundarstufe I, wie Verfahren zur Lösung von quadratischen Gleichungen oder die Anfänge der Ähnlichkeitsgeometrie. Diese Staffelung der Komplexität in drei Untergruppen wird auch in vielen anderen Bereichen der Klassifikation beibehalten. Hierbei werden große

Gemeinsamkeiten zur eigenen Klassifikation deutlich. Durch die Anlehnung an die Bildungsstandards wird auch bei den Kompetenzbereichen eine Dreigliederung vorgenommen. Im wesentlichen überdecken sich die beiden Niveauskalen. Da bei dieser Klassifikation u. a. auch Neubrand (siehe S. 37) mitgearbeitet hat, gibt es viele Parallelen zur 2003 entwickelten Klassifikation.

3.9 Vergleich der Klassifikationen

Die vorgestellten Klassifikationen können in zwei Gruppen eingeteilt werden. Einmal die Klassifikationen, die zur Untersuchung und Konzeption von Tests genutzt werden. Hierzu gehören die IEA-Studien. Zum anderen die Klassifikationen, die zur Untersuchung von Unterricht gedacht sind. Beispiele hierfür sind Doyle, Renkl und Neubrand.

Bei der ersten Gruppe werden die einzelnen Testitems analysiert. Die Items sind klar voneinander getrennt und die Art der Bearbeitung wird gezielt vorgegeben. Anders ist dieses in der zweiten Gruppe. Hier müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden. Im Unterricht gibt es oft keine eindeutige Abgrenzung zwischen einzelnen Aufgaben, da im Lernprozess oft fließende Übergänge zwischen den Aufgaben vorkommen. Es gibt verschiedene Methoden, die die Bearbeitung der Aufgabe beeinflussen. Dieses hat Auswirkungen auf das Niveau und den inhaltlichen Schwerpunkt der Aufgabe. Auffällig ist, dass schon bei der grundlegenden Frage „Was ist eine Aufgabe?“ die einzelnen Klassifikationen sehr unterschiedliche Antworten geben. In einigen Klassifikationen (z. B. Stallings und Doyle) wird dieses Problem nicht weiter beschrieben, so dass nur vermutet werden kann, wie die Trennung zwischen den Aufgaben erfolgt ist. Besonders die neueren Arbeiten nehmen sich aber diesem Problem an und kommen zu sehr unterschiedlichen Definitionen. Ein Extrembeispiel ist die Klassifikation von Renkl. Hier wird jede Lehrerfrage als Aufgabe verstanden. Dies hat zur Folge, dass in Unterrichtsgesprächen sehr viele Aufgaben erfasst werden. Um sich genauer mit Lehrerfragen auseinander zu setzen, kann diese Vorgehensweise sinnvoll sein, es dürfte allerdings schwierig werden, wenn man den Gesamtprozess des Unterrichts in den Blick nehmen möchte. In der Studie von Stein, Grover und Henningsen wurde nur die Aufgabe mit dem größten zeitlichen Anteil an der Stunde für die Klassifikation ausgewählt. Diese wiederum lässt nur einen sehr eingeschränkten Blick auf den gesamten Unterricht zu. In anderen Klassifikationen werden die Einteilungen der Schulbücher oder der Lehrkräfte übernommen.

Eine Gemeinsamkeit aller Klassifikationen ist die Einteilung nach verschiedenen Niveaustufen. Die Auswahl und Art der Stufen ist allerdings sehr unterschiedlich und reicht von einem reinen „low- und high-Level" bei Shrable und Minnis (1969) oder auch Brophy und Good (1974) bis hin zu einer mehrdimensionalen Matrix bei TIMSS.

Bei den Klassifikationen, die den Unterricht untersuchen, werden auch Informationen zur Methodik, zum Medieneinsatz und zu Rückmeldungen erfasst. Diese Informationen lassen u. a. Rückschlüsse über den Umgang von Lehrkräften mit einzelnen Aufgabenarten im Unterricht zu.

4 „Aufgabe“ - eine Begriffsklärung

Ein zentraler Punkt, der notwendige Ausgangspunkt für jede Aufgabenklassifikation, ist die Klärung des Begriffs „Aufgabe“. Hierdurch werden die Grundlagen für alle weiteren Bereiche der Klassifikation gelegt. Bei Klassifikationen, die im Rahmen von Vergleichsarbeiten entwickelt wurden, sind die einzelnen Aufgaben durch die Tests getrennt vorgegeben. Bei Klassifikationen, die den gesamten Unterricht erfassen sollen, muss eine klare Abgrenzung der einzelnen Aufgaben noch vorgenommen werden. Erst durch diese Abgrenzung können die einzelnen Items der Klassifikation auf die dann erkennbaren Aufgaben angewendet werden.

Das Lexikon der Psychologie definiert Aufgabe als *„interdisziplinären Grundbegriff vergleichbar dem Begriff „Problem“. Eine Aufgabe liegt dann vor, wenn zumindest Ausgangszustand, erwartetes Ergebnis (Ziel) und Arbeitsschritte (Methoden, Mittel, Arbeitsoperationen) bekannt sind...“* (Wenninger, 2000, S. 152).

In dieser Definition wird explizit auf die Verbindung von Aufgabe und Problem eingegangen. Für die Schule ist dies sehr einschränkend, da viele Phasen im Unterricht nicht direkt als Bearbeitung eines Problems verstanden werden können. Besonders in Übungsphasen und bei Erklärungen kann oft nicht von Problemen gesprochen werden. Diese Phasen spielen aber eine wichtige Rolle im Lernprozess und müssen deswegen auch bei einer Aufgabenklassifikation berücksichtigt werden. Ob bei einer Aufgabe ein Problem im Sinne der Mathematikdidaktik (Dörner, 1987; Zimmermann, 1991; Bruder, 1992; Köster, 1994; Zimmermann, 2003) vorliegt, ist eine wichtige Erkenntnis einer Klassifikation. Der Begriff der Aufgabe muss allerdings weiter gefasst werden. Deutlich wird dieses auch bei Bruder (2000b, S. 2): *„Der Begriff der Aufgabe in einem weiteren Sinne - nämlich* *als Aufforderung zum (Lern-) Handeln schlechthin - soll als Oberbegriff fungieren.“*

In der Literatur gibt es ganz unterschiedliche Auffassungen darüber, was eine Aufgabe ist. Hier sollen Beispielhaft einige Definitionen beschrieben werden.

Eine sehr kleinschritte Auffassung wird von Renkl (1991) vertreten. Für ihn ist auch die kleinste Intervention des Lehrers eine Aufgabe.

„Aufgabe im hier verwendeten Sinne bezieht sich in vielen Fällen auf Lehrerfragen. Da z. B. die Lösung einer Textaufgabe in aller Regel durch das Stellen mehrerer Lehrerfragen erarbeitet wird, bildet eine Textaufgabe nicht ***eine*** *[Hervorhebung im Original] Aufgabe, sondern in der Mehrzahl der Fälle mehrere Aufgaben“* (Renkl, 1991, S. 89).

Durch diese Auffassung wird der Unterricht in viele kurze Phasen unterteilt. Eine Berücksichtigung des gesamten Kontextes ist so kaum noch möglich. Renkl klammert in seiner Untersuchung alle Phasen der Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit aus. Da ein Großteil der kognitiven Arbeit allerdings in diesen Phasen abläuft, wird ein wichtiger Bestandteil des Unterrichts nicht berücksichtigt. Mit dieser Auffassung von Aufgaben ist eine Arbeitsphase kaum zu untersuchen. Um alle Fragen zu erfassen müsste jede Schülerin/jeder Schüler mit einem eigenen Mikrophon ausgestattet werden. Das würde allerdings eine Unmenge von Daten bedeuteten, deren sinnvolle Auswertung kaum möglich wäre.

Bei Neubrand (2002, S. 16f) sind Aufgaben *„eine Aufforderung zur* ***gezielten*** *Bearbeitung eines* ***eingegrenzten*** *mathematischen Themas. Aufgaben sind immer eine Auseinandersetzung mit einem* ***Beispiel*** *[Hervorhebungen im Original] eines Sachverhalts.“*

Diese Definition beschränkt Aufgaben automatisch auf mathematische Themen. Die drei Hervorhebungen grenzen den Begriff Aufgabe weiter ein. Es wird allerdings nicht weiter ausgeführt, wie weit diese Eingrenzungen gehen. *„Eine Frage im Unterrichtsgespräch, die auf eine Wiederholung, Erklärung, [...] abzielt, ist deshalb keine Aufgabe“* (Neubrand, 2002, S. 17). Erklärungen im Unterrichtsgespräch stellen in diesem Sinne keine Aufgaben dar. Die Schülerinnen und Schüler müssen auch bei diesen Erklärungen einen bearbeiteten Sachverhalt noch einmal durchdenken und für die Mitschülerinnen und Mitschüler verständlich ausdrücken. Es ist also zu befürchten, dass durch diese Einschränkung wichtige Bereiche des Unterrichts nicht erfasst werden können.

Eine weitere Definitionen wird von Stein (1996, S. 461) gegeben: *„In this article a mathematical task is defined as a classroom activity, the purpose of which is to focus students' attention on a particular mathematical idea. An activity is not classified as a different or new task unless the underlying mathematical idea toward which the activity is oriented changes."*

In dieser Definition wird zur Abgrenzung von Aufgaben die der Aufgabe zu Grunde liegende mathematische Idee genutzt. Das bedeutet, dass nicht die Gliederungen durch z. B. Arbeitsblatt oder Schulbuch entscheidend sind, sondern der Umgang mit den Aufgaben im Unterricht. Unklar bleibt allerdings, was genau unter einer mathematischen Idee zu verstehen ist. In vielen Unterrichtsstunden wird ein mathematischer Sachverhalt durch verschiedene Aufgaben thematisiert. Ist jetzt z. B. die Berechnung von verschiedenen Textaufgaben zur Prozentrechnung immer noch eine Aufgabe, da die mathematische Idee der Stunde, nämlich die Prozentrechnung, in allen Aufgaben behandelt wurde?

In anderen Untersuchungen wird der Begriff „Aufgabe" nicht explizit thematisiert. Es werden Einteilungen der Lehrerinnen und Lehrer bzw. der Schulbücher übernommen. Dieses Vorgehen vereinfacht das Arbeiten, lässt aber eine erste wichtige Analyse weg. Die Trennung von einzelnen Aufgaben im Schulbuch oder im Unterricht erfolgt aus vielerlei Gründen. Diese Gründe werden oft erst durch einen Rückblick auf die gesamte Stunde deutlich, sodass Aufgaben, die im ersten Moment völlig getrennt voneinander bearbeitet wurden im Unterricht zusammengeführt werden und hieraus weitere Erkenntnisse abgeleitet werden. Die Einteilung der einzelnen Aufgaben beeinflusst also viele Bereiche der Klassifikation und sollte deswegen nicht rein von äußeren Vorgaben abhängen.

Aus diesen Überlegungen heraus soll im Folgenden unter einer **Aufgabe** die Aufforderung zur Auseinandersetzung mit einem Sachverhalt verstanden werden. Dieses ist eine sehr allgemeine Beschreibung von „Aufgaben", die gewährleisten soll, dass der Unterricht in seiner Gesamtheit erfasst werden kann. Diese Beschreibung ist eine Verallgemeinerung der Definition von Neubrand und hebt deren Beschränkungen auf. Es soll solange von „einem Sachverhalt" gesprochen werden, wie eine Verbindung zwischen einzelnen Teilen der Aufgabe deutlich wird. Diese Verbindung kann bereits in der Aufgabenstellung deutlich werden, kann aber auch erst später von der Lehrkraft oder den Schülerinnen und Schülern geschaffen werden.

So wird z. B. die Aufforderung

„Berechne:

a) $1 + 5 =$

b) 6 - 1 =“

als zwei Aufgaben klassifiziert. Als erstes beschäftigt die Schülerinnen und Schüler die Addition von 1 und 5, und in einer zweiten Aufgabe wird eine Subtraktion vorgenommen. In diesem Fall spielt die Reihenfolge der Bearbeitung keine Rolle. Dass die Lösung von a) die Lösung von b) erleichtert, ist für die Schülerinnen und Schüler nicht ohne Weiteres zu erkennen. Wenn also die Verbindung, die zwischen diesen beiden Aufgaben existiert, nicht explizit thematisiert wird, wird für die Klassifikation von zwei Aufgaben gesprochen. Sollte allerdings eine Beziehung hergestellt werden, wird von einer Aufgabe gesprochen. Durch diese Verbindung ändert sich auch der Sachverhalt von der Durchführung von einer Addition und einer Subtraktion hin zu der Thematisierung der Subtraktion als der Umkehroperation der Addition. Für die Klassifikation ist es nicht wichtig, ob diese Überlegung von der Lehrkraft implizit bei der Auswahl der Aufgaben angedacht worden ist. Diese Interpretation der Intentionen würde eine objektive Klassifizierung unmöglich machen, da hier viel Spielraum für Vermutungen gegeben wird.

Deutlich wird dieses an einem zweiten Beispiel:

„Konstruiere die folgenden Dreiecke und beschreibe, was dir auffällt.

a) a = 4 cm, b = 2 cm, c = 5 cm

b) a = 3 cm, b = 3 cm, c = 3 cm

c) a = 1 cm, b = 3 cm, c = 5 cm

d) a = 5 cm, b = 2 cm, c = 3 cm

e) a = 3 cm, b = 5 cm, c = 4 cm“

Neben der Konstruktion der fünf Dreiecke sollen diese Dreiecke auch miteinander verglichen werden. Es geht also nicht alleine um Dreieckskonstruktionen sondern auch um die Eigenschaften von Dreiecken.

Um eine differenzierte Sichtweise zu ermöglichen sollen diese Aufgaben in **Teilaufgaben** zerlegt werden. In den Teilaufgaben können dann die verschiedenen Tätigkeiten bei der Bearbeitung erfasst werden. Für die Unterteilung ist auch wieder der zu Grunde liegende Sachverhalt ausschlaggebend. Bei diesem Beispiel ist es notwendig, fünf Dreiecke zu konstruieren. Somit bilden alle fünf Konstruktionen eigenständige Teilaufgaben, da keine Gemeinsamkeit zwischen den einzelnen Dreiecken besteht. Als sechste Teilaufgabe kommt die Beschreibung der Auffälligkeiten hinzu. Diese Beispiel ist also eine Aufgabe mit sechs Teilaufgaben. Diese Einteilung von Teilaufgaben erfolgt nur, wenn bei der Bearbeitung der Aufgabe klare Schritte zu erkennen sind.

„Wie viele Zinsen bekommst du, wenn du 1000 € für 10 Monate zu einem Jahreszins von 2 % anlegst?“

Eine mögliche Lösung für die Aufgabe wäre es, erst mithilfe der Prozentrechnung die Jahreszinsen zu berechnen und anschließend über eine proportionale Zuordnung die Zinsen für 10 Monate. Ein anderes Vorgehen wäre eine direkte Berechnung über eine Formel für Monatszinsen. Je nach Vorgehen sind also unterschiedlich viele Lösungsschritte notwendig. Anders als bei den Dreieckskonstruktionen, sind keine klaren Trennungen zwischen den Schritten erkennbar. Die Reihenfolge der Lösungsschritte wird über die Aufgabe vorgegeben und ist nicht beliebig austauschbar. Somit wird diese Aufgabe nicht in Teilaufgaben zerlegt. Dass diese Aufgabe unterschiedliche Lösungswege ermöglicht wird innerhalb der Klassifikation erfasst.

Anders wäre es, wenn die Aufgabe folgendermaßen gestellt wäre:

„In einer Zeitungsannonce sucht jemand einen Kredit von 1000 € für 10 Monate. Die Anlage soll mit 2 % verzinst werden. Berechne die Zinsen für dieses Angebot und nimm Stellung zu dieser Anzeige.“

In dieser Aufgabe besteht eine klare Trennung in zwei Teilaufgaben. Einerseits sollen die Zinsen berechnet werden und andererseits soll eine Stellungsnahme geschrieben werden. Durch diese Sichtweise auf Aufgaben kann auch eine Umstrukturierung im Unterricht gestellter Aufgaben notwendig werden.

„Zeichne die folgenden drei Figuren in ein Koordinatensystem und bestimme ihren Flächeninhalt.

A: (1 ; 0); (3 ; -1); (-2 ; -6);

B: (4,3 ; 1,5); (0 ; 0); (-1 ; -2); (-4 ; 0,5)

C: (0 ; 0); (1 ; 0); (1 ; 4); (0 ; 3)“

In dieser Arbeitsanweisung sind drei Aufgaben mit jeweils zwei Teilaufgaben zu klassifizieren. Eine Aufgabe besteht erstens aus der Zeichnung der Figur und zweitens aus dem Berechnen des Flächeninhalts. Zwischen den einzelnen Figuren wird hier keine Beziehung hergestellt.

Die Teilaufgaben bilden für diese Klassifikation die kleinste Analyseeinheit. Eine Aufgabe wird immer von Beginn der Aufgabenstellung bis zum endgültigen Abschluss der Aufgabe klassifiziert. Somit ist es nicht entscheidend, ob alle Anweisungen in der Aufgabenstellung bereits festgelegt sind. Neue Aspekte, die vielleicht auch erst im Unterrichtsgespräch hinzu kommen, werden mit in der Klassifikation berücksichtigt. Aus diesem Grund können die Hausaufgaben nur eingeschränkt klassifiziert werden.

5 Beschreibung der Aufgabenklassifikation

Mit der Klärung, was im Folgenden unter einer Aufgabe verstanden werden soll, können jetzt die bereits vorgestellten Klassifikationen auf ihre Nutzbarkeit bewertet werden. Mithilfe der Klassifikation sollen im Anschluss die im Kapitel 2.1 aufgestellten Hypothesen untersucht werden.

In dieser Studie sollen Unterschiede beim Einsatz von Notebooks im Mathematikunterricht untersuchet werden. Dadurch können die Klassifikationen, die für die Entwicklung von Tests erstellt wurden, nicht verwendet werden, denn Aufgaben, die in einem Test verwendet werden, müssen andere Kriterien erfüllen als Aufgaben, die im Unterricht eingesetzt werden. Somit erfassen diese Klassifikationen einen großen Bereich des Unterrichts nicht.

Ähnliche Probleme gibt es bei der Klassifikation von Renkl (1991). In dieser Klassifikation werden nur Unterrichtsgespräche erfasst. Arbeitsphasen der Schülerinnen und Schüler können nicht klassifiziert werden. Bei der Klassifikation von Neubrand (2002) finden dagegen nur die Arbeitsphasen Berücksichtigung. Die Bildungsstandards werden in keiner der bestehenden Klassifikationen berücksichtigt. Da neben dem Notebookeinsatz die Bildungsstandards einen zweiten Schwerpunkt in der Untersuchung darstellen, muss eine eigene Klassifikation entwickelt werden. In dieser Klassifikation stehen die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2003a) und für den Hauptschulabschluss (KMK, 2004b) im Zentrum. Außerdem wurden verschiedene Bereiche von existierenden Klassifikationen aufgegriffen. Die Items im Bereich der „Aufgabenstellung“

und „Bearbeitung und Hilfe“ erfassen Merkmale zum methodischen und didaktisch Vorgehen der Lehrkraft beim Einsatz einer Aufgabe. Diese Merkmale werden in ähnlicher Form auch bei Neubrand (2002); Baumert u. a. (2006a) erfasst. Diese Items liefern Informationen, die Rückschlüsse auf Schülerinnen und Schülern gestellten Anforderungen zulassen. Außerdem fallen die verwendeten Sozialformen und eingesetzten Hilfsmittel in diesen Bereich.

5.1 Allgemeine Informationen

Im Bereich „Allgemeine Informationen“ werden als Erstes grundlegende Daten, wie z. B. die Schulform, die Lehrkraft und die Bearbeitungszeit, gesammelt. Hierdurch können Aufgaben aus der gleichen Stunde oder Unterschiede zwischen den Lehrkräften und der Bearbeitungszeit erfasst werden. Hierdurch ist es möglich einzelne Variablen, wie die unterschiedlichen Lehrkräfte, bei der Untersuchung der Hypothesen zu berücksichtigen, um so auszuschließen, ob eventuelle Effekte nur auf einen Teil der Daten zutreffen.

1. Fortlaufende Nummer der Aufgabe
2. Schulform (Hauptschule, Realschule, Gymnasium, Integrierte Gesamtschule, H-, R-, G-Zweig der Kooperativen Gesamtschule)
3. Klassenstufe
4. Lehrerin/Lehrer
5. Fortlaufende Stundennummer
6. Code der Stunde
7. Unterrichtsdauer der Stunde (in Minuten)
8. Code der Aufgabe
9. Beginn der Aufgabenstellung
10. Ende der Aufgabenbesprechung bzw. Aufgabenbearbeitung
11. Aufgabentext
12. Teilaufgaben

5.2 Mathematischer Inhalt

In der zweiten Gruppe wird der in den Aufgaben behandelte mathematische Inhalt erfasst. Hierfür wird - angelehnt an ältere Rahmenrichtlinien (Niedersächsisches Kultusministerium, 1992) - zwischen einzelnen mathematischen Themen unterschieden.

1. Zahlbereiche

   101 Natürliche Zahlen
   102 Bruchrechnung
   103 Rationale Zahlen
   104 Reelle Zahlen

2. Gleichungen

   201 Termumformungen
   202 Lineare Gleichungen
   203 Ungleichungen
   204 Lineare Gleichungssysteme
   205 Quadratische Gleichungen

3. Funktionen

   301 Zuordnungen
   302 Prozentrechnung
   303 Zinsrechnung
   304 Lineare Funktionen
   305 Quadratische Funktionen
   306 Wachstumsprozesse
   307 Trigonometrische Funktionen

4. Geometrie

   401 Strecke, Gerade, Halbgerade
   402 Umrechnen von Größen in verschiedene Einheiten
   403 Koordinatensystem/Zeichnungen (auch maßstäbliche Zeichnungen)
   404 Winkel (zeichnen/messen)
   405 Winkelsätze, Mittelsenkrechte, Winkelhalbierende
   406 Dreiecke (gleichseitig, gleichschenklig, spitz-, stumpf-, rechtwinklig,...)

407 Dreieckskonstruktionen

408 Besondere Linien und Punkte im Dreieck

409 Haus der Vierecke

410 Flächen (Dreiecke und Vierecke) (Zeichnungen, Berechnungen) (auch maßstäbliche Zeichnungen)

411 Abbildungen

412 Prisma-Körper (Bauen, Zeichnungen, Berechnungen) (auch maßstäbliche Zeichnungen)

413 Ähnlichkeit und Zentrische Streckung

414 Flächensätze im rechtwinkligen Dreieck

415 Kreis (Berechnungen und Zeichnungen)

416 Zylinder (Bauen, Zeichnungen, Berechnungen) (auch maßstäbliche Zeichnungen)

417 Pyramide, Kegel, Kugel (Bauen, Zeichnungen, Berechnungen) (auch maßstäbliche Zeichnungen)

5. Stochastik

501 Statistische Erhebungen (durchführen)

502 Diagramme

503 Kennwerte (Median, Modus, Spannweite, arithmetischer Mittelwert, ...)

504 Häufigkeiten (relative und absolute)

506 Laplace Wahrscheinlichkeiten

507 Mehrstufige Zufallsexperimente (Baumdiagramm, Vier-Felder-Tafel)

Jeder Aufgabe wird genau ein Bereich zugeordnet. Da in vielen Aufgaben mehrere Bereiche angesprochen werden, wird sie immer dem umfassenderen Bereich zugeordnet. So wird bei der Behandlung einer quadratischen Funktion in der Regel auch das Wissen über quadratische Gleichungen, Termumformungen und rationale Zahlen benötigt. Der umfassendere Bereich ist immer der Bereich, der alle anderen angesprochenen Bereiche als Vorwissen einschließt.

5.3 Die Bildungsstandards allgemein

2002 wurde von der Kultusministerkonferenz (KMK) beschlossen nationale Bildungsstandards für die Fächer Deutsch, Mathematik und die erste Fremdsprache (Englisch/ Französisch) einzuführen. Diese Neustrukturierungen des Unterrichts wurden von den Ergebnissen der TIMSS- (Beaton, 1996; Baumert u. a., 1997) und PISA-Studien (OECD, 2001, 2004; Baumert u. a., 2001) angestoßen. Grundsätzlich sollte der Unterricht nicht mehr durch „Input“, d.h. durch Lehrpläne und Rahmenrichtlinien, sondern durch den „Output“ gesteuert werden. Durch die Bildungsstandards sollen zum einen für Lehrkräfte und Lernende verbindliche Ziele festgelegt werden, zum anderen sollen sie die Grundlage für eine Überprüfung der Lernergebnisse bilden. Zur Vorbereitung wurde von der KMK ein Gutachten „Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards“ von einem Wissenschaftlerteam um Eckhard Klieme u. a. (2003) in Auftrag gegeben.

Die daraus entstandenen Bildungsstandards bilden die Grundlage für einen zentralen Bereich der Aufgabenklassifikation. Um den Hintergrund und die Auswirkungen der Bildungsstandards auf den Unterricht besser zu verstehen, soll erst die Entwicklung und die Umsetzung der Bildungsstandards dargestellt werden. Anschließend werden die einzelnen Bereiche der Standards und die daraus resultierende Klassifikation vorgestellt.

5.3.1 Entwicklung

Grundsätzlich gibt es verschiedene Formen von Standards (vgl. KMK, 2004a).

- Inhaltliche Standards

  Die Inhalte des Lehrens und Lernens stehen im Vordergrund. Sie beschreiben, was Schüler lernen sollen. Diese Beschreibung umfasst sowohl allgemeine Kompetenzen als auch inhaltliches Wissen.

- Standards für Lehr- und Lernbedingungen

  Diese Standards beschreiben den Rahmen, um Unterricht durchzuführen. Hierzu gehören Schulprogramme, Anzahl der Lehrkräfte und andere Ressourcen. Auch wichtige Methoden und Prinzipien für den Unterricht werden beschrieben.

- Leistungs- oder Ergebnisstandards

  Hier liegt der Fokus auf den Ergebnissen des Lernprozesses. Es wird definiert, was die Schülerinnen und Schüler bis zu einem bestimmten Zeitpunkt gelernt haben müssen. Dieses kann über zentrale Tests abgeprüft werden.

Niveauanforderungen (Mindest-, Regel- und Maximalstandards)

Des Weiteren können Standards in verschiedenen Niveaustufen (vgl. Köller, 2009) unterschieden werden.

Bei den Mindest- oder Minimalstandards wird das Minimum an Kompetenzen und Wissen, das zum Erreichen eines Abschlusses notwendig ist, beschrieben. Regelstandards beschreiben den Durchschnitt.

Maximalstandards beschreiben das höchste Niveau. Hier wird beschrieben, was die besten Schüler können sollten (vgl. KMK, 2004a).

„Die von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Bildungsstandards greifen allgemeine Bildungsziele auf und legen fest, welche Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler bis zu einer bestimmten Jahrgangsstufe an wesentlichen Inhalten erworben haben sollen“ (KMK, 2004a, S. 9). Die eingeführten Standards sind also eine Mischung aus Inhalts- und Leistungsstandards. Sie beschreiben die Inhalte und Kompetenzen, die die Schülerinnen und Schüler erwerben sollen, und legen fest, in welcher Form die Überprüfung erfolgt.

Im Klieme-Gutachten (Klieme u. a., 2003, S. 20f) wird die Einführung von Mindeststandards empfohlen. Diese Ausrichtung soll besonders leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler integrieren und aufzeigen, was bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erwartet wird. Da bei Regelstandards von einem imaginären Durchschnittsschüler ausgegangen wird, beschreiben diese immer eine Abweichung vom Durchschnitt, sowohl zum Positiven als auch zum Negativen. Hierdurch wird leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern immer ihr Versagen vor Augen geführt.

Da bisher in Deutschland keine Erfahrungen mit Bildungsstandards vorliegen, hat sich die KMK entschieden, Regelstandards zu definieren. Erst nach einer Phase der Validierung sollen Mindeststandards eingeführt werden (KMK, 2003a, 2004a, S. 3).

Im Mittelpunkt der Bildungsstandards stehen die Kompetenzen. Das Konzept der Kompetenz hat die OECD eingeführt, um den vieldeutigen Begriff der Leistung zu ersetzen (Rychen und Saganik, 2001). *„Dabei versteht man unter Kompetenzen, die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen[4] und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“* (Weinert, 2001).[5]

In den Bildungsstandards für Mathematik werden zwei Arten von Kompetenzen unterschieden: zum einen „Leitideen“, die auf einer fachmathematischen Ebene Kompetenzen beschreiben, und zum anderen „prozessbezogene Kompetenzen“, die allgemeine Fähigkeiten und Fertigkeiten umfassen. Die Leitideen gliedern sich in die Kompetenzen „Zahl“, „Messen“, „Raum und Form“, „Funktionaler Zusammenhang“ und „Daten und Zufall“. In diesen fünf Bereichen werden die zu unterrichtenden thematischen Inhalte weiter aufgeschlüsselt. Die prozessbezogenen Kompetenzen sind „Mathematisch argumentieren“, „Probleme mathematisch lösen“, „Mathematisch modellieren“, „Mathematische Darstellungen verwenden“, „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ und „Kommunizieren“. Diese prozessbezogenen Kompetenzen lassen sich nur durch die Behandlung von Inhalten erlernen. Sie bilden im Regelfall[6] keine eigenen Einheiten, sondern werden neben den mathematischen Inhalten erlernt und gefestigt.

[4] *Volition = willentliche Steuerung von Handlungen und Handlungsabsichten.*

[5] Diese Definition klärt leider nicht vollständig, was Kompetenzen genau sind. Die Begriffe „Fähigkeiten“ und „Fertigkeiten“ werden nicht weiter ausdifferenziert, so dass immer noch eine gewisse Bandbereite an Interpretationen möglich ist. Eine weitere Eingrenzung, was unter Kompetenzen zu verstehen ist, wird bei der Beschreibung der Aufgabenklassifikation in Kapitel 5.1 vorgenommen.

[6] Für einzelne Kompetenzen wie „Probleme mathematisch lösen“ oder „Mathematische Darstellungen verwenden“ sind eigene Teileinheiten zur gezielten Erlernung von einzelnen Strategien oder Formen denkbar, aber auch diese Teileinheiten sind ohne eine thematische Einbettung nicht möglich.

In den bisherigen Rahmenrichtlinien wurden diese Kompetenzen zwar auch schon gefordert jedoch nicht ausdifferenziert. Somit hat der Unterricht zwei gleichwertige Bereiche, die sich gegenseitig ergänzen: Die mathematischen Leitideen und die prozessbezogenen Kompetenzen.

NCTM Bildungsstandards

Es gibt verschiedene Länder, die bereits Erfahrungen mit Bildungsstandards gesammelt haben. Die deutschen Bildungsstandards haben viele Gemeinsamkeiten mit den amerikanischen. In den USA haben sie eine lange Tradition. In den 1980er Jahren wurden vom National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) Bildungsstandards herausgegeben. Diese Standards enthalten eine Vision des guten Mathematikunterrichts und dienen nicht der Überprüfung durch Tests. Neben Basisfähigkeiten wurde eine prozessorientierte Sichtweise in den Standards aufgenommen. Entdeckendes und forschendes Lernen in Verbindung mit Mathematik rückte hierdurch mehr in den Mittelpunkt. Die Standards gliedern sich in einen inhaltlichen und einen methoden- bzw. prozessorientierten Teil. Im inhaltlichen Teil werden die Themenbereiche des Unterrichts zusammengefasst. Ähnlich wie bei den deutschen Standards sind dies „1. Zahlen und Operationen, 2. Muster, Funktionen und Algebra, 3. Geometrie und Raumorientierung, 4. Messen und 5. Datenanalyse, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung“. Im prozessorientierten Teil werden die Bereiche Problemlösen, Argumentieren und Beweisen, Kommunikation, Verbindungen und Darstellungen aufgeführt (Klieme u. a., 2003; NCTM, 1989, 2000).

Kritik an den Bildungsstandards

Die Einführung und Umsetzung der Bildungsstandards wird sehr unterschiedlich bewertet und diskutiert. Es kann an dieser Stelle nicht die gesamte Kontroverse wiedergegeben werden.

Die Diskussionen reichen vom begrüßen und befürworten der Bildungsstandards bis zum grundsätzlichen Ablehnen der gesamten Bildungsstandards, wie es z. B. bei Regenbrecht (2005) deutlich wird:

Durch die Bildungsstandards werde keine Bildung, sondern eine Leistung beschrieben. Bildung sei mehr als in Kompetenzen zum Ausdruck gebracht werden könne. Persönlichkeitsentwicklung kann nicht durch allgemeine Standards erreicht werden. Sie sei immer ein individueller Prozess. *„In der Bildung geht es nicht allein um den Aufbau von kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Erkennen und Verändern der Welt, sondern darum, sich selbst zu erkennen und zu verändern“* (Regenbrecht, 2005, S. 62).

Neben dieser kompletten Ablehnung werden auch ausgewählte Bereiche kritisiert, die zusammen mit den Bildungsstandards eingeführt wurden. Große Widerstände erregt z. B. die Einführung von zentralen Tests zur Überprüfung der Bildungsstandards.

Lernen für die Tests

Dass in Zukunft Schulen nur noch Wissensfabriken werden und Qualität nur noch über Testpunkte gemessen wird (Blick über den Zaun, 2003), wird besonders von den reformpädagogischen Schulen befürchtet. Durch eine Gleichmacherei aller Schülerinnen und Schüler ginge die individuelle Förderung der Interessen des Einzelnen zurück (Herrmann, 2005).

Es sollte angemerkt werden, dass selbstverständlich bei jeder Schülerin/jedem Schüler sowohl die individuellen Stärken gefördert als auch die Schwächen aufgearbeitet werden müssen. Durch die Umsetzung der Standards ist diese Förderung besonders im unteren Leitungssegment noch wichtiger geworden. Besonders die PISA-Studien haben in diesem Bereich dem deutschen Bildungssystem deutliche Defizite aufgezeigt.

Allerdings ist der Zwang zum Erreichen gewisser Qualifikationen nicht neu. Die bisherigen Lehrpläne haben ebenso zu erlernende Inhalte beschrieben. Das Überprüfen des Erreichten gelangt durch die Einführung von Abschluss- und Vergleichsarbeiten stärker in den Vordergrund. Durch vermehrte Vergleichstests und zentralisierte Tests besteht natürlich die Gefahr, dass verstärkt für die Tests gelernt wird. Besonders fachfremd unterrichtende Lehrerinnen und Lehrer werden sich bei ihren Unterrichtsplanungen an den Testaufgaben orientieren. Hierdurch erhalten die Tests eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der Standards und einer Veränderung des Unterrichts. Wenn die Tests sich nur am bisherigen Unterricht orientieren, werden die Lehrkräfte keine Veränderung des Unterrichts bewirken. Bei Tests, die auf Problemlösen und Modellieren großen Wert legen, ist zu erwarten, dass auch die Lehrkräfte ihren Unterricht stärker auf diese Aufgabenformate umstellen.

Regenbrecht äußert sich auch deshalb kritisch gegen die Tests, da aus seiner Sicht einige Fächer einen höheren Stellenwert bekommen.

In der Sekundarstufe I finden in den Fächern Deutsch, Mathematik und Englisch mehrere zentrale Überprüfungen statt. Durch diese Überprüfungen bekommen diese Fächer einen höheren Stellenwert in der Schule. Die anderen Fächer treten hinter diesen zurück. Für die Schüler und Schülerinnen erscheint ein höherer Arbeitseinsatz hier wichtiger, und auch die Lehrer werden versuchen, durch besonderen Einsatz bei den Evaluationen gut abzuschneiden (vgl. Regenbrecht, 2005).

Zentrale Lernstandserhebungen sind zwar geeignet, erreichte Kompetenzen zu messen, sie können aber keine Aussage über die Ursachen dieser Ergebnisse machen. Auf den Lernerfolg nehmen eine Vielzahl von Faktoren Einfluss. Neben den durch die Schule wenigstens teilweise steuerbaren Faktoren wie Unterricht, fachliche Kompetenz der Lehrerinnen und Lehrer und Klassenzusammensetzung, gibt es eine Vielzahl weiterer Faktoren, auf die keinen direkten Einfluss genommen werden kann. Hierzu gehören besonders die Familie und die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler (vgl. Helmke, 2007).[7]

Eine Absicht der Bildungsstandards war es, den Lehrerinnen und Lehrern größere Freiheiten in der konkrekten Ausgestaltung des Unterricht zu geben. Ob diese Freiheit auch zu einer positiven Veränderung des Unterrichts führt, ist fraglich. Durch den Druck der zentralen Überprüfungen besteht die Gefahr, dass die Lehrkräfte auf selbstbestimmtes und selbstverantwortliches Lernen verzichten und einen lehrerzentrierten Unterricht, der vermeintlich besser und effektiver auf die Tests vorbereitet, bevorzugen (McNeil, 2000).

Wieweit diese Befürchtungen sich bewahrheiten, muss noch untersucht werden. Gut

[7]Um die Einflüsse auf den Lernerfolg zu untersuchen wurden verschiedene Modelle entwickelt. Das Angebots-Nutzungsmodell von Andreas Helmke wurde auch für die PISA-Studie als Grundlage genutzt.

gestellte Tests können auch positive Veränderungen zur Folge haben. So können veränderte Aufgabenstellungen hin zu problemlösendem Lernen und Modellieren durch die Tests angestoßen werden. Hierfür ist natürlich wichtig, dass die Tests so konzipiert sind, dass die gewünschten Veränderungen auch vorteilhaft für das Abschneiden der Schülerinnen und Schüler im Test sind. Auf diesem Weg nehmen neben Lehrplänen, Schulbüchern und Lehrerfortbildungen auch Tests Einfluss auf die Weiterentwicklung der Unterrichtskultur.

5.3.2 Bildungsstandards für das Fach Mathematik

Am 2003 wurden von der KMK Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss festgelegt (KMK, 2003a). Einige Monate später wurden außerdem Bildungsstandards für den Hauptschulabschluss verabschiedet (KMK, 2004b). In den Bildungsstandards wird festgelegt, welche Kompetenzen und Inhalte die Schülerinnen und Schüler zum Erreichen des Sekundarstufen-I-Abschlusses bzw. des Hauptschulabschlusses nach Klasse neun erworben haben müssen.

Die Standards gliedern sich in sechs Kompetenzbereiche:

- K1 Mathematisch argumentieren
- K2 Probleme mathematisch lösen
- K3 Mathematisch modellieren
- K4 Mathematische Darstellungen verwenden
- K5 Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen
- K6 Kommunizieren

Zusätzlich zu diesen Kompetenzen werden fünf mathematische Leitideen beschrieben. Die Leitideen beschreiben den mathematischen Stoff, durch dessen Behandlung die Schülerinnen und Schüler die Kompetenzen erreichen sollen. Die Leitideen fassen grundlegende mathematische Konzepte zusammen.

L1 Zahl

L2 Messen

L3 Raum und Form

L4 Funktionaler Zusammenhang

L5 Daten und Zufall

Die Kompetenzen werden weiter in drei Anforderungsbereiche gegliedert. Diese Anforderungsbereiche beschreiben das Niveau einer Aufgabe.

Anforderungsbereich I: Reproduzieren

Anforderungsbereich II: Zusammenhänge herstellen

Anforderungsbereich III: Verallgemeinern und Reflektieren

Da die Kompetenzen und Leitideen die Grundlage einer späteren Aufgabenklassifikation bilden, werden sie genauer im Kapitel 5.4 beschrieben.

5.3.3 Umsetzung in Niedersachsen

In Niedersachsen wurden die Vorgaben der KMK in Kerncurricula umgesetzt. Die Kerncurricula differenzieren die allgemeinen Anforderungen der Bildungsstandards weiter aus und beschreiben, welche Kompetenzen und Inhalte am Ende der Schuljahrgänge Sechs, Acht und Zehn erreicht sein sollen.

Die Kerncurricula traten zum Schuljahr 2006/2007 in Kraft und übernahmen im Großen und Ganzen die Einteilungen der Bildungsstandards in Leitideen (inhaltsbezogene Kompetenzen) und Kompetenzen (prozessbezogene Kompetenzen)(Niedersächsisches Kultusministerium, 2006c). Die einzelnen Kompetenzen wurden für Doppeljahrgänge präzisiert und so eine Entwickelung der Kompetenzen aufgezeigt. Es werden immer die Kompetenzen beschrieben, die die Schüler am Ende eines Doppeljahrgang (5/6, 7/8 und 9/10) erworben haben müssen. Am Ende der zehnten Klasse sind dann alle Kompetenzen erreicht die in den Bildungsstandards gefordert werden.

Die Schulen sind gefordert, aus den Kerncurricula schulinterne Arbeitspläne zu erstellen, die die einzelnen Unterrichtseinheiten regeln. Im Vergleich zu den alten Rahmenrichtlinien haben die Schulen im inhaltlichen Bereich größere Freiheiten bei der Umsetzung bekommen. Waren in den Rahmenrichtlinien noch einzelnen Einheiten mit Teilinhalten und z.T. auch methodische Hinweise zu finden, werden in den Kerncurricula allgemeinere Vorgaben gemacht. Diese Freiheiten stellen allerdings auch viele Schulen vor große Probleme. Besonders bei der Umsetzung der Standards durch die konkreten Fassung der Kompetenzen in schulinterne Arbeitspläne betreten die Schulen Neuland. Wurden zwar auch bisher allgemeine Bildungsziele für den Unterricht formuliert, ist doch eine explizite Aussage, welche Kompetenzen im Unterricht erreicht werden müssen, neu.

Durch weitere Umstrukturierungen, wie z. B. die Einführung von individuellen Lernstandsberichten, wurden den Schulen viele Neuerungen auf einmal abverlangt. Besonders in mit wenigen Lehrkräften führte dies zu einer hohen Arbeitsbelastung, da sich bei diesen Schule die gleiche Arbeit auf weniger Personen verteilt. Die Möglichkeit, Fortbildungen zur Umsetzung durchzuführen, war in den ersten Monaten kaum gegeben. Nur nach und nach konnten die Schulbehörden hier die Lücken schließen. So sind Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, die den Schulen bei der Umsetzung der Bildungsstandards helfen sollen, erst Ende November 2006 ausgebildet worden. Ob die Lehrkräfte innerhalb einer Woche auf ihre neue Aufgabe hinreichend vorbereitet werden konnten, wird die Zeit zeigen.

5.4 Die Leitideen der Bildungsstandards

Eine weitere inhaltliche Einteilung wird über die Leitideen der KMK Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2003a) und für den Hauptschulabschluss (KMK, 2004b) vorgenommen. Im Folgenden sind beide Standards zusammen dargestellt. Textstellen, die nur in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss vorkommen, wurden fett gedruckt und Formulierungen, die nur in den Hauptschulstandards aufgeführt sind, kursiv.

L1 Leitidee Zahl

„Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen sinntragende Vorstellungen von rationalen Zahlen, insbesondere von natürlichen, ganzen und gebrochenen Zahlen entsprechend der Verwendungsnotwendigkeit,
- stellen Zahlen der Situation angemessen dar, unter anderem in Zehnerpotenzschreibweise,
- **begründen die Notwendigkeit von Zahlbereichserweiterungen an Beispielen,**
- ◦ *rechnen mit natürlichen, gebrochenen und negativen Zahlen, die im täglichen Leben vorkommen, auch im Kopf,*
- nutzen Rechengesetze, auch zum vorteilhaften Rechnen,
- nutzen **zur Kontrolle** Überschlagsrechnungen **und andere Verfahren,**
- runden **Rechenergebnisse** [*Zahlen*] entsprechend dem Sachverhalt sinnvoll,
- verwenden Prozent- und Zinsrechnung sachgerecht,
- erläutern an Beispielen den Zusammenhang zwischen Rechenoperationen und deren Umkehrungen und nutzen diese Zusammenhänge,
- wählen, beschreiben und bewerten Vorgehensweisen und Verfahren, denen Algorithmen bzw. Kalküle zu Grunde liegen,
- **führen in konkreten Situationen kombinatorische Überlegungen durch, um die Anzahl der jeweiligen Möglichkeiten zu bestimmen,**
- prüfen und interpretieren Ergebnisse in Sachsituationen **unter Einbeziehung einer kritischen Einschätzung des gewählten Modells und seiner Bearbeitung.**“ (KMK, 2003a, 2004b)

L2 Leitidee Messen

„Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen das Grundprinzip des Messens, insbesondere bei der Längen-, Flächen- und Volumenmessung, auch in Naturwissenschaften und in anderen Bereichen,
- wählen Einheiten von Größen situationsgerecht aus (insbesondere für Zeit, Masse, Geld, Länge, Fläche, Volumen und Winkel) [*und wandeln sie ggf. um*],
- schätzen Größen mit Hilfe von Vorstellungen über geeignete Repräsentanten,
- **berechnen** [*ermitteln*] Flächeninhalt und Umfang von Rechteck, Dreieck und Kreis sowie daraus zusammengesetzten Figuren,
- **berechnen** [*ermitteln*] Volumen und Oberflächeninhalt von Prisma, Pyramide, Zylinder, Kegel und Kugel sowie daraus zusammengesetzten Körpern,
- **berechnen Streckenlängen und Winkelgrößen, auch unter Nutzung von trigonometrischen Beziehungen und Ähnlichkeitsbeziehungen,**
- nehmen in ihrer Umwelt gezielt Messungen vor, entnehmen Maßangaben aus Quellenmaterial, führen damit Berechnungen durch und bewerten die Ergebnisse sowie den gewählten Weg in Bezug auf die Sachsituation.“ (KMK, 2003a, 2004b)

L3 Leitidee Raum und Form

„Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen und beschreiben geometrische Strukturen in der Umwelt,
- operieren gedanklich mit Strecken, Flächen und Körpern,
- stellen geometrische Figuren [*und elementare geometrische Abbildungen*] im [*ebenen*] kartesischen Koordinatensystem dar,
- **stellen** [*fertigen*] Körper (z. B. als Netz, Schrägbild oder Modell) **dar** [*an*] und erkennen Körper aus ihren entsprechenden Darstellungen,
- **analysieren und klassifizieren geometrische Objekte der Ebene und des Raumes,**

◦ *klassifizieren Winkel, Dreiecke, Vierecke und Körper,*

◦ *erkennen und erzeugen Symmetrien,*

- **beschreiben und begründen Eigenschaften und Beziehungen geometrischer Objekte (wie Symmetrie, Kongruenz, Ähnlichkeit, Lagebeziehungen) und nutzen diese im Rahmen des Problemlösens zur Analyse von Sachzusammenhängen,**
- wenden Sätze der ebenen Geometrie bei Konstruktionen, Berechnungen **und Beweisen** an, insbesondere den Satz des Pythagoras **und den Satz des Thales,**
- zeichnen und konstruieren geometrische Figuren unter Verwendung angemessener Hilfsmittel wie Zirkel, Lineal, Geodreieck oder dynamischer Geometriesoftware,
- **untersuchen Fragen der Lösbarkeit und Lösungsvielfalt von Konstruktionsaufgaben und formulieren diesbezüglich Aussagen,**
- **setzen geeignete Hilfsmittel beim explorativen Arbeiten und Problemlösen ein.**“ (KMK, 2003a, 2004b)

L4 Leitidee Funktionaler Zusammenhang

Bei der Leitidee „Funktionaler Zusammenhang„ unterscheiden sich die Bildungsstandards deutlich voneinander. Deswegen werden sie hier getrennt voneinander wiedergegeben.

KMK Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss:

„Die Schülerinnen und Schüler

- **nutzen Funktionen als Mittel zur Beschreibung quantitativer Zusammenhänge,**
- **erkennen und beschreiben funktionale Zusammenhänge und stellen diese in sprachlicher, tabellarischer oder graphischer Form sowie gegebenenfalls als Term dar,**
- **analysieren, interpretieren und vergleichen unterschiedliche Darstellungen funktionaler Zusammenhänge (wie lineare, proportionale und antiproportionale),**
- **lösen realitätsnahe Probleme im Zusammenhang mit linearen, proportionalen und antiproportionalen Zuordnungen,**

- **interpretieren lineare Gleichungssysteme graphisch,**
- **lösen Gleichungen, und lineare Gleichungssysteme kalkülmäßig bzw. algorithmisch, auch unter Einsatz geeigneter Software, und vergleichen ggf. die Effektivität ihres Vorgehens mit anderen Lösungsverfahren (wie mit inhaltlichem Lösen oder Lösen durch systematisches Probieren),**
- **untersuchen Fragen der Lösbarkeit und Lösungsvielfalt von linearen und quadratischen Gleichungen sowie linearen Gleichungssystemen und formulieren diesbezüglich Aussagen,**
- **bestimmen kennzeichnende Merkmale von Funktionen und stellen Beziehungen zwischen Funktionsterm und Graph her,**
- **wenden insbesondere lineare und quadratische Funktionen sowie Exponentialfunktionen bei der Beschreibung und Bearbeitung von Problemen an,**
- **verwenden die Sinusfunktion zur Beschreibung von periodischen Vorgängen,**
- **beschreiben Veränderungen von Größen mittels Funktionen, auch unter Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms,**
- **geben zu vorgegebenen Funktionen Sachsituationen an, die mit Hilfe dieser Funktion beschrieben werden können.**“ (KMK, 2003a, S. 11f)

KMK Bildungsstandards für den Hauptschulabschluss:
„Die Schülerinnen und Schüler

- ◦ *beschreiben und interpretieren funktionale Zusammenhänge und ihre Darstellung in Alltagssituationen,*
- ◦ *verwenden für funktionale Zusammenhänge unterschiedliche Darstellungsformen,*
- ◦ *unterscheiden proportionale und antiproportionale Zuordnungen in Sachzusammenhängen und stellen damit Berechnungen an,*
- ◦ *nutzen die Prozentrechnung bei Wachstumsprozessen (beispielsweise bei der Zinsrechnung), auch unter Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms,*

- ○ *nutzen Maßstäbe beim Lesen und Anfertigen von Zeichnungen situationsgerecht,*
- ○ *lösen einfache lineare Gleichungen,*
- ○ *vergleichen ihr Vorgehen beim Lösen einfacher linearer Gleichungen mit anderen Lösungsverfahren (wie inhaltlichem Lösen oder systematischem Probieren).*“ (KMK, 2004b, S. 10f)

L5 Leitidee Daten und Zufall

„Die Schülerinnen und Schüler

- werten graphische Darstellungen und Tabellen von statistischen Erhebungen aus,
- **planen statistische Erhebungen,**
- sammeln systematisch Daten, erfassen sie in Tabellen und stellen sie graphisch dar, auch unter Verwendung geeigneter Hilfsmittel (wie Software),
- interpretieren Daten unter Verwendung von Kenngrößen,
- ○ *berechnen und interpretieren Häufigkeiten und Mittelwerte,*
- **reflektieren und bewerten Argumente, die auf einer Datenanalyse basieren,**
- beschreiben Zufallserscheinungen in alltäglichen Situationen,
- ○ *interpretieren Wahrscheinlichkeitsaussagen aus dem Alltag,*
- bestimmen Wahrscheinlichkeiten bei [*einfachen*] Zufallsexperimenten.“ (KMK, 2003a, 2004b)

Beide Bildungsstandards, die für den „Mittleren Schulabschluss“ und die für den „Hauptschulabschluss (Jahrgangsstufe 9)“ haben viele Übereinstimmungen. Nur die Leitidee 4 „Funktionaler Zusammenhang“ ist komplett verschieden. Die anderen vier Leitideen unterscheiden sich oft nur in ein oder zwei Aufzählungen und einzelnen Formulierungen innerhalb der Aufzählungen. So wird z. B. bei der Leitidee 2 „Messen und Rechnen“ zweimal zwischen „berechnen“ und „ermitteln“ unterschieden. Häufig werden in den HS-Standards abgeschwächte Anforderungen im Vergleich zu den Standards nach Klasse 10 verwendet. So heißt es z. B. „erkennen und erzeugen Symmetrien“ (L3 HS) im Vergleich zu „erzeugen Symmetrien und begründen Eigenschaften und Beziehungen geometrischer

Objekte [...]“ (L3 Kl. 10) oder „rechnen mit natürlichen, gebrochenen und negativen Zahlen [...]“ (L1 HS) zu „begründen die Notwendigkeit von Zahlbereichserweiterungen [...]“ (L1 Kl. 10). Neben diesen Unterschieden innerhalb der einzelnen Bereiche gibt es auch Inhalte, die nur in den Standards für die Klasse 10 zu behandeln sind. So wird die Behandlung vom Satz des Thales (L3) oder die der Sinusfunktion (L4) nur in den Standards für den mittleren Schulabschluss gefordert.

Für eine Klassifikation sind die z.T. recht fließenden Übergänge zwischen den einzelnen Leitideen stärker abzugrenzen. Die Aufgabe „Berechne G=?; Pw=29,25€; p %=6,5 %“ könnte z. B. in der Leitidee 1 „Zahl“ (verwenden Prozent- und Zinsrechnung sachgerecht) eingeordnet werden, wobei in diesem Beispiel von einem Sachzusammenhang nicht gesprochen werden kann. Sie könnte aber als proportionale Zuordnung aufgefasst werden und somit zur Leitidee 4 „Funktionaler Zusammenhang“ („lösen realitätsnahe Probleme im Zusammenhang mit linearen, proportionalen und antiproportionalen Zuordnungen“), wobei auch hier wieder nicht von „Realitätsnähe“ gesprochen werden kann. Inwieweit diese Aufgabe ein „Problem“ darstellt, ist mit den Informationen der Standards nicht zu beantworten und hängt sehr stark von der zu Grunde gelegten Problemdefinition[8] ab. Da die Standards nur beschreiben, was die Schülerinnen und Schüler am Ende der Klasse 10 bzw. 9 können sollen, ist für die Zuordnung der Aufgabe zu einer Leitidee entscheidend, dass die Aufgabe zum Erreichen dieser Leitidee einen Beitrag leistet. In dem oben genannten Beispiel würde das bedeuten, dass durch den reinen rechnerischen Umgang mit der Prozentrechnung die Schülerinnen und Schüler einen kleinen Schritt zur Erreichung der Leitidee 1 machen, nämlich die Prozentrechnung sachgerecht zu verwenden. Hierfür spielt die zu Grunde gelegte Rechenmethode nur eine untergeordnete Rolle. Werden in dieser Stunde allerdings nicht die Prozentrechnung, sondern die proportionalen Funktionen als zentraler Inhalt behandelt, würde die Aufgabe zur Leitidee 4 gehören. Somit muss also immer der Kontext der Aufgabenstellung und die Intention der Lehrkraft, also die Zielsetzung, die mit der Aufgabe verbunden ist, berücksichtigt werden. Bei Unstimmigkeiten zwischen den einzelnen Bildungsstandards sollen auch für die Klassifikation

[8]Eine ausführliche Auseinandersetzung zum Problembegriff siehe S. 73.

von Hauptschulstunden die Standards des mittleren Schulabschlusses ausschlaggebend sein. Auf diese Weise wird die Vergleichbarkeit der Schulformen gewährleistet. So wird der Umgang der Prozentrechnung bei den Wachstumsprozessen[9] in den HS-Standards der Leitidee 4 zugeordnet. Für die Standards nach Klasse 10 käme aber auch wieder die Leitidee 1 in Frage.

5.5 Die Kompetenzbereiche der Bildungsstandards

Neben den fachmathematischen Items sollen die Aufgaben auch nach Kompetenzen (KMK, 2003a) eingeteilt werden. Da mehrere Kompetenzen in einer Aufgabe angesprochen werden können, wird in der Klassifikation für jede Kompetenz entschieden, ob und auf welchem Niveau sie trainiert wird. Die unterschiedlichen Niveaustufen machen eine differenzierte Unterscheidung möglich. So geben sie Informationen über den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe und lassen Rückschlüsse auf die Art des Unterrichts zu. Anders als bei den Beispielaufgaben der Bildungsstandards können einer Aufgabe mehrere Kompetenzen zugeordnet werden. Dieses Vorgehen erlaubt eine differenzierte Betrachtungsweise. In Tests können Aufgaben in einzelne abzutestende Kompetenzen eingeteilt werden. Für den Unterricht ist diese Art der Einteilung allerdings nicht sinnvoll.

(K1) Mathematisch argumentieren

„Dazu gehört:

- Fragen stellen, die für die Mathematik charakteristisch sind („Gibt es... ?“, „Wie verändert sich... ?“, „Ist das immer so... ?“) und Vermutungen begründet äußern,
- mathematische Argumentationen entwickeln (wie Erläuterungen, Begründungen, Beweise),
- Lösungswege beschreiben und begründen.“ (KMK, 2003a, S.8f)

[9] „Nutzen die Prozentrechnung bei Wachstumsprozessen [...] auch unter Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms“ (L4 HS 9).

(K2) Probleme mathematisch lösen

„Dazu gehört:

- vorgegebene und selbst formulierte Probleme bearbeiten,
- geeignete heuristische Hilfsmittel, Strategien und Prinzipien zum Problemlösen auswählen und anwenden,
- die Plausibilität der Ergebnisse überprüfen sowie das Finden von Lösungsideen und die Lösungswege reflektieren.“ (KMK, 2003a, S.8f)

(K3) Mathematisch modellieren

„Dazu gehört:

- den Bereich oder die Situation, die modelliert werden soll, in mathematische Begriffe, Strukturen und Relationen übersetzen,
- in dem jeweiligen mathematischen Modell arbeiten,
- Ergebnisse in dem entsprechenden Bereich oder der entsprechenden Situation interpretieren und prüfen.“ (KMK, 2003a, S.8f)

(K4) Mathematische Darstellungen verwenden

„Dazu gehört:

- verschiedene Formen der Darstellung von mathematischen Objekten und Situationen anwenden, interpretieren und unterscheiden,
- Beziehungen zwischen Darstellungsformen erkennen,
- unterschiedliche Darstellungsformen je nach Situation und Zweck auswählen und zwischen ihnen wechseln.“ (KMK, 2003a, S.8f)

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

„Dazu gehört:

- mit Variablen, Termen, Gleichungen, Funktionen, Diagrammen, Tabellen arbeiten,
- symbolische und formale Sprache in natürliche Sprache übersetzen und umgekehrt,

- Lösungs- und Kontrollverfahren ausführen,
- mathematische Werkzeuge (wie Formelsammlungen, Taschenrechner, Software) sinnvoll und verständig einsetzen.“ (KMK, 2003a, S.8f)

(K6) Kommunizieren

„Dazu gehört:

- Überlegungen, Lösungswege bzw. Ergebnisse dokumentieren, verständlich darstellen und präsentieren, auch unter Nutzung geeigneter Medien,
- die Fachsprache adressatengerecht verwenden,
- Äußerungen von anderen und Texte zu mathematischen Inhalten verstehen und überprüfen.“ (KMK, 2003a, S.8f)

5.5.1 Anforderungsbereiche

Anforderungsbereich I: Reproduzieren

„Dieser Anforderungsbereich umfasst die Wiedergabe und direkte Anwendung von grundlegenden Begriffen, Sätzen und Verfahren in einem abgegrenzten Gebiet und einem wiederholenden Zusammenhang.

Anforderungsbereich II: Zusammenhänge herstellen

Dieser Anforderungsbereich umfasst das Bearbeiten bekannter Sachverhalte, indem Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten verknüpft werden, die in der Auseinandersetzung mit Mathematik auf verschiedenen Gebieten erworben wurden.

Anforderungsbereich III: Verallgemeinern und Reflektieren

Dieser Anforderungsbereich umfasst das Bearbeiten komplexer Gegebenheiten u. a. mit dem Ziel, zu eigenen Problemformulierungen, Lösungen, Begründungen, Folgerungen, Interpretationen oder Wertungen zu gelangen.“ (KMK, 2003a, S.13)

5.5.2 Auswirkungen auf die Klassifikation

Die Beschreibung der Kompetenzbereiche in den Bildungsstandards lässt eine eindeutige Einteilung von Aufgaben nicht zu. Für die Klassifikation muss somit die Trennung der einzelnen Bereiche präzisiert werden.

5.5.3 Mathematisch argumentieren - kommunizieren

Das größte Problem für die Entwicklung der Klassifikation ist die Abgrenzung zwischen den Kompetenzen K1 „Mathematisch argumentieren“ und K6 „Kommunizieren“. Da im Unterricht häufig Argumentationen im Unterrichtsgespräch erfolgen, ist in diesen Phasen eine Trennung der beiden Kompetenzen nicht möglich.

Bereits in der Beschreibung der Bildungsstandards wird die inhaltliche Nähe der beiden Kompetenzen deutlich:

„Lösungswege beschreiben und begründen.“ (K1)

„Überlegungen, Lösungswege bzw. Ergebnisse dokumentieren, verständlich darstellen und präsentieren, auch unter Nutzung geeigneter Medien“ (K6)

Wenn Lösungswege beschrieben und begründet werden sollen müssen sie auch dokumentiert und dargestellt werden. Somit ist die Kompetenz „Kommunizieren“ eine Voraussetzung für die Kompetenz „Mathematische argumentieren“.

„mathematische Argumentationen entwickeln (wie Erläuterungen, Begründungen, Beweise“ (K1) „die Fachsprache adressatengerecht verwenden“ (K6)

Auch diese beiden Bereiche der Kompetenzen lassen sich kaum trennen. Die Verwendung von Fachsprache ist nur in einem Kontext sinnvoll. Dieser Kontext wird z. B. eine Erläuterung oder Begründung sein. Es sind zwar Testsituationen denkbar, in denen diese beiden Kompetenzen getrennt voneinander abgeprüft werden können, im Unterrichtsalltag ist eine Trennung nicht sinnvoll möglich. Deswegen wurden für die Klassifikation diese beiden Kompetenzen zusammengefasst. In der folgenden Tabelle wurde die in den Bildungsstandards vorgenommen Untergliederung jeder Kompetenz in drei Anforderungsbereiche für diese kombinierte Kompetenz überarbeitet.

Reproduzieren	Zusammenhänge herstellen	Verallgemeinern und Reflektieren
Mathematisch argumentieren - kommunizieren Dazu gehört:		
- Routineargumentationen wiedergeben (wie Rechnungen, Verfahren, Herleitungen, Sätze, die aus dem Unterricht vertraut sind) - mit Alltagswissen argumentieren - einfache mathematische Sachverhalte mündlich und schriftlich ausdrücken - aus kurzen, einfachen mathematikhaltigen Texten, Graphiken und Abbildungen Informationen entnehmen - auf Fragen und Kritik sachlich angemessen reagieren	- überschaubare mehrschrittige Argumentationen erläutern oder entwickeln - Lösungswege beschreiben und begründen - Ergebnisse bzgl. ihres Anwendungskontextes bewerten - Zusammenhänge, Ordnungen und Strukturen erläutern - Überlegungen, Lösungswege bzw. Ergebnisse verständlich darstellen - komplexe mathematikhaltige Texte, Graphiken und Abbildungen sinnentnehmend erfassen - die Fachsprache adressatengerecht verwenden - auf Äußerungen von Anderen zu mathematischen Inhalten eingehen - mit Fehlern konstruktiv umgehen	- komplexe Argumentationen erläutern oder entwickeln - verschiedene Argumentationen bewerten - Fragen stellen, die für die Mathematik charakteristisch sind, und Vermutungen begründet äußern - komplexe mathematische Sachverhalte mündlich und schriftlich präsentieren - komplexe mathematische Texte sinnentnehmend erfassen - Äußerungen von Anderen zu mathematischen Inhalten bewerten

Tabelle 5.1: Argumentieren und kommunizieren (vgl. KMK, 2003a, S. 13f)

Beispielaufgaben aus der Erhebung:

Anforderungsbereich I:

Item 406:

Wie berechnet man den Grundwert?

Item 307:

Kürze den Bruch $\frac{6}{12}$ mit 2. Was muss man dann tun?

Anforderungsbereich II:

Item 462:

Ziehe an den Punkten Q1, Q2, Q3, Q4 bis sie jeweils von den Geraden g und h den gleichen Abstand haben. Was fällt dir dann an ihrer Lage auf? (Die Punkte und die Halbgeraden g und h sind als DynaGeo-Datei vorgegeben.)

Item 691:

Warum ist das Quadrat eine besondere Raute?

Anforderungsbereich III:

Item 743:

Worin unterscheiden sich die drei Graphen bzw. Funktionsgleichungen und was bleibt gleich? Wie macht sich der Unterschied im Koordinatensystem bemerkbar?

Item 744:

Arbeite das Lehrbuch S. 84/85 durch! Beantworte folgende Frage schriftlich: Was ist eine proportionale Funktion?

5.5.4 Probleme mathematisch lösen

In der Fachdidaktik werden Aufgaben, für die der Löser/die Löserin keinen Lösungsweg kennt, als Problem bezeichnet. Es muss also eine Barriere überwunden werden, um die Aufgabe zu lösen (vgl. Dörner, 1987; Zimmermann, 1991; Nohida, 1995; Schoenfeld, 1995; Stacey, 1995; Roth, 2002; Bruder, 2003).

„*Ein Individuum steht einem Problem gegenüber, wenn es sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über die Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in* *den wünschenswerten Zielzustand zu überführen. Ein Problem ist also gekennzeichnet durch drei Komponenten:*

1. Unerwünschter Anfangszustand s_a

2. Erwünschter Endzustand s_w

3. Barriere, die die Transformation von s_a *in* s_w *im Moment verhindert."* (Dörner, 1987, S. 10)

„Problemlösen findet im Mathematikunterricht statt, wenn sich die Schüler mit einer Aufforderung zum Handeln auseinandersetzen, für deren Bewältigung sie noch keine Vorerfahrungen haben, bzw. für die sie (noch) keine Handlungsmuster oder Lösungsideen kennen." (Bruder, 1992, S. 6)

Beide Zitate machen deutlich, dass erst dann ein Problem vorliegt, wenn der Lösungsweg unbekannt ist. Mit dieser Definition ist die Beschreibung im Anforderungsbereich I nicht vereinbar.

Trotzdem soll in der Klassifikation der Anforderungsbereich I auch für den Bereich „Probleme mathematisch lösen" im Sinne der Bildungsstandards genutzt werden. Leiß und Blum (2006, S. 39) beschreiben diesen Anforderungsbereich als das *„Lösen einer einfachen mathematischen Aufgabenstellung durch Identifikation und Auswahl einer naheliegenden Strategie."* Wann allerdings eine „einfache Aufgabe" vorliegt, ist nicht allgemeingültig zu beantworten. Für die Klassifikation werden deswegen in diesem Bereich Aufgaben eingeordnet, bei denen die Schülerinnen und Schüler zwar das Verfahren zur Lösung kennen, dieses Verfahren aber nicht explizit angegeben ist. Es muss allerdings nicht ein neuer Lösungsweg gefunden werden, sondern es muss ein bekanntes Verfahren ausgewählt und angewendet werden. Dieses bedeutet, dass in diesem Bereich auch Routineaufgaben eingeordnet werden können. Obwohl der Umgang mit dieser Art von Aufgaben schon trainiert und somit zur Routine geworden ist, muss trotzdem bei der Lösung der Aufgabe erst ein Verfahren oder ein Lösungsweg ausgewählt werden.

Deswegen muss an dieser Stelle deutlich zwischen Problemlöseprozesse im Sinne der Dörner und Bruder und Aufgaben aus dem Anforderungsbereich I unterschieden werden. Es kann also auch im Anforderungsbereich I um „Probleme mathematisch lösen" gehen -

unter speziellen, einfachen Bedingungen. Eine wirkliche Problemlösung erfolgt aber erst bei Aufgaben, die in den Anforderungsbereich II eingeteilt wurden.

Reproduzieren	Zusammenhänge herstellen	Verallgemeinern und Reflektieren
Probleme mathematisch lösen Dazu gehört:		
- Routineaufgaben lösen („sich zu helfen wissen“) - einfache Probleme mit bekannten - auch experimentellen - Verfahren lösen	- Probleme bearbeiten, deren Lösung die Anwendung von heuristischen Hilfsmitteln, Strategien und Prinzipien erfordert - Probleme selbst formulieren - die Plausibilität von Ergebnissen überprüfen	- anspruchsvolle Probleme bearbeiten - das Finden von Lösungsideen und Lösungswegen reflektieren

Tabelle 5.2: KMK (2003a, S. 13f)

Beispielaufgaben aus der Erhebung:

Anforderungsbereich I:

Item 140:

Eine Umfrage bei 200 Personen zum Thema „Lärm“ erbrachte folgendes Ergebnis. Lästige Lärmquelle: Anzahl der Nennungen: Flugzeuge: 84; Straßenverkehr: 72; Baulärm: 18; sonstiges: 26. Rechne die Angaben in Prozent um.

Item 245:

Franz berichtet seinen Freunden: „Meine Oma hat mir ein Sparbuch (2,5 %) vererbt. Jetzt kann ich von den Zinsen leben und jeden Monat 1000 € ausgeben.“ Wie viel Zinsen bekommt Franz im Jahr?

Anforderungsbereich II:

Item 404:

Bestimme das Volumen des Prismas mit a=4 cm, c=5 cm und h=6 cm. (Zeichnung mit angegeben, Problem: die Höhe des Dreiecks fehlt.)

Item 70:

Halbiere die Strecke mithilfe des Zirkels und zeichne die Mittelsenkrechte.

Anforderungsbereich III:

Item 387:

Zeige, dass der Peripheriewinkel halb so groß ist wie der Mittelpunktswinkel.

5.5.5 Mathematisch modellieren

Durch Modellieren wird die Welt der Mathematik mit der realen Welt verbunden. Der Verlauf einer Modellierung soll an einem Beispiel verdeutlicht werden:

Abbildung 5.1: Aufgabe nach Herget u. a. (2008, S. 33)

Um die Menge des Wassers zu berechnen, müssen erst einige Annahmen getroffen werden. So können die Fässer als zwei gleich große Zylinder aufgefasst werden. Das Fahrrad könnte 26 Zoll Räder haben und somit hätten die Fässer eine Höhe von ungefähr 90 cm. Der Radius kann auf 40 cm geschätzt werden. Durch diese Annahmen kann jetzt eine mathematische Formel $V = \frac{r^2 \pi h}{2}$ zur Berechnung genutzt werden. Das Volumen von einem Fass beträgt somit ca. 226194 cm^3. Jetzt muss dieses mathematische Ergebnis auf die Fragestellung übertragen werden. Beide Fässer könnten zusammen zwar 452,4 ℓ fassen, es ist aber wohl nicht möglich, dieses Gewicht auch mit diesem Rad zu transportieren, wobei in diesem Modell das Gewicht der Fässer noch nicht einmal berücksichtigt wurde. Entweder müssen jetzt die ermittelten Maße angepasst oder es müssen weitere Annahmen getroffen werden um ein realistisches Ergebnis zu erzielen. Der Fahrer kann mit diesem Fahrrad vielleicht 250 kg transportieren. Er dürfte also die Fässer jeweils nur zur Hälfte befüllen.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgte in mehreren Schritten, die in einem Modellierungskreislauf dargestellt werden können.

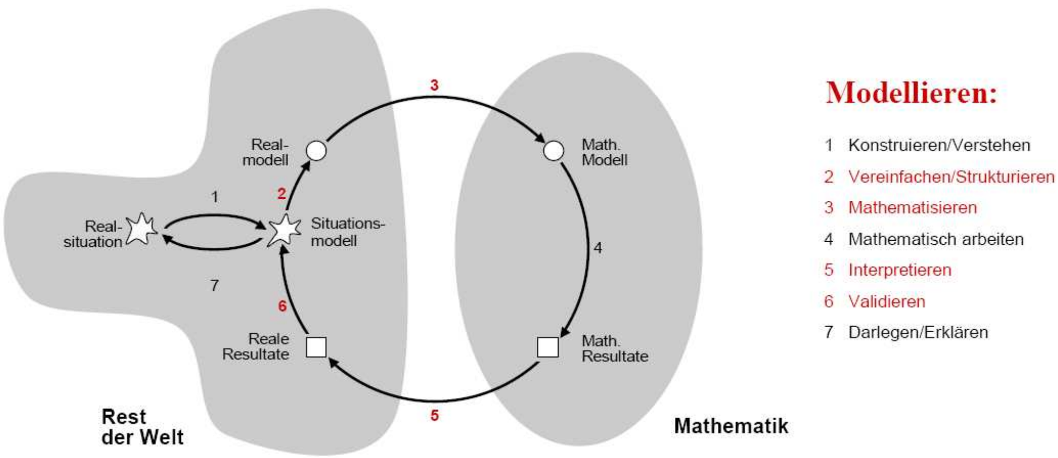


Abbildung 5.2: *Modellierungskreislauf nach Blum, Leiß und Borromeo Ferri* (Borromeo Ferri u. a., 2006, S. 54)

Das Modellieren erfordert eine Aktivierung von verschiedenen Wissensbereichen. So muss bereits bei der Ermittlung der Modellannahmen überlegt werden, welche Annahmen für die Lösung eine zentrale Rolle spielen und welche vernachlässigt werden können. Außerdem müssen bereits mögliche mathematische Verfahren zur Lösung ausgewählt werden und die hierfür notwendigen Daten erhoben werden. Dieses ständige Wechselspiel erfordert einen größeren Überblick über mathematische Verfahren und über Möglichkeiten wichtige Daten zu ermitteln.

Bei einem reinen innermathematischen Modellieren gibt es keinen Bezug zur realen Welt. Es müssen aber zur Lösung der Aufgabe verschiedene Annahmen getroffen und Verfahren zur Lösung ausgewählt und evaluiert werden.

Somit kann zwischen zwei Bereichen des Modellierens (vgl. Freudenthal, 1983; Neubrand u. a., 2002) unterschieden werden. Erstens eine reine innermathematische und zweitens eine außermathematische Modellierung. In der Klassifikation wird diesen beiden Bereichen in zwei verschiedenen Items Rechnung getragen. Beim Item „Mathematisch Modellieren" wird erfasst, wieweit bei einer Aufgabe eine Modellierung notwendig ist. Im Item „Innere Form der Aufgabenstellung" wird erfasst, ob ein Sachkontext vorliegt oder nicht.

Reproduzieren	Zusammenhänge herstellen	Verallgemeinern und Reflektieren
Mathematisch modellieren Dazu gehört:		
- vertraute und direkt erkennbare Modelle nutzen - einfachen Erscheinungen aus der Erfahrungswelt mathematische Objekte zuordnen - Resultate am Kontext prüfen	- Modellierungen, die mehrere Schritte erfordern, vornehmen - Ergebnisse einer Modellierung interpretieren und an der Ausgangssituation prüfen - einem mathematischen Modell passende Situationen zuordnen	- komplexe oder unvertraute Situationen modellieren - verwendete mathematische Modelle (wie Formeln, Gleichungen, Darstellungen von Zuordnungen, Zeichnungen, strukturierte Darstellungen, Ablaufpläne) reflektieren und kritisch beurteilen

Tabelle 5.3: KMK (2003a, S. 13f)

Beispielaufgaben aus der Erhebung:

Anforderungsbereich I:

Item 916:

Die Ölheizung der Schule ist so eingestellt, dass sie im Winter täglich 8 Stunden in Betrieb ist. Unter diesen Bedingungen reicht der Ölvorrat 7 Monate. Wie lange würde der Ölvorrat bei einer täglichen Betriebsdauer von 10 Stunden reichen?

Anforderungsbereich II:

Item 448:

Die gesamte Figur rechts ist 40 cm^2 groß. Wie hoch sind die Dreiecke? (Bild von einem Quadrat, bei dem sich an jeder Seite ein gleichseitiges Dreieck befindet)

Item 732:

Frau Siede fährt gern zügig und viel auf der Autobahn. Jetzt beabsichtigt sie ein neues Auto zu kaufen. Beim Autohändler angekommen weiß sie nicht, ob sie sich für ein Auto mit oder ohne ABS (Antiblockiersystem) entscheiden soll. Der Autohändler legt Frau Siede zwei Formeln aus einer Autozeitschrift vor, mit denen sich der Bremsweg (y in m) aus der vorher gefahrenen Geschwindigkeit (x in km/h) berechnen lässt: $y = 0,01x^2 + 0,3x$ (bei einer Vollbremsung ohne ABS) $y = 0,001x^2 + 0,2x$ (bei einer Vollbremsung mit ABS). Frau Siede schaut verzweifelt auf die Formeln. Der Autohändler erklärt, dass der Unterschied nur minimal sei und dass sich Frau Siede ruhig ein Auto ohne ABS kaufen kann. Er sagt: „Beachten Sie nur den Abstand zum Vordermann=halber Tacho; dann kann niemandem etwas passieren.“ Frau Siede weiß nun immer noch nicht, ob sie sowohl bei Stadt- als auch bei Autobahnfahrten damit gut beraten ist. Soll sie dem Kauf eines Autos ohne ABS zustimmen?

Anforderungsbereich III:

Es wurde keine Aufgabe aus diesem Anforderungsbereich beobachtet. Ein Beispiel für diesen Aufgabenbereich wäre: Bestimme, wie viele Straßenbahnwagons die ÜSTRA in Hannover besitzt.

5.5.6 Mathematische Darstellungen verwenden

Es gibt eine Vielzahl von mathematischen Darstellungen. Die wohl bekannteste Darstellung ist die Symbolschreibweise in Form von z. B. Termen. Andere Darstellungen sind Tabellen, Diagramme, Graphen, Konstruktionen, Zeichnungen usw. In der Kompetenz „Mathematische Darstellungen verwenden" geht es schwerpunktmäßig um das Erstellen und Interpretieren von verschiedenen Darstellungen. Hierzu gehört auch das Überführen von unterschiedlichen Darstellungen ineinander. So kann eine Funktion in Form einer Gleichung, Wertetabelle und als Funktionsgraph dargestellt werden. In der Lebensumwelt der Schülerinnen und Schüler müssen häufig Diagramme und Graphen schnell erfasst und gedeutet werden. Das Ausbilden dieser Kompetenz ist für die Lebensvorbereitung (vgl. Heymann, 1996) somit ein wichtiges Ziel des Mathematikunterrichts.

Reproduzieren	Zusammenhänge herstellen	Verallgemeinern und Reflektieren
Mathematische Darstellungen verwenden Dazu gehört:		
- vertraute und geübte Darstellungen von mathematischen Objekten und Situationen anfertigen oder nutzen	- Beziehungen zwischen Darstellungsformen erkennen und zwischen den Darstellungsformen wechseln	- eigene Darstellungen entwickeln - verschiedene Formen der Darstellung zweckentsprechend beurteilen - nicht vertraute Darstellungen lesen und ihre Aussagekraft beurteilen

Tabelle 5.4: KMK (2003a, S. 13f)

Beispielaufgaben aus der Erhebung:

Anforderungsbereich I:

Item 208:

Zeichne folgende Figur in ein Koordinatenkreuz: A (1;0) B(4;1) C(3;2) D(0;1).

Item 812:

Welcher Buchstabe ist achsensymmetrisch? a) „A“

Anforderungsbereich II.

Item 641:

Welche Teilstrecke wurde am schnellsten, welche am langsamsten zurückgelegt? (Gegeben ist ein Koordinatensystem mit stückweise linearen Funktionen, die eine Autofahrt beschreiben.)

Item 731:

Welche Darstellung der Funktionen ist am anschaulichsten? (Es waren Wertetabellen, Funktionsgraphen und Funktionsgleichungen von verschiedenen Funktionen vorgegeben.)

Anforderungsbereich III:

Es wurde keine Aufgabe aus diesem Anforderungsbereich beobachtet. Ein Beispiel für diesen Aufgabenbereich wäre: Vergleiche die Darstellungen (Kreisdiagramm, Blockdiagramm, Säulendiagramm) und bewerte, welches für die Fragestellung am besten geeignet ist.

5.5.7 Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen

Der Umgang mit Formeln, Algorithmen, Termen sowie Zirkel und Lineal gehört zum Handwerkzeug eines jeden, der mathematisch tätig werden möchte. Auch der Umgang mit technischen Geräten wie Taschenrechner oder Computerprogrammen wie Dynamischer Geometrie Software, Computer Algebra Systemen oder Funktionsplottern nimmt einen immer größeren Stellenwert im Unterricht ein. Computersoftware kann auf ganz unterschiedlicher Weise den Lernprozess beeinflussen. So gibt es spezielle Lernprogramme, die überwiegend Rechenfähigkeiten trainieren, Werkzeugprogramme[10], die beim Lösen von Aufgaben unterstützen können, oder tutorielle Systeme, die das Erlernen von neuen Sachverhalten ermöglichen sollen. In dieser Kompetenz werden viele verschiedene Elemente, die Einfluss auf den Unterricht und Lernprozess haben, zusammengefasst. Der Umgang mit symbolischen Elementen beinhaltet arithmetische, algebraische oder geometrische Fähigkeiten. Technische Elemente dagegen beziehen sich auf Medien wie Computer und Bücher. Es wird hier eine Verknüpfung zwischen mathematischen und allgemeinen Fähigkeiten vorgenommen. Für die Klassifikation bedeutet das, dass neben dieser Kompetenz noch einmal speziell der Einsatz der Medien erhoben werden muss.

Reproduzieren	Zusammenhänge herstellen	Verallgemeinern und Reflektieren
Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen Dazu gehört:		
- Routineverfahren verwenden - mit vertrauten Formeln und Symbolen umgehen - mathematische Werkzeuge (wie Formelsammlungen, Taschenrechner, Software) in Situationen nutzen, in denen ihr Einsatz geübt wurde	- Lösungs- und Kontrollverfahren ausführen - symbolische und formale Sprache in natürliche Sprache übersetzen und umgekehrt - mit Variablen, Termen, Gleichungen, Funktionen, Tabellen und Diagrammen arbeiten - mathematische Werkzeuge verständig auswählen und einsetzen	- Lösungs- und Kontrollverfahren hinsichtlich ihrer Effizienz bewerten - Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung mathematischer Werkzeuge reflektieren

Tabelle 5.5: KMK (2003a, S. 13f)

[10]Hierzu gehören z. B. Computer Algebra Systeme und Dynamische Geometrie Software (vgl. Hole, 1998).

Beispielaufgaben aus der Erhebung:

Anforderungsbereich I:

Item 6:

2...3 $><$ welches der beiden Zeichen muss dazwischen geschrieben werden?

Item 409:

Berechne $7(3x + 8) =$.

Anforderungsbereich II:

Item 221:

Begründe, warum die Formel $A = a \cdot h$ zur Flächenberechnung von Parallelogrammen genutzt werden kann.

Item 418:

Löse die Klammer auf: $(2m + 5)^2$ (die Binomischen Formeln wurden noch nicht behandelt).

Anforderungsbereich III:

Es wurde keine Aufgabe aus diesem Anforderungsbereich beobachtet. Ein Beispiel für diesen Aufgabenbereich wäre: Berechne die Schnittpunkte der folgenden Funktionen mithilfe des Gleichsetzungs-, Einsetzungs- und Additionsverfahrens. Bewerte, welches der Verfahren für die jeweilige Berechnung am geeignetsten ist. a) $2x - y = 8$ und $2x + 9 = y$ b) $36 + x = y$ und $36 - x = 4y$.

5.6 Aufgabenstruktur

Im Rahmen der Forschung zur Problemlösung (Polya, 1966; Duncker, 1974; Dörner, 1987) wird i. A. eine Aufgabe in drei Komponenten aufgespaltet. Eine Anfangssituation, eine Transformation und eine Endsituation. Diese Gliederung wurde in der Mathematikdidaktik aufgegriffen und bei der Diskussion um offene Probleme und offene Aufgaben im Mathematikunterricht von Becker und Shimada (1997); Blum und Wiegand (2000); Bruder (2000b); Greefrath (2004); Silver (1995); Pehkonen (2001); Zimmermann (1991) verwendet.

Zur Beschreibung von Aufgaben wurde von Bruder aus diesen drei Komponenten eine Klassifikation entwickelt.

Nach Bruder (2000a) besteht eine Aufgabe aus:

1. einer Anfangssituation, in der die Voraussetzungen, Informationen und gegebenen Größen beschrieben werden,
2. einer Transformation, die die Überführung aus der Anfangssituation in die Endsituation beschreibt, also welche Lösungswege, Modelle oder Verfahren verwendet werden,
3. einer Endsituation, in der die Schlussfolgerungen, Ergebnisse und Resultate zusammengefasst werden.

Bei einer Aufgabe können jetzt alle drei Bereiche jeweils bekannt (x) oder einzelne unbekannt(-) sein. Aus den möglichen Kombinationen ergeben sich folgende acht Typen:

	Anfangssituation (Gegebenes)	Transformationen (Lösungsweg(e))	Endsituation(en) (Ziel)
„a) vollständig gelöste Aufgabe	x	x	x
b) Grundaufgabe	x	x	-
c) Umkehrung einer bekannten Grundaufgabe	-	x	x
d) Begründung- oder Beweisaufgabe bzw. Strategiefindungsaufgabe	x	-	x
e) Problemaufgabe	x	-	-
f) Umkehrung einer Problemaufgabe (spezielle „ offene“ Aufgabe)	-	-	x
g) Aufforderung zum Erfinden einer Aufgabe zu einem gegebenen mathematischen Thema (das ist auch „ offen“)	-	x	-
h) Problemsituation („offene“ Aufgabe)“	-	-	Rahmen oder Orientierung (-)

Tabelle 5.6: Bruder (2000a, S. 70)

Beispiele zu den einzelnen Aufgabentypen:

a) 2+5=7

b) „*Löse die quadratische Gleichung* $3x^2 - 7x = 8$*!*

c) *Gib eine quadratische Gleichung mit den Lösungen 2 und -3 an!*

d) *Beim Nimm-Spiel gewinnt Frank immer. Wie macht er das?*

e) *Ist eine Tetrapak-Milchtüte verpackungsoptimal gestaltet?*

Kann man eine Korkkugel mit einem Durchmesser von 1 m davontragen?

f) *Ein dreieckiger Teich soll eine Fläche von* $10m^2$ *einnehmen. Welche Maße kann er haben?*

g) *Erfinde Beispielaufgaben zu den drei typischen Fragestellungen der Prozentrechnung!*

g) *Wie lange dauert ein Wasserwechsel im Schwimmbad?*"(Bruder, 2000a, S. 70)

Eine ähnliche Gliederung haben Wiegand und Blum (1999) veröffentlicht. Frau Bruder hat diese ursprüngliche Gliederung um zwei Typen ergänzt. Hierdurch werden jetzt allen Kombinationsmöglichkeiten Aufgaben zugeordnet. Für die Klassifikation wird die Einteilung von Bruder übernommen, weil hier eine differenziertere Unterteilung der Aufgaben möglich ist. So ist z. B. eine Unterteilung zwischen einer vollständig gelösten Aufgabe und einer Grundaufgabe möglich. Die einzelnen Typen werden zwar unterschiedlich verstanden, inhaltlich ist aber eine Übersetzung in das Verständnis der anderen Typisierung möglich.

5.7 Aufgabenstellung

Die bisher beschriebenen Punkte erfassen die inhaltlichen Aspekte einer Aufgabe. Es werden das Themengebiet, die angesprochenen Kompetenzen und die Offenheit der Aufgabenstellung ermittelt. Neben diesen Punkten sind noch viele kleine Informationen zur vollständigen Beschreibung der Aufgabe notwendig. Die Sozialform und die Hilfsmittel bei der Bearbeitung haben großen Einfluss auf den Lernprozess. Durch die Erfassung dieser Informationen wird ein vollständiges Bild der Aufgabe festgehalten.

Äußere Form der Aufgabenstellung

In diesem Item wird erfasst, mithilfe welcher Medien die Aufgabe gestellt wurde. Dadurch werden Rückschlüsse auf die Vielfalt der im Unterricht verwendeten Medien ermöglicht.

1 Tafel
2 Folie
3 Beamer
4 Buch
5 Arbeitsblatt
6 Material
7 Arbeitsblatt auf dem Computer
8 Mündlich
9 Software
10 sonstiges

Erklärung bei der Aufgabenstellung

Die Vorstrukturierung der Aufgabe durch die Lehrerin/den Lehrer im Unterrichtsgespräch gibt weitere Hinweise auf das Niveau der Aufgabe. Durch Erklärungen beim Stellen der Aufgabe wird das notwendige Textverständnis bzw. der Umgang mit Tabellen usw. beeinflusst. Vorgaben im Unterrichtsgespräch können auch Wege der Modellierung oder des Problemlösens vorgeben und somit die Bearbeitung der Aufgabe vereinfachen. Da die Erfassung der Anforderungen (siehe Kapitel 5.5.1) an anderer Stelle der Klassifikation geschieht, soll hier nur erfasst werden, ob es eine Besprechung gibt (1) oder keine Vorbesprechung der Aufgabe gibt (0).

Innere Form der Aufgabenstellung

Die „innere Form“ erfasst den notwendigen Übersetzungsprozess, der von den Schülerinnen und Schülern verlangt wird. Wenn eine Aufgabe nur in Symbolsprache gestellt wird, ist kein größeres Textverständnis notwendig. Es müssen allerdings die Symbole von den Schülerinnen und Schülern übersetzt werden. Im ersten Punkt werden alle rein innermathematischen Formen der Aufgabenstellung, wie ein algebraischer bzw. ein arithmetischer Term oder eine mathematische Zeichnung zusammengefasst. Diese Aufgaben habe meistens noch eine kurze Aufforderung, wie „Berechne“, „Löse“ oder „Bestimme“, aber ansonsten keinen Text. Wenn die Aufgabenstellung einen Text enthält, wird zwischen drei Textformen unterschieden. Als Erstes einen reinen mathematischen Text, der keine Anwendungsbezüge aber eine innermathematische Modellierung erfordern kann (siehe Kapitel 5.5.5). Durch die Kombination mit dem Item „Mathematisch modellieren“ kann so zwischen innermathematischer und außermathematischer Modellierung unterschieden werden. Als Zweites eine eingekleidete Textaufgabe, die zwar einen Anwendungsbezug enthält, bei der allerdings die Nutzung eines mathematischen Verfahrens im Vordergrund steht und die Anwendung keine umfangreichen Modellierungen erfordert. Als letzten Anwendungsaufgaben, die einen direkten Bezug zur Lebensumwelt haben und bei denen nicht direkt das mathematische Verfahren offensichtlich ist und für die Lösung Modellierungen notwendig sind.

1 algebraisch/arithmetisch/Zeichnung

2 mathematischer Text

3 eingekleidete Textaufgabe (Textaufgabe mit Sachkontext, der aber schon mathematisch modelliert ist.)

4 Anwendungsaufgabe

Allgemeine Informationen über die Aufgabenstellung

Des Weiteren werden Informationen zum inhaltlichen Aufbau der Aufgabenstellung erhoben. Diese kurzen Ja-/Nein- Abfragen vervollständigen die Erfassung der Aufgabenstellung.

- Gibt es ein Koordinatensytem?
- Gibt es eine Tabelle?
- Gibt es ein Bild?
- Gibt es eine Zeichnung/Konstruktion?
- Gibt es ein Diagramm?

5.8 Bearbeitung

Sozialform während der Bearbeitung

Eine Aufgabe kann in ganz unterschiedlichen Sozialformen bearbeitet werden. Um diese zu erfassen, wurde dieses Item mit aufgenommen. Bei der Auswahl der Sozialform soll immer die während der Bearbeitung vorherrschende gewählt werden. Wenn z. B. eine Einzelarbeit durchgeführt werden soll und vereinzelt Schülerinnen und Schüler zusammenarbeiten wird diese Bearbeitung als „Einzelarbeit" gewertet. Bei Partner- und Gruppenarbeit ist es notwendig, dass die Schülerinnen und Schüler gemeinsam an einer Lösung arbeiten. Reines Helfen bei der Lösung wird hierbei nicht als Zusammenarbeit bewertet. Diese Form der Hilfe wird unter dem Item „Hilfe während der Bearbeitung" erfasst. Zum Einsatz von Unterrichtsmethoden siehe Nocker (1996); Baumert u. a. (1997); Weigand (2006).

1 Lehrervortrag

2 Schülervortrag

3 Unterrichtsgespräch

4 Einzelarbeit

5 Partnerarbeit

6 Gruppenarbeit

7 sonstiges

0 keine Bearbeitung in dieser Stunde

Hausaufgaben

Nicht jede Aufgabenbearbeitung der Schülerinnen und Schüler erfolgt im Unterricht. Viele Aufgaben werden auch zu Hause oder in speziellen Zeiten in der Schule, besonders bei Ganztagsschulen, bearbeitet. Alle Aufgaben, deren Bearbeitung nicht im Unterricht vorgesehen ist, sollen für die Klassifikation als „Hausaufgaben" bezeichnet werden. Es wird erfasst, ob eine Aufgabe als Hausaufgabe zu dieser Stunde oder im Anschluss an die Stunde zu bearbeiten ist. Die Codierung „keine Hausaufgabe" bedeutet, dass die Aufgabe in der Stunde gestellt, bearbeitet und abgeschlossen (z. B. besprochen)[11] wurde. Von Hausaufgaben kann immer nur ein Teil dieser drei Bereiche beobachtet werden.

Aufgaben die bereits in vorherigen Stunden bearbeitet wurden und in dieser Stunde noch einmal aufgriffen werden, sollen auch als „Haus zu dieser Stunde" gelten. Da auch bei diesen Aufgaben nur ein Teil des Lösungsprozesses beobachtet werden kann.

Durch die Verlagerung der Arbeitsphase aus dem Unterricht können nicht alle, für eine vollständige Klassifikation relevanten Daten erhoben werden. Um diese bei der Datenauswertung berücksichtigen zu können, ist dieses Item außerdem von Bedeutung. Zur Bedeutung und Umgang mit Hausaufgaben siehe z. B. Bruder und Komorek (2008); Schönbrunn (1989).

1 Hausaufgabe zu dieser Stunde

2 Hausaufgabe zur nächsten Stunde

0 keine Hausaufgabe

[11] Nicht jede Aufgabe wird im Unterricht besprochen. Im Laufe einer Besprechung können aber wichtige Strukturen und Verknüpfungen thematisiert werden. Diese Informationen werden im Kapitel 5.10 erfasst.

Zeit in % der Stunde

Zeit Absolut (in Minuten)

In diesen zwei Items wird die Zeit erfasst. Sobald eine Aufgabe besprochen oder angesagt wird, soll die Zeitmessung beginnen und sie endet, sobald eine neue Aufgabe begonnen wird. Wenn mehrere Aufgaben in einer Arbeitsphase bearbeitet werden, wird die Zeit gleichmäßig auf alle Aufgaben verteilt.

Mittel zur Bearbeitung

Die Hilfsmittels bei der Bearbeitung der Aufgabe werden in mehreren einzelnen „Ja-", „Nein"- Abfragen erfasst.

- Material zum Basteln
- Modelle
- Spiele
- Zirkel
- Geodreieck
- Taschenrechner
- Computer
- Heft
- Tafel
- Buch
- Folie
- Arbeitsblatt
- Beamer

Verwendete Computeranwendungen

Hier werden mögliche Programmgruppen, die bei der Bearbeitung oder Präsentation verwendete werden, erfasst.

1 Dynamische Geometrie Software (DGS)

2 Computer Algebra Systeme (CAS)

3 Tabellenkalkulationsprogramm (TKP)

4 Lernsoftware

5 Textverarbeitung

6 Präsentationssoftware

7 Internet

8 Funktionsplotter

9 Wissenschaftlicher Taschenrechner

10 sonstiges

0 keine

5.9 Hilfe während der Bearbeitung

Art der Hilfe

Es gibt vielfältige Möglichkeiten, wie Hilfestellungen im Unterricht organisiert werden können. Kürzere oder längere mündliche Hilfen durch die Lehrerin oder den Lehrer ist Unterrichtsalltag. Außerdem helfen sich Schülerinnen und Schüler gegenseitig. Diese gegenseitige Hilfe muss nicht immer spontan erfolgen. Es gibt verschiedene Methoden, wie z. B. das Ausbilden von Experten (siehe z. B. Groeben, 2008, S. 154f), um solche Hilfestellungen vorzubereiten. Neben diesen direkten mündlichen Formen der Hilfestellung können weitere schriftliche Formen genutzt werden. Durch die Vorbereitung von Tipps können schriftliche Hilfen gegeben werden. Musterlösungen können nicht nur der Selbstkontrolle sondern auch als Ideengeber für den eigenen Lösungsweg dienen. Außerdem können Nachschlagewerke wie Lexika, Formelsammlungen und das Schulbuch den

Bearbeitungsprozess unterstützen. Hierzu soll auch die Nutzung des Internets zur Informationsbeschaffung zählen. Durch den Einsatz von Software können je nach Softwareart sehr unterschiedliche Hilfestellungen gegeben werden. Lernsoftware und tutorielle Systeme haben z. T. sehr ausgefeilte Hilfefunktionen, aber auch Werkzeugprogramme geben eine Rückmeldung der Tätigkeit (zu den Softwarearten siehe Hole (1998)). Dieses Item erfasst nur die Art und nicht die Qualität der Hilfe. Es können verschiedene Formen der Hilfstellung kombiniert werden.

Diese gesamten unterschiedlichen Form der genutzten Hilfsmöglichkeiten zu erfassen ist nur in einer Laborsituation möglich, in der jede Interaktion der Hilfestellung beobachtet werden kann. Während Arbeitsphasen lassen sich die vielfältigen Hilfen der Schülerinnen und Schüler untereinander oder der Lehrkraft nur mit einem sehr großen technischen oder personellen Aufwand erfassen. An dieser Stelle soll nur erfasst werden, welche Hilfen von der Lehrkraft geplant und durchgeführt wurden. Alle Hilfen, die sich neben diesem organisierten Formen noch durch die Schülerinnen und Schüler entwickeln, z. B. das Fragen des Nachbarn/der Nachbarin, sollen an dieser Stelle nicht erfasst werden.

Jede dieser Arten der Hilfe sollen mit einzeln mit Ja-/Nein- Abfragen erfasst werden.

- Mündlich durch die Lehrkraft
- Mündlich durch Schülerinnen und Schüler
- Mündlich durch speziell geschulte Schülerinnen und Schüler (z. B. Experten)
- Tippkarten
- Musterlösungen
- Nachschlagewerke und Internet
- Hilfe durch Software
- sonstiges

Form der Hilfe

Neben der Art, wie Hilfestellungen organisiert sind, gibt es auch vielfältige Möglichkeiten der inhaltlichen Form der Hilfestellung. Diese Möglichkeiten reichen von motivierenden Hinweisen bis hin zum Vorgeben von Lösungen. Zech (1996, S. 315ff) hat für mögliche Lernhilfen beim Problemlösen eine Taxonomie der Hilfen aufgestellt:

- Motivationshilfen
  Du wirst die Aufgabe schon schaffen.
- Rückmeldungshilfen
  Du bist auf dem richtigen Weg.
- Allgemein-strategische Hilfen
  Was ist gegeben, was ist gesucht?
  Schau mal, was für eine Lösung wichtig sein könnte.
- Inhaltsorientierte strategische Hilfen
  Vielleicht kann dir der Dreisatz oder Verhältnisrechnung helfen.
- Inhaltliche Hilfen
  Man kann hier den Kathetensatz anwenden.

Dabei ist die „Motivationshilfe“ die schwächste Form der Hilfestellung, da sie den Schülerinnen und Schülern noch keine inhaltichen Schritte der Lösung abnimmt, und die „inhaltliche Hilfe“ die am meisten eingreifende Form der Hilfe, da hierdurch nicht nur Teile des Denkprozesses von der Lehrkraft übernommen werden, sondern auch die Schülerinnen und Schüler auf eine bestimmten Weg der Lösung geführt werden.

Jede dieser Hilfen kann indirekt oder direkt gegeben werden.

- *„Direkte allgemein-strategische Hilfe*
  Was ist gegeben, was ist gesucht?
- *Indirekte allgemein-strategische Hilfe*
  Sieh dir den Aufgabentext vielleicht noch mal genauer an.“
  (Zech, 1996, S. 317f)

Diese Beschreibung der Hilfestellungen ist natürlich idealtypisch. Im Rahmen des Unterrichts muss die Lehrkraft schnell entscheiden, welche Hilfe dem Schüler/der Schülerin an dieser Stelle am besten weiterhilft. Für den Unterricht ist zu beachten, dass nicht sofort „inhaltliche Hilfen“ erfolgen, sondern für den jeweiligen Fall eine angemessene Hilfe ausgewählt wird.

Wie die Lehrerinnen und Lehrer bei den einzelnen Aufgaben im Unterricht helfen wäre ein sehr interessante Untersuchung. Diese kann allerdings nicht durch eine Untersuchung der Aufgaben erfolgen, sondern muss stärker die Lehrer-Schüler-Interaktion an ausgewählten Beispielen untersuchen. Im Unterricht ist es kaum möglich, alle Formen der Hilfe bei jeder einzelnen Aufgabe zu erfassen. Es würden hierbei für eine Aufgabe außerdem ganz unterschiedliche Ebenen der Hilfe auftreten, so dass eine Gesamtaussage zur Aufgabe selbst eigentlich nicht möglich ist.

Aus diesem Grund soll für die weitere Untersuchung nur die Art der Hilfe erfasst werden. Diese Bedeutung ist eine Einschränkung der Aussagekraft zu den erfassten Hilfen im Unterricht und zeigt auch die Grenzen einer Untersuchung der Aufgaben im Unterricht auf.

5.10 Form der Besprechung

Vergleich/Kontrolle von Ergebnissen

In diesem Item wird erhoben, welche Art der Besprechung die Lehrkraft durchführt. Es wird hier nicht erfasst, ob die Aufgabe verschiedene Lösungswege zulässt (siehe dafür den Bereich „Struktur“, S. 83), sondern ob verschiedene Lösungswege im Unterricht aufgegriffen werden. So kann die theoretisch klassifizierte Offenheit der Aufgabe mit dem tatsächlichen Unterrichtsgeschehen verglichen werden. Dieser Vergleich lässt Rückschlüsse zu, wieweit das Potenzial der Aufgabe im Unterricht ausgeschöpft wird. Da viele Aufgaben nicht in der gleichen Unterrichtsstunde besprochen werden (z. B. Hausaufgaben, aber auch Übungsaufgaben am Ende der Stunde), werden in der Auswertung nur Aufgaben verwendet, die sowohl im Unterricht gestellt als auch abgeschlossen wurden.

Das Abschließen erfordert nicht zwingend eine Besprechung, es muss aber deutlich werden, dass diese Aufgabe im Sinne des Lehrers/der Lehrerin vollständig behandelt worden ist.

1 ein Lösungsweg

2 zwei Lösungswege

3 mehr als zwei Lösungswege

4 individuelle Kontrolle durch die Lehrkraft/durch Software

5 Selbstkontrolle/Vergleich von Lösungen mit dem Nachbarn

6 Lehrkraft sammelt die Arbeiten ein

7 sonstiges

0 keine Kontrolle/Besprechung unbekannt

6 Computereinsatz im Unterricht

Der Computer ist aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Ein größerer Umfang der Computernutzung wurde durch verschiedene Fördermaßnahmen ermöglicht, so dass heute in fast jeder deutschen Schule Computer für den Unterricht zur Verfügung stehen. In Niedersachsen wurden von 2001 bis 2003 spezielle Förderprogramme für die Ausstattung von Computerräumen über das Aktionsprogramm N21 aufgelegt, seit 2004 werden verstärkt Notebookprojekte gefördert.

6.1 Studien zum Computereinsatz

Die Auswirkungen des Computereinsatzes im Unterricht wurden in vielen Studien untersucht. Im Folgenden sollen einige Untersuchungen, die für die weitere Untersuchung wichtig sind, vorgestellt werden.

6.1.1 Tomorrow 98

Im „Tomorrow-98“-Programm wurden in Israel von 1994-1998 über 50.000 Computer in über 2500 Schulen installiert. Neben der Ausstattung der Schulen mit Hardware und Software erfolgten auch Lehrerfortbildungen. 1996 wurden an 200 Schulen in den vierten und achten Klassen Tests in Mathematik und Hebräisch durchgeführt. Neben diesen Tests wurden Daten zum Unterricht und allgemeine Informationen zur Schule erhoben. In den Mathematiktests wurde eine leicht signifikante Verschlechterung in der vierten Klasse festgestellt. Alle anderen Tests brachten keine signifikanten Relationen. Allerdings wurden in einigen Städten auch für die achte Klasse negative Auswirkungen des Computers festgestellt (Angrist und Lavy, 2002).

6.1.2 Rockman

In den USA wurde von Rockman et al (1999) von 1997 bis 1999 eine große Studie zum Laptopeinsatz durchgeführt. An dieser Studie nahmen mehr als 450 Schülerinnen und Schüler und ca. 50 Lehrerkräfte an 13 Schulen teil. Der Schwerpunkt der Studie war die Erhebung der Laptopnutzung in der Schule und zu Hause. Auch in den Kontrollklassen hatten über 90 % der Schülerinnen und Schüler Zugang zu Computern. Für den Mathematikunterricht konnte kein Unterschied im Umfang der Nutzung festgestellt werden. In allen anderen untersuchten Fächern nutzten die Schülerinnen und Schüler der Laptopklassen den Computer sowohl in der Schule als auch zu Hause öfter als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollklassen. In mehreren Lehrerbefragungen beschrieben die Lehrerinnen und Lehrer allgemein eine Veränderung des Unterrichts hin zu mehr Schüleraktivität und offeneren Unterrichtsformen. Als Erklärung für diese Veränderungen gaben die Lehrkräfte als Hauptgrund die Möglichkeiten des Computers an, während bei den Kontrollgruppen Veränderungen im Unterricht durch externe Gründe, wie die Veränderungen der politischen Vorgaben oder neue Schulbücher, erklärt wurden. Die durchgeführten Tests konnten für Mathematik keine signifikanten Veränderungen in den Leistungen der Schülerinnen und Schüler feststellen.

6.1.3 Stevenson

Im Rahmen eines High School Laptop Projektes in den USA wurden von Stevenson (2001) Schüler-, Lehrer- und Elternbefragungen durchgeführt. Von den befragten Lehrerinnen und Lehrern (28 vor der Einführung der Notebooks und 20 nach einem Jahr) gaben 60 % an, den Computer oft beruflich zu verwenden. Die Schwerpunkte der Nutzung lagen allerdings bei der Unterrichts Vor- und Nachbereitung. Im Unterricht selbst wurden die Computer von mehr als der Hälfte der Lehrkräfte nur selten bis gar nicht genutzt. Gründe hierfür waren überwiegend technische Probleme wie die defekte Hardware, die fehlende Sicherheit im Umgang oder das Fehlen der notwendigen Software. Vielfach wurde auch die mangelnde Ausbildung im Umgang mit der Software als Hinderungsgrund angegeben.

In der Vorbefragung erwarteten über 70 % der Lehrkräfte schwache, keine oder negative Auswirkungen auf die Testleistungen der Schülerinnen und Schüler. Nach einem Jahr haben die Hälfte der Lehrer die Frage nach den Auswirkungen nicht beantwortet. Bei den Übrigen hat sich die Einschätzung nicht verändert. Die Schülerinnen, Schüler und Eltern schätzten den Einfluss der Notebooks auf den Mathematikunterricht als sehr gering ein (Stevenson, 2001).

6.1.4 Schaumburg und Issing

Schaumburg und Issing (2002) haben von 1999 bis 2002 ein Laptopprojekt am Evangelisch Stiftischen Gymnasium in Gütersloh evaluiert. In diesem Projekt wurden ganze Schulklassen mit Laptops ausgerüstet, sodass ein flexibler Umgang mit dem neuen Medium möglich war. Innerhalb der Evaluation wurden 45 Unterrichtsstunden in den Fächern Deutsch und Mathematik auf Video aufgezeichnet. Zusätzlich wurden Lehrer- und Schülerbefragungen durchgeführt und die Computerkompetenz, die Mathematikleistung und die Deutschkenntnisse in Tests erhoben. Insgesamt wurde das Lernen mit dem Computer von den Schülerinnen und Schülern sowie Lehrerinnen und Lehrern als interessanter und anschaulicher empfunden. Dieses galt allerdings nicht für die Arbeit mit Excel im Mathematikunterricht. Der Großteil der Schülerinnen und Schüler gab an, mit mehr Motivation zu lernen und den Laptop als Arbeitserleichterung zu empfinden. Im Fach Mathematik kamen Excel, DynaGeo, Geonet und Derive zum Einsatz. Lernsoftware spielte keine Rolle. Außerdem wurde stärker schülerorientiert unterrichtet. Sowohl Lehrerinnen und Lehrer als auch Schülerinnen und Schüler fanden, dass sich der Laptop positiv auf kooperative Arbeitsformen auswirkte. Beim Mathematiktest konnten signifikant bessere Leistungen im Bereich des Sachrechnens festgestellt werden, was über einen häufigeren Umgang mit komplexeren Aufgabenstellungen der Laptopklassen erklärt wurde. In anderen Bereichen der Mathematik wurde kein Unterschied in den Testleistungen festgestellt (Schaumburg, 2002; Schaumburg und Issing, 2002).

6.1.5 Tenberg und Steiger

2001 wurden in München über 330 Schulen und ca. 370 Kindertagesstätten mit einem vernetzten Computersystem ausgerüstet. Neu an diesem Projekt war, dass nicht mehr jede Schule ihre eigenen Computeranlagen warten musste, sondern alle Computer zentral gepflegt wurden. Hiermit wurde der immer größeren Anzahl der Computer in den Schulen und der damit verbundenen Arbeitsbelastung der Kolleginnen und Kollegen Rechnung getragen. In einer wissenschaftlichen Begleituntersuchung von Tenberg und Steiger (2004); Tenberg u. a. (2006) wurden die Akzeptanz und die Schwierigkeiten des Systems untersucht. Die Hauptuntersuchung war eine schriftliche Befragung der Lehrkräfte. In der Hauptschule gaben 16 % der befragten 200 Lehrkräfte an, das Netz überhaupt nicht zu nutzen. Regelmäßig wurde es von über 35 % genutzt. Bei der Selbsteinschätzung der Computerkompetenz gaben 15 % an, kaum oder keine Erfahrungen zu haben. Relativ häufig wurden das Internet und Textverarbeitung im Unterricht genutzt. Tabellenkalkulationsprogramme wurden von 17 % regelmäßig verwendet. Geonext, als Dynamische Geometrie Software (DGS), wurde nur von 4 % ab und zu eingesetzt (Tenberg und Steiger, 2004).

Diese Zahlen verdeutlichen, dass der Computer im Mathematikunterricht nur relativ selten Verwendung fand. Besonders DGS wurde selten eingesetzt. Da allerdings nicht klar ist, wie viele der befragten Kollegen Mathematik unterrichten, sind Folgerungen schwierig.

Da Internet und Textverarbeitung von vielen Fächern genutzt werden, ist der Nutzungsschwerpunkt bei diesen Programmen nicht überraschend.

6.1.6 Lowther

Lowther u. a. (2003) haben im Rahmen des Laptop-Projektes „Anytime, Anywhere Learning“ die Auswirkungen des Computers auf den Unterricht untersucht. Im Vorfeld des Projektes wurde mit den 26 beteiligten Lehrkräften eine Schulung zum problemlösenden Lernen, zur Einbettung der Lebensumwelt in den Unterricht und zur Schülerselbstständigkeit durchgeführt. Bei den im Rahmen der Evaluation durchgeführten Unterrichtsbesuchen, sowohl in Laptopklassen als auch in Kontrollklassen, wurden bei den Laptopklassen mehr Schüleraktivität und bessere Problemlösefähigkeiten festgestellt. Auch bei einem Aufsatz haben diese Schülerinnen und Schüler bessere Leistungen erbracht. Allerdings wurden nur die Lehrkräfte fortgebildet, die auch in den Laptopklassen unterrichtet haben. Dadurch lässt sich nicht abschätzen, welche Auswirkungen die Fortbildungen und welche der Laptopseinsatz hatte. In einer zweiten Untersuchung wurden in Kontrollgruppen nur Klassen aufgenommen, in denen die Lehrkräfte auch an der Fortbildung teilgenommen hatten. Außerdem wurde bei der Auswahl der Kontrollklassen darauf geachtet, dass auch in diesen Klassen Computer im Klassenraum zur Verfügung standen. In dieser Hauptuntersuchung sollte geklärt werden, ob das Verhalten sowohl der Lehrerinnen und Lehrer als auch der Schülerinnen und Schüler in den Notebookklassen anders war als in den Kontrollklassen und ob die Schülerinnen und Schüler in diesen Klassen anders lernen. Zur Datenerhebung wurde ein „School Observation Measure“ entwickelt. Jeder Beobachter hat den Unterricht 15 Minuten lang besucht und klassifiziert, ob und in welchem Grad 24 vordefinierte Strategien im Unterricht vorkamen. Hierbei wurde erhoben, ob z. B. schülerorientiert gearbeitet oder in welchem Maße Technologien verwendet wurden. Neben diesen kurzen Hospitationen wurde in ganzstündigen Beobachtungen verstärkt die Art und Weise des Computereinsatzes erfasst. Insgesamt wurde eine höhere Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler in den Laptopklassen beobachtet. Im Problemlösetest erreichten die Laptopschüler in fünf von sieben Bereichen signifikant höhere Punktzahlen. Auch im „writing Test“ schnitten die Laptopschüler besser ab als die Kontrollgruppe.

In der Studie wurde allerdings nicht untersucht, ob die Laptopklassen nicht schon im Vorfeld bessere Leistungen erbracht haben. Die Zusammenstellung der Laptopklassen war nicht zufällig. Da die Teilnahme an solchen Projekten mit Kosten und höherem Arbeitsaufwand verbunden ist, ist zu erwarten, dass eher engagiertere Schülerinnen und Schüler, die auch mehr Untersützung aus dem Elternhaus bekommen, hieran teilnehmen. Somit ist es fragwürdig, ob die Verbesserungen auf den Laptop zurückzuführen sind.

6.1.7 Fazit

Insgesamt liefern die bisherigen Untersuchungen kein klares Bild, welche Auswirkungen der Computereinsatz auf den Unterricht hat. Das große Spektrum der Ergebnisse der unterschiedlichen Evaluationen von positiven bis hin zu negativen Auswirkungen macht die Schwierigkeit der Unterrichtsevaluation deutlich. Die Effekte, die durch ein Medium wie den Laptop erzielt werden können, sind im Vergleich zu den restlichen Variablen, die im Unterricht eine Rolle spielen, wohl eher gering einzuschätzen.

Kritischen Stimmen (vgl. Kirkpatrick und Cuban, 1998; Harris und Straker, 2000), die z. B. gesundheitliche Probleme durch die schweren Geräte oder die Verschwendung von Ressourcen anprangern, kann so nur schwer widersprochen werden. Problematisch bei allen Projekten war der Ausbildungsstand der Lehrerinnen und Lehrer (U.S. Department of Education, 2000; Blodgett und Moe, 2000). Gerade in Deutschland sind noch sehr viele ältere Kolleginnen und Kollegen im Schuldienst, die nicht mit dem Computer groß geworden sind. Es ist zu erwarten, dass einige Probleme mit der Verjüngung des Kollegiums behoben werden können, es fehlt allerdings immer noch an umfassenden Fortbildungen und einer Verbesserung der Ausbildung neuer Lehrkräfte.

Die meisten der in diesem Abschnitt vorgestellten Untersuchungen bestanden aus Tests und Befragungen. Hospitationen wurden nur selten in größerem Umfang eingesetzt. Eine längere Begleitung der Unterrichtsstunden erfolgte nur selten. Hieraus ergibt sich die Frage, wie weit Ergebnisse aus den Befragungen anderen Untersuchungen durch Hospitationen bestätigt werden können. Parallel zu der hier durchgeführten Untersuchung im Fach Mathematik wurde von Schaumburg u. a. (2007) für das Projekt „Schulen ans Netz“ eine Evaluation des gesamten Projekts durchgeführt. Die Ergebnisse der Lehrerbefragungen können so mit den in dieser Studie erhobenen Daten verglichen werden (vgl. Kapitel 7.11).

In den bisher durchgeführten Untersuchungen konnte keine klare Aussage über die Effekte des Computereinsatzes gemacht werden. Selbst in Untersuchungen mit Kontrollklassen ist es fast unmöglich, alle Variablen, die für einen Lernerfolg verantwortlich sind, zu berücksichtigen. Deswegen ist eine sichere Aussage, ob der Einsatz des Computers den Unterricht verbessert, nicht möglich. Der Umgang mit dem Computer kann je nach Lehrkraft oder Klasse zu positiven oder zu negativen Effekten führen. Lehmann fasste bereits 1995 in einer Podiumsdiskussion über Computer Algebra Systeme den Kenntnisstand so zusammen: *„Guter Unterricht wird durch Computeralgebrasysteme noch besser, schlechter Unterricht noch schlechter“* (zitiert aus Bender und Schwill, 1995, S. 1).

6.2 1000mal1000 Notebookprojekt

Im Frühjahr 2003 begann das von N21 (n-21, 2002, 2001, S. 2) initierte „1000mal1000“ Notebookprojekt. Beteiligt an der Ausschreibung waren zu diesem Zeitpunkt die Regionen Salzgitter, Lüneburg, Goslar und Wittmund. Im ersten Durchgang wurden an neun allgemeinbildenden Schulen 20 Klassen mit Notebooks ausgerüstet. Im Projekt war vorgesehen ganze Klassen mit Notebooks auszurüsten. Begonnen sollte mit Klassen des siebten Jahrgang werden. Wie viele Klassen sich beteiligten lang in der Hand der jeweiligen Schule. Die Eltern der Schüler in diesen Klassen mussten die Notebooks bezahlen, konnten aber verschiedene Finanzierungsmöglichkeiten in Anspruch nehmen. Die Schulträger sorgten für die notwendige Ausstattung (wie Beamer, Drucker, Funknetzwerke, Server) in der Schule. Wie viele Notebookklassen in einer Schule eingerichtet wurden, hing von der jeweiligen Schule ab. Der Umfang erstreckte sich von einer Klasse im Jahrgang bis hin zum ganzen siebten Jahrgang einer Schule, also bis zu fünf oder sechs Klassen an einer Schule. Im Schuljahr 2003/2004 kamen noch einmal 34 Klassen an damals zwölf allgemeinbildenden Schulen und einer Berufsschule hinzu.

Die Ziele des Projektes waren u. a.:

- *„Veränderung der Qualität des Selbstlernens durch Differenzierung und Individualisierung*
- *Stärkung des eigentätigen, seblstverantwortlichen und kreativen Erforschens und Entdeckens*
- *Erwerb bzw. Vermittlung von Problemlösungskompetenz*
- *Förderung des interaktiven, kommunikativen dynamischen Lernens*

- *Verbesserung der Kommunikation und Kooperation*
- *Arbeiten und Lernen in Netzwerken, arbeitsteiligen Verbund, im Team" (n-21, 2002, S. 2)*

Hinweise darauf, wie diese Ziele erreicht werden sollten, sucht man allerdings in der Ausschreibung vergeblich. Im Rahmen des Projekts wurde einmal im Jahr eine Tagung mit Workshops durchgeführt. Weitere Lehrerfortbildungen waren nicht verpflichtend und wurden von den Schulen in unterschiedlichem Umfang durchgeführt.

Im Verlauf des Projektes mussten sich die Schulen mit vielfältigen Problemen auseinandersetzen. Die Hardware war noch nicht auf den Schulalltag abgestimmt, sodass die Notebooks häufig repariert werden mussten. Die vier Jahre dauernden Garantieverträge hatten sich hierbei als sehr wichtig herausgestellt. Ein weiteres großes Problem war der Umgang der Schülerinnen und Schüler mit der Software. So mussten häufig neue Images[12] überspielt werden. Diese Softwarereparaturen wurden häufig von Computer-AGs übernommen. Dadurch waren allerdings in solchen Fällen einige Notebooks in einer Klasse nicht verfügbar, was z.T. durch vorhandene Schulnotebooks aufgefangen wurde. Die Einrichtung eines schuleigenen Funknetzwerkes hat in vielen Schulen zu großen Problemen geführt. Hierbei hat sich gezeigt, dass Lehrerinnen und Lehrer doch nicht alle notwendigen Aufgaben von Netzwerkadministratoren übernehmen konnten.

Durch diese technische Problematik nahm die erste Euphorie an vielen Schulen schnell ab, sodass schon im zweiten Durchgang oft nur noch eine Notebookklasse statt vorher zwei oder drei eingerichtet wurde. Die Abnahme lässt sich nachweislich auch durch die Weigerung einiger Kolleginnen und Kollegen erklären, in Notebookklassen zu unterrichten.

Konkrete Daten zu Schwierigkeiten in der Umsetzung und zum allgemeinen Erfolg wurden in einem Evaluationsprojekt unter Leitung von Frau Dr. Schaumburg von der Humboldt Universität Berlin erhoben (Schaumburg u. a., 2007).

[12] Ein Software-Images ist eine Speicherung der installierten Software. Dieses Image kann dann auf baugleiche Rechner übertragen oder zur Wiederherstellung der Software bei einem Rechner genutzt werden. Dadurch können langwierige Neuinstallationen vermieden und somit Zeit gespart werden.

6.3 Datenerhebung

Von Oktober 2003 bis Oktober 2004 wurden von mir sieben Notebookschulen in den Regionen Salzgitter, Lüneburg und Goslar regelmäßig besucht. Beteiligt waren zwei Gymnasien, zwei Realschulen und drei Hauptschulen. Die Besuche erfolgten in einem Abstand von zwei Monaten. Hierbei wurde versucht, möglichst immer in den gleichen Notebookklassen zu hospitieren. Bedingt durch den Projektaufbau waren die Besuche überwiegend im siebten und achten Jahrgang. Gegen Ende der Datenerhebung konnten auch einige Stunden im neunten Jahrgang evaluiert werden. In den beiden Gymnasien wurden sieben, in den Realschulen fünf und in den Hauptschulen zehn Klassen begleitet. Insgesamt habe ich in 99 Unterrichtsstunden hospitiert und diese auf Video aufgezeichnet.

Um einen Möglichst guten Einblick in den realen Unterrichtsaltag zu bekommen, wurden den beteiligten Lehrerinnen und Lehrern keine besonderen Vorgaben für die besuchten Stunden gemacht. Sie sollten Stunden aus dem normalen Unterrichtsverlauf zeigen. Durch die regelmäßigen Besuche zeigte sich gut, dass die Stunden nicht speziell für meinen Besuch vorbereitet waren. Die jeweiligen Besuchstermine wurde mit einer Ansprechpartnerin/einem Ansprechpartner in der Schule abgesprochen. Nicht immer funktionierte die Weitergabe dieser Termine an alle Beteiligten, sodass einige Kolleginnen und Kollegen auch von meinen Erscheinen überrascht wurden. Durch diese regelmäßigen Besuche kann ich davon ausgehen, einen realistischen Einblick in den Unterricht der insgesamt 26 Kolleginnen und Kollegen bekommen zu haben. Außerdem konnte so erreicht werden, dass ich bei den meinen Besuchen nicht nur Stunden in denen die Notebooks im Unterricht verwendet wurden, gesehen haben. Hierdurch konnten Unterschiede zwischen Notebookstunden und Stunden ohne Notebookeinsatz untersuchen zu können.

Um einen Einblick in den Unterrichtsverlauf zu bekommen, wurde vor oder nach der Stunde kurz mit der Lehrkraft über den bisherigen Verlauf der Einheit und das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler gesprochen. Hierdurch war es möglich, Aussagen über den durchschnittlichen Wissensstand der Klasse zu erhalten. Diese Zusatzinformationen waren für die spätere Klassifizierung der Aufgaben in die unterschiedlichen Niveaustufen wichtig. Den Erkenntnissen von Stein (1996) folgend, wurde die Niveaueinteilung nicht von den Lehrkräften vorgenommen. Stattdessen wurde aufbauend auf die Gespräche mit den Lehrkräften und den Beobachtungen in der Stunde eine Einschätzung von mir vorgenommen. Auf diese Weise konnte natürlich nur eine durchschnittliche Abschätzung für die ganze Klasse erfolgen.

Für die Auswertung der Stunden wurden nur die Aufgabenstellungen transkribiert. Die Einteilung der einzelnen Aufgaben in die Klassifikation erfolgte dann anhand des transkribierten Aufgabentextes und dem dazugehörigen Video. Im Anhang (siehe Kapitel B) wurden beispielhaft zwei Aufnahmen komplett transkribiert und die Aufgaben für diese beiden Stunden in die Klassifikation eingeteilt. Wie bei der Beschreibung der Aufgabenklassifikation dargestellt (siehe Kapitel 5), wurden Informationen zu dem mathematischen Inhalt, den Leitideen, den Kompetenzen, der Aufgabensturktur, allgemeine Informationen zu Aufgabenstellung, zur Bearbeitung und zur Besprechung der Lösungen erhoben.

7 Auswertung der Daten

7.1 Über die Daten

Um die in Kapitel 2.1 aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, wurden sieben Notebookschulen in Niedersachsen für ein Jahr begleitet. Das sind Schulen, in den Klassen im Zuges des Programms „1000mal1000“ mit Notebooks ausgestattet wurden. In der Regel erfolgte jeden Monat ein Besuch pro Schule. Währenddessen wurde im Mathematikunterricht der Notebookklassen hospitiert. Insgesamt wurden 99 Unterrichtsstunden auf Video aufgezeichnet. In diesen Stunden wurde sowohl mit als auch ohne Notebookeinsatz gearbeitet. Die Aufgaben, die in diesen Unterrichtsstunden thematisiert wurden, wurden in die Aufgabenklassifikation eingeteilt.

Bevor die Ergebnisse vorgestellt werden, wird zuerst der Umgang mit einigen Besonderheiten beschrieben.

In drei hospitierten Stunden wurde mit Lernsoftware gearbeitet. Diese Stunden wurden von derselben Lehrerin durchgeführt dabei wurde das Programm „Smile“[13] verwendet. Die Aufgaben, die mit einer Lernsoftware bearbeitet werden, sind nur schwer mit Aufgaben im herkömmlichen Unterricht vergleichbar. Es ist außerdem nicht möglich festzustellen, wie viele Aufgaben hierbei bearbeitet wurden. Die Schülerinnen und Schüler haben in diesen Unterrichtsstunden unterschiedliche Aufgaben bearbeitet, und auch die bearbeitete Anzahl divergiert. Deswegen wurden diese Stunden nicht bei der Datenauswertung berücksichtigt.

[13] Im Unterricht wurde noch die alte DOS-Version des Programms verwendet. Informationen über die neue Windows-Version können unter http://www.smileprogramme.de/ bezogen werden. Die Analyse von Lernsoftware wäre ein eigenes Thema und soll an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden.

In einer der beobachteten Unterrichtsstunden wurde im Wochenplan gearbeitet. Die von den Schülerinnen und Schülern zu bearbeiteten Aufgaben waren also nicht nur für eine Stunde, sondern in diesem Fall für eine Bearbeitung von zwölf Stunden ausgelegt. Diese Aufgaben sind im zeitlichen Umfang nicht vergleichbar mit den sonst im Unterricht behandelten. Da in nur einer Stunde diese spezielle Form des Unterrichts beobachtet wurde, wurde auf eine Auswertung verzichtet. Der Datenumfang wäre zu gering, um diese Aufgaben mit den Aufgaben aus „normalen“ Unterrichtsstunden zu vergleichen.

Die Auswertung bezog sich also auf 95 Unterrichtsstunden. In diesen 95 Stunden konnten 966 Aufgaben (inklusive Teilaufgaben) erfasst werden. Die 966 Aufgaben unterteilen sich in 767 Aufgaben und in 199 Teilaufgaben, in die 56 der Aufgaben zerfielen. In der folgenden Auswertung werden die 767 Aufgaben und die 199 Teilaufgaben[14] zusammen gefasst.

[14]Zur besseren Lesbarkeit wird im Folgenden nur noch von Aufgaben gesprochen. Mit einbezogen sind hierbei immer die Teilaufgaben.

7.2 Allgemeine Auswertung

Schulform	Aufgaben	Stunden	Aufgaben pro Stunde
Gymnasium	194	26	7,46
Realschule	173	26	6,65
Hauptschule	599	43	13,93
Gesamt	966	95	10,17

Tabelle 7.1: Aufgaben und Unterrichtsstunden nach Schulformen gegliedert.

Am Gymnasium und an der Realschule wurde die gleiche Anzahl von Stunden ausgewertet. Auch die Anzahl der Aufgaben im Unterricht ist ähnlich. In den Hauptschulen konnten bedeutend mehr Unterrichtsstunden untersucht werden. Dieser Unterschied erklärt sich einmal durch die Anzahl der beteiligten Schulen - es haben drei Hauptschulen und je zwei Realschulen und Gymnasien teilgenommen - zum Anderen durch die Form der Datenerhebung. Je nach Stundenplan und Anzahl der Notebookklassen konnten unterschiedlich viele Schulklassen besucht werden. Auffällig ist, dass im Unterricht in den Hauptschulen im Durchschnitt fast doppelt so viele Aufgaben gestellt wurden wie in den anderen beiden Schulformen.

Schulform	Lehrkräfte	Klassen
Gymnasium	10	8
Realschule	5	6
Hauptschule	12	11
Gesamt	27	25

Tabelle 7.2: Klassen und Lehrkräfte nach Schulformen gegliedert.

An der Untersuchung waren 25 Klassen und 27 Lehrerinnen und Lehrer beteiligt. Die Differenz erklärt sich durch Lehrerwechsel zum neuen Schuljahr. Die Untersuchung war so angelegt, dass nach Möglichkeit immer in den gleichen Klassen hospitiert wurde. Auf diese Weise konnte die Entwicklung der Klasse nachvollzogen werden. Eine durchgehende Beobachtung der Lehrkräfte in verschiedenen Schuljahren war dadurch nur zum Teil möglich. Ein Wechsel mit den Lehrkräften war nicht möglich, weil die Lehrerinnen und Lehrer häufig nicht wieder in einer Notebookklasse Mathematik unterrichtet haben. Insgesamt betraf der Lehrerwechsel fünf Klassen. Zusätzlich wurde eine Stunde von einem Referendar erteilt, in der auch die eigentliche Lehrkraft anwesend war. Drei Lehrkräfte haben zwei Klassen parallel unterrichtet.

Schulform	Klasse	Aufgaben	Stunden	Aufgaben pro Stunde
Gymnasium	7	88	10	8,8
	8	92	13	7,1
	9	14	3	4,7
Realschule	7	90	11	8,2
	8	80	14	5,7
	9	3	1	3,0
Hauptschule	7	330	21	15,7
	8	253	20	12,7
	9	16	2	8,0

Tabelle 7.3: Aufgaben nach Schulformen und Klassenstufen gegliedert.

Der Schwerpunkt der Untersuchung lag im siebten und achten Jahrgang. Es wurden nur in den ersten Monaten des neuen Schuljahres einige Unterrichtsstunden in der neunten Klasse gesehen.

Aus der Übersicht wird deutlich, dass die durchschnittliche Anzahl der Aufgaben pro Stunde in höheren Jahrgängen stark abnimmt. Dieser Trend ist in allen drei Schulformen zu beobachten.

	Aufgaben	Prozent
Schulaufgaben	738	76,4
Hausaufgaben zu dieser Stunde	98	10,1
Hausaufgaben zur nächsten Stunde	130	13,5
Gesamt	966	100

Tabelle 7.4: Aufteilung nach Hausaufgaben

In dieser Tabelle sind die Aufgaben nach Schulaufgaben, Hausaufgaben zur zugehörigen Stunde und Hausaufgaben zur nächsten Stunde aufgeteilt. Unter einer „Schulaufgabe“ sei eine Aufgabe verstanden, die in der Stunde gestellt, bearbeitet und durch eine Besprechung oder durch das Fortschreiten im Unterricht abgeschlossen wurde. Diese Unterteilung ist wichtig für die weitere Untersuchung; da nur bei den Schulaufgaben alle notwendigen Informationen für eine vollständige Einstufung in der Klassifikation bekannt sind. Bei den anderen Aufgaben fehlen Informationen zur Form der Aufgabenstellung, zur Bearbeitungszeit, zu Hinweisen bei der Stellung, zur Besprechung der Lösungen oder zu eventuellen Beziehungen zu anderen Aufgaben, die in der Besprechung vorgenommen werden. Deswegen werden in der Auswertung nur die Schulaufgaben weiter berücksichtigt.

Durch diese Einschränkung ergeben sich für die einzelnen Schulformen folgenden Aufgabenzahlen:

Schulform	Gymnasium	Realschule	Hauptschule	Gesamt
Aufgaben	105	143	490	738

Tabelle 7.5: Anzahl der Schulaufgaben

7.3 Reliabilitätsuntersuchung

Da die gesamte Einteilung der Aufgabenstellungen im Unterricht in Aufgaben und Teilaufgaben von mir vorgenommen wurde, war es nicht notwendig mehrere Personen zu schulen und die Codierungen aufeinander abzustimmen. Trotzdem wurde eine Reliabilitätsüberprüfung der Daten vorgenommen. Hierzu wurden nach Beendigung der Datenauswertung und einer Pause von mehreren Jahren von mir noch einmal etwas über 100 Aufgaben in elf zufällig ausgewählten Unterrichtsstunden codiert. Diese zweite Codierung ermöglichte einen Vergleich zur vorherigen Codierung und ließ so eine Aussage über die Wiederholbarkeit meiner Codierung zu. Im Vergleich der beiden Codierungen kam es in drei Fällen zu einer unterschiedlichen Einteilung der Aufgaben in Teilaufgaben. So wurden in der ersten Codierung die elf Unterrichtsstunden in 105 Aufgaben und Teilaufgaben eingeteilt. In der zweiten Codierung waren es dagegen 107. Dies bedeutet eine Abweichung von 3 % zwischen den beiden Einteilungen, was eine Abweichung von 30 Aufgaben bei insgesamt 996 codierten Aufgaben bedeuten würde. Diese geringe Abweichung spricht für einen gute Einteilung und Unterscheidung der Aufgaben.

Für die weiteren Reliabilitätsberechnungen wurden nur die Aufgaben verwendet, die in beiden Codierungen übereinstimmten. Nur für diese 101 Aufgaben war es möglich, die Einteilungen in den einzelnen Items zu vergleichen. Viele Items der Klassifikation beziehen sich auf eine reine Auflistung z. B. von verwendeten Hilfsmitteln, Computerprogrammen oder wie die Aufgabe gestellt wurde. Bei diesen Erhebungen gibt es kein Interpretationsspielraum. Abweichung bei diesen Items würde also nur auf Fehler bei der Einteilung der Aufgaben hinweisen und nicht auf Probleme bei der Definition der Items der Klassifikation selbst. Dagegen gibt es einige Items, wie die Einteilung der einzelnen Kompetenzen, bei denen es sehr auf eine Gesamteinschätzung des Unterrichts und der Aufgabe ankommt und deswegen auch Abweichungen bei dieser Einschätzung auftreten können. Aufgrund dieser Unterschiede bei den einzelnen Items wurde nicht für die gesamte Klassifikation eine Reliabilitätsuntersuchung durchgeführt, sondern es wurden nur die Items mit großem Interpretationsspielraum untersucht.

Diese Items waren:

- Leitidee
- Kompetenzen
  – Argumentieren und kommunizieren
  – Probleme mathematisch lösen
  – Mathematisch modellieren
  – Mathematische Darstellungen verwenden
  – Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen
- Aufgabenstruktur
- Innere Form der Aufgabenstellung
- Sozialform während der Bearbeitung
- Vergleich/Kontrolle von Ergebnissen

Für die Untersuchung der Reliabilität der Items wurde der χ^2 Tests (vgl. Renkewitz und Sedlmeier, 2008) verwendet. Mit diesem Test lässt sich untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen den beiden Codierungen besteht. Also ob die vorgenommenen Codierung in einem hohen Maße übereinstimmen. Zur Untersuchung wurde die Nullhypothese aufgestellt, dass die Einteilung der Aufgaben rein zufällig ist. Für alle untersuchten Items ergab die Überprüfung eine hohe signifikante Gemeinsamkeit mit $p < 0{,}001$. Somit ist die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten der Nullhypothese bei jedem einzelnen Item kleiner als 0,1 %.

Diese Überprüfung zeigt, dass die beiden Codierungsdurchgänge in einem großen Umfang übereinstimmen. Die in dem ersten Durchgang vorgenommen Einteilung der einzelnen Items stimmte mit der Einteilung im zweiten Durchgang in einem signifikanten Maße überein. Somit ist die Einteilung einer Aufgabe in die einzelnen Items wiederholbar und es kann auch davon ausgegangen werden, dass die zu Beginn der Arbeit eingeteilten Aufgaben sich nicht deutlich von der Einteilung der Aufgaben zum Ende der Datenauswertung unterscheiden. Auch ein größerer zeitlicher Abstand zu den erhobenen Daten hatte keinen Effekt auf die Ergebnisse. Durch die dargestellte Überprüfung kann allerdings nicht auf die Stabilität der Einteilung in Aufgaben durch andere geschlossen werden, die die in dieser Arbeit entwickelte Klassifikation verwendeten. Dazu hätten unterschiedliche Rater die Codierung durchführen müssen, worauf in der vorliegenden Untersuchung verzichtet wurde.

7.4 Daten im Hinblick auf die Bildungsstandards

Im Folgenden soll der Frage nachgegangen werden, ob und wie weit die Bildungsstandards bereits im beobachteten Unterricht umgesetzt wurden. Hierzu werden aus den oben genannten Gründen (siehe Kapitel 7.2) nur die Schulaufgaben, also die Aufgaben, die sowohl in der Stunde gestellt als auch beendet wurden, ausgewertet.

7.4.1 Leitideen

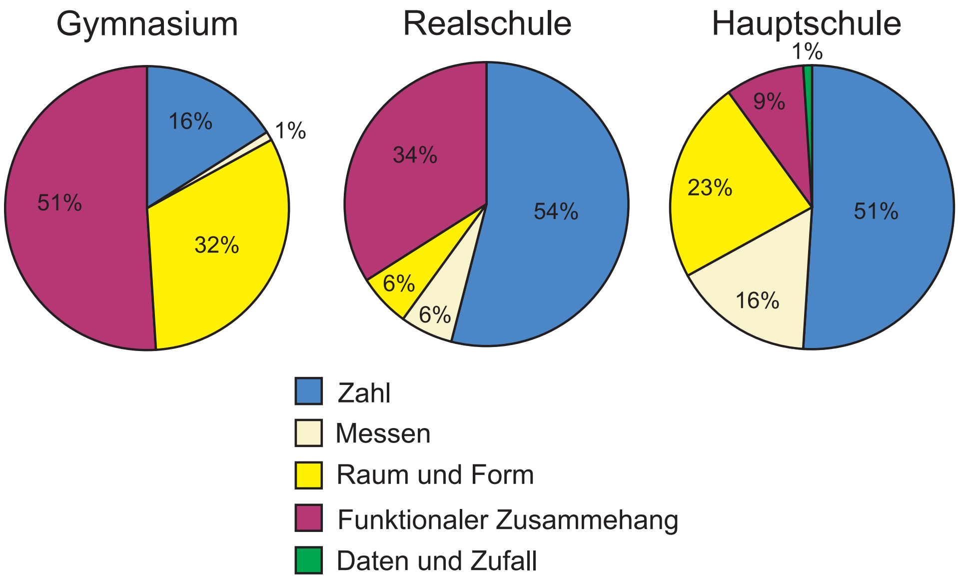


Abbildung 7.1: Leitideen nach Schulformen gegliedert

An den Leitideen zeigten sich die inhaltlichen Schwerpunkte der einzelnen Schulformen. Im Gymnasium wurden überwiegend Aufgaben aus der Leitidee „Funktionaler Zusammenhang“ bearbeitet. Aufgaben aus den Leitideen „Messen“ und „Daten und Zufall“ waren kaum oder gar nicht vertreten. In der Real- und Hauptschule bildete die Leitidee „Zahl“ den Schwerpunkt.

Bei der Auswertung dieser Daten wurden allerdings einige Schwierigkeiten deutlich. Durch die Rahmenrichtlinien, die damals noch galten, wurde der Unterricht in Einheiten gegliedert. Der Großteil der Aufgaben innerhalb einer Einheit lassen sich genau einer der Leitideen zuordnen. Besonders bei geometrischen Einheiten werden allerdings die Leitideen „Raum und Form“ und „Messen“ stark verknüpft. Durch die unterschiedlichen Rahmenrichtlinien der einzelnen Schulformen wurden somit andere Themen behandelt.

Der Leitidee „Funktionaler Zusammenhang“ lassen sich Themen wie Zuordnungen, Lineare Funktionen, Termumformungen, Lineare Gleichungen und Gleichungssysteme zuordnen. In der Hauptschule wurden nur 9 % der Aufgaben aus dem Bereich „Funktionale Zusammenhänge“ bearbeitet. Inhaltlich sind es Aufgaben aus den Themenbereichen „Zuordnungen und Termumformungen“, die eine Grundlage für die weitere Arbeit im Bereich der „Funktionalen Zusammenhänge“ bilden sollen. In der Realschule wurde mehr in diesem Bereich (34 %) gearbeitet. Hier wurde verstärkt auf Lineare Funktionen und Lineare Gleichungen eingegangen. Im Gymnasium bildet diese Kategorie mit 51 % den Schwerpunkt. Die Themen erstreckten sich von Termumformungen und Zuordnungen bis hin zu Linearen Funktionen und Gleichungssystemen.

Die Leitideen „Messen und Rechnen“ und „Raum und Form“ lassen sich schwer den Themenbereichen der alten Rahmenrichtlinien zuordnen. Bei der Behandlung von geometrischen Themen werden oft beide Leitideen in einer Stunde behandelt. Thematisch kamen die beobachteten Aufgaben aus der Dreiecks- und Vierecksgeometrie oder der Behandlung von Winkeln und Abbildungen. Im Gymnasium wurde der Bereich der Abbildungen nur in einer hospitierten Stunde beobachtet. In dieser Stunde wurden allerdings verhältnismäßig viele Aufgaben behandelt. Hierdurch wurden die Daten an dieser Stelle verzerrt. Wenn diese Stunde aus der Auswertung genommen würde, wären statt 32 % nur noch 14 % der Aufgaben, die im Gymnasium bearbeitet wurden aus der Leitidee „Raum und Form“.

Dass die Leitidee „Daten und Zufall“ im Prinzip nicht vertreten war, lässt sich z.T. dadurch erklären, dass nach den Rahmenrichtlinien der Realschule und Hauptschule (Niedersächsisches Kultusministerium, 1989b, 1992) dieser Bereich nicht unterrichtet werden musste. Die Rahmenrichtlinien des Gymnasiums (Niedersächsisches Kultusministerium, 2003) wurden 2003 überarbeitet und der Stochastik ein größer Anteil eingeräumt. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen waren die Schulen allerdings noch bei der Umstellung der schulinternen Stoffverteilungspläne. In der Hautpschule wurde in einer Stunde eine Schülerumfrage behandelt. Das erklärt, warum diese Leitidee dort trotz fehlender Lehrplanverankerung vertreten war.

Thematisch befinden sich im Bereich „Zahl" die Unterrichtseinheiten Brüche und Rationale Zahlen. Allerdings stammen auch viele Aufgaben aus dem Themenbereich der Prozent- und Zinsrechnung. Wie bereits im Kapitel 5.4 ausgeführt ist die Zuordnung der Bildungsstands hier schwer nachvollziehbar. Die Behandlung von Aufgaben aus der Prozentrechnung hat auch eine große Nähe zu funktionalen Zusammenhängen. Während in der Hauptschule die Behandlung von Brüchen eine große Rolle spielt (54,8 % aller Aufgaben aus der Leitidee „Zahl" befassen sich mit diesem mathematischen Inhalt), liegen die Schwerpunkte im Gymnasium und der Realschule im Bereich der Prozent- und Zinsrechnung (mit jeweils 76 %).

Insgesamt wird aus den vorliegenden Daten eine unterschiedliche Verteilung von Themen in den einzelnen Schulformen deutlich. Für eine umfassende Aussage darüber, ob alle oder welche Leitideen den Unterricht bestimmten, wäre entweder eine noch längere Hospitation notwendig gewesen, oder es hätte eine Analyse der Rahmenrichtlinen erfolgen müssen. Deutlich wird, dass die Leitidee „Daten und Zufall" für die Schulen einen neuen thematischen Bereich darstellte und bisher noch nicht in den Unterricht Einzug gehalten hatte. Bei den anderen Leitideen gab es verschiedene Schwerpunkte, es wurden aber alle vier Leitideen im Unterricht berücksichtigt.

7.4.2 Kompetenzen

Aus den im Punkt 5.5.3 genannten Gründen werden hier die Kompetenzen „Argumentieren und kommunizieren“ zusammengefasst.Bei der Verteilung der Kompetenzen ist auffällig, dass die Niveaustufe „Verallgemeinern und Reflektieren“ bei nur zwei Aufgaben vorkommt. Dass selbst im Gymnasium kaum auf diesem Niveau gearbeitet wurde, ist erst einmal überraschend. Da allerdings nur die tatsächliche Anforderung an die Schülerinnen und Schüler berücksichtigt wurde, wurden viele Aufgaben dieser Niveaustufe, die im Unterrichtsgespräch bearbeitet wurden, niedriger eingestuft, als wenn diese Aufgaben in einer Schülerabeitsphase bearbeitet worden wären. Durch kleinschrittige Lehrerfragen wurde das Niveau für die Schülerinnen und Schüler gesenkt. Selbständige Reflexionen und Verallgemeinerungen konnten und mussten nicht vorgenommen werden. Im Folgenden wird die Verteilung der Kompetenzen bei den Aufgaben in Diagrammen dargestellt. Für jede Kompetenz wird hier zwischen „nicht relevant“, „Reproduzieren“, „Zusammenhänge herstellen“ und „Verallgemeinern und Reflektieren“ unterschieden. Der Bereich „nicht relevant“ wurde immer dann gewählt, wenn bei einer Aufgabe die jeweilige Kompetenz nicht von Bedeutung war und bei der Bearbeitung der Aufgabe keine Rolle spielte. Die anderen drei Bereiche beschreiben die drei Anforderungsbereiche (siehe 5.5.1).

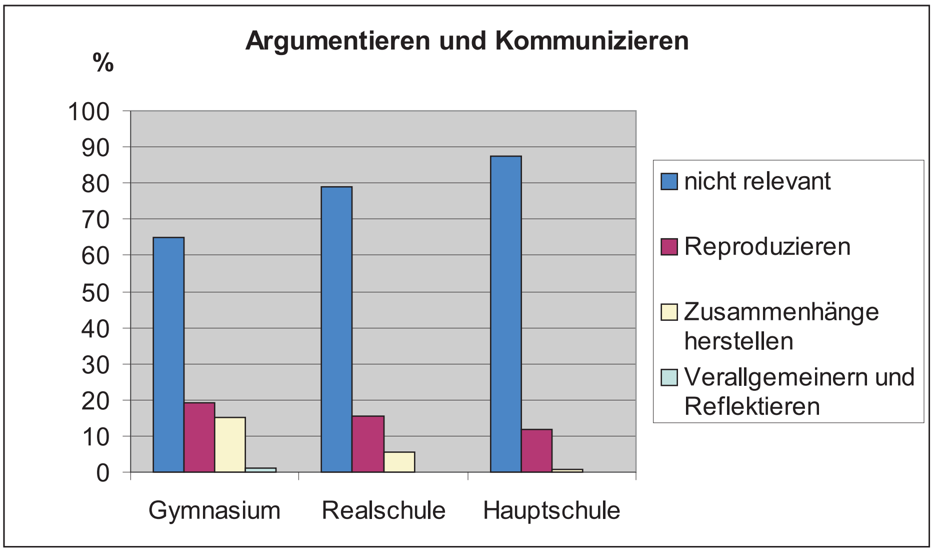


Abbildung 7.2: Kompetenzen: „Argumentieren und kommunizieren“.

Die Kompetenzen „Argumentieren und kommunizieren" waren in der Hauptschule nur bei 13 % aller Aufgaben gefordert. In der Realschule stammen 21 % und im Gymnasium 35% der Aufgaben aus diesem Bereich. Nur im Gymnasium wird der Bereich „Zusammenhänge herstellen" mit über 15 % auch in einem größeren Umfang angesprochen.

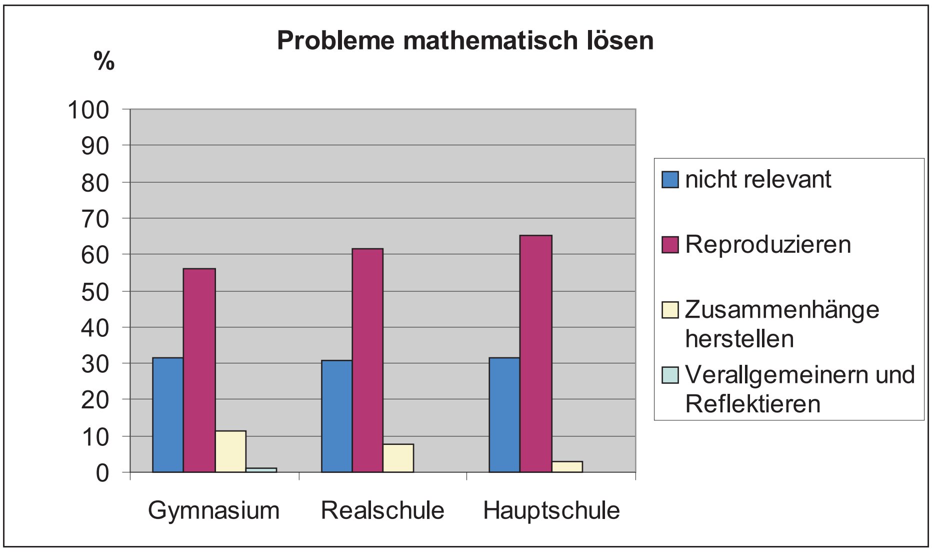


Abbildung 7.3: Kompetenz: „Probleme mathematisch lösen".

Die Kompetenz „Probleme mathematisch lösen" wird bei über 50 % aller Aufgaben thematisiert, wobei hier der Schwerpunkt in allen Schulformen auf dem Bereich „Reproduzieren" lag, die höheren Bereiche waren mit nur 10 % oder weniger vertreten. Somit hat das eigentliche Problemlösen (siehe hierzu 5.5.4) nur in unter 10 % aller Aufgaben stattgefunden. Bei den Aufgaben im Anforderungsbereich I musste nur aus bekannten Verfahren das richtige ausgewählt werden. Da in vielen Stunden eigentlich nur ein Verfahren z. B. der Dreisatz thematisiert wurde, war hier die Auswahl für die Schülerinnen und Schüler auch keine Schwierigkeit. Es wurden somit in allen drei Schulformen überwiegend Routineaufgaben bearbeitet.

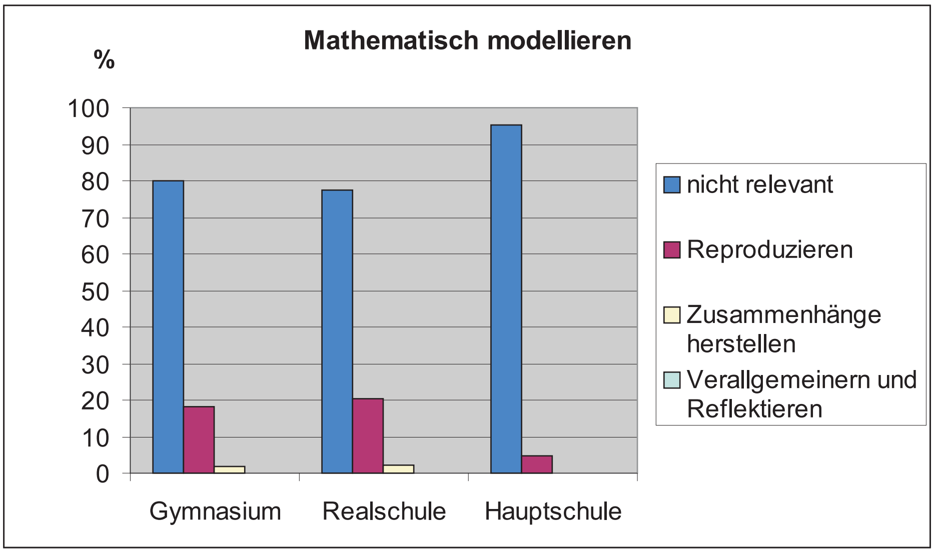


Abbildung 7.4: Kompetenz: „Mathematisch modellieren“.

Die Verteilung der Aufgaben in der Kompetenz „Mathematisch modellieren“ ist vergleichbar mit der Verteilung der Kompetenz „Argumentieren und kommunizieren“. Modellieren war nur bei sehr wenigen behandelten Aufgaben notwendig. Höhere Niveaustufen im Bereich Modellieren konnten nur in 2 % und 3 % der Aufgaben im Gymnasium bzw. in der Realschule beobachtet werden.

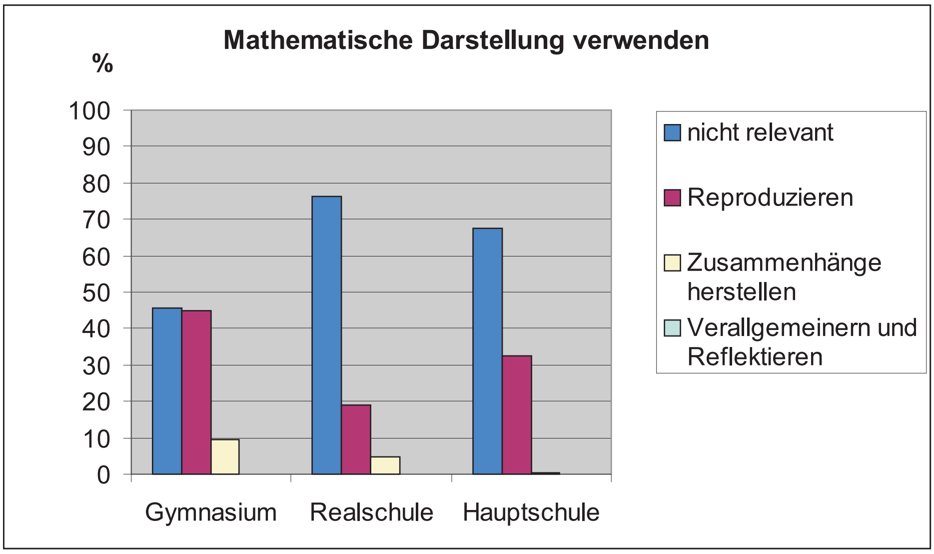


Abbildung 7.5: Kompetenz: „Mathematische Darstellungen verwenden“.

Die Nutzung von mathematischen Darstellungen war in den Schulformen sehr unterschiedlich. Im Gymnasium wurde bei über 50 % der Aufgaben diese Kompetenz angesprochen. Während in der Realschule hier nur ca. 25 % der Aufgaben die Kompetenz „Mathematische Darstellungen verwenden“ erfordern. Dieses erklärt sich zum Teil über die unterschiedlichen mathematischen Inhalte. Im Gymnasium sind viele Aufgaben aus dem Bereich der Geometrie, bei der die Nutzung von unterschiedlichen Darstellungen in einem größeren Umgang erfolgt als bei Aufgaben aus der Leitidee Zahl, die in der Realschule einen größeren Anteil einnahm. Auch bei dieser Kompetenz wurden überwiegend Aufgaben aus dem Anforderungsbereich I beobachtet, sodass die Schülerinnen und Schüler nur sehr selten komplexe Darstellungen lesen oder selbstständig zwischen Darstellungen wechseln mussten.

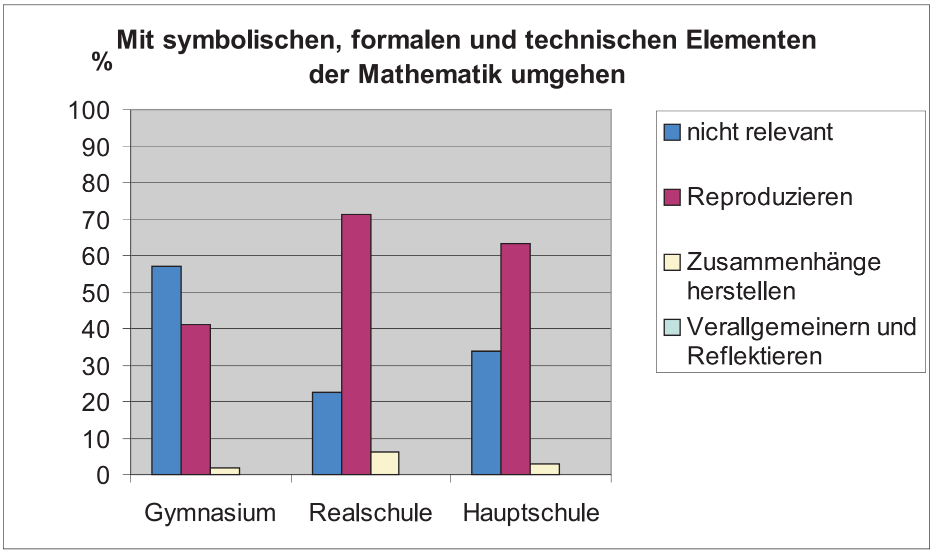


Abbildung 7.6: Kompetenz: „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“.

In der Kompetenz „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ werden die Schwerpunkte des Unterrichts in der Realschule deutlich. Überwiegend geht es um die Bearbeitung von Algorithmen und den Umgang mit „symbolischen“ Elementen der Mathematik. In der Hauptschule war dieser Schwerpunkt nicht ganz so stark ausgeprägt.

Diese auf den ersten Blick deutliche Unterscheidung besonders zwischen der Realschule und dem Gymnasium relativiert sich bei der weiteren Analyse der Aufgaben. Aufgaben, die aus den Leitideen „Messen und Rechnen“ und „Raum und Form“ kamen, haben nur sehr selten die Kompetenz „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ angesprochen. Im Gymnasium kamen 33 % und der Hauptschule 39 % der Aufgaben aus diesen beiden Leitideen. In der Realschule waren es dagegen nur 12 %. Aufgrund dieser unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkte können die Unterschiede bei der Verteilung der Aufgaben zu dieser Kompetenz z. T. erklärt werden.

Zusammenfassung

Insgesamt wird bei der Betrachtung der Daten im Zuschnitt auf den Kompetenzen deutlich, dass die Niveaustufen „Zusammenhänge herstellen“ und „Verallgemeinern und Reflektieren“ im Unterricht nur selten eine Rolle spielen. Der Großteil der Aufgaben liegt im Bereich „Reproduzieren“. Besonders Einstiegsaufgaben, die potenziell von höherem Niveau sind, wurden überwiegend im Unterrichtsgespräch bearbeitet. Durch diese Arbeitsform wurden die Probleme allerdings von der Lehrkraft vorstrukturiert und in kleinschrittige Fragen verpackt. Dadurch lagen die Anforderungen für die Schülerinnen und Schüler bei der Lösung nur noch auf einem niedrigeren Niveau.

7.5 Daten im Hinblick auf die Aufgabenstruktur

Aufgabenstruktur	Gymnasium	Realschule	Hauptschule
Vollständig gelöste Aufgabe	9,5 %	4,9 %	0,4 %
Grundaufgabe	**74,3 %**	**84,6 %**	**95,1 %**
Umkehrung einer bekannten Grundaufgabe	0 %	0 %	0 %
Begründung- oder Beweisaufgabe bzw. Strategiefindungsaufgabe	5,7 %	1,4 %	0,2 %
Problemaufgabe	8,6 %	6,3 %	2,7 %
Umkehrung einer Problemaufgabe (spezielle „offene“ Aufgabe)	1 %	0 %	0 %
Aufforderung zum Erfinden einer Aufgabe zu einem gegebenen mathematischen Thema (das ist auch „offen“)	0 %	0 %	0 %
Problemsituation („offene“ Aufgabe)	0 %	0 %	0 %
Nicht im Sinne dieser Struktur einteilbar	1 %	2,8 %	1,6 %

Tabelle 7.6: Aufgabenstruktur

Der Schwerpunkt der Aufgaben lag in allen drei Schulformen im Bereich der „Grundaufgabe“. In der Hauptschule lagen sogar 95 % der Aufgaben in dieser Kategorie. Im Gymnasium waren fast 10 % „vollständig gelöste Aufgaben“ und fast 9 % „Problemaufgaben“. In der Realschule waren die „Problemaufgaben“ mit noch ca. 6 % und die „vollständig gelösten Aufgaben“ mit ca. 5 % etwas weniger vertreten. Dieser Trend setzt sich bei der Verteilung der Aufgaben in der Hauptschule fort. Hier sind die „vollständig gelöste Aufgaben“ mit 0,4 % fast gar nicht und die „Problemaufgaben“ mit 2,7 % nur leicht vertreten. Der gleiche Trend war bei den „Begründung- oder Beweisaufgaben bzw.

Strategiefindungsaufgaben" zu beobachten. Der Anteil dieser Aufgaben fällt von 5,7 % im Gymnasium über 1,4 % in der Realschule auf 0,2 % in der Hauptschule.

Insgesamt wurde bei der Untersuchung der Aufgabenstruktur der Eindruck, der durch die Auswertung der Kompetenzen gewonnen wurde, bestätigt. Den Schwerpunkt der Aufgaben bilden die Grundaufgaben, genauso wie bei den Kompetenzen wurden überwiegend Aufgaben aus dem Niveaubereich „Reproduzieren" gestellt. Das Gymnasium hatte noch die größte Bandbreite in der Aufgabenstruktur.

Bei der Kompetenz „Probleme mathematisch lösen" sind über 60 % aller Aufgaben auf dem Niveaubereich „Reproduizeren". Wie bereits unter Punkt 5.5.4 thematisiert sind diese Aufgaben nicht im eigentlichen Sinne „Probleme". Dadurch müssen für einen Vergleich zwischen den Punkten der Aufgabenstruktur „Problemaufgaben" und der Kompetenz „Probleme mathematische lösen" die Aufgaben auf den Niveaustufen II und III herangezogen werden. Bei diesem Vergleich, wird die große Übereinstimmung der beiden Punkte der Klassifikation deutlich.

7.6 Daten im Hinblick auf die Aufgabenstellung

Um mehr über die Methodik des Unterrichts und die sprachlichen Anforderungen der Aufgaben zu erfahren, wurden verschiedene Items in die Klassifikation aufgenommen. Nicht erst seit der Diskussion um die „Mathematical literacy“ (vgl. Neubrand, 2004) ist es wichtig zu berücksichtigen, ob eine Aufgabe rein mathematisch gestellt wird oder Bereiche aus der Lebensumwelt der Schülerinnen und Schüler betroffen sind.

Innere Form der Aufgabenstellung	Gymnasium	Realschule	Hauptschule
algebraisch/arithmetisch/Zeichnung	**48,6 %**	**45,5 %**	**79 %**
mathematischer Text	**39 %**	12,6 %	9,6 %
eingekleidete Textaufgabe	12,4 %	**42 %**	10,8 %
Anwendungsaufgabe	0 %	0 %	0,6 %

Tabelle 7.7: Innere Form der Aufgabenstellung

In dieser Tabelle werden große Unterschiede zwischen den einzelnen Schulformen deutlich. Im Gymnasium wurden Aufgaben überwiegend durch einen „mathematischen Text“ (39 %) oder rein „algebraisch/arithmetisch/Zeichnung“ (48,6 %) gestellt. Die Realschule arbeitete fast im gleichen Umfang mit Aufgaben, die nur „algebraisch/arithmetisch“ (45,5 %) gestellt wurden, allerdings lag der zweite Schwerpunkt auf „eingekleideten Textaufgaben“ (42 %). In der Hauptschule lag der alleinige Schwerpunkt auf dem Bereich „algebraisch/arithmetisch“ Aufgaben (79 %), die anderen beiden Bereiche waren mit ca. 10 % fast gleich häufig vertreten. Der Bereich der „Anwendungsaufgaben“ wurde in allen drei Schulformen nahezu gar nicht genutzt. Insgesamt kamen nur drei Aufgaben aus der direkten Lebensumwelt der Schüler und Schülerinnen.

Durch die verschieden gelagerten Schwerpunkte werden unterschiedliche Arbeitsweisen der einzelnen Schulformen deutlich. Die Behandlung von „algebraischen/arithmetischen“ Aufgaben deutet auf ein Training von Algorithmen und eine Festigung von Verfahren hin. Dieser Bereich war in allen drei Schulformen stark vertreten, besonders in der Hauptschule. Im Gymnasium wurden außerdem mathematische Textaufgaben im Unterricht einsetzt. Während in der Realschule ein zweiter Schwerpunkt auf einer Quasi-Anwendung der Mathematik lag. Die Anwendungen erfolgten nur an eingekleideten Aufgaben, die einen Sachverhalt sehr vereinfacht und nur zum Schein anwendungsorientiert wiedergeben. Das Fehlen von Anwendungen und Realitätsbezügen im Unterricht ist ein viel beschriebenes Problem (vgl. Förster, 2002). Trotz immer umfangreicherer fachdidaktischer Literatur und Aufgabensammlungen ist die Einbettungen von realitätsnahen Anwendungen in der Schule immer noch unzureichend.

Äußere Form der Aufgabenstellung	Gymnasium	Realschule	Hauptschule
Tafel	14,3 %	17,5 %	16,3 %
Folie	0 %	3,5 %	3,5 %
Beamer	1,9 %	6,3 %	3,1 %
Buch	48,6 %	28,7 %	43,5 %
Arbeitsblatt	13,3 %	18,9 %	22,0 %
Material	0 %	0 %	0 %
AB auf dem Computer	1,0 %	5,6 %	0,8 %
Mündlich	21,0 %	19,6 %	10,6 %
sonstiges	0 %	0 %	0 %

Tabelle 7.8: Äußere Form der Aufgabenstellung

In diesem Item wurde das methodische Vorgehen der Lehrkraft zur Stellung der Aufgabe erfasst. Das beliebteste Medium ist im Gymnasium das Schulbuch mit 48,6 %. Des Weiteren werden die Aufgaben mündlich (21,0 %), durch die Tafel (14,3 %) und durch Arbeitsblätter (13,3 %) gestellt. In der Realschule wird das Buch nur zu 28,7 % verwendet. Neben den im Gymnasium verwendeten Mitteln werden in der Realschule auch Folien (3,5 %), Beamer (6,3 %) und Computerarbeitsblätter (5,6 %) eingesetzt. Insgesamt lässt sich in der Realschule ein breiteres Spektrum an verwendeten Medien feststellen. In der Hauptschule werden nur 10,6 % der Aufgaben mündlich gestellt.

Die anderen beiden Schulformen nutzen diese Form fast doppelt so häufig. Auch in der Hauptschule dominiert das Buch (43,5 %) gefolgt vom Arbeitsblatt (22,0 %) und der Tafel (16,3 %). Folien und Beamer werden in einem ähnlichen Umfang wie in der Realschule genutzt.

Außerdem wurde erhoben, ob bei der Aufgabenstellung verschiedene Darstellungsformen wie Koordinatensysteme, Tabellen, Bilder, Zeichnungen oder Diagramme verwendet wurden. Bilder und Diagramme wurden jeweils bei weniger als 1 % der Aufgaben eingesetzt. Koordinatensysteme gab es im Gymnasium (12,4 %) immerhin doppelt so oft wie in der Hauptschule (6,3 %). Die Realschule fällt hier mit 1,3 % deutlich ab. Zeichnungen und Konstruktionen werden auch im Gymnasium mit 24,8 % häufiger genutzt als in der Hauptschule (10,4 %) und der Realschule (9,8 %). Der Einsatz von Tabellen ist in der Realschule (18,9 %) häufiger als im Gymnasium (11,4 %) und in der Hauptschule (3,5 %).

7.7 Aufgabenbearbeitung

Sozialform	Gymnasium	Realschule	Hauptschule
Lehrervortrag	1,0 %	0,7 %	0,6 %
Schülervortrag	1,9 %	0 %	0,8 %
Unterrichtsgespräch	**34,3 %**	**32,2 %**	**33,7 %**
Einzelarbeit	**61,9 %**	**51,7 %**	**64,9 %**
Partnerarbeit	1,0 %	10,5 %	0 %
Gruppenarbeit	0 %	4,9 %	0 %
sonstiges	0 %	0 %	0 %

Tabelle 7.9: Sozialform während der Aufgabenbearbeitung

In allen drei Schulformen werden $\frac{1}{3}$ aller Aufgaben im Unterrichtsgespräch gelöst. Die Einzelarbeit wird von den Lehrkräften am häufigsten gewählt. Nur in der Realschule wird auch Partner- und Gruppenarbeit eingesetzt, wobei hier als Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit nur Aufgaben klassifiziert wurden, in denen es tatsächlich um eine gemeinschaftliche Arbeit handelte. Lehrer- und Schülervorträge spielen keine nennenswerte Rolle. Auffällig ist, dass nur in der Realschule Partner- und Gruppenarbeit beobachtet werden konnte. Es gab zwar in allen Schulformen Bearbeitungsphasen, in denen die Schülerinnen und Schüler sich gegenseitig bei den Aufgaben helfen konnten, die Bearbeitung als solche war aber darauf ausgerichtet, dass jeder Schüler/jede Schülerin die Lösungen einzeln ermitteln sollte.

Kopfrechenaufgaben

Kopfrechenphasen dienen im Mathematikunterricht oft der Sammlung und Einstimmung auf den Unterricht, kann aber auch in der Mitte oder am Ende der Unterrichtsstunde stehen. Es gibt ganz unterschiedliche Möglichkeiten diese Phase im Unterricht zu organisieren. So kann die Lehrkraft die Aufgaben stellen und die Schülerinnen und Schüler teilen direkt ihre Lösung mündlich mit. Es können aber auch erst alle Lösungen notiert werden und im Anschluss eine Besprechung erfolgen. Es gibt auch viele Spiele, die diese Phase auflockern sollen. Außerdem gibt es auch die Möglichkeit, dass Schülerinnen oder Schülern die Aufgaben stellen und kontrollieren. Der Kreativität ist hier wie auch in den anderen Phasen des Unterrichts, wie z. B. Besprechungen, Arbeitsphasen, Sicherungen keine Grenzen gesetzt. (Vgl. Krauthausen, 2009; Passeck u. a., 2011)

Gleich wie und wann diese Kopfrechenphasen durchgeführt werden, die Aufgaben zeichnen sich durch eine relativ kurze Bearbeitungszeit aus. Deswegen wurden in der Auswertung alle Aufgaben, die eine Bearbeitungszeit von weniger als 30 Sekunden hatten, diesen Kopfrechenaufgaben zugeordnet.

In der Hauptschule gehörten 63 Aufgaben (12,9 %) dazu, in der Realschule 17 (11,9 %) und im Gymnasium keine. Fast alle Aufgaben betrafen hierbei die Kompetenz „mit symbolisch, formalen und technischen Elementen umgehen" im Anforderungsbereich I. Es war keine Aufgabe dabei, die einem höheren Anforderungsbereich zugeordnet werden konnte. In der Hauptschule wurden über die Hälfte der Kopfrechen aus der Leitidee

„Zahl“ gestellt. Die Leitideen „Messen“ (10 Aufgaben), „Raum und Form“ (4 Aufgaben) und „Funktionaler Zusammenhang“ (12 Aufgaben) wurden aber auch berücksichtigt. In der Realschule waren 14 Aufgaben aus der Leitideen „Zahl“ und drei Aufgaben aus der Leitideen „Funktionaler Zusammenhang“ zuzuordnen.

Die Koprfrechenaufgaben wurden nicht aus der Untersuchung herausgenommen, weil andernfalls das gesamte Bild des Unterrichts verzerrt worden wäre. Kopfrechenphasen gehören genauso zum Unterricht, wie alle anderen Übungsphasen auch. Die Kürze der Bearbeitungszeit schränkt nicht automatisch das Niveau einer Aufgabe ein. Auch bei solchen Aufgaben können von den Schülerinnen und Schüler z.B. „Zusammenhänge hergestellt“ werden.

Hilfen während der Bearbeitung

Bei fast allen Aufgaben erfolgte während der Bearbeitung eine mündliche Hilfe von der Lehrkraft. Andere Formen der Hilfe wurden fast nicht eingesetzt. In der Haupt- und Realschule lagen bei ca. 5 % der Aufgaben Musterlösungen aus und nur in der Realschule wurden bei 5,6 % der Aufgaben Hilfekarten genutzt, die bei Problemen von den Schülerinnen und Schülern am Pult abgeholt werden konnten. In allen Schulformen war eine Hilfe durch die Mitschülerin/den Mitschüler weit verbreitet. Diese Hilfe erfolgte ohne Ansagen durch die Lehrkraft und sehr bedarfsorientiert durch kurze Gespräche mit der Nachbarin oder dem Nachbarn. Eine installierte Hilfe über speziell ausgewiesenen Schülerinnen und Schüler wurde nicht beobachtet.

7.8 Vergleich/Kontrolle der Ergebnisse

42 % der Aufgabenbearbeitungen wurden in der Realschule nicht besprochen. Da die Aufgaben auch nicht als Hausaufgabe beendet werden sollten, ist keine Aussage über das weitere Vorgehen zu machen. Bei den meisten Aufgaben wurde, wenn eine Besprechung stattfand, ein einzelner Lösungsweg bzw. die Lösung besprochen. In der Hauptschule haben die Lehrkräfte 10 % der Aufgaben selbst kontrolliert. Die Kontrolle erfolgte entweder zu Hause oder im Unterricht. In der Realschule und der Hauptschule erfolgte

Vergleich/Kontrolle der Ergebnisse	Gymnasium	Realschule	Hauptschule
keine Besprechung	**13,3 %**	**42 %**	**17,3 %**
ein Lösungsweg	**78,1 %**	**44,1 %**	**63,5 %**
zwei Lösungswege	3,8 %	2,8 %	1,8 %
viele Lösungswege	4,8 %	1,4 %	0,4 %
individuelle Kontrolle durch den Lehrer/durch Software	0 %	0,7 %	5,3 %
Selbstkontrolle/Vergleich von Lösungen mit dem Nachbarn	0 %	9,1 %	6,9 %
Lehrer sammelt die Arbeiten ein	0 %	0 %	4,7 %

Tabelle 7.10: Vergleich/Kontrolle der Ergebnisse.

auch ein Vergleich der Ergebnisse mit dem Nachbarn/der Nachbarin. Diese Formen der Besprechung wurden am Gymnasium nicht beobachtet. Am Gymnasium erfolgte ein Vergleich der Lösungen im Unterrichtsgespräch, eine direkte Kontrolle gab es nicht. Bereits bei der Analyse der Struktur der Aufgaben wurde deutlich, dass die meisten Aufgaben aus dem Bereich der Grundaufgaben gestellt wurden. Diese Beobachtung deckt sich mit den besprochenen Lösungswegen. Diese Beobachtung passt zu den geschilderten Besprechungsformen. Bei fasst allen besprochenen Aufgaben wurde nur ein Lösungsweg thematisiert. Eine Auseinandersetzung mit verschiedenen mathematischen Verfahren und Möglichkeiten erfolgte dadurch nur sehr selten.

7.9 Fazit Bildungsstandards

Eine der Ausgangsfragen für diese Studie war, wie die Bildungsstandards im Mathematikunterricht umgesetzt wurden. Für die Beantwortung der Frage wurden vier Hypothesen aufgestellt. Auf der Grundlage der im diesem Kapitel beschriebenen Auswertungen der Aufgaben sollen jetzt die Hypothesen überprüft werden.

Hypothese 1: Alle Leitideen werden im Unterricht behandelt.

Die Beschreibungen unter Punkt 7.4.1 haben die Problematik der Zuordnung der Aufgaben zu den einzelnen Leitideen deutlich gemacht. Der nach inhaltlichen Themenbereichen gegliederte Unterricht lässt die Unterteilung der Aufgaben besonders bei geometrischen Themen in die Leitideen „Messen„ und „Raum und Form“ oft nicht sinnvoll zu. Die Aufgaben aus den beiden Leitideen sind sehr eng verknüpft, sodass die Unterteilung häufig gezwungen wirkt und wenige Rückschlüsse auf den Unterricht selbst zulässt. Insgesamt wird deutlich, dass in den einzelnen Schulformen Aufgaben zu den Leitideen in unterschiedlichem Umfang auftreten. In der Real- und Hauptschule waren Aufgaben zu der Leitidee „Zahl“ besonders stark vertreten. Im Gymnasium war es dagegen die Leitidee „Funktionaler Zusammenhang“, zu der die Hälfte der Aufgaben gehörten. In allen Schulformen fehlte eine systematische Behandlung von Aufgaben zur Leitidee „Daten und Zufall“.

Somit kann die Hypothese nicht bestätigt werden, da eine der Leitideen zum Zeitpunkt der Datenerhebung in den Schulen keine nennenswerte Rolle gespielt hat. Außerdem wurde deutlich, wie fraglich es ist, ob eine Beschreibung über Leitideen für Lehrerinnen und Lehrer überhaupt hilfreich ist, gerade wenn es darum geht, Veränderungen im Unterricht anzustoßen. Es kann nicht daran gedacht werden, in Zukunft Leitideen als Grundlage für einen Zuschnitt der „Unterrichtseinheiten“ zu nutzen. Besonders das Verknüpfen von unterschiedlichen Leitideen ist wichtig für die Anwendung von Mathematik. Somit stellt sich die Frage, ob Leitideen eine Grundlage für die Planung von Unterricht darstellen können, oder ob es bei Aufstellung von Leitideen eher um eine mathematikdidaktisch orientierte Zusammenstellung von Inhalten handelt, die für die einzelne Lehrerin und den einzelnen Lehrer keine Rolle spielen. Sollte letzteres der Fall sein, ist fraglich, ob die Umsetzung der Bildungsstandards im Form von Kerncurricula in Niedersachsen als Steuerungsinstrument für den Unterricht gut gewählt ist. In den drei Kerncurricula der Haupt-, Realschule und des Gymnasiums (Niedersächsisches Kultusministerium, 2006a,b,c) wurden die Leitideen der Bildungsstandards in Form von inhaltsbezogenen Kompetenzen beschrieben. Diese inhaltsbezogene Kompetenzen differenzieren die Leitideen weiter aus und geben auch einen nach Doppeljahrgängen ausgeführten Kompetenzaufbau an. Allerdings ist hierdurch noch keine Übersetzung in mögliche Unterrichtssequenzen vorgenommen oder auch nur angelegt. In wieweit die Überarbeiten des Kerncurriculums für das Gymnasium oder das neue Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule (Niedersächsisches Kultusministerium, 2012) für die Arbeit in den Schulen einen Verbesserung darstellen, bleibt abzuwarten.

Hypothese 2: Alle Kompetenzbereiche werden im Unterricht berücksichtigt.

Diese Hypothese hat sich bestätigt. Die untersuchten Aufgaben hatten Anteile, die sich auf alle fünf Kompetenzbereiche bezogen. Es waren allerdings nicht alle Kompetenzen im gleichen Umfang vertreten. Am meisten wurde die Kompetenz „Mit symbolisch, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ bei den Aufgaben angesprochen. Außerdem waren die Kompetenzen „Probleme mathematisch lösen“ und „Mathematische Darstellungen verwenden“ häufig vertreten. „Mathematisch modellieren“ und „Argumentieren und kommunizieren“ haben dagegen bei einem nur geringen Anteil der Aufgaben eine Rolle gespielt. Diese ungleiche Verteilung der Kompetenzen im Unterricht war zu erwarten, wie sich auch in der nächsten Hypothese zeigt.

Hypothese 3: Die im Unterricht eingesetzten Aufgaben beschränken sich fast ausschließlich auf die Kompetenz „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“(KMK, 2003a).

Diese Hypothese wurde nicht bestätigt. In der Realschule waren Aufgaben aus dieser Kompetenz am stärksten vertreten. In der Hauptschule waren die Aufgaben aus den

Kompetenz „Probleme mathematisch lösen“ und „Mit symbolisch, formen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ fast gleich verteilt. Im Gymnasium bildete die Kompetenz „Probleme mathematisch lösen“ den Schwerpunkt bei den Aufgaben.

Dass die Kompetenz „Probleme mathematisch lösen“ einen sehr hohen Anteil bei den Aufgaben einnimmt, liegt u. a. an der unter dem Kapitel „Problem“ beschrieben Problematik, dass Probleme vorwiegend auf der Ebene des Reproduzierens bearbeitet wurden. Dadurch gehörten sehr viele Aufgaben in diesen Kompetenzbereich.

Hypothese 4: Die in den Bildungsstandards beschriebenen drei Anforderungsbereiche „Reproduzieren“, „Zusammenhänge herstellen“ und „Verallgemeinern und Reflektieren“, werden im Unterricht angemessen berücksichtigt. Aus dem Anforderungsbereich „Zusammenhänge herstellen“ stammen 40 %, aus dem Anforderungsbereich „Verallgemeinern und Reflektieren“ 10 % der Aufgaben im Unterricht.

Diese Hypothese kann nicht bestätigt werden. Der Anforderungsbereich „Verallgemeinern und Reflektieren“ konnte nur bei 2 von 738 Aufgaben identifiziert werden. Somit sind die geforderten 10 % auch nicht ansatzweise erreicht worden. Der Anforderungsbereich „Zusammenhänge herstellen“ trat bei 57 von 738 Aufgaben also zu 7,7 % auf. Mit über 91 % stammten, so kann gesagt werden, fast alle Aufgaben aus dem Anforderungsbereich „Reproduzieren“. Diese Ergebnisse machen eine sehr einseitige Ausrichtigung des Unterrichts deutlich. Auch wenn, so weit wie möglich, die Hausaufgaben mit in die Auswertung einbezogen werden, wird diese Ausrichtung des Unterrichts nicht verändert. Diese Ergebnisse decken sich mit Ergebnissen des COACTIV-Projektes (Jordan u. a., 2008), in denen auch ein sehr geringes kongnitives Aktivierungspotenzial der untersuchten Aufgaben festgestellt wurde. Es ist an dieser Stelle fraglich, ob die hier durchgeführten Untersuchungen zu den Auswirkungen des Notebookeinsatzes tragfähige Ergebnisse liefern können, da das Niveau des untersuchten Unterrichts insgesamt gering war.

Zusammenfassung

Bei der Analyse der Daten wird deutlich, dass die Verteilung der behandelten Aufgaben zu den Leitideen sehr unterschiedlich ist. Die Leitideen „Zahl“ und „Funktionaler

Zusammenhang“ haben einen bedeutend größeren Stellenwert als die übrigen. Die ungleichmäßige Verteilung erklärt sich durch die Themen, die in den untersuchten Klassenstufen behandelt wurden. Geometrische Themen wurden in den letzten Jahrzehnten immer weiter gekürzt. Die Stochastik ist für die Real- und Hauptschule durch die Kerncurricula erst 2006 neu in die Lehrpläne aufgenommen worden. Das Gymnasium hat die Behandlung der Stochastik in der Sek. I erst 2003 eingeführt. Die Berücksichtigung der Leitidee „Daten und Zufall“ bedeutet also die größte Veränderung für die Schulen. Diese Leitidee hat bisher im Unterricht der Sek. I keine Rolle gespielt. Um diese Leitidee in der Schule im Unterricht zu verankern, ist erkennbar ein großer Fortbildungsbedarf gegeben. Die Hypothese 1, dass Aufgaben zu allen Leitideen im Unterricht behandelt werden, kann somit nicht bestätigt werden.

Die unterschiedlichen Kompetenzen, die Aufgaben fordern, nehmen im Unterricht einen ganz unterschiedlichen Stellenwert ein. Die Kompetenzen „Probleme mathematisch lösen“ und „Mit symbolisch, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ haben in allen drei Schulformen einen recht großen Anteil bei den Aufgaben. Die Bedeutung der Kompetenz „Mathematische Darstellungen verwenden“ ist schon etwas geringer. Mit jeweils unter 20 % sind die Kompetenzen „Argumentieren und kommunizieren“ und „Mathematisch modellieren“ nur sehr selten im Unterricht zu finden. Besonders auffällig ist, dass die Anforderungsbereiche „Zusammenhänge herstellen“ und „Verallgemeinern und Reflektieren“ im Unterricht fast nicht vertreten sind. Es werden also im Unterricht fast nur Aufgaben gestellt, die von den Schülerinnen und Schüler ein Reproduzieren der Inhalte verlangen. Dieses Ergebnis wird auch durch die Struktur der Aufgaben noch einmal deutlich. In allen Schulformen machten die Grundaufgaben den mit Abstand größten Teil der gestellten Aufgaben aus. Somit kann die Hypothesen 4 nicht bestätigt werden. Die Hypothesen 2 und 3 allerdings treffen zu. Ob durch die Bildungsstandards eine Änderung bei den Anforderungen, die an die Schülerinnen und Schüler gestellt werden, erreicht werden kann, bleibt abzuwarten. Es ist in jedem Fall durch diese Daten sehr deutlich geworden, dass in hier ein grundsätzliches Umdenken der Lehrerinnen und Lehrer erforderlich wäre.

Im untersuchten Unterricht lag der Schwerpunkt der Aufgabenstellungen im Bereich „Reproduzieren“. Diese deutet stark auf einem übenden Charakter ausgerichtete Unterricht hin, welches auch durch andere Bereiche der Klassifikation bestätigt wurde. Die Sozialformen beschränkten sich überwiegend auf Einzelarbeit und das Unterrichtsgespräch. Die beiden Sozialformen eigenen sich gut diese Art von Aufgaben zu bearbeiten und zu besprechen. Für die Löungen von komplexere Aufgaben würden dagegen Partner- und Gruppenarbeiten von Vorteil sein, da sich hier die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung untersützen können. Eine Besprechung und ein Vergleich von verschiedenen Lösungswegen bietet sich nur bei komplexeren Aufgaben an, weil diese überhaupt erst verschiedene Lösungsideen ermöglichen. Im untersuchten Unterricht wurden bei der Besprechung der Bearbeitungen der Aufgaben fast immer nur ein einziger Lösungsweg thematisiert. Bei der Behandlung von „Grundaufgaben“ kann in der Regel auch nur ein Lösungsweg von den Schülerinnen und Schüler beschritten werden. Die Aufgaben trainieren allein ein bekanntes Verfahren und sind nicht geeignet, die Kreativität der Schülerinnen und Schüler für unterschiedliche Lösungen bzw. Lösungswege anzuregen.

Für die Umsetzung der Bildungsstandards ist es wichtig, dass im Unterricht Aufgaben aus höheren Niveaustufen gestellt werden. Dieses gilt für alle drei Schulformen in gleichem Maße. Auch die weiteren Daten ließen den Unterricht sehr einseitig erscheinen. Die Sozialformen sind stark auf Einzelarbeit ausgerichtet, Differenzierungen im Unterricht wurden nur sehr selten durchgeführt und erfolgten lediglich über die Stellung zusätzlicher Aufgaben.

7.10 Notebookeinsatz

Welche Auswirkungen hat der Computer auf den Unterricht? Diese Frage wird seit über zehn Jahren immer wieder diskutiert (vgl. Kapitel 6). „Durch den Notebookeinsatz werden die Schülerinnen und Schüler selbstständiger“ ... Solche und ähnliche Aussagen liest man besonders bei der Ausschreibung neuer Projekte immer wieder. Die wissenschaftliche Bestätigung lässt allerdings immer noch auf sich warten. Es gibt einige Studien, die positive Effekte nachweisen, und andere, die negative oder keine Auswirkungen erfasst haben. Diese Divergenz macht die Problematik Unterrichtsveränderungen zu erfassen deutlich.

Im Folgenden sollen die immer wieder beschriebenen Vorteile des Notebookeinsatzes kritisch hinterfragt werden. Verändert der Computereinsatz den Unterricht? Arbeiten die Schülerinnen und Schüler stärker problemorientiert? Hat der Computer eine Katalysatorwirkung? Diese Veränderungen müssen sich im Einsatz der Aufgaben widerspiegeln.

	Gymnasium	Realschule	Hauptschule	Gesamt
Aufgaben ohne Notebooks	89	71	434	594
Aufgaben mit Notebooks	16	72	56	144
Verwendete Software:				
DGS[15]	2	6	0	8
CAS[16]	14	0	0	14
TKP[17]	0	66	43	109
Textverarbeitung	0	0	7	7
Taschenrechner[18]	0	0	6	6

Tabelle 7.11: Aufgaben mit und ohne Notebookeinsatz, verwendete Software

[15] Dynamische Geometrie Software.
[16] Computer Algebra System.
[17] Tabellenkalkulationsprogramm.
[18] Es wurde hier der im Computer integrierte Taschenrechner verwendet.

Im Gymnasium und an der Hauptschule werden Notebooks bei ca. 15 % aller Aufgaben verwendet. In der Realschule liegt dieser Anteil dagegen bei 50 %. Besonders in einer Schule erfreuten sich die Notebooks einer großen Beliebtheit und wurden in fast jeder hospitierten Stunde verwendet. Notebooks können dauerhaft nur ein Medium von vielen anderen im Unterricht sein. Ich vermute, dass sich der Einsatz auf 10 % bis 20 % der bearbeiteten Aufgaben belaufen. Der Umfang hängt natürlich stark vom jeweiligen Unterrichtsinhalt ab.

Die im Unterricht verwendete Software macht auch deutliche Unterschiede in der Arbeitsweise der drei Schulformen deutlich. Im Gymnasium lag der Schwerpunkt beim Einsatz von Computer Algebra Systemen (CAS) wie „Derive“. Diese Systeme helfen bei arithmetischen und algebraischen Aufgaben oder beim Darstellen von Funktionen und Diagrammen. In der Real- und Hauptschule wurde überwiegend Tabellenkalkulationsprogramme wie „Mircosoft Excel“ oder „OpenOffice.org Calc“ verwendet. Diese Programme vereinfachen der Arbeiten mit Tabellen. Außerdem können Rechnungen automatisiert werden und dadurch der Umgang mit Formeln geübt werden. Auch der Darstellen von Diagrammen ist möglich. In der Hauptschule wurde auch der integrierte Taschenrechner verwendet.

	Aufgaben ohne Notebooks			Aufgaben mit Notebooks		
Schulform	Minuten	Aufgaben	Durchschnitt	Minuten	Aufgaben	Durchschnitt
Gymnasium	513,69	89	**5,77**	306,47	16	**19,15**
Realschule	379,38	71	**5,34**	573,81	72	**7,97**
Hauptschule	1121,38	434	**2,58**	391,87	56	**7,00**
Gesamt	2014,45	594	**3,39**	1272,15	144	**8,83**

Tabelle 7.12: Bearbeitungszeit für Aufgaben mit und ohne Notebookeinsatz

In Tabelle 7.12 wird die durchschnittliche Bearbeitungzeit der Aufgaben dargestellt. Beim Einsatz ohne Notebook werden sowohl im Gymnasium als auch in der Realschule ca. 5,5 Minuten für eine Aufgabe verwendet. In der Hauptschule sind es dagegen nur 2,5

Minuten. In der Hauptschule werden bedeutend mehr Aufgaben in einer Unterrichtsstunde behandelt. Die kurzen Zeiten für die Bearbeitung deuten auf einen automatisieren Übungsstil hin, in dem viele Aufgaben vom gleichen Typ bearbeitet werden.

Beim Einsatz des Notebooks steigt in allen Schulformen die durchschnittliche Bearbeitungszeit. Im Gymnasium und der Hauptschule wird drei mal so viel Zeit für eine Aufgabe verwendet. In der Realschule ist der Anstieg sehr viel geringer.

Mögliche Erklärungen für diesen Anstieg sind:

- Die Aufgaben, die mithilfe der Notebooks gelöst werden, sprechen ein höheres Niveau an.
- Mit den Notebooks werden mehr offene Aufgaben gestellt.
- Mit den Notebooks werden mehr problemorientierte Aufgaben behandelt.
- Mit den Notebooks wird mehr in Gruppen gearbeitet.
- Die Bedienung der Notebooks erfordert mehr Zeit um Aufgaben zu lösen.
- In der Realschule sind 50 % der Aufgaben mit dem Notebook bearbeitet worden. Diese Routine mit dem Medium reduziert die Bearbeitungszeit.

Welche dieser Erklärungen zutreffen soll neben den Hypothesen durch die weiteren Daten untersucht werden. Problematisch ist bei dieser gesamten Untersuchung, dass besonders am Gymnasium wenige Aufgaben mithilfe Notebooks bearbeitet wurden. Aufgrund dieser geringen Datenmenge können nur Tendenzen aufgezeigt werden.

7.10.1 Kompetenzen

Argumentieren und kommunizieren

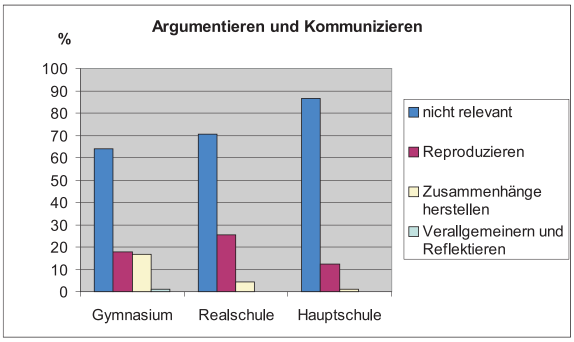


Abbildung 7.7: Aufgaben ohne Notebookeinsatz

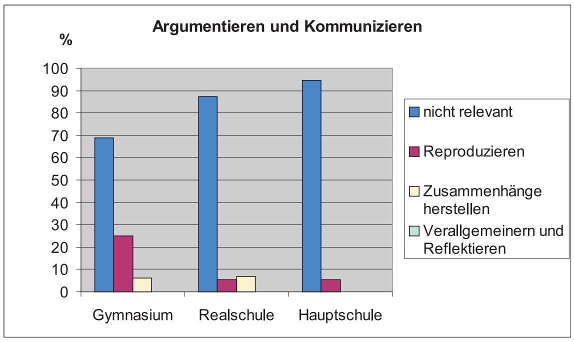


Abbildung 7.8: Aufgaben mit Notebookeinsatz

Diese Kompetenz betreffen insgesamt nur relativ wenige Aufgaben. Im Gymnasium lag der Anteil der Aufgaben, die ohne ohne Computereinsatz im Anforderungsbereich „Reproduzieren" bei 18 % und für die Bereich „Zusammenhänge herstellen" bei 17 %. Der Bereich „Verallgemeinern und Reflektieren" kam nur bei einer Aufgabe vor. In der Realschule lagen im Anforderungsbereich I 25 % und im Anforderungsbereich II 4 % der Aufgaben. In der Hauptschule war nur der Anforderungsbereich I mit 12 % deutlich vertreten. Auf Anforderungsbereich II entfiehlen nur vier Aufgaben.[19] Aus dem Bereich „Verallgemeiner und Reflektieren" kamen in der Real- und Hauptschule keine Aufgaben. Beim Computereinsatz waren im Gymnasium auch 25 % der Aufgabe aus dem Anforderungsbereich I. Der Anforderungsbereich II zwar mit 6 % geringer vertreten als beim Einsatz ohne Computer. Bei der Realschule kamen 5 % der Aufgaben aus dem Bereich I und 7 % der Aufgaben aus dem Bereich II. In der Hauptschule waren 5 % aus dem Bereich I. Der Bereich II und III war nicht mehr vertreten.

[19] Das entsprach für die Hauptschule 0,9 %.

Im Gymnasium und in der Hauptschule gibt es beim Vergleich von Computereinsatz und Aufgaben ohne Computerverwendung zwar Unterschiede, diese sind aber nicht signifikanten. In der Realschule werden mit dem Computer deutlich weniger[20] Aufgaben die diese Kompetenz betreffen gestellt.

Probleme mathematisch lösen

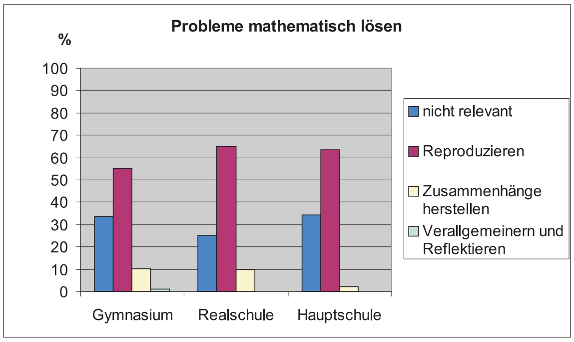


Abbildung 7.9: Aufgaben ohne Notebookeinsatz

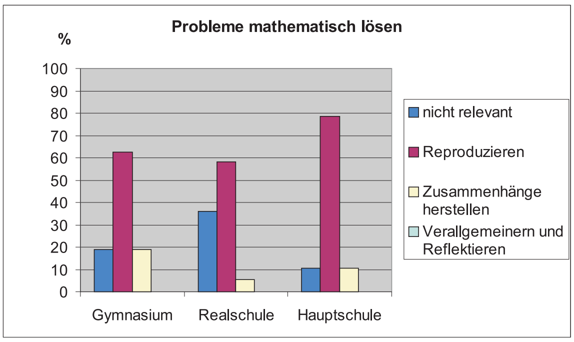


Abbildung 7.10: Aufgaben mit Notebookeinsatz

Auf die Kompetenz „Probleme mathematisch lösen“ entfallen im Anforderungsbereich I relativ viele Aufgaben. Ein wirkliches Lösen von Problemen kann allerdings nicht auf im Bereich des „Reproduzieren“ erfolgen, so dass Problemlöseprozsse erst bei Aufgaben aus dem Bereich II bzw. III durchlaufen werden. Diese Disrepanz zwischen der mathematischen Definition von Problemlöseaufgaben und dem Anforderungsbereich I der Bildungsstandards und der Umgang innerhalb der Klassifikation damit wurde im Punkt 5.5.4 behandelt.

Im Anforderungsbereich I lagen im Gymnasium 55 % der Aufgaben ohne Computereinsatz. In der Realschule waren es 65 % und der Hauptschule 64 %. Auf den Anforderungsbereich II entfiehlen im Gymnasium und der Realschule 10 % und auf die Hauptschule 2 %. Im Gymnasium gab es eine Aufgabe aus dem Anforderungsbereich III.

[20]Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}05$.

Bei Einsatz des Computers waren im Gymnasium 63 % aus dem Anforderungsbereich I, in der Realschule 58 % und der Hauptschule 79 %. Im Bereich „Zusammenhänge herstellen“ waren im Gymnasium 19 %, in der Reaschule 6 % und der Hauptschule 11 % der Aufgaben.

Beim Vergleich der Diagramme fällt auf, dass an der Hauptschule bei Aufgaben mit Notebookeinsatz der Anteil an der Kategorie „nicht relevant“ geringer ist als bei Aufgaben ohne Notebookeinsatz. Auch der Anteil der Niveaustufe „Zusammenhänge herstellen“ ist bei Aufgaben mit Notebookeinsatz höher.[21] Im Gymnasium ist diese Beobachtung immer noch möglich aber bedeutend schwächer ausgeprägt. In der Realschule ist dieser Effekt eher gegenläufig. Dieses deutet darauf hin, dass am Gymnasium und an der Hauptschule Notebooks eher bei Aufgaben mit Problemlöseanteil eingesetzt werden, während an der Realschule das Notebook auch in anderen Bereichen Verwendung findet.

Mathematisch modellieren

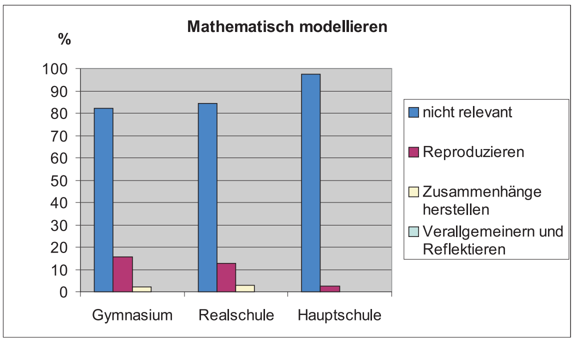


Abbildung 7.11: Aufgaben ohne Notebookeinsatz

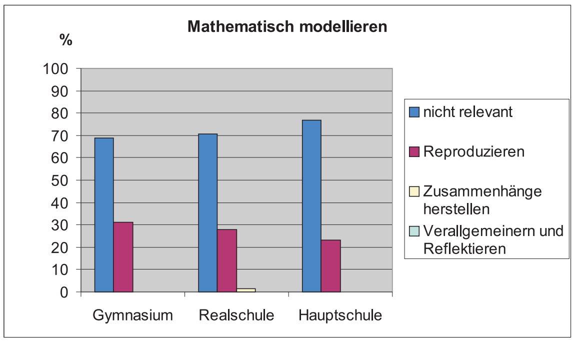


Abbildung 7.12: Aufgaben mit Notebookeinsatz

In der Kompetenz „Mathematische modellieren“ gab es kaum Aufgaben aus dem Anforderungsbereich II oder III. Es waren im Gymnasium 2 % und in der Reaschule 3 % (jeweils 2 Aufgaben) ohne dem Computereinsatz. Mit dem Computereinsatz gab es nur in der Realschule eine Aufgabe. Im Bereich „Reproduzieren“ lagen im Gymnasium 16 %,

[21] Diese Veränderungen sind für die Hauptschule signifikat nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.

in der Realschule 13 % und in der Hauptschule 3 % der Aufgaben. Mit dem PC wurden in allen drei Schuleofremn deutlich mehr Aufgaben aus dem Anforderungsbereich I bearbeitet. Hier lag der Anteil im Gymnasium bei 31 %, in der Realschule bei 28 % und in der Hauptschule bei 23 %. Beim Einsatz von Notebooks ist also der Anteil von Aufgaben, die die Kompetenz „Modellieren“ erfordern bedeutend größer[22] als ohne Notebookeinsatz. Wobei es sich hierbei um Modellierungsaufgaben aus dem ersten Anforderungsbereich handeln. Da es insgesamt kaum Aufgaben auf einem höheren Anforderungsbereich ab, lässt sich nicht sagen, wie hierbei der Computer Verwendung gefunden hätte.

Mathematische Darstellungen verwenden

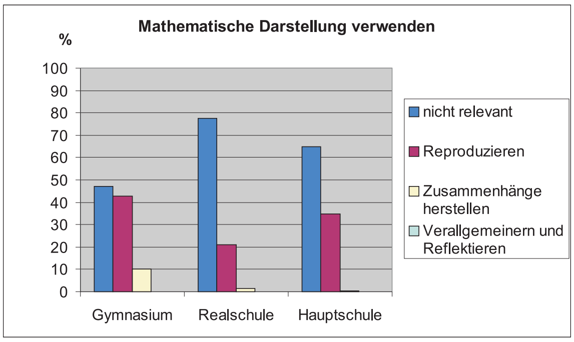


Abbildung 7.13: Aufgaben ohne Notebookeinsatz

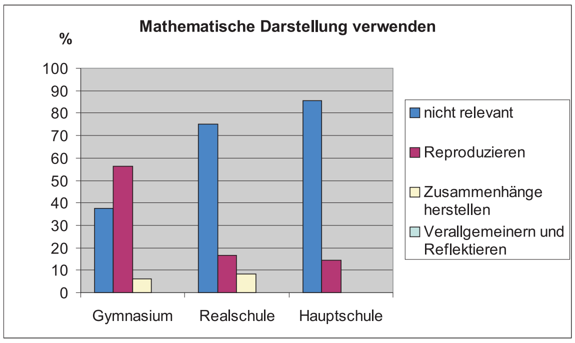


Abbildung 7.14: Aufgaben mit Notebookeinsatz

Bei der Kompetenz „Mathematische Darstellungen verwenden“ wurden keine Aufgaben aus dem Anforderungsbereich III bearbeitet. Ohne Notebookeinsatz lagen 43 % der Aufgaben im Gymnasium im Bereich I und 10% im Bereich II. Mit Notebookeinsatz war der Anteil im Bereich I mit 56 % und im Bereich II mit 6 %. In der Realschule waren im Bereich „Reproduzieren“ 21 % der Aufgaben ohne Computernutzung und 1 % im Anforderungsbereich II. Mit Computernutzung waren es 17 % im Bereich I und 8 % im Bereich II. In der Hauptschule lag der Anteil ohne Computernutzung im Anforderungsbereich I bei 35 %. Mit Computernutzung nur noch bei 14 %.

[22] Für die Hauptschule signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.

Bei dieser Kompetenz gab es keine deutlichen Tendenzen. Zwar ist der Anteil in der Niveaustufe „Reproduzieren“ am Gymnasium mit dem Notebook höher als ohne, an der Hauptschule verringerte sich der Anteil aber deutlich[23].

Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen

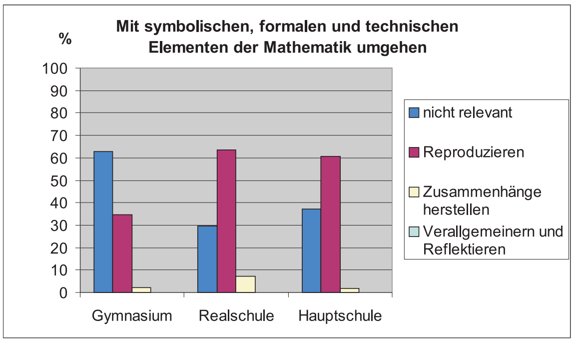


Abbildung 7.15: Aufgaben ohne Notebookeinsatz

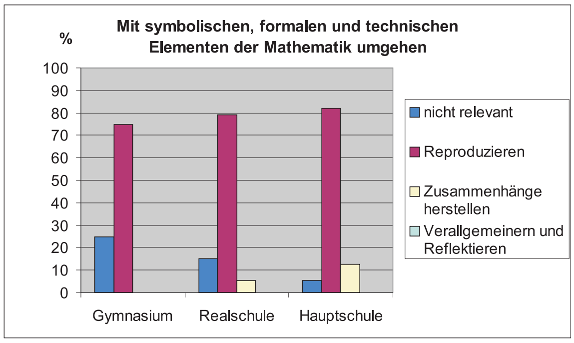


Abbildung 7.16: Aufgaben mit Notebookeinsatz

Ohne Computernutzung waren bei dieser Kompetenz im Gymnasium 35 % der Aufgaben aus dem Anforderungsbereich I und 2 % aus dem Bereich II. Mit Computernutzung war 75 % der Aufgaben aus dem Anforderungsbereich I. In der Realschule lagen 63 % der Aufgaben ohne Computernutzung im Bereich „Reproduzieren“ und 7 % im Bereich „Zusammenhängen herstellen“. Mit Computernutzung waren es im ersten Bereich 79 % und im zweiten 6 % der Aufgaben. In der Hauptschule war der Anteil der Aufgaben mit Computernutzung im Anforderungsbereich I mit 82 % größer als ohne Computernutzung. Hier lag der Anteil bei 61 %. Der Anteil aus dem Anforderungsbereich II war mit 13 % mit Computernutzung auch deutlich größerer als ohne Computernutzung. Hier lag er bei 2 %. Bei der Nutzung des Computers wurden sehr häufig Aufgaben aus dieser Kompetenz gestellt. In dieser Kompetenz bündelt sich das mathematischen Handwerkszeug, so dass beim Einsatz der Software häufig darauf zurückgegriffen werden musste.

[23] Für die Hauptschule signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}005$.

7.10.2 Struktur

	Gymnasium		Realschule		Hauptschule	
Notebookeinsatz:	**ohne**	**mit**	**ohne**	**mit**	**ohne**	**mit**
nicht in diesem Sinne	1,1 %	0 %	5,6 %	0 %	1,8 %	0 %
vollständig gelöste Aufgabe	**11,2 %**	0 %	**8,5 %**	1,4 %	0,5 %	0 %
Grundaufgabe	**73,0 %**	**81,3 %**	**80,3 %**	**88,9 %**	**95,2 %**	**94,6 %**
Umkehrung einer bekannten Grundaufgabe	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Begründung- oder Beweisaufgabe bzw. Strategiefindungsaufgabe	**6,7 %**	0 %	0 %	2,8%	0,2 %	0 %
Problemaufgabe	**6,7 %**	**18,8 %**	**5,6 %**	**6,9 %**	**2,3 %**	**5,4 %**
Umkehrung einer Problemaufgabe (spezielle „offene“ Aufgabe)	1,1 %	0 %	0 %	0%	0 %	0 %
Aufforderung zum Erfinden einer Aufgabe zu einem gegebenen mathematischen Thema (das ist auch „offen“)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Problemsituation („offene“ Aufgabe)	0 %	0 %	0 %	0%	0 %	0 %

Tabelle 7.13: Struktur der Aufgaben mit und ohne Notebookeinsatz

Die „Grundaufgaben“ bildeten den Schwerpunkt, der im Unterricht eingesetzten Aufgaben. In der Hauptschule lag dieser Anteil bei 95 %. Der Notebookeinsatz hatte auf die Auswahl der Aufgaben keinen Einfluss. Mit dem Gerät wurden auch überwiegend

„Grundaufgaben“ gelöst. Dieser Schwerpunkt zu Aufgaben, die die Schülerinnen und Schüler sehr stark in ihrem Handeln einschränken und nur eine Lösung zulassen, wurde auch schon bei der Analyse der Kompetenzen deutlich. Mithilfe des Notebook wurden außerdem in allen drei Schulformen „Problemaufgaben“ gelöst. Für diesen Typ von Aufgaben war bei allen drei Schulformen der Anteil der Aufgaben mit Notebooknutzung größer als ohne Notebook. An der Realschule wurden auch „Begründungs- oder Beweisaufgaben“ mithilfe von Notebooks bearbeitet. Da der Anteil dieser Aufgaben allerdings nur bei 2,8 % lagt, ist es nicht möglich, hieraus etwas über die Vorteile des Notebooks abzuleiten.

7.10.3 Innere Form der Aufgabenstellung

Es wurden bereits Unterschiede in der inneren Form derAufgabenstellung beschrieben (vgl. Kapitel 7.7). Hier wurde herausgestellt, dass am Gymnasium der Schwerpunkt der Aufgaben in den Bereichen „eine Formel, nur Text“ (48,6 %) und „mathematischer Text“(39,1 %), an der Realschule dagegen in den Bereichen „eine Formel, nur Text“ (45,5 %) und „eingekleidete Aufgabe“ (42 %) und an der Hauptschule auf „eine Formel, nur Text“ (79 %) lagt.

	Gymnasium		Realschule		Hauptschule	
Notebookeinsatz:	**ohne**	**mit**	**ohne**	**mit**	**ohne**	**mit**
algebraisch/arithmetisch/Zeichnung	**51,7 %**	**31,3 %**	**67,6 %**	**23,6 %**	**80,9 %**	**64,3 %**
mathematischer Text	**40,5 %**	**31,3 %**	15,5 %	9,7 %	10,8 %	0 %
eingekleidete Textaufgabe	7,9 %	**37,5 %**	16,9 %	**66,7 %**	7,8 %	**33,9 %**
Anwendungsaufgabe	0 %	0 %	0 %	0 %	0,5 %	1,8 %

Tabelle 7.14: Innere Form der Aufgaben mit und ohne Notebookeinsatz

Bei der Unterscheidung zwischen Aufgaben mit Notebookeinsatz und Aufgaben ohne wurde deutlich, dass eingekleidete Textaufgaben überwiegend mit Notebooks bearbeitet wurden. Besonders in der Realschule, wo 50 % alle Aufgaben mithilfe des Notebooks gelöst wurden, wird eine Aufteilung der Aufgaben deutlich. Eingekleidete Textaufgaben wurden Schwerpunktmäßig mit dem Notebook bearbeitet und reine algebraisch/arithmetische Aufgaben ohne. Im Gymnaisum verteilte sich der Notebookeinsatz gleichmäßig über drei der vier Bereiche. Allerdings wurden hier nur sehr wenige Aufgaben mithilfe des Notebooks gelöst, sodass hieraus keine allgemeine Tendenz abgeleitet werden kann.

7.10.4 Sozialform

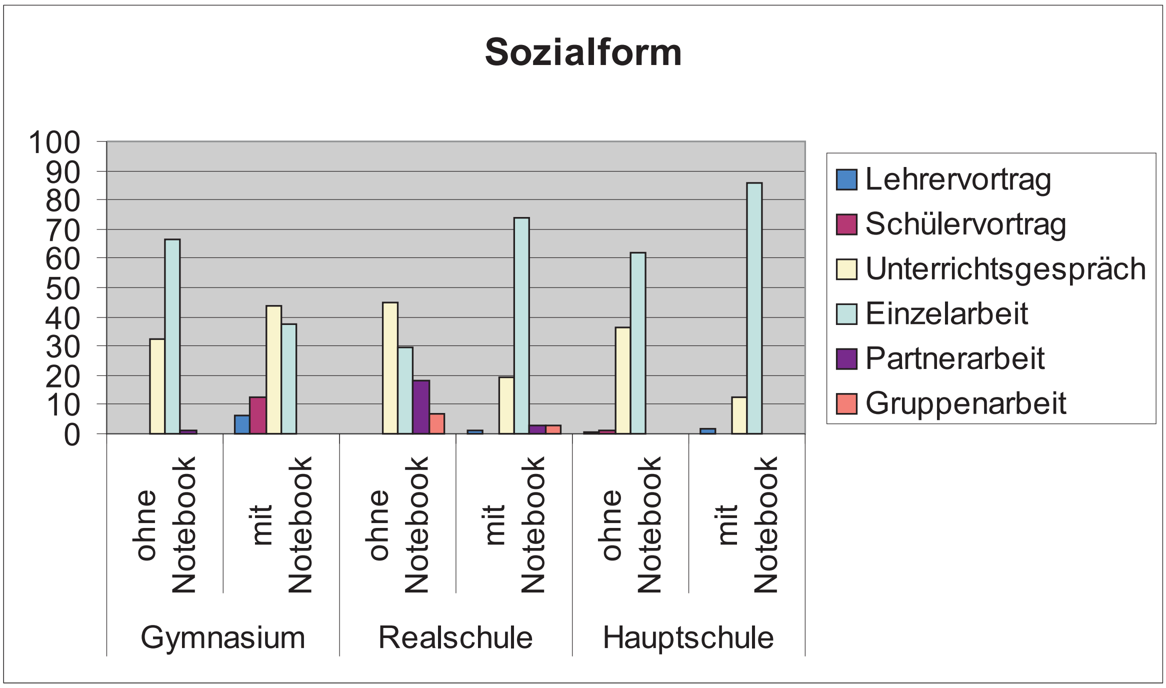


Abbildung 7.17: Sozialform mit und ohne Notebookeinsatz

Es beherrschten zwei Sozialformen den Unterricht. Dieses war die Einzelarbeit und das Unterrichtsgespräch. Im Gymnasium traten beim Notebookeinsatz auch Phasen des Schüler- und Lehrervortrags auf. Insgesamt haltet es sich hier allerdings nur um drei

Aufgaben. Nur im Gymnasium war der Anteil der Einzelarbeit beim Notebook geringer als ohne Notebookeinsatz. Die wenigen Aufgaben, die im Gymnasium mit dem Notebook bearbeitet wurden, wurden bevorzugt in Form von Vorträgen oder im Unterrichtsgespräch gelöst. Dieses deutet auf eine gewisse Unsicherheit im Umgang mit dem Medium im Unterricht hin. Die Lehrerinnen und Lehrer versuchten im Unterricht die Kontrolle über den Einsatz zu behalten.

An der Real- und Hauptschule lag der Anteil der Einzelarbeit beim Notebookeinsatz bei 74 % in der Realschule und 86 % in der Hauptschule. Ohne Notebookeinsatz waren die Anteile 30 % in der Realschule und 62 % in der Hauptschule. In der Hauptschule wurden der überwiegende Anteil der Aufgaben in Einzelarbeit gelöst. Partner- und Gruppenarbeit wurden im beobachteten Unterricht nicht durchgeführt. In der Realschule wurden 18 % der Aufgaben ohne Notebookeinsatz in Partnerarbeit und 7 % in Gruppenarbeit gelöst. Beim Notebookeinsatz verringerte sich dieser Anteil auf jeweils 3 %. Beim Computereinsatz wurden Aufgaben entweder gemeinsam gelöst, häufig zur Besprechung, wie diese Fragestellung zu bearbeiten ist und anschließend ähnliche Aufgaben in Einzelarbeit bearbeitet. Eine gemeinsame Arbeit der Schülerinnen und Schüler erfolgte ohne Computereinsatz.

Diese Ergebnisse decken sich z.T. mit den Ergebnissen der Studie von Schaumburg und Issing (2002, S.126f). Auch hier wurde ein deutlicher Ansteig der Einsatzarbeit beim Notebookeinsatz, allerdings auch ein leichter Anstieg der Partnerarbeit, erfasst.

7.11 Fazit Notebookeinsatz

Ziel dieser Datenerhebung war es, die Nutzung des Computers im alltäglichen Unterricht zu erfassen. Durch die regelmäßige Hospitation im Unterricht war es möglich, die im Unterricht gestellten und bearbeiteten Aufgaben über einen Zeitraum von einem Jahr zu untersuchen. Die Hospitation umfasste im Gymnasium und der Realschule jeweils 26 Unterrichtsstunden und in der Hauptschule 43. In diesen Stunden haben die Gymnasien 105 Aufgaben bearbeitet. Hiervon wurden 16 Aufgaben mithilfe der Notebooks gelöst. Einen prozentual ähnlichen Umfang hatten die Hauptschulen. Hier wurden von 480 Aufgaben 56 unter Verwendung der Notebooks bearbeitet. In den Realschulen wurde Notebooks dagegen bei 72 von 143 Aufgaben genutzt.

Diesen großen Unterschied zwischen den Schulformen[24] zu erklären ist aufgrund der Daten nicht direkt möglich. Zwischen den Lehrkräften einer Schulform konnte kein unterschiedliches Nutzungsverhalten festgestellt werden. So diese Diskrepanz nicht an einzelnen Lehrerinnen bzw. Lehrern lag.

Auffällig war, dass in der Realschule vermehrt eingekleidete Textaufgaben gestellt und diese auch überwiegend unter Verwendung der Notebooks gelöst wurden. Bei der Bearbeitung dieser Aufgaben haben die Schülerinnen und Schüler auf Excel zurückgegriffen, wobei Excel hier die Funktion eines besseren Taschenrechners hatte. Die Schülerinnen und Schüler wurden zwar dazu angehalten Zellbezüge zu nutzen, eine Automatisierung der Rechnungen erfolgte allerdings nicht. Ob es jetzt eine Besonderheit der Realschulen war, eingekleidete Textaufgaben zu stellen, oder ob der Einsatz des Notebooks bei gerade dieser Art der Aufgaben als besonders günstig erachtet wurde und der Wunsch nach Verwendung des Geräts zu einem vermehrten Einsatz geführt hat, lässt sich an dieser Stelle nicht beantworten. Es gibt mittlerweile ein umfangreiches Angebot zum Einsatz von Computersoftware im Unterricht, das weit über die Verwendung bei eingekleideten Textaufgaben hinausgeht, so dass es nicht an den eingeschränkten Möglichkeiten des Notebookeinsatzes liegen kann.

Bei der verwendeten Software hatten die Hauptschule und die Realschule große Gemeinsamkeiten. In beiden Schulformen wurde meistens eine Tabellenkalkulationssoftware verwendet. In der Realschule kam noch vereinzelt Dynamische Geometrie Software zum Einsatz und in der Hauptschule wurde mit dem Notebook auch geschrieben oder der Taschenrechner von Windows genutzt. Im Gymnasium lag der Schwerpunkt des Einsatzes auf Computer Algebra Systemen. Die Schülerinnen und Schüler des Gymnasiums nutzen besonders beim Einsatz von Computer Algebra Systemen den Computer zur Lösung

[24] Die Realschule hat signifikant (χ^2 a=121,811 df 2 mit p $<$ 0,001) mehr Aufgaben mithilfe der Notebooks bearbeitet als die anderen beiden Schulformen.

von algebraischen Aufgaben. Dagegen arbeiteten die anderen beiden Schulformen bei der Nutzung von Tabellenkalkulationssoftware zwar mit Zellbezügen und ersten Formeln, eine Automatisierung und eine Nutzung zur Zeitersparnis für die Lösung von ähnlichen Fragestellungen erfolgte kaum.

Bei der Analyse des gesamten Unterrichts wurde schon deutlich, dass nur relativ wenige Aufgaben über den Anforderungsbereich „reproduzieren" hinausgehend gestellt wurden. Auch der Schwerpunkt auf „Grundaufgaben" machte deutlich, dass der untersuchte Unterricht den Schülerinnen und Schülern nur wenige Möglichkeiten bot, sich mit offenen Aufgaben und weiterführenden Fragestellungen auseinanderzusetzen. Durch diese Ausrichtung des Unterrichts kann bezweifelt werden, ob die Verwendung der Software überhaupt gewinnbringend für den Lernprozess sein kann. Sollte sich allerdings der Computereinsatz wirklich als *„Katalysator"* (Reiss und Weigand, 2001, S. 3) für einen moderneren Unterricht herausstellen, müssten zumindest Tendenzen deutlich werden.

Hypothese 5: Beim Notebookeinsatz werden vermehrt Aufgaben aus folgenden Kompetenzbereichen behandelt:

a) „Mathematisch modellieren"

b) „Probleme mathematisch lösen"

c) „Argumentieren und kommunizieren"

Bei der Kompetenz „Mathematisch modellieren" stieg in allen drei Schulformen der Anteil der Aufgaben im Anforderungsbereich I an. Hierbei handelte es sich allerdings um einfache einschritte Modellierungen, die keinen vollständigen Modellierungskreislauf (vgl. Kapitel 5.5.5) erforderten. Bei diesen Aufgaben handelte es sich um eingekleidete Textaufgaben, bei denen aufgrund des Textes von den Schülerinnen und Schülern erst die Angaben richtig zugeordnet werden mussten. Bei diesen ersten Schritten zu einer vollständigen Modellierung (vlg. Blum u. a., 2010), kam der Computer als Hilfsmittel vermehrt zu Einsatz. Ob dieser Trend bei Anforderungsbereichen weiter fortführt wurde, kann Aufgrund des untersuchten Unterrichts nicht gesagt werden.

Für die Kompetenz „Probleme mathematische lösen" waren die Ergebnisse nicht so eindeutig. Nur in der Hauptschule wurde auch hier ein höherer Anteil der Aufgaben aus dieser Kompetenz mit dem Computer bearbeitet. Im Gymnasium gab es noch einen leichten Anstieg, der aber statistisch nicht signifikant war. Bei einer geringen Verwendung des Computers, in der Hauptschule und der Realschule lag der Anteil bei ca. 15 % der Aufgaben, wurden Aufgaben die problemlösende Kompetenzen erforderten, tendenziell eher mithilfe des Computers gelöst. Anders dagegen bei einer sehr häufigen Nutzung des Geräts, wie in der Realschule.

Bei der Kompetenz „Argumentieren und kommunizieren“ war der Anteil der Aufgaben, die ohne Computernutzung gelöst wurden, in der Realschule und Hauptschule höher als mit Computernutzung. Im Gymnasium war der Anteil insgesamt fast gleich, allerdings wurden die Aufgaben aus einem höheren Anforderungsbereich überwiegend ohne Computernutzung bearbeitet.

Diese Hypothese kann nicht eindeutig bestätigt oder widerlegt werden. Bei der Kompetenz „mathematische modellieren“ wurden zwar die Aufgaben zu einem größeren Anteil mithilfe des Computer gelöst, allerdings waren diese Unterschiede nicht für alle Schulformen signifikant. Bei den beiden Kompetenzen gab es zwischen den Schulformen Unterschiede in der Nutzung. Insgesamt wurde aus den Daten deutlich, dass der reine Einsatz von Notebooks keinen Effekt auf die durch die Aufgaben angesprochen Kompetenzen hat. Es konnte keine Kompetenz identifiziert werden, bei der der Computer eindeutige Vorteile für die Lösung der Aufgaben bereitstellt, sodass von den beteiligten Lehrerinnen und Lehrer gerade für Aufgaben aus dieser Kompetenz den Einsatz des Computer besonders häufig eingeplant wurde.

Hypothese 6: Beim Einsatz des Notebooks im Unterricht werden bevorzugt Aufgaben aus den Anforderungsbereichen „Zusammenhänge herstellen“ und „Verallgemeinern und Reflektieren“ gestellt.

Von den insgesamt 738 Aufgaben waren 57 aus dem Anforderungsbereich „Zusammenhänge herstellen“ und nur zwei aus dem Bereich „Verallgemeinern und Reflektieren“. Diese geringe Anzahl ließ eine Überprüfung der Hypothese nur sehr eingeschränkt zu. Bei der Analyse der Daten konnte keine Kompetenz identifiziert werden, in der der

Anteil der Aufgaben aus den höheren Anforderungsbereich überwiegend mithilfe des Computers gelöst wurden. Es gab zwischen den einzelnen Kompetenzen und zwischen den Schulformen große Unterschiede. Es verwendeten z. B. die Schülerinnen und Schüler der Hauptschulen bei der Kompetenz „Probleme mathematisch lösen“ vermehrt den Computer als Hilfsmittel zur Lösung. In der Realschule ist bei der gleichen Kompetenz die Computernutzung bei diesen Aufgaben geringer.

Da durch die erhobenen Daten keine Bevorzugung des Computers bei Aufgaben aus den höheren Anforderungsbereichen erkannt wurde, konnte diese Hypothese nicht bestätigt werden. Allerdings schränkt die geringe Datenmenge aufgrund des insgesamt einseitigen Unterrichts die Verallgemeinerung der Aussage stark ein. Ob der Computer bei einem Unterricht, der stärker auf diese beiden Anforderungsbereiche ausgerichtet ist, hilfreich sein kann, kann mit diesen Daten nicht beantwortet werden.

Hypothese 7: Im Unterricht ohne Notebooks wird überwiegend in Einzelarbeit gearbeitet. Beim Unterricht mit Notebooks steigt der Anteil der Partnerarbeit und Gruppenarbeit.

Aufgaben für Partner- und Gruppenarbeit gab es im untersuchten Unterricht kaum. Nur in der Realschule lag ihr Anteil bei ca. 15 % der gelösten Aufgaben. Bei nur vier von den insgesamt 22 Aufgaben erfolgte ein Notebookeinsatz. Dagegen wurde in der Haupt- und Realschule verstärkt mit dem Computer in Einzelarbeit gearbeitet. Die Lösung von Aufgaben im Unterrichtsgespräch war in diesen beiden Schulformen dafür bei der Computernutzung geringer. Für diese Schulformen wurde also bei einer selbstständigen Arbeit an Aufgaben vermehrt auf den Computer zurückgegriffen. Die Auswahl der Aufgaben bestimmt zu einem großen Anteil die jeweilige Sozialform. Aufgrund der schon bei den vorherigen Hypothesen beschreibenen Einseitigkeit des Unterrichts war auch bei dieser Hypothese nicht das Potenzial für einen höheren Einsatz von Partner- und Gruppenarbeit gegeben. Somit muss auch diese Hypothese verworfen werden.

Hypothese 8: Durch den Einsatz von Notebooks im Unterricht können die Schülerinnen und Schüler vielfältige Hilfestellungen unabhängig von der Lehrkraft nutzen. Dadurch verändert sich der Unterricht und die Lehrkraft nimmt stärker eine moderierende Position ein.

In den Unterrichtsstunden, in denen die Schülerinnen und Schüler mit Lernsoftware gearbeitet haben, hat die Software die Kontrolle der Ergebnisse übernommen. Somit wurde für diese Stunden die Hypothese bestätigt. Bei allen anderen Stunden war die Lehrkraft die zentrale Stelle, wenn es um Hilfestellungen ging. Im Unterricht ohne Notebookeinsatz liefen 80 % aller Hilfestellungen mündlich über die Lehrkraft. Nur bei 5 % der Aufgaben lagen zumindest Lösungen aus, sodass die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse kontrollieren oder sich bereits eine Idee über die Lösung beschaffen konnten. Bei den Aufgaben mit Notebookeinsatz lag der Anteil der mündlichen Hilfe durch die Lehrkraft bei 86 %. Bei 5 % der Aufgaben lagen wieder Lösungen aus und bei weiteren 5 % gab es Tippkarten. Dass der Computer für Hilfestellungen verwendet wurde konnte nicht beobachtet werden. Diese wurden bestimmt von einigen Schülerinnen und Schülern genutzt, von den Lehrkräften selbst wurde es aber nicht forciert. Somit hat sich diese Hypothese auch nicht bewahrheitet.

Es konnten durch die erhobenen Daten keine eindeutigen Bevorzugungen des Computers bei den erhobenen Aufgaben nachgewiesen werden. Die im Vorfeld postulierten Vorteile des Computers und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Aufgabenstellungen wurden nicht bestätigt. Allerdings wurde schon bei der Auswertung des gesamten Unterrichts deutlich, dass die Lehrerinnen und Lehrer einen sehr engen Unterricht erteilt haben. Die Schülerinnen und Schüler hatten wenige Möglichkeiten weiterführenden Fragestellungen zu bearbeiten und selbstständig Lösungswege für Problemstellungen zu finden. Im Unterricht wurde Schwerpunktmäßig mit „Grundaufgaben“ gearbeitet. Die Möglichkeiten des Computers hatten auf die Auswahl der Aufgaben anscheinend keinen Einfluss. Eine Katalysatorwirkung und ein Umdenken aufgrund der Möglichkeiten der Software war nicht zu erkennen.

In einer parallel durchgeführten Studie wurden Lehrerinnen und Lehrer zum den Veränderungen im Unterricht befragt und es wurde auch in insgesamt 16 Mathematikstunden hospitiert. Hier zeigte sich keine Veränderung in Hinblick auf die Aufgabenstellung, allerdings gaben 13 von 23 Lehrkräfte an, dass sie mit dem Computer komplexere Aufgaben stellen würden. Die anderen zehn Lehrkräfte haben keine Veränderung bei der Aufgabenkomplexität wahrgenommen (vgl. Schaumburg u. a., 2007, S. 81ff). Ein größere Alltagsnähe der Aufgaben bei der Computernutzung oder eine Verlagerung der Sozialformen hin zu mehre kooperativen Unterrichtsformen konnten, wie auch in dieser Studie, nicht beobachtet werden.

Auffällig war, dass beim Computereinsatz die Aufgabenanzahl pro Stunde zurückging (siehe Tabelle 7.12). Gleichzeitig stieg die Bearbeitungsdauer pro Aufgabe an. Die gelösten Aufgaben stiegen aber weder in ihrer Komplexität noch hatten sie eine größere Offenheit. Die Aufgabenschwierigkeit hatte sich insgesamt nicht verändert. Durch den Computereinsatz stieg aber die notwendige Bearbeitungszeit. Im untersuchten Unterricht hatte der Computer zur Folge, dass die Schülerinnen und Schüler mehr Zeit für die Lösung vergleichbarer Aufgaben brauchten. Selbst in den Realschulen, die den Computer im Vergleich zu den anderen Schulformen sehr häufig verwendeten, ist dieser Anstieg noch deutlich messbar. Durch den regelmäßigen Einsatz reduzierte sich aber diese zusätzliche Zeit für die Bedienung des Geräts.

Hierdurch ergeben sich zwei Nachteile des Computereinsatzes: Die Bedienung des Gerätes verbraucht Zeit, die für die Bearbeitung der Aufgaben fehlt. Außerdem ist die Nutzung der Geräte mit hohen Kosten und Zeitaufwand für Wartung und Installation verbunden. Dieser Aufwand kann nur gerechtfertigt werden, wenn sich auch Vorteile für die Nutzung im Unterricht daraus ergeben. Diese Vorteile können sich aber nur einstellen, wenn der Unterricht als Ganzes verändert wird. Durch den Einsatz des Computers alleine erfolgt kein Umdenken im Mathematikunterricht.

8 Computernutzung und mathematische Leistungen

In den letzten Kapiteln wurde der Einsatz von Notebooks im Mathematikunterricht untersucht. Diese Untersuchung hat keinen positiven Einfluss der Computernutzung auf den Unterricht feststellen können. Der Einsatz der Notebooks zeigte kaum Effekte auf die Auswahl der Aufgaben, die im Unterricht gestellt und behandelt wurden. Die Möglichkeiten der verschiedenen Software wurden nicht genutzt, um komplexere Aufgaben zu bearbeiten oder die Lehrerzentrierung aufzuheben. Stattdessen erfolgte nur der Transfer von Aufgaben, die vorher ohne Computereinsatz gelöst wurden, auf den Computer.
In einer zweiten Untersuchung sollten mögliche Einflüsse der Computernutzung auf den individuellen Lernerfolg identifiziert werden. Die Arbeit mit dem Computer und die Auseinandersetzung mit mathematischen Fragestellungen haben viele Gemeinsamkeiten, so erfordert das Programmieren z. B. ein gutes strukturelles Denken und den Umgang mit Algorithmen. Bei Strategiespielen müssen komplexe Situationen entschlüsselt und Problemlösungen entwickelt werden. Diese Fähigkeiten sind auch im Mathematikunterricht von zentraler Bedeutung. Gibt es also Beziehungen zwischen mathematischen Leistungen und der Nutzung des Computers? Um diese Frage zu beantworten, wurde eine zweite Datenerhebung durchgeführt. Hierzu wurde ein Fragebogen entwickelt, der die Nutzung des Computers sowohl in der Schule als auch zu Hause erfasst. Um eine Aussage über die mathematische Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler machen zu können, wurde dieser Fragebogen zusammen mit einem Vergleichstest in fast allen niedersächsische Gesamtschulen verteilt.

8.1 Forschungsfrage

Zur Untersuchung der allgemeinen Frage, ob es eine Korrelation zwischen der Computernutzung und den mathematischen Leistungen gibt, wurden vier Hypothesen aufgestellt.

Hypothesen

1. Die Schülerinnen und Schüler, die in ihrer Freizeit am Computer programmieren[25] schneiden insgesamt im Test besser ab.

Der Umgang mit Algorithmen ist für die Lösung von vielen Mathematikaufgaben von zentraler Bedeutung. Neben der richtigen Ausführung der Algorithmen müssen diese auch auf neue Situationen übertragen werden. Somit ist ein flexibler Umgang sehr wichtig. Beim Programmieren gibt es viele Algorithmen, die für die Arbeit mit einer Programmiersprache notwendig sind. Somit besteht von der grundsätzlichen Tätigkeit her eine große Gemeinsamkeit zwischen dem Programmieren und dem Lösen von Aufgaben. Also haben die Schülerinnen und Schüler, die sich mit Programmieren beschäftigen, Vorteile bei der Bearbeitung von Mathematikaufgaben. Diese Vorteile werden durch eine insgesamt bessere Testleistung deutlich.

2. Schülerinnen und Schüler, die selbst programmieren, lösen Aufgaben aus den Anforderungsbereichen II und III besser als Schülerinnen und Schüler, die nicht programmieren.

Erfolgreiches Programmieren erfordert einen intensiven Umgang mit komplexen Situationen und Problemen. Bestehendes Wissen muss auf neue Problemstellungen übertragen werden und Fragestellungen müssen so modelliert werden, dass sie durch einen Programmcode gelöst werden können. Diese Fähigkeiten im Umgang mit neuen Aufgaben, besonders in den Bereichen des Problemlösens und Modellierens, sind auch bei

[25] Der Begriff „Programmieren“ soll für die Auswertung sehr weit gefasst werden. Hierunter wird nicht nur der Umgang mit Programmiersprachen, sondern auch das Erstellen einer Homepage mit HTML subsumiert. Streng genommen ist HTML keine Programmiersprache. Die Tätigkeiten sind aber sehr ähnlich und sollen für die Auswertung mit berücksichtigt werden.

Mathematikaufgaben sehr wichtig. Die Schülerinnen und Schüler, die sich selbst programmieren, werden Aufgaben aus den Anforderungsbereichen II und III (vgl. S. 70) besser lösen können.

3. Schülerinnen und Schüler, die sich mit Strategie- oder Logikspielen beschäftigen, werden insgesamt bessere Testleistungen erzielen.

Das spielen von Strategie- und Logikspielen erfordert das Aufstellen von komplexen Plänen und diese über einen längeren Zeitraum zu verfolgen und immer wieder den aktuellen Gegebenheiten anzupassen. Es gilt Vorgehensweisen gegeneinander abzuwägen und Niederlagen zu analysieren, um so eine bessere Strategie zu entwickeln. Das logische und kombinatorische Denken, welches hierdurch trainiert wird, ist ein wichtiger Bereich mathematischen Arbeitens und bietet Vorteile bei der Lösung von Mathematikaufgaben.

4. Eine sehr umfangreiche Nutzung des Computers für Spiele und zum Zeitvertreib führt zu schlechteren Schulleistungen.

Die Nutzung des Computers zum Zeitvertreib sorgt dafür, dass die Schülerinnen und Schüler sich nicht auf schulische Belange konzentrieren und dadurch schlechtere Leistungen zeigen. Dieses oder ähnliche Aussagen lassen sich häufig in der Diskussion über die Computernutzung in der Schule und auch Privat finden. „Computer machen dumm“ war der Titel der Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung Ende 2004[26]. Durch die Untersuchung dieser Hypothese sollen die Auswirkungen einer intensiven Computernutzung zum Zeitvertreib auf die mathematischen Testleistungen hinterfragt werden.

In dieser Studie soll ein möglicher Zusammenhang zwischen der Computernutzung und den mathematischen Leistungen der Schülerinnen und Schüler untersucht werden. Es kann allerdings nicht die Kausalität ermittelt werden, ob ein gutes mathematisches Verständnis den Schülerinnen und Schüler einen leichteren Zugang zur Computernutzung ermöglicht und die Schülerinnen und Schüler sich deswegen mehr mit dem Com-

[26] FASZ vom 19.12.2004.

puter beschäftigen oder schult die Beschäftigung mit dem Computer das mathematische Verständnis der Schülerinnen und Schüler und sie bringen deswegen bessere Leistungen.

8.2 Die Daten

Für die Untersuchung der Hypothesen wurde ein Fragebogen zur Computernutzung der Schülerinnen und Schüler entwickelt. In diesem Fragebogen wird sowohl die private Nutzung als auch die Nutzung in der Schule erfasst. Parallel zu diesem Fragebogen wurde von zwei Lehrergruppen ein freiwilliger Vergleichstest für die neunten Klasse erarbeitet. Dieser Vergleichstest sollte die Schülerinnen und Schüler der IGS und KGS in Niedersachsen auf die neuen zentralen Abschlussprüfungen vorbereiten. Im Folgenden wird erst auf den Fragebogen näher eingegangen, und im Anschluss werden der Aufbau und die Ergebnisse des Vergleichstests erörtert.

8.3 Fragebogen zur Computernutzung

In dem zweiseitigen Fragebogen zur Computernutzung (siehe Anhang S. 260) werden verschiedene Nutzungsmöglichkeiten des Computers wie Spielen, das Surfen im Internet, Programmieren und der Besitz einer Homepage erfasst. Hierdurch sind Rückschlüsse auf unterschiedliche Verhaltensweisen der Computernutzung möglich. Um die Intensität der Nutzung zu berücksichtigen, wurden zwei Fragen zum zeitlichen Umfang aufgenommen.

Die Frage zum Programmieren ist relevant um Zusammenhänge zwischen der mathematischen Leistung der Schülerinnen und Schüler und der Nutzung des Computers zu untersuchen. Auch die Frage nach der Erstellung einer Homepage fällt im weitesten Sinne in diesen Bereich. Ähnlich wie beim Programmieren muss hierbei mit komplexen Strukturen gearbeitet werden. Formal gesehen ist die Arbeit mit HTML aber kein Programmieren.

Um die Qualität der Antworten abschätzen zu können und etwas über den Tiefgang der Computerfähigkeiten zu erfahren, wurden zwei Fragen zu Befehlszeilen gestellt.

„=summe(A1:A10)“

„<img src=“Haus.jpg“ border=5>“

Die Schülerinnen und Schüler sollten diese Befehle erklären. Der Erste ist einer der Grundlagenformeln in jeder Tabellenkalkulationssoftware. Der zweite Befehl ist ein Befehl zum Einbinden eines Bildes in HTML. Bei elementaren Kenntnissen im Umgang mit diesen Programmen oder im Programmieren sollten die Codezeilen einfach zu erklären sein. Diese Befehlszeilen wurden bewusst nicht aus einer „richtigen“ Programmiersprache ausgewählt, da zu erwarten ist, dass die Schülerinnen und Schüler eher mit diesen Programmen in Kontakt gekommen sind. Außerdem sollten Schülerinnen und Schüler, die mit anderen Programmiersprachen arbeiten, auch in der Lage sein, ihr Wissen auf diese Bereiche zu übertragen und die obigen Zeilen zumindest grob interpretieren zu können. Bei beiden Fragen wurde ein offenes Antwortformat gewählt. Die Schülerinnen und Schüler sollten nicht durch vorgegebene Antwortmöglichkeiten beeinflusst werden. Zudem wurden Fragen zur Nutzung des Computers in der Schule und im Mathematikunterricht aufgenommen. Diese Fragen ermöglichen eine Unterscheidung von Klassen bezüglich der Intensität des Einsatzes des Computers.

Es wurde auch eine Frage angelehnt an die PISA 2000 Studie (Baumert u. a., 2004) gestellt. In dieser Studie wurde eine hohe Korrelation zwischen der Motivation zu Lesen und dem sozialen Status des Elternhauses nachgewiesen. Die Erhebung der Bücheranzahl lässt Rückschlüsse auf die soziale Stellung der Schülerinnen und Schüler zu. Die soziale Stellung beeinflusst in Deutschland immer noch sehr stark den Erfolg in der Schule (vgl. Baumert u. a., 2006a, S.16ff). Durch diese Frage können eventuell auftretende Diskrepanzen in den Testergebnissen erklärt werden.

Probleme bei der Konzeption des Untersuchung

Bei der Konzeption dieser Untersuchung mussten einige Entscheidungen getroffen werden, die direkte Auswirkungen auf die zu erwartenden Ergebnisse hatten. Es sollte ein möglichst großer Rücklauf erreicht werden. Deswegen wurde der Fragebogen auf zwei Seiten beschränkt. Durch diese Beschränkung konnten nicht alle Bereiche so detailliert wie wünschenswert erhoben werden. Außerdem sollten bei den Fragen die Schülerinnen und Schüler ihre Computernutzung einschätzen. Diese Einschätzung besonders zum Umfang der Nutzung ist schwierig, weil der Computer über den Tag verteilt immer wieder verwendet wird und häufig auch verschiedene Nutzungsbereiche kombiniert werden. So ist das Surfen im Internet und das gleichzeitige Chatten keine Seltenheit. Deswegen wurde darauf verzichtet, für jede Tätigkeit eine eigene zeitliche Einschätzung vorzunehmen.

Die reine Einschätzung in einer „Ja-Nein-Frage", ob man programmieren kann, ist relativ oberflächlich. Hier könnten die Kenntnisse der einzelnen Antworten sehr divergieren. Da besonders auf den Bereich der Kenntnisse im Programmieren in der Auswertung Bezug genommen werden soll, wurden hierzu zwei Fragen zur Überprüfung von einfachen Fertigkeiten aufgenommen.

Des Weiteren wurden verschiedene Tests von den Schülerinnen und Schüler geschrieben. Aufgaben konnten nur über die abgefragten Kompetenzen durch die entwickelte Klassifikation verglichen werden konnten. Eine Untersuchung, ob die unterschiedliche Tests den gleichen Schwierigkeitsgrad haben und wie gut die einzelnen Aufgaben die jeweiligen Kompetenzen abtesten, war nicht möglich. Die Tests selbst wurden von Lehrergruppen entwickelt, sodass auf die Entwicklung nur einen sehr geringen Einfluss genommen werden konnte.

Diese Schwierigkeiten müssen natürlich bei der Bewertung der Rückmeldungen berücksichtigt werden. Deswegen werden die einzelnen Items nicht auf alle Feinheiten hin analysiert, sondern es wird versucht Tendenzen aufzuzeigen.

8.4 Vergleichstests und Schülerbefragung in den Gesamtschulen

Zur Vorbereitung auf die zentralen Abschlussprüfungen wurden 2006 in den E-Kursen (Erweiterungskursen) der Integrierten Gesamtschulen (IGS) und den Realschul- und Gymnasialzweigen der Kooperativen Gesamtschulen (KGS) Vergleichsarbeiten in der neunten Klassenstufe geschrieben. Die Teilnahme an diesen Arbeiten erfolgte auf freiwilliger Basis. Es haben 14 IGS und 23 KGS teilgenommen. Aufgrund der verschiedenen Lehrpläne wurden für die IGS, KGS Realschulzweig (KGS R) und KGS Gymnasialzweig (KGS G) unterschiedliche Tests konzipiert. Die Konzeption der Tests erfolgte durch zwei Lehrergruppen. Die Themengebiete der Tests sind in der Tabelle 8.1 aufgeführt. Auch bei Übereinstimmung der Themen wurden nicht die gleichen Aufgaben gestellt.[27] In den Schulen wurden aufgrund unterschiedlicher Stoffverteilungspläne die jeweiligen Inhalte eines Jahrgangs in unterschiedlicher Reihenfolge unterrichtet. Um diesen Gegebenheiten Rechnung zu tragen wurde in jedem Test ein Themenbereich mehr angeboten, als von den Schülerinnen und Schüler zu bearbeiten war. Somit mussten die Schülerinnen und der Schüler der IGS vier Themengebiete und die der KGS drei Themengebiete bearbeiten.

IGS	**KGS G**	**KGS R**
Pythagoras	Pythagoras und Trigonometrie	Pythagoras
Lineare Funktionen	Quadratische Funktionen	Gleichungssysteme
Kreisberechnungen		Kreisberechnungen
Ähnlichkeit	Ähnlichkeit	Ähnlichkeit
Statistik	Wahrscheinlichkeit	

Tabelle 8.1: Themengebiete der drei Tests

[27] Die drei Tests können in der Anlage ab S. 264 eingesehen werden.

8.4.1 Bearbeitung der Daten

Die Tests waren in Form einer Klassenarbeit konzipiert. Die Schülerinnen und Schüler hatten 130 Minuten Zeit, die Aufgaben zu bearbeiten. Es gab bei den einzelnen Teilaufgaben eine unterschiedliche Anzahl an Punkten. Die Lehrkräfte hatten Korrekturhinweise bekommen und mussten die Tests selbst korrigieren und bepunkten. Die Punktverteilung orientierte sich an der Schwierigkeit und den Teilschritten, die zur Lösung der Aufgabe notwendig waren. Aufgrund der großen Anzahl von Korrektoren kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Punktevergaben der einzelnen Aufgaben immer übereinstimmen. Jede Lehrkraft legt auf unterschiedliche Dinge mehr Wert, dadurch kommt es auch zu einer unterschiedlichen Vergabe von Teilpunkten. Um die Reliabilität zur erhöhen, wurden deswegen die zurückgemeldeten Ergebnisse in der folgenden Weise bearbeitet.

Für eine statistische Auswertung einer großen Untersuchung ist es vorteilhaft, einen dichotomisierten Ausfall zu haben. Eine Möglichkeit dieses zu erreichen wäre, nur die komplett richtigen Lösungen mit „1“ und alle anderen mit „0“ zu kodieren. Dieses Vorgehen hätte allerdings zur Folge, dass kleine Fehler sich sehr stark auswirken. Deswegen sollen bereits die Lösungen, bei denen ersichtlich ist, dass die Aufgabe verstanden wurde und nur kleinere Fehler gemacht wurden, mit „1“ klassifiziert werden. Hierzu wurden die einzelnen Aufgaben analysiert und bewertet, bei welcher Punktzahl von einem richtigen Verständnis der Aufgabe ausgegangen werden kann. Kleinere Fehler sollten hierbei zulässig sein, da Ungenauigkeiten beim Zeichnen oder kleinere Rechenfehler nicht zu stark berücksichtigt werden sollten. Bei der Analyse der Aufgaben hat sich herausgestellt, dass das Erreichen von 80 % der Punkte auf eine weitgehend richtige Lösung hindeutet. Aus diesem Grund wurden in einem zweiten Schritt bei allen Aufgaben 80 % der Punkte als Grenze zur „1“ gewertet. Hierdurch sollten eventuell individuell begründete Ungenauigkeiten bei der ersten Bewertung der Aufgaben entgegengewirkt werden und eine bessere Reliabilität in der Auswertung erreicht werden. Alle Lösungen, die weniger als 80 % der Punkte hatten wurden mit „0“ für „nicht richtig gelöst“ kodiert. Es ist nicht möglich, ohne die einzelnen Rechnungen zu analysieren, zu entscheiden, ob nur kleinere Fehler vorliegen, oder ob die Aufgabe nicht verstanden worden ist. Es sind also nicht nur falsche Lösungen in diesem Bereich, sondern auch Lösungen, die nicht eindeutig klassifiziert werden können. Auf die gleiche Weise wurde mit der erreichten Gesamtpunktzahl verfahren. In Schulnoten entspricht der Bereich von 80 % bis 100 % einer 1 oder 2. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Schülerinnen und Schüler die mit „1“ kodiert wurden, ein gutes mathematisches Wissen in den getesten Inhalten haben.

8.5 Auswertung

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der Auswertung des Fragebogens vorgestellt werden.

Insgesamt wurden 2149 Fragebögen ausgefüllt, 1170 von Schülerinnen und 979 von Schülern. Alle Beteiligten waren in der neunten Klassenstufe. Dieses spiegelt sich auch in der Altersstruktur wieder. Die meisten Schülerinnen und Schüler waren 15 oder 16 Jahre alt (15 Jahre: 1608; 16 Jahre: 354). In den IGS waren auch ein 13-jähriger und ein 18-jähriger Schüler vertreten. Insgesamt gaben nur 1 % der Schülerinnen und Schüler an, keinen Computer nutzen zu können. Somit ist die Verbreitung des Computers insgesamt als sehr groß zu bezeichnen. Bei der Auswertung wurden große geschlechterspezifische Unterschiede in der Nutzung des Computers festgestellt. Deswegen wird auch bei der Darstellung und Auswertung der Ergebnisse zwischen den Geschlechtern unterschieden.

Den größten Rücklauf an Fragebögen ab es mit über 70 % in den Realschulzweigen der KGS. Der Gymnasialzweig hatte einen Rücklauf von immerhin noch 63 %. Bei den IGS war der Rücklauf bedeutend geringer mit knapp 45 %.

Wie im Punkt 8.4.1 beschrieben, wurden die Testergebnisse in zwei Gruppen eingeteilt. Alle Schülerinnen und Schüler mit mindestens 80 % der Punkte, die also im Test ein gutes mathematisches Verständnis gezeigt hatten, sollen im Folgenden mit den Schülerinnen und Schüler, die unter 80 % der Punkte erreicht hatten, verglichen werden.

Tests	IGS	KGS G	KGS R	Insgesamt
Rücklaufe	1039	867	1572	3478
Schulen/Zweige	14	15	21	50
Klassen/Kurse	51	36	72	159

Fragebögen + Tests	IGS	KGS G	KGS R	Insgesamt
Rückläufe	466	551	1132	2149
Schulen/Zweige	8	12	17	37
Klassen/Kurse	28	26	47	101

Tabelle 8.2: Rückläufe Tests und Fragebögen

In der Tabelle 8.3 wurde diese Aufteilung für alle Testergebnisse aufgeschlüsselt. Über 80 % der Punkte haben in der IGS insgesamt 7,60 % und in den KGS Zweigen fast 10 % der Schülerinnen und Schüler erreicht. Dabei wurden nur die Tests ausgewertet, von denen auch ein ausgefüllter Fragebogen vorliegt. Mit dieser Teilgruppe wurden alle weiteren Auswertung vorgenommen. In diesem Datensatz war der Unterschied zwischen der IGS und den KGS Zweigen noch größer als in der gesamten Gruppe.

Tests Insgesamt	IGS	KGS G	KGS R
mind. 80 % der Punkte	7,60 %	9,80 %	9,92 %
Restgruppe	92,40 %	90,20 %	90,08 %

Tests+Fragebogen	IGS	KGS G	KGS R
mind. 80 % der Punkte	6,65 %	10,53 %	11,10 %
Restgruppe	93,35 %	89,47 %	88,90 %

Tabelle 8.3: Ausfälle Test

Um diesen Unterschied der Testergebnisse zu erklären, wurden die Aufgaben in die Aufgabenklassifikation (siehe Kapitel 5) eingeteilt. Dadurch wurde deutlich, dass sowohl im IGS- als auch im KGS G-Zweig-Test ca. 60 % der Aufgaben und Punkte aus dem Anforderungsbereich II und III kamen. Der KGS R-Zweig-Test hatte nur ca. 40 % aus diesen Bereichen. In den E-Kursen der IGS sind Schülerinnen und Schüler zusammengefasst, die in den KGS auf die R- und G-Zweige aufgeteilt werden. Da der Test der IGS von den Anforderungsbereichen her vergleichbar mit dem KGS G-Zweig-Test war, ist verständlich, dass der Ausfall des IGS Test schlechter ist.

In wieweit diese Ergebnisse für die gesamte Schülerschaft der KGS und IGS gelten, ist dagegen nur schwer abzuschätzen. Insgesamt lagen Daten von etwa der Hälfte der damals ca. 60 Gesamtschulen in Niedersachsen vor. Die Rückläufe umfassen sowohl Schulen mit einem eher städtischen und Schulen mit einem eher ländlichen Umfeld. Die Verteilung der Schulen, aus denen die Fragebögen und Test verlagen, bildete die Verteilung der Gesamtschulen insgesamt gut ab.

Im Folgenden beziehen sich die Auswertungen immer nur auf die Schülerinnen und Schüler, von denen sowohl die Tests als auch die Fragebögen vorlagen.

Umfang der Computernutzung pro Woche

Die Schüler aller befragten Schulformen nutzen den Computer in einem signifikant stärkeren Maße[28] als die Schülerinnen (vgl. Abb. 8.1). Dagegen sind die Unterschiede zwischen den Schulformen nicht so groß. Im KGS Gymnasialzweig ist der Anteil der mittleren Nutzungsdauer (5 - 20 Unterrichtsstunden in der Woche) höher als in den anderen beiden Schulformen. Dafür sind die beiden Extrembereiche nicht so stark ausgebildet. Auffällig ist, dass über $\frac{1}{3}$ der Schülerinnen und Schüler durchschnittlich mehr als drei Stunden am Tag am Computer sitzen.

[28] Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.

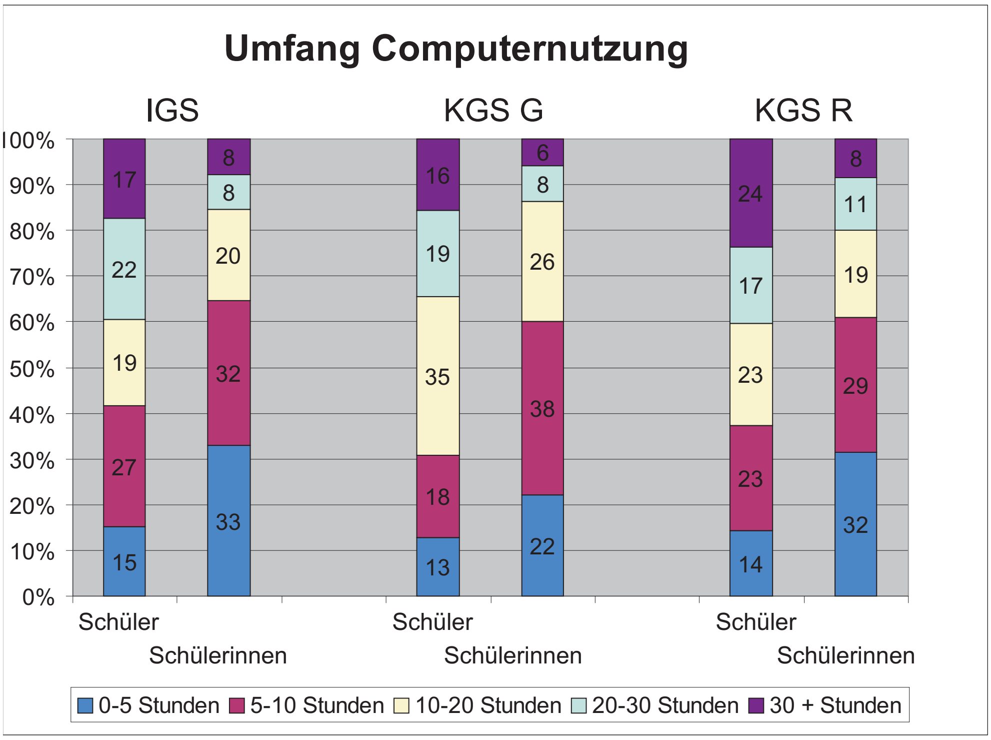


Abbildung 8.1: Umfang der Computernutzung in Prozent nach Schulformen und Geschlechtern

Computerspiele

Beim Spielverhalten gab es kaum Unterschiede zwischen den Schulformen, allerdings große Unterschiede zwischen den Geschlechtern. In der Abbildung 8.2 wurden die Antworten zu den verwendeten Computerspielen zwischen Schülerinnen und Schüler aufgeteilt. Deutliche Unterschiede[29] gab es bei der Nutzung von „Ego Shootern“ und „Strategiespielen“. Beide Spielarten wurden mit über 60 % bei den Schülern sehr häufig gespielt. Nur 5 % der Schülerinnen spielten „Ego Shooter“ und 27 % „Strategiespiele“. Viele Schülerinnen (50 % im Vergleich zu 9 % der Schüler) nutzten den Rechner überhaupt nicht für Spiele.

[29] Signfikant nach χ^2 mit p < 0,001.

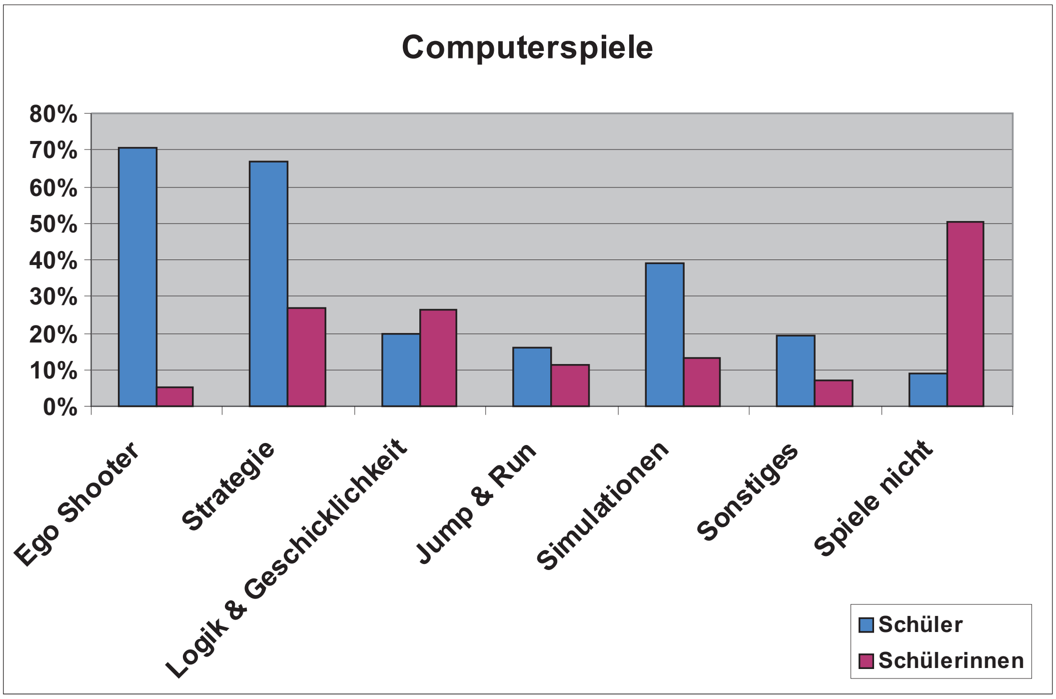


Abbildung 8.2: Computerspiele

Internetnutzung

Bei der Internetnutzung zeigte sich ein differenzierteres Bild. In der IGS und KGS R nutzten signifikant[30] mehr Schülerinnen das Internet für Emails, Kommunikation und zur Informationssuche für die Schule als Schüler. In der KGS G sind es prozentual immer noch mehr Schülerinnen, der Unterschied ist allerdings nicht mehr so groß. In allen Schulformen ist eine signifikant[31] höhere Nutzung der Schüler in den Bereichen „Downloaden" und „Onlinespiele" zu beobachten. 6,7 % aller Befragten Schülerinnen und Schüler hatten keinen Internetzugang. In einer Befragung im Rahmen des Hamburger Netbooksrojekts (Vallendor und Gottwald, 2010) gaben auch 7 % der Schülerinnen und Schüler an, zu Hause keinen Zugang zum Internet zu haben.

[30]Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.
[31]Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.

	IGS		KGS G		KGS R	
	Schüler	Schülerinnen	Schüler	Schülerinnen	Schüler	Schülerinnen
Email, Chatten, Kommunikation	79 %	90 %	86 %	92 %	79 %	86 %
Informationen für die Schule	66 %	81 %	82 %	85 %	65 %	83 %
Downloaden	63 %	35 %	68 %	38 %	62 %	38 %
Onlinespiele	56 %	13 %	50 %	15 %	51 %	17 %
Sonstiges	4 %	3 %	2 %	1 %	3 %	2 %
Nutze das Internet nicht	2 %	0 %	1 %	0 %	1 %	0 %
Habe keinen Internetzugang	7 %	6 %	5 %	3 %	9 %	8 %

Tabelle 8.4: Internetnutzung in Prozent aufgeteilt nach Schülerinnen und Schüler und Schulformen

Programmieren

Von den 2122 Schülern, die die Frage nach ihrem Programmierverhalten beantwortet haben, gaben 385 Schülerinnen und Schüler an zu programmieren. In allen Schulformen ist der Anteil der Schüler signifikant[32] höher als der der Schülerinnen. Im Durchschnitt gaben 26 % der befragten Schüler an zu programmieren. Dagegen waren es bei den Schülerinnen nur 11 %. Am beliebtesten war die Programmiersprache „Java". Besonders beliebt ist diese Sprache bei den Schülerinnen. Über 70 % der Schülerinnen, die programmieren, nutzen diese Sprache. Bei den Schülern lag der Anteil bei ca. 50 %. Sehr weit verbreitet war auch die Nutzung von „php". Andere Programmiersprachen wie „C++",

[32] Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.

„Logo“, „Turbo Pascal“ oder „Delphi“ wurden nur selten verwendet. Es gab keine besonderen Häufungen in einzelnen Klassen oder Schulen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass in den Schulen Programmiersprachen bisher nicht unterrichtet wurden oder nur in sehr kleinen klassenübergreifenden Gruppen.

Homepage

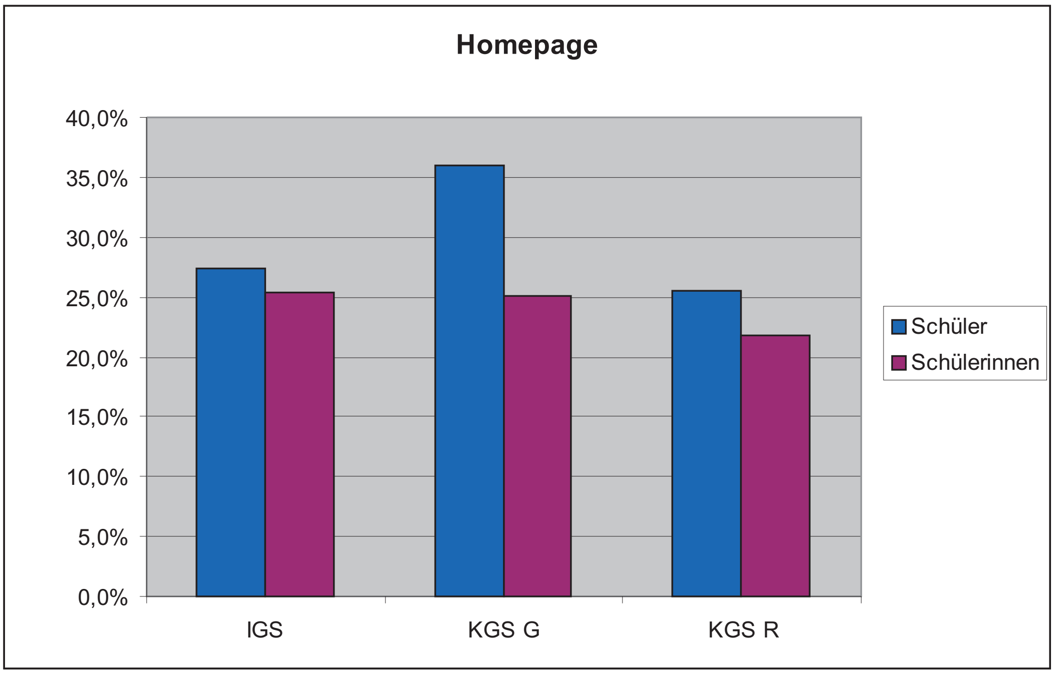


Abbildung 8.3: Eigene Internetpräsenz

Der Besitz einer eigenen Internetpräsenz war im Unterschied zum Programmieren bei Schülerinnen und Schülern in etwa gleich ausgeprägt. Auch zwischen den Schulformen war kein wesentlicher Unterschied feststellbar. Auffällig war nur der größere Anteil von Schülern aus dem KGS G-Zweig, der eine Homepage besaß. Die meisten Seiten wurden durch eine Onlinehilfe oder mithilfe eines HTML-Texteditors erstellt. Viele Onlinehilfen bieten nur einen sehr eingeschränkten Gestaltungsspielraum. Internetseiten wie z. B. SchülerVZ oder Facebook ermöglichen eine sehr einfache Erstellung einer Internetpräsenz. Anders als bei den Texteditoren müssen für diese Erstellung keine besonderen

Kenntnisse vorhanden sein. Somit wurden für die weitere Auswertung nur die Schülerinnen und Schüler berücksichtigt, die die Seite nicht online erstellt haben. Besonders Schülerinnen haben überwiegend mit einer Onlineprogrammierhilfe gearbeitet.

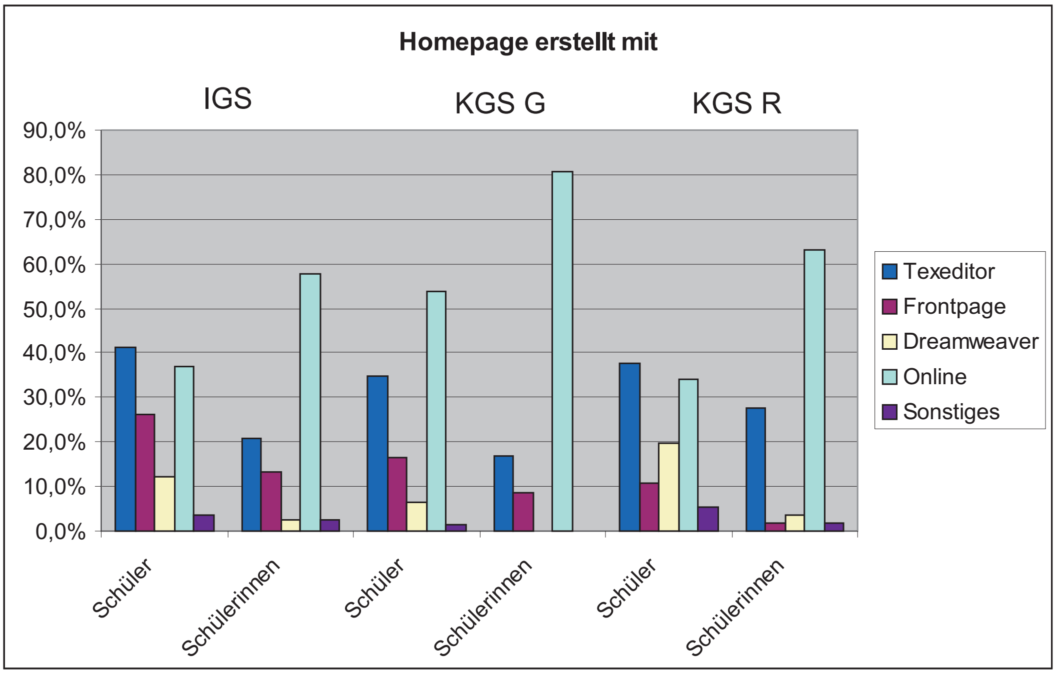


Abbildung 8.4: Homepage erstellt mit ...

Tabellenkalkulation und Internet Fragen

Neben den Angaben zur Computernutzung sollten die Schülerinnen und Schüler zwei Formeln bzw. Befehlszeilen erklären. „=summe(A1:A10)“ ist eine Formel für ein Tabellendokument. Mithilfe dieser Formel werden alle Werte in den Zellen A1 bis einschließlich A10 addiert. Dieser Befehl gehört zu den Bedienungsgrundlagen von Tabellenkalkulationsprogrammen (TKP). Die Internetbefehlszeile lautete: „<img scr=“Haus.jpg“ border=5>“. Mit diesem HTML Quellcode wird eine jpg-Bilddatei mit dem Namen „Haus“ mit einem Rand der Größe 5 eingebunden.

In einer ersten Kodierung wurden die Antworten der Schülerinnen und Schüler zwischen „keine Antwort“, „Versuch aber falsch“, „Teilrichtig“ und „richtig“ kodiert. Hierbei wurde „Teilrichtig“ für die TKP-Frage als eine unvollständige Beschreibung der Formel gewertet. Möglich Antworten waren hier: „Es wird die Summe gebildet“ oder „es werden Zahlen addiert“. Für die Internetfrage bedeutete teilrichtig, dass z. B. nur geschrieben wurde, dass ein Bild dargestellt wird.

Für die anschließende Auswertung wurden teilrichtig und richtig zusammengefasst, da auch bei den teilrichtigen Antworten davon auszugehen ist, dass die Schülerinnen und Schüler prinzipiell wissen, was mit diesem Befehl erreicht wird.

Die TKP-Frage wurde mit ca. 8 % von sehr wenigen IGS Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet. Die Lösungshäufigkeiten in den KGS waren dagegen bedeutend höher. Im Gymnasialzweig haben 30 % der Schüler und 18,7 % der Schülerinnen die Frage beantworten können. In den Realschulzweigen waren es immerhin noch 15 % der Schüler und 10 % der Schülerinnen. In beiden KGS Zweigen haben die Schüler die Frage signifikant[33] besser beantworten können als die Schülerinnen.

Die Internetfrage konnten 51 % der Schüler und 32 % der Schülerinnen der KGS G richtig beantworten. Im KGS R-Zweig waren es nur noch 31 % und 16 %. Auch hier hat die IGS mit 15 % und 9 % die geringste Lösungshäufikeit. Bei der Internetfrage haben in allen Schulformen die Schüler die Frage signifikant[34] besser beantworten können als die Schülerinnen.

Eine Erklärung der großen Abweichungen ist durch die Daten nicht möglich. In allen Schulformen hat ein größerer Anteil der Schülerinnen und Schüler, die angegeben haben, dass sie eine Homepage mit einem Texteditor erstellt haben, die Internetfrage gelöst. Da die Schülerinnen und Schüler der drei Schulformen ungefähr vergleichbare Angaben zur Arbeit mit einem Texteditor gemacht haben, lässt dieses allerdings keine Rückschlüsse auf das unterschiedliche Abschneiden zu.

Schülerinnen und Schüler, die angegeben haben, dass sie programmieren, hatten bei beiden Fragen keine höhere Lösungshäufigkeit. Dass der Umgang mit einem Texteditor bei der Internetfrage Vorteile mit sich bringt, war zu erwarten. Dass allerdings das Programmieren keine Vorteile bei der Beantwortung der Fragen ergibt, überrascht et-

[33] Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.
[34] Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.

was. Anscheinend ist es den Schülerinnen und Schülern nicht möglich, ihre Kenntnisse in einzelnen Programmen auf einen anderen Befehlscode zu übertragen. Sollte sich diese Einschätzung als richtig herausstellen, dürften sich auch keine Vorteile beim mathematischen Test ergeben, da hierfür auch ein Transfer von Wissen in verschiedene Bereiche erforderlich ist.

Computernutzung Unterricht

Der Computer wurde im Unterricht von einem Großteil der Schülerinnen und Schüler verwendet. In der IGS gaben 40 % der Schülerinnen und Schüler an den Computer wöchentlich in der Schule zu benutzen. Etwa die gleiche Anzahl setzte ihn monatlich im Unterricht ein. In den KGS G-Zweigen war die Computernutzung etwas geringer. Hier gaben fast 70 % der Schülerinnen und Schüler an, den Computer mindestens monatlich zu verwenden. Die KGS R-Zweige nutzten den Computer nur noch zu 56 % mindestens monatlich im Unterricht. Den Computer nie im Unterricht zu verwenden gaben 14,6 % im KGS R-Zweig, 7,7 % im KGS G-Zweig und 5,4 % in der IGS an. Die Angaben innerhalb einer Klasse waren allerdings sehr widersprüchlich. Dieses könnte an AGs und Kursen liegen, da hier nicht alle Schülerinnen und Schüler einer Klasse gemeinsam unterrichtet wurden.

Diese Ergebnisse zur Computernutzung lagen unterhalb der Ergebnisse der PISA 2000 Studie. Hier gaben 39 % der Schülerinnen und Schüler an, den Computer „Mehrmals pro Woche“ zu nutzen, 49 % „Manchmal“ und 12 % „Niemals oder sehr selten“ (Fuchs und Wößmann, 2005). Der Umfang der Computernutzung ist also in den sechs Jahren zwischen den beiden Befragungen leicht zurück gegangen.

Der Computereinsatz im Mathematikunterricht nahm nur eine untergeordnete Rolle ein. Regelmäßig wurde er eigentlich nur in den KGS G-Zweigen eingesetzt. Bei einem mindestens monatlichen Einsatz lag hier der Anteil bei 30 %. In den IGS und KGS R-Zweigen war die Verwendung eher sporadisch. Hier lag der Anteil für eine mindestens monatliche Nutzung bei ca. 5 %. Diese Daten decken sich mit Ergebnissen anderer Untersuchungen (vgl. Schaumburg und Issing, 2002; Tenberg und Steiger, 2004; Tenberg u. a., 2006), in denen auch ein sehr geringer Einsatz des Computers im Mathematikunterricht festgestellt wurde.

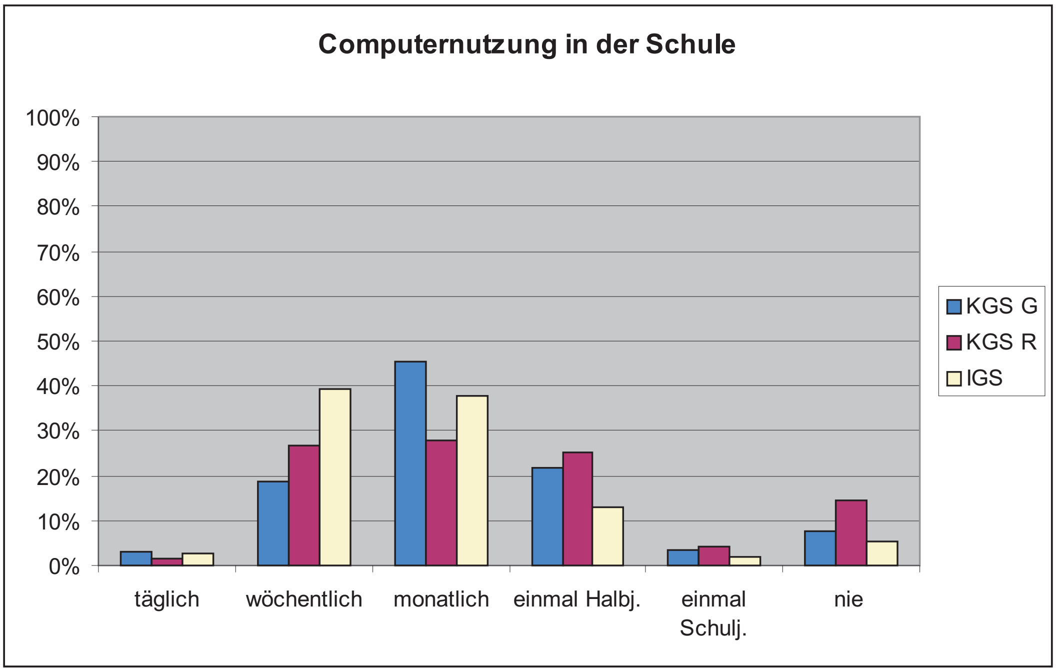


Abbildung 8.5: Computernutzung in der **Schule**

Dementsprechend sind die Daten zu den im Mathematikunterricht verwendeten Programmen für den IGS und KGS R-Zweig nicht aussagekräftig. Deswegen wurde für diese beiden Gruppen auf eine Aufschlüsselung der verwendeten Programme verzichtet. Im KGS G-Zweig gaben über 50 % der Schülerinnen und Schüler Dynamische Geometrie Software im Unterricht zu verwenden. Der Einsatz von Tabellenkalkulationssoftware im Unterricht lag bei über 40 %. Allerdings hat der Einsatz von Tabellenkalkulationssoftware nicht zu einem besserem Ergebnis bei der Lösung der Excelfrage (siehe S. 168) geführt. Das spricht dafür, dass der Einsatz dieser Software insgesamt im Unterricht nur sehr selten erfolgte und wenig mit Befehlen gearbeitet wurde. Der Einsatz des Internets, von Lernsoftware und Computer Algebra Systemen ist mit jeweils 9 % dagegen gering. Diese Werte sind über die befragte Klassenstufe zu erklären. In den unteren Jahrgängen werden Computer Algebra Systeme aufgrund der Inhalte noch relativ selten im Unterricht verwendet. Der Einsatzes dieser Programme dürfte besonders in der Oberstufe des

Gymnasiums deutlich größer sein.

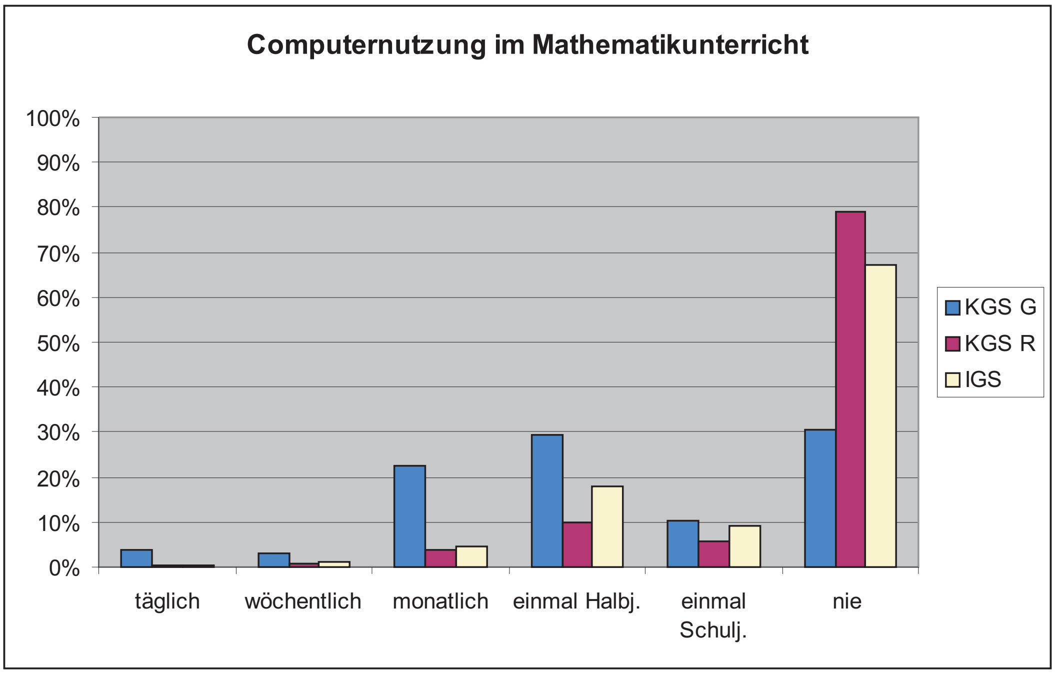


Abbildung 8.6: Computernutzung im **Mathematikunterricht**

Lernsoftware

Von den befragten Schülerinnen und Schülern nutzten unter 10 % Lernsoftware für den Mathematikunterricht. In der KGS G war der Anteil mit 13,8 % höher als in der KGS R mit 8,1 % und der IGS mit 6,9 %. Das Abschneiden im Test und die Verwendungen von Lernsoftware wies keine signifikate Korrelation auf. Somit kann an dieser Stelle weder ein positiver noch ein negativer Nutzen der Lernsoftware für das Abscheiden im Test festgestellt werden.

Bücher

Die Frage nach dem Besitz von Büchern lehnt sich an die PISA-Frage (vgl. Baumert u. a., 2004, S. 67ff), „wie viele Bücher besitzen deine Eltern". Laut PISA lässt die Antwort einen Rückschluss auf das soziale Umfeld zu.

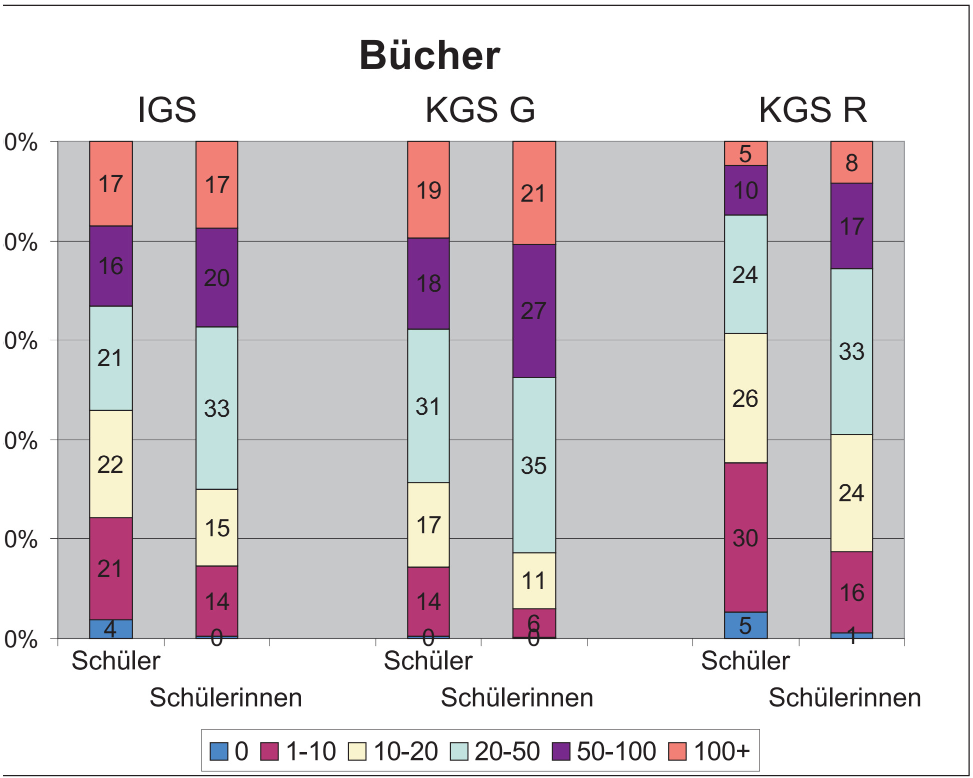


Abbildung 8.7: Bücherbesitz

Keine Bücher zu besitzen gaben insgesamt nur 45 der 2111 Schülerinnen und Schüler (siehe Tabelle 8.7) an, die diese Frage beantwortet haben. Dieses waren fast ausschließlich Schüler der IGS (3,7 %) und des KGS R-Zweigs (5,4 %). In der IGS verteilten sich die Antworten der Schüler relativ gleichmäßig auf die übrigen Bereiche. Bei den IGS Schülerinnen überwog der Bereich von 20-50 Büchern. Die Bereiche von 1-10 und 10-20 Büchern waren mit 14 % bzw. 15 % etwas schwächer ausgeprägt als die oberen Bereiche mit 20 % und 17 %. Die IGS Schülerinnen besaßen tendenziell mehr Bücher als die Schüler. In dem KGS G-Zweig ist der Unterschied zwischen den Geschlechtern nicht ganz so groß. Wobei hier 31 % der Schüler angaben, weniger als 20 Bücher und 37 % mehr als 50 Bücher zu besitzen . Bei den Schülerinnen waren es 17 % im Bereich bis 20 Bücher und 48 % im Bereich über 50 Bücher. Der mittlere Bereich von 20-50 Büchern war bei beiden Geschlechtern ungefähr gleich vertreten.

Im KGS R-Zweig hatten die Schülerinnen signifikant[35] mehr Bücher als die Schüler. Bei den Schülern hatten 61 % weniger als 20 Bücher. Während 58 % der Schülerinnen mehr als 20 Bücher besaßen.

In allen drei Gruppen hatten die Schülerinnen deutlich mehr Bücher als die Schüler. Außerdem gab es zwischen den Schulformen einige Unterschiede. So sind 50 und mehr Bücher häufiger in dem KGS G-Zweig zu finden als im KGS R-Zweig. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Schülerinnen und Schüler im Gymnasialzweig und der IGS mehr lesen als im Realschulzweig.

8.5.1 Untersuchung der Hypothesen

Im Test hatten insgesamt ca. 10 % der Schülerinnen und Schüler mehr als 80 % der Punkte erreicht - wobei der IGS Test mit nur 6,64 % deutlich schlechter ausgefallen war als die beiden KGS-Tests.[36] Da in den drei Tests komplett unterschiedliche Aufgaben gestellt wurden, lassen allerdings die Gesamtergebnisse nur bedingt Vergleiche zwischen den Schulformen zu. Durch die Analyse der Anforderungsbereiche der Aufgaben wurde deutlich, dass der IGS-Test eine vergleichbare Schwierigkeit wie der KGS G-Zweig Test hatte. Aufgrund der unterschiedlichen Schülerzusammensetzung lassen sich diese Unterschiede im Gesamtergebnis erklären.

Bei einem Geschlechtervergleich gibt es besonders in den KGS deutliche Unterschiede. In diesen Tests haben die Schülerinnen signifikant[37] schlechtere Ergebnisse gezeigt als die Schüler. Die Auswertung des Fragebogens hatte bereits große Geschlechterunterschiede bei der Computernutzung ergeben, sodass bei der Untersuchung der Hypothesen eine geschlechterspezifische Auswertung vorgenommen wurde.

[35] Signifikant nach χ^2 mit df 5 63,971 $p < 0{,}001$.

[36] Im KGS G-Zweig konnten 10,55 % und im KGS R-Zweig 11,10 % der Schülerinnen und Schüler mit 1 kodiert werden.

[37] Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}05$.

KGS G-Zweig	< 80 %	≥ 80 %
Schüler	189	31
Schülerinnen	304	27

KGS R-Zweig	< 80 %	≥ 80 %
Schüler	458	69
Schülerinnen	527	54

IGS	< 80 %	≥ 80 %
Schüler	201	18
Schülerinnen	234	13

Tabelle 8.5: Ausfälle der Tests

Hypothese 1: Die Schülerinnen und Schüler, die in ihrer Freizeit am Computer programmieren schneiden insgesamt im Test besser ab.

Bei der Auswertung kam es zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. So haben die Schüler, die im KGS G-Zweig angegeben haben, dass sie programmieren, deutlich[38] besser abgeschnitten als ihre Mitschüler, die nicht programmieren. Im KGS R-Zweig waren die Schüler, die programmieren, im Vergleich deutlich[39] schlechter und in den IGS gab es keine messbaren Unterschiede, ob die Schüler programmiert haben oder nicht.

Aus den Ergebnissen lässt sich somit keine klare Aussage ableiten, ob das Programmieren Vorteile beim Abschneiden in mathematischen Tests bringt. Entweder die Schüler im KGS G-Zweig programmieren auf einem höheren Niveau und sind deswegen imstande, ihr Wissen auch in mathematische Leistungen umzusetzen, oder der KGS G-Zweig Test sprach aus nicht näher bestimmbaren Gründen diese Schülerschaft besser an als die anderen beiden Test. Diese beiden Erklärungsansätze lassen sich allerdings durch die Datenanalyse nicht weiter vertiefen.

Durch die Überprüfung der Daten lässt sich die Hypothese nicht eindeutig bestätigen. Es konnte zwar für eine Gruppe eine positiver Zusammenhang zwischen der Testleistung und dem Programmieren ermittelt werden, diese Tendenz war allerdings bei den anderen beiden Gruppen nicht gegeben. Hier ist es wahrscheinlicher, dass andere Faktoren zu

[38] Signifikant nach χ^2 mit p $<$ 0,01.
[39] Signifikant nach χ^2 mit p $<$ 0,01.

dieser positiven Korrelation geführt haben, die durch diesen Art der Untersuchung nicht mit erhoben werden konnten.[40]

Hypothese 2: Schülerinnen und Schüler, die selbst programmieren, lösen Aufgaben aus den Anforderungsbereichen II und III besser als Schülerinnen und Schüler, die nicht programmieren.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden die Testaufgaben mithilfe der Aufgabenklassifikation (siehe Kapitel 5) eingestuft. Für die Auswertung wurden nur die Aufgaben ausgewählt, in denen mindestens eine prozessbezogene Kompetenz im Anforderungsbereich II lag. Dieses waren im IGS und KGS G Test ca. 60 % der Aufgaben und im KGS R Test ca. 40 %. Anschießend wurde die Nutzung des Computers der Schülerinnen und Schüler, die bei diesen Aufgaben mehr als 80 % der Punkte erreicht haben, mit der Nutzung des Computers der Schülerinnen und Schüler verglichen, die weniger als 80 % der Punkte erreicht haben. Es wurden also das Nutzungsverhalten der Schülerinnen und Schüler mit einen guten Testleistung, die komplexere Aufgaben lösen könnten, mit dem Nutzungsverhalten der restlichen Schülerinnen und Schüler verglichen. Im IGS-Test haben 17 von 219 Jungen und 14 von 247 Mädchen bei diesen Aufgaben mehr als 80 % der Punkte erreicht. Beim KGS G-Test waren es 14 von 220 Jungen und 19 von 331 Mädchen und beim KGS R-Test 22 von 527 Jungen und 26 von 581 Mädchen.

Bei der Auswertung wurde deutlich, dass die Computernutzung der Schülerinnen und Schüler keine Auswirkungen auf die Testleistungen hat. Nur die Schülerinnen und Schüler der KGS G, die die Excel Frage richtig gelöst haben, haben auch signifikant[41] besser im Test abgeschnitten. Die gleichen Schülerinnen und Schüler der IGS waren im Test nur noch leicht besser und bei den Schülerinnen und Schüler der KGS R hatte es auf die Testleistungen keine Auswirkungen.

Somit kann die Hypothese, dass die Schülerinnen und Schüler, die in Ihrer Freizeit programmieren, Mathematikaufgaben aus einem höheren Anforderungsbereich besser

[40] Zu weiteren Faktoren, die die Schulleistung beeinflussen können und die Effekte der Computernutzung relativieren, vgl. Fuchs und Wößmann (2005).

[41] Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.

lösen können, nicht bestätigt werden.

Hypothese 3: Schülerinnen und Schüler, die sich mit Strategie- oder Logikspielen beschäftigen, werden insgesamt bessere Testleistungen erzielen.

Bei der Auswertung wurde deutlich, dass die Art der Spiele keinen Einfluss auf die Testleistungen hatte. Auch in der Gruppe, die den Computer sehr umfangreich nutzt (30 und mehr Stunden pro Woche), konnten keine unterschiedlichen Testleistungen festgestellt werden. Auf die Gesamtpunktzahlen bezogen kann die Hypothese nicht bestätigt werden.

Um noch weitere Einflüsse aus der Korrektur zu minimieren, wurden die Daten noch einmal bearbeitet. Der Einfluss der unterschiedlichen Tests, Schulen und Lehrkräfte sollte weiter minimiert werden. Die Tests wurden dazu genutzt, um die Leistungsspitzen der Klassen herauszufiltern. Und zwar wurden nur Klassen ausgewertet, in denen zwei oder mehr Schülerinnen und Schüler über 80 % der Punkte im Test erreicht hatten. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieses auch die leistungsstärksten der jeweiligen Klasse sind. Hierdurch ist es jetzt möglich, das Nutzungsverhalten der jeweils leistungsstärksten Schülerinnen und Schüler einer Klasse zu analysieren. Warum in einigen Klassen weniger als zwei Schüler 80 % der Punkte erreicht haben, lässt sich nicht sagen. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass sich auch in diesen Klassen leistungsstarke Schülerinnen und Schüler befinden. Warum in diesen Klassen die Schülerinnen und Schüler schlechter abgeschnitten haben, kann viele Gründe haben. So kann z. B. die Art, der im Unterricht eingesetzen Aufgaben, grundsätzlich anders sein als die Aufgabenstellungen im Test.[42]

Durch diese Auswahl verringert sich die Datengrundlage auf folgende Schülerzahlen:

[42] Im Test wurde ein deutlicher Anteil von Aufgaben aus dem zweiten und dritten Anforderungsbereich gestellt. Durch die Auswertungen der ersten Studie ist deutlich geworden, dass in vielen Lerngruppen solche Aufgaben nur selten von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet werden.

KGS G-Zweig	< 80 %	≥ 80 %
Schüler	108	29
Schülerinnen	181	24

KGS R-Zweig	< 80 %	≥ 80 %
Schüler	317	65
Schülerinnen	360	48

IGS	< 80 %	≥ 80 %
Schüler	70	18
Schülerinnen	82	10

Tabelle 8.6: Reduzierung der Daten

Bei der Auswertung der Computernutzung gab es auch hier kaum Unterschiede zwischen den leistungsstarken Schülerinnen und Schülern und dem Rest der Klasse. Genauso wie bei der vorherigen Auswertung wurde im KGS G-Zweig die Excelfrage von den leistungsstärkeren Schülerinnen und Schüler signifikant[43] besser gelöst. Die Ergebnisse der ersten Auswertung wurden hierdurch noch einmal bestätigt, sodass weder das Programmieren noch das Spielen von Logik- oder Strategiespielen mit besseren Testergebnissen in Beziehung gesetzt werden kann und die Hypothesen 1 bis 3 nicht verifiziert werden konnten.

Hypothese 4: Eine sehr umfangreiche Nutzung des Computers für Spiele und zum Zeitvertreib führt zu schlechteren Schulleistungen.

Zur Untersuchung der Hypothese 4 wurden die Daten der Schülerinnen und Schüler, die im Test weniger als 50 % erreicht haben untersucht. 50 % bildet bei Klassenarbeiten normalerweise die Grenze von 5 zur 4. Somit sind hier die Schülerinnen und Schüler mit einer schlechten Testleistung zusammengefasst. Bei den Schülerinnen und Schülern, die sich in einem großen zeitlichen Umfang mit dem Computer beschäftigten, konnte kein Zusammenhang zum Abschneiden im Test festgestellt werden. Auch die Art der Computernutzung, z. B. das Spielen von Ego-Shootern, ließ keine Rückschlüsse auf die Testleistungen zu. Somit muss auch diese Hypothese verworfen werden.

[43] Signifikant nach χ^2 mit $p < 0{,}001$.

8.6 Fazit

Fast jede Schülerin/ jeder Schüler hat zu Hause Zugriff auf einen Computer. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnisse der PISA 2006 (vgl. Senkbeil und Wittwer, 2007) und stellen einen deutlichen Unterschied im Vergleich zur PISA 2000 Studie da, in der noch 18 % der Schülerinnen und Schüler keinen Computer zu Hause hatten. Die Anbindung an das Internet ist bei über 90 % der Schülerinnen und Schüler gegeben. Die meisten Schülerinnen und Schüler mit Internetzugang nutzen diesen für die Kommunikation. Im Vergleich dazu haben bei der PISA 2000-Studie noch 46 % der Schülerinnen und Schüler angegeben, das Internet niemals oder sehr selten zu verwenden. Beim Nutzungsverhalten gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern, aber kaum Unterschiede zwischen den Schulformen. Eine eigene Homepage besaßen über ein Viertel der Schülerinnen und Schüler. Ungefähr die Hälfte dieser Homepages waren Profile im sozialen Netzwerken wie SchülerVZ oder Facebook. Die andere Hälfte bestand aus unterschiedlichen Seiten, die von den Schülerinnen und Schülern in HTML programmiert oder mithilfe von unterschiedlicher Software erstellt wurden. Ein Viertel der Schülerinnen und Schüler hatte angegeben zu programmieren. Wie aufgrund der Ähnlichkeit dieser beiden Tätigkeiten und dem Interesse einer gewissen Schülergruppe, sich mit dem Computer zu beschäftigen, angenommen wurde, sind dieses fast identische Gruppen. Dass Schülerinnen und Schüler, die eine Homepage besitzen, besonders häufig am Computer programmieren war hoch signifikant.[44]

Der Einsatz des Computers im Unterricht erfolgte bei über 60 % der Schülerinnen und Schüler regelmäßig. Allerdings lag der Einsatz im Mathematikunterricht nur bei 30 % der Schülerinnen und Schüler im KGS G-Zweig. Bei den anderen Befragten war der Einsatz sehr sporadisch oder nicht gegeben. Somit spielte der Computer im Mathematikunterricht der befragten Schulen keine nennenswerte Rolle. Der Einsatz erfolgte überwiegend nur unregelmäßig und sehr vereinzelt.

Diese Studie hat keinen Einfluss der Computernutzung auf die Leistungen in den Tests

[44]Für die IGS Signifikant nach χ^2 mit df 1 59,610 p $<$ 0,001; für die KGS G-Zweig mit df 1 34,680 p $<$ 0,001; für die KGS R-Zweig mit df 1 116,894 p $<$ 0,001.

nachweisen können. Es gibt viele Studien, die einen positiven Einfluss des Computers nachgewiesen haben (Schaumburg, 2002; Lowther u. a., 2003). Genauso gibt es Studien die einen negative Einfluss oder keinen Einfluss dokumentiert haben (Stevenson, 2001; Fuchs und Wößmann, 2005; Schaumburg u. a., 2007).[45] In diesen Studien wurden oft unterschiedliche Bereiche der Computernutzung im Unterricht oder zu Hause untersucht. Deutlich wird bei den Ergebnissen, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen der Computernutzung und besseren Lernergebnissen gibt. Die Nutzung des Computers kann den Unterricht bereichern, aber der Umgang mit dem Computer zu Hause oder im Unterricht ist nicht direkt negativ oder positiv mit den Leistungen verknüpft. Die Auswirkungen auf die mathematischen Leistungen hängen anscheinend von vielen stärkeren Faktoren, wie das z. B. soziale Umfeld, die Klasse und die Lehrkraft, ab als vom Umgang mit dem Computer. In der PISA 2000 Studie wurde ermittelt, dass die Schülerinnen und Schüler mit mehreren Computern zu Hause deutlich mehr Punkte im Test hatten. Fuchs und Wößmann (2005) haben in einer weiteren Auswertung der Daten festgestellt, dass diese Korrelationen nicht ausschlaggebend für die besseren Testleistungen waren, sondern andere Faktoren wie z. B. der wirtschaftliche und soziale Hintergrund der Schülerinnen und Schüler, andere Freizeitaktivitäten und die Schule, die Schülerleistungen viel stärker beeinflusst haben. Bei einer Berücksichtigung dieser Faktoren sind die Effekte der Verfügbarkeit von Computern zu Hause nicht mehr messbar. Somit gibt es eine Vielzahl von Faktoren, die sowohl die Verfügbarkeit und die Nutzung des Computers als auch die Testleistungen beeinflussen (vgl. Senkbeil und Wittwer, 2007).

Ein differenzierterer Fragebogen hätte eventuell diese Faktoren weiter reduzieren können und diese anscheinend geringen Effekte nachweisen können. Dieses hätte allerdings bedeutet den Umfang deutlich zu erweitern, welches die Rückmelderate verringert hätte. Es ist auch fraglich, ob für so eine sehr differenzierte Erhebung ein Fragebogen überhaupt noch möglich gewesen wäre.

[45] Siehe hierzu die Beschreibungen unter 6.1 Studien zum Computereinsatz.

9 Fazit und Ausblick

In dieser Studie wurden zwei mathematikdidaktische Probleme untersucht: die Voraussetzungen und Erwartungen vor der Einführung der Bildungsstandards (KMK, 2003a, 2004b) und die Einflüsse der Computernutzung im Unterricht sowie im privaten Raum. Die zentralen Fragestellungen waren:

- Wie und in welchem Umfang wurden die Bildungsstandards vor der offiziellen Einführung im Mathematikunterricht umgesetzt?

- Welche Auswirkungen hatte der Einsatz des Computers auf die Stellung und die Bearbeitung von Aufgaben im Mathematikunterricht?

- Hatte die private Computernutzung Auswirkungen auf die mathematischen Leistungen der Schülerinnen und Schüler?

Das verbindende Element der Studie ist eine für diese Untersuchung entwickelte Aufgabenklassifikation, mit deren Hilfe die im Unterricht bearbeiteten Aufgaben der verschiedene Schulformen und Klassenstufen bewertet und ausgewertet wurden. Da es sich hier um eine quantitative Datenerhebung handelt, ist es nur möglich, Besonderheiten, wie z. B. der fast ausschließliche Einsatz von Aufgaben aus der ersten Niveaustufe oder den Rückgang, der zu bearbeitenden Aufgaben pro Unterrichtsstunde während des Computereinsatzes, zu beschreiben.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und es wird aufgezeigt, in welche Richtungen mit diesen Ergebnissen weiter gearbeitet werden kann. Außerdem werden die Ergebnisse mit vielfältigen langjährigen Erfahrungen, die ich in der Schulpraxis sammeln konnte, in Beziehung gesetzt. Seit 2008 bin ich als Fachmoderator für Mathematik an Gesamtschulen in Niedersachsen tätig. Im Rahmen dieser Tätigkeit arbeite ich sehr eng mit allen Gesamtschulen des Landes, den Landesschulbehörden und dem Kultusministerium zusammen. Zu einem Schwerpunkt der Tätigkeit gehört, Lehrerfortbildungen durchzuführen und mit den Fachbereichsleitern der Schulen zusammenzuarbeiten. Einige in diesen Tätigkeiten gemachten Beobachtungen, die mit dieser Studie verbunden sind, werde ich im Folgenden ansprechen. Hierdurch sollen Diskussionen angestoßen werden und es werden Anregungen für weitere Untersuchungen gegeben. Diese Beobachtungen ergänzen, bestätigen und hinterfragen in qualitativer Weise die Ergebnisse der quantitativen Studie und geben weitere Hinweise für Nachfolgestudien.

9.1 Aufgaben

Grundhypothese ist, dass durch die Untersuchung von im Unterricht eingesetzten Aufgaben sich Rückschlüsse auf den Unterricht selbst ziehen lassen (vgl. Bloom, 1974; Klieme u. a., 2001). Um diese Aufgaben untersuchen zu können, war es notwendig zu klären, was überhaupt eine „Aufgabe“ ist. In der Literatur gibt es verschiedene Definitionen für den Begriff „Aufgabe“ (vgl. Kapitel 4). Die allgemeine Grundtendenz ist in den meisten Arbeiten ähnlich. In dieser Untersuchung wurde „Aufgabe“ wie folgt verstanden:

> „Eine Aufgabe ist eine Aufforderung zur Auseinandersetzung mit einem Sachverhalt.“

Neben der Klärung der Frage, wann überhaupt eine Aufgabe vorliegt, ist es für eine Studie, der eine Aufgabenklassifikation zugrunde liegt, wichtig zu klären, an welcher Stelle eine Aufgabe endet und eine neue Aufgabe beginnt. Ein recht einfaches Vorgehen für die Entscheidung darüber ist es, die Einteilung von Aufgaben aus z. B. Schulbüchern, Arbeitsblättern oder Tests zu übernehmen, die im Unterricht eingesetzt wurden. Dieses wird in vielen Aufgabenklassifikationen getan, die man in der Literatur findet (siehe Kapitel 3). Bei einem solchen Vorgehen wird die Einteilung übernommen, die von den

Autoren oder von den Lehrkräften vorgenommen wurde. Ein kritischer Umgang mit diesen Einteilungen bleibt dort gewollt oder unreflektiert aus und die Gründe für die Einteilungen, wie immer sie auch sein mögen, werden ungeprüft übernommen.

Beim Einsatz des Schulbuches kann es große Unterschiede zwischen den Intentionen der Autoren des Schulbuches und denen der Lehrkräfte bzw. der Nutzung durch die Schülerinnen und Schüler (vgl. Rezat, 2011) geben. So kann es vorkommen, dass ein und dieselbe Aufgabe mit unterschiedlichen Zielsetzungen und unterschiedlichen Verknüpfungen im Unterricht gestellt wird. Wird also die Einteilung der Aufgaben aus einem Schulbuch übernommen, erfolgt in erster Linie eine Analyse der Aufgabenstellungen des Schulbuches und nicht so sehr eine Analyse des Unterrichtsprozesses.

In dieser Arbeit wurde dagegen besonders darauf Wert gelegt, eine didaktisch begründete Unterteilung der unterschiedlichen Aufgaben vorzunehmen (vgl. Kapitel 4). Der Unterrichtsprozess war hier für die Unterscheidung der einzelnen Aufgaben von zentraler Bedeutung, weil erst im Verlauf des Unterrichts deutlich wurde, welche Ziele mit einer Aufgabe verfolgt und welche Verknüpfungen zu anderen Aufgaben vorgenommen wurden. Hierdurch konnte berücksichtigt werden, wie Lehrkräfte mit den Aufgaben umgingen, und auch weitergehenden Beziehungen im Unterrichtsprozess konnte Rechnung getragen werden.

In den beobachteten Unterrichsstunden war das Schulbuch die bevorzugte Quelle für die Lehrerinnen und Lehrer, Aufgaben zu stellen. Die Autoren eines Schulbuches verfolgen durch ihre Aufgabenstellungen ein spezielles Ziel. Es ist unwahrscheinlich, dass von jeder der Lehrkräfte dieses Ziel in jedem Fall erkannt und berücksichtigt worden ist. Ob einzelne Lehrkräfte andere Ziele mit den Aufgaben aus den Schulbüchern verfolgten als die Autoren, kann in einer Untersuchung der vorliegenden Art nicht beantwortet werden. Allerdings zeigen die Ergebnisse, dass es zu bezweifeln ist, ob alle Aufgaben im Vorfeld von den Lehrkräften soweit durchdacht worden sind, um das ganze Potential der Aufgaben abrufen zu können. Besonders beim weiteren Umgang mit den Arbeitsergebnissen der Schülerinnen und Schüler wird dieses deutlich. So wurde bei der Mehrzahl der Aufgaben nur ein einziger Lösungsweg besprochen, oder es erfolgte keine weitere Diskussion. Einen Austausch über unterschiedliche Lösungswege und über Vor- und Nachteile verschiedener mathematischer Verfahren erfolgte im beobachteten Unterricht kaum.

Der Umgang mit Aufgaben und die Auswahl von Aufgaben für Klassen ist erkennbar ein Bereich, der zum Gegenstand von Lehrerfortbildungen gemacht werden muss. Die Forderungen nach einem problemorientierten Unterricht, um nur einen Bereich der Beobachtungen dieser Studie im Hinblick auf die Aufgabendidaktik zu betrachten, sind mindestens 30 Jahre alt. Es konnten allerdings in den Auswertungen dieser Studie noch nicht einmal 10 % der Aufgaben mit einem problemlösenden Charakter identifiziert werden.

Schule ist ein System, das Veränderungen nur sehr zögernd aufnimmt und in dem Veränderungen lange brauchen. Es stellt sich die Frage, ob die Form der derzeitigen Fortbildungen geeignet ist, Veränderungen in der Unterrichtskultur zu bewirken. Zur Einführung der Kerncurricula wurden in Niedersachsen Lehrerinnen und Lehrer als Multiplikatoren ausgebildet. Diese Ausbildung erfolgte über mehrere Tage und wurde überwiegend von Didaktikern aus den Universitäten übernommen. Die Multiplikatoren boten dann ihrerseits Fortbildungen für die Lehrerinnen und Lehrer an. Diese Fortbildungen fanden lediglich an einem ganzen Tag sowie an zwei Nachmittagen statt. An der Schule, an der ich damals unterrichtete, haben zwei Lehrkräfte an einer dieser Fortbildung teilgenommen. Diese beiden Lehrkräfte sollten anschließend im Rahmen von schulinternen Fortbildungen das Fachkollegium weiterbilden. Diese schulinterne Fortbildung erstreckte sich auf einen Nachmittag im Rahmen einer Fachdienstbesprechung. Ob Inhalte dieser Fortbildungen dann schließlich im Unterricht der einzelnen Lehrkräfte ankamen oder heute ankommen und den Unterricht weiterentwickeln, ist sehr fraglich. Dies ist nur ein eingeschränkter Blick auf das System der Fortbildungen, und es mag Schulen geben, in denen die Fortbildungen intensiver und mit mehr Begeisterung aufgegriffen worden sind. Die Ergebnisse dieser Studie zum Einsatz von Aufgaben mit Problemlöse- oder Modellierungsanteil machen aber deutlich, dass viele Kolleginnen und Kollegen diese Aufgabenarten kaum einsetzen. Diesen Mangel durch mehr klassische Lehrerfortbildungen entgegenzutreten, greift aus meiner Sicht zu kurz. Es ist wichtig, dass Lehrergruppen über einen längeren Zeitraum von Experten bei der Unterrichtsentwicklung begleitet werden. Nur so finden die angestrebten Veränderungen auch direkte Anwendung im Unterrichtsalltag.

9.2 Bildungsstandards

Eine der zentralen Fragegestellungen dieser Studie war:

- Wie und in welchem Umfang waren die Bildungsstandards vor der offiziellen Einführung im Mathematikunterricht umgesetzt?

Natürlich kann diese Frage nicht durch die Beobachtung und die statistische Auswertung von 99 Unterrichtsstunden aus sieben Schulen umfassend und sicher beantwortet werden. Die erhobenen Daten geben allerdings einen guten Einblick in den Unterricht und seine Aufgabenstellungen und Aufgabenbearbeitungen und lassen gewisse Schlussfolgerungen zu.

Es kann davon ausgegangen werden, dass Kolleginnen und Kollegen, die ihren Unterricht für eine Studie wie die vorliegende öffnen, in besonderer Weise motiviert sind und sich aktiv mit ihrem eigenen Unterricht und Erneuerungen im Umfeld auseinander setzen. Die ernüchternden Ergebnisse können somit als exemplarisch für einen großen Teil des Unterrichts in Niedersachsen betrachtet werden.

Leitideen

Die Bildungsstandards (KMK, 2003a, 2004b) gliedern sich in zwei zentrale Bereiche. Einmal werden die mathematischen Inhalte in Form von Leitideen beschrieben und zum anderen werden prozessbezogende Kompetenzen formuliert. Bei der Untersuchung, welche Leitideen im Unterricht thematisiert wurden, war sehr auffällig, dass der Bereich „Daten und Zufall“ nicht vertreten war. Im Gymnasium war dieses Themengebiet damals bereits durch die Rahmenrichtlinien (Niedersächsisches Kultusministerium, 2003) verbindlich vorgeschrieben worden, kam aber im beobachteten Unterricht nicht vor.

Für die Haupt- und Realschule wurde dieses Themengebiet erst durch die Kerncurricula 2006 (Niedersächsisches Kultusministerium, 2006b,c) im Unterricht verankert. Besonders im Bereich der Wahrscheinlichkeitsrechnung wurden in den letzten Jahren viele Lehrerfortbildungen durchgeführt. Auch in den Abschlussarbeiten der Real- und Hauptschule hat der Anteil der Aufgaben aus dem Bereich der Wahrscheinlichkeitsrechnung in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. Aufgaben aus diesem Bereich sind mittlerweile zum festen Bestandteil der Tests und Prüfungen geworden. Diese Entwicklung zeigt, dass sich der Unterricht an dieser Stelle verändert hat, und die Leitidee „Daten und Zufall“ mittlerweile von den Kolleginnen und Kollegen im Unterricht thematisiert wird.

Die unterschiedlichen Verteilungen in der Erhebung der anderen vier Leitideen (siehe Kapitel 7.4.1) lassen sich über die unterschiedlichen thematischen Schwerpunkte der einzelnen Schuljahrgänge erklären. Der Schwerpunkt der Datenerhebung lag im siebten und achten Schuljahr. In diesen Schuljahren wurde im Gymnasium der funktionale Aspekt schon hervorgehoben behandelt, während in der Haupt- und Realschule die Leitidee „Zahl“ noch einen großen Anteil einnahm. Es ist keine Forderung in den Bildungsstandards zu finden, dass alle Leitideen zu gleichen Teilen im Unterricht behandelt werden sollten. Aus den ermittelten Verteilungen lässt sich somit sagen, dass die Leitideen im Unterricht behandelt werden.

Kompetenzen

Der zweite Bereich sind die Kompetenzen „Argumentieren und kommunizieren“, „Probleme mathematisch lösen“, „Mathematisch modellieren“, „Mathematische Darstellungen verwenden“ und „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“. Innerhalb jeder Kompetenz werden drei Niveaustufen „Reproduzieren“, „Zusammenhänge herstellen“ und „Verallgemeinern und Reflektieren“ unterschieden. In den Bildungsstandards werden die Kompetenzen „Mathematisch argumentieren“ und „Kommunizieren“ als zwei Kompetenzen aufgeführt. Diese formale Unterscheidung war bei der Entwicklung der Klassifikation nicht möglich, da im Unterrichtsprozess keine saubere Trennung der beiden Kompetenzen möglich und für eine Bewertung der Daten auch nicht sinnvoll war (siehe Kapitel 5.5.3). Insgesamt wurde bei der Datenauswertung deutlich, dass die im Unterricht bearbeiteten Aufgaben zur Lösung überwiegend Kompetenzen auf der ersten Niveaustufe „Reproduzieren“ benötigen. Die beiden höheren Niveaustufen hatten in allen Schulformen einen Anteil von unter 20 %.

Die Untersuchung zeigt deutlich die Ausrichtung des Unterrichts. Der Schwerpunkt lag auf einem Trainieren von bereits thematisierten Inhalten. Die Verbindung von verschiedenen mathematischen Bereichen im Unterricht und das Herstellen von Zusammenhängen erfolgte kaum. Viele weiterführende Aufgaben wurden im Unterrichtsgespräch unter einer starken Lehrerlenkung gelöst, sodass durch kleinschrittige Fragen das Niveau der Aufgaben stark reduziert wurde. Dieses Ergebnis wurde durch die Auswertung des Items „Aufgabenstruktur“ (siehe Kapitel 7.5) bestätigt. In allen drei Schulformen stammt die überwiegende Anzahl der Aufgaben aus dem Bereich der „Grundaufgaben“, Aufgaben also, bei denen es um das Reproduzieren eines bekannten Verfahrens in ähnlichen Zusammenhängen ging.

Eine mögliche Erklärung, die hier nicht empirisch belegt wird, aber als Hypothese in einer Folgestudie untersucht werden könnte, soll an dieser Stelle versucht werden:
Dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler über längere Zeit nicht selbstständig Aufgaben aus den Niveaubereichen zwei und drei bearbeiten müssen, bilden die Schülerinnen und Schüler keine Fähigkeiten in diesen Niveaustufen aus. Wenn solche Aufgaben dann doch einmal selbstständig bearbeitet werden sollen, scheitern die Lerngruppen. Für die Lehrkraft bedeutet diese Erfahrung in der Umkehrung, dass Aufgaben höherer Art sich zur selbstständigen Bearbeitung nicht eignen, also weiterhin im Unterrichtsgespräch gelöst werden müssen. Die Lerngruppen verharren weiterhin auf niedrigem Niveau und sind auf die Hilfe und die kleinschrittige Strukturierung bei der Lösung von Aufgaben auf höheren Niveau angewiesen. Durch diesen Kreislauf wird sich weder der Unterricht der jeweiligen Lehrkraft verändern noch die jeweilige Lerngruppe in der Lage sein, Lösungsstrategien für komplexere Aufgaben zu entwickeln.

Ein weiteres Problem ist hierbei, dass von vielen Schülerinnen und Schülern nur eine sehr geringe Bereitschaft aufgebracht wird, sich mit Aufgaben auseinander zu setzen, zu denen sie nicht sofort einen Zugang oder eine Lösungsidee haben. Bei vielen Problem- und Modellierungsaufgaben sind aber gerade die ersten Schritte komplex, sodass der Einstieg in eine Lösung der Aufgabe relativ schwierig ist. Um diese Schwierigkeiten, wie Aufgaben gestellt werden können, sodass der Einstieg in die Bearbeitung für die Schülerinnen und Schüler möglich ist und Schülerinnen und Schüler dazu befähigt werden können, Lösungsansätze selbst zu finden, gibt es vielfältige Ansätze in der Aufgabendidaktik. Von Bruder wurden sogenannte Blütenaufgaben[46] entwickelt. Auch die Arbeiten von Schupp (2002, 2004) zu Aufgabenvariationen bieten Lösungsansätze. Um diese fachdidaktische Forschungen in den Unterricht (Bruder u. a., 2005) einfließen zu lassen gibt es Projekte wie z. B. Mabikom[47] oder CALiMERO[48] (Reibold und Bruder, 2010).

Es muss neben einem Lernzuwachs bei mathematischen Inhalten und Prozeduren auch ein Lernzuwachs in den Kompetenzbereichen angestrebt werden. Dieser Lernzuwachs kann nicht losgelöst von mathematischen Inhalten erfolgen, sondern nur bei Behandlung passender mathematischer Inhalte. Für den Kompetenzerwerb ist es unerlässlich, dass die Schülerinnen und Schüler sich selbstständig mit der Lösung von Aufgaben beschäftigen. Hierfür müssen Lernanlässe geschaffen werden, die diese Selbstständigkeit ermöglichen. Eine innere Differenzierung, die den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gibt in ihrem jeweiligen Tempo und mit ihren jeweiligen Fähigkeiten eine Aufgabe zu bearbeiten, ist hierfür notwendig. Für diese Differenzierung ist eine Teamarbeit genauso wichtig, wie Phasen des individualisierten Lernens (vgl. Walther u. a., 2011b, 39f). Durch die vorliegende Untersuchung wird deutlich, dass komplexe Aufgaben in der Regel im

[46] Weitere Informationen zu diesen Aufgaben siehe http://www.math-learning.com und http://www.prolehre.de.

[47] MAthematische BInnendifferenzierende KOmpetenzentwicklung in einem mit neuen Technologien unterstützten Mathematikunterricht. Weitere Informationen siehe auch http://www3.mathematik.tu-darmstadt.de/ags/didaktik/forschung/didaktik/projekte/mabikom-seit-2008.html.

[48] Computer-Algebra im Mathematikunterricht. Siehe hierfür Pinkernell und Bruder (2011) und http://www3.mathematik.tu-darmstadt.de/ags/didaktik/forschung/didaktik/projekte/calimero-2005-2010.html.

Unterrichtsgespräch bearbeitet und von der Lehrkraft den Schülerinnen und Schüler in kleine Schritte zerlegt wurden. Eine selbstständige Auseinandersetzung mit komplexen Aufgaben erfolgte nur relativ selten. Sozialformen wie Partner- und Gruppenarbeit und Maßnahmen zur Differenzierung wurden kaum beobachtet. Hier zeigt sich ein deutlicher Mangel, der einem Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler in vielen Bereichen erschwert oder sogar unmöglich macht. Durch diese Einseitigkeit des Unterrichts – komplexe Aufgaben wurden gemeinsam im Unterrichtsgespräch stark lehrerzentriert gelöst und die Klasse bearbeitet dann kleinschrittige Übungsaufgaben – wurden auch die Phase der Besprechung der Aufgabenlösungen sehr anregungsarm. In dieser Phase kam es nur sehr selten zu einem Gespräch über unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten oder einer Diskussion über die genutzten mathematischen Verfahren. Oft wurde nur die richtige Lösung genannt und eventuell eine Aufgabe gemeinsam an der Tafel gelöst. Die Forderungen, mehr innere Differenzierung in der Unterrichtspraxis zu integrieren, sind bisher ganz offenbar noch nicht umgesetzt. Die Übertragung von didaktischen und pädagogischen Forschungen in den Unterricht ist anscheinend sehr problematisch. Solange die meisten Lehrerinnen und Lehrer als Einzelkämpfer agieren, wird die Arbeitsbelastung immer zu groß sein, um persönlich als wichtig empfundene Veränderungen auch im Alltag umzusetzen. Um eine stärkere Kooperation innerhalb der Kollegien zu erreichen, muss eine Verständigung über „guten“ Unterricht erreicht werden. Im Anschluss bedarf es eine konzeptionelle Verankerung von kooperativen Lern- und Lehrformen und innerer Differenzierung. Erst durch diese Konzepte kann eine Teamarbeit aufgebaut werden, die auch eine Entlastung für die einzelne Lehrkraft darstellt.

Einstellungen der Lehrkräfte zur Mathematik

Über die Gründe für diese Beschränkung der Aufgabenstellungen im Unterricht und für den Mangel an Aufgaben aus höheren Niveaustufen kann durch die Daten dieser Studie keine Aussage gemacht werden. Hierfür wären qualitative Untersuchungen von Nöten, die sich mit den Einstellungen der Lehrkräfte zum Leistungsstand ihrer Schülerinnen und Schüler auseinandersetzen und die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zum

Lösen von diesen Aufgaben untersuchen. Grigutsch, Raatz und Törner (1998) haben hierzu vier Faktoren durch eine Fragebogenuntersuchung herausgearbeitet. Diese vier Aspekte bilden wesentliche und bedeutsame Dimensionen, die das Bild von Mathematik bei den Befragten beschreiben.

- Formalismus-Aspekt

  „Mathematik ist gekennzeichnet durch eine Strenge, Exaktheit und Präzision auf der Ebene der Begriffe und Sprache, im Denken [...], in den Argumentationen, Begründungen und Beweisen von Aussagen sowie in der Systematik der Theorie [...]“ (Grigutsch u. a., 1998, S. 17)

- Anwendungs-Aspekt

  „Kenntnisse in der Mathematik sind für das spätere Leben der Schüler wichtig: Entweder hilft Mathematik, alltägliche Aufgaben und Probleme zu lösen, oder sie ist nützlich im Beruf.“ (Grigutsch u. a., 1998, S. 18)

- Prozess-Aspekt

  „Mathematik wird in diesem Faktor als Prozeß charakterisiert, als Tätigkeit, über Probleme nachzudenken und Erkenntnisse zu gewinnen.“ (Grigutsch u. a., 1998, S. 18)

- Schema-Aspekt

  „Mathematik wird gekennzeichnet als Sammlung von Verfahren und Regeln, die genau angeben, wie man Aufgaben löst.“ (Grigutsch u. a., 1998, S. 19)

Durch diese Faktoren wurde zwar nur ein Teil der gesamten Einstellungen der Lehrerkräfte erfasst, dennoch konnte durch diese vier unabhängigen Faktoren *„die Wahrnehmung, kognitive Repräsentation, Erfahrung und Reaktionsbereitschaft gegenüber der Mathematik bzw. dem Mathematikunterricht“* (Grigutsch u. a., 1998, S. 21) charakterisieren werden. Aus den Ergebnissen der Fragebogenanalyse wurden die Beziehungen zwischen den vier Faktoren herausgearbeitet. Schema- und Formalismus-Aspekt korrelieren signifikant positiv miteinander. In beiden Aspekten wird eine statische Sicht von Mathematik beschrieben, die Mathematik als eine Sammlung von Rechenverfahren auffasst und rein innermathematisch orientiert ist. Diese beiden Aspekte haben dagegen eine negative Korrelation zum Prozess-Aspekt. Der Prozess-Aspekt korreliert wiederum positiv mit dem Anwendungs-Aspekt. In diesen beiden Aspekten wird eine dynamsiche Sicht von Mathematik beschrieben. Die Lösung von Problemen und das Anwenden der Mathematik in der Umwelt sind hier von zentraler Bedeutung (vgl. Grigutsch u. a., 1998; Törner, 2002).

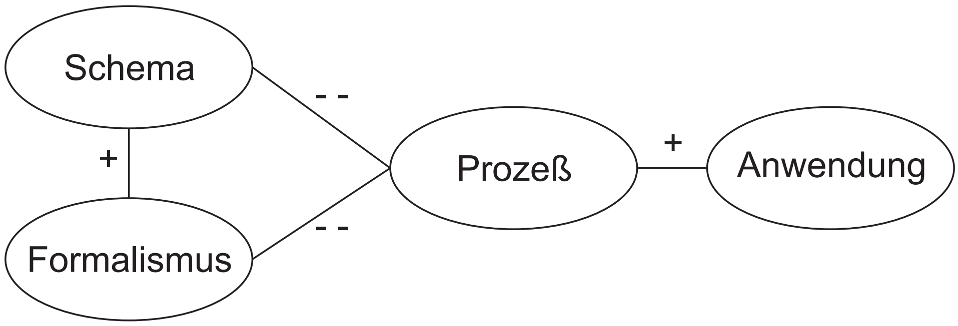


Abbildung 9.1: Beziehungen zwischen den vier Faktoren (Grigutsch u. a., 1998, S. 31)

Die einzelnen Aspekte wurden von den befragten Lehrerinnen und Lehrer als unterschiedlich wichtig eingeschätzt. So wurde von allen Lehrkräften der Anwendungs-Aspekt sehr wichtig gefunden, dicht gefolgt vom Prozeß-Aspekt. Der Schema-Aspekt war bei den Lehrkräften aller Schulformen am unwichtigsten, wobei hier deutlich Unterschiede zwischen den Schulformen auftraten. So hat bei den Lehrkräften, die an der Hauptschule tätig waren sowohl der Formalismus- als auch der Schema-Aspekt eine größere Bedeutung als bei Lehrkräften aus den anderen Schulformen. Lehrerinnen und Lehrer die sowohl in der Sek. I als auch in der Sek. II unterrichteten schätzen den Schema-Aspekt deutlich geringer ein als Lehrkräfte die nur in der Sek. I tätig waren (vgl. Grigutsch u. a., 1998, S. 33).

Eine Zuordnung der vier Faktoren auf einen einzelnen Bereich der Aufgabenklassifikation ist nicht möglich. Die erfasste hohe Relevanz des Anwendungs-Aspekts kann durch die Ergebnisse dieser Studie für die erhobenen Aufgabenstellungen nicht bestätigt werden. Die Kompetenz „Mathematisch modellieren“, die besonders bei Aufgaben mit Anwendungsbezug einen zentralen Bereich zur Lösung einnimmt, war nur bei unter 20 % der Aufgaben relevant (vgl. Kapitel 7.4.2). Nur bei den Aufgaben aus den Realschulen lag ein Schwerpunkt der Aufgabenauswahl auf „eingekleideten Textaufgaben“ (vgl. Kapitel 7.7). Bei diesen Aufgaben wird zumindest partiell die nur formale Mathematik verlassen und es kommt ein kleiner Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zum Vorschein. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch Förster (2002), der durch Interviews eine fehlende Anwendung im Unterricht erhoben hat.

Viele Studien zur Einstellung von Lehrkräften (vgl. Yackel und Rasmussen, 1999; Lerman, 2002; Törner, 2002; Zimmermann, 2002; Kaiser u. a., 2005) nutzen für ihre Untersuchungen Lehrerinterviews und Fragebögen. Eine Untersuchung der im Unterricht eingesetzten Aufgaben in Kombination mit den Einstellungen der Lehrerinnen und Lehrer zur Mathematik könnte eine Verbindung zwischen den Forschungen über Aufgaben im Unterricht und den Einstellungen der Lehrkräfte schaffen. Diese Einstellungen werden, so sollte man erwarten, einen starken Einfluss auf die Auswahl der Aufgaben ausüben. Es ist aus meiner Sicht aber ungeklärt, ob oder wie sehr die Einstellungen der Lehrkräfte zur Mathematik sich auch im alltäglichen Unterricht widerspiegeln. Wird eine Lehrerin/ein Lehrer also, wenn sie/er den Anwendungs-Aspekt als sehr bedeutend für die Mathematik einschätzt, auch im Unterricht verstärkt Aufgaben mit Anwendungsbezug stellen oder nehmen andere Faktoren stärkeren Einfluss, wie z. B. der Leistungsstand der Klasse oder die zur Verfügung stehende Zeit, sodass zwar die Anwendung als wichtig erachtet wird, aber im Unterricht kaum vorkommt. Hierbei dürfte das eingeführte Schulbuch eine wichtige Funktion einnehmen. Durch das jeweilige Schulbuch steht ein Aufgabenpool zur Verfügung, der ohne große Vorbereitung im Unterricht genutzt werden kann. Dadurch könnten Aufgaben Verwendung finden, die zwar den Einstellungen zur

Mathematik nicht oder nur zum Teil entsprechen, aber zur Vermeidung eines ungleich größeren Vorbereitungsaufwands dennoch genutzt werden.

Umsetzung der Bildungsstandards in Niedersachsen

Die Bildungsstandards wurden in Niedersachsen in Form von Kerncurricula konkretisiert. Die ersten Kerncurricula für Mathematik wurden 2006 eingeführt. Dieser Prozess ist aber keineswegs abgeschlossen. Für einige Fächer steht die Umsetzung erst noch bevor. Für die Integrierten Gesamtschulen z. B. trat erst 2012 ein Kerncurriculum für Mathematik in Kraft. Derzeit laufen erste Überarbeitungen der Kerncurricula, um die Umsetzung in den Schulen zu erleichtern. In den derzeitigen Kerncurricula für Mathematik in der Hauptschule, Realschule und im Gymnasiums werden jeweils für Doppeljahrgänge die zu erreichenden Kompetenzen beschrieben, sodass bis zum Ende der Schulzeit die geforderten Kompetenzen der Bildungsstandards erreicht werden können. Wie diese Kompetenzen im Unterricht zu erreichen sind, ist dabei den Schulen überlassen. Die Schulen haben also im Vergleich zu den alten Rahmenrichtlinien eine relativ große Freiheit erhalten, welche Inhalte und Kompetenzen, wie und in welchem Umfang sie im Unterricht behandelt oder gefördert werden. Diese Freiheit erfordert allerdings auch eine sehr intensive Auseinandersetzung mit den zu erreichenden Kompetenzen und den didaktischen und methodischen Möglichkeiten der einzelnen Themen. Die Qualität der Umsetzung hängt also stark vom fachlichen Wissen und von den Kompetenzen der Kolleginnen und Kollegen und von der jeweilig investierten Zeit ab.

Eine stärkere Hilfestellung bei der Umsetzung durch erklärende und anregende Handreichungen würde die Arbeit in vielen Schulen erleichtern. Selbstverständlich ist eine intensive Diskussion in den Schulen über die Möglichkeiten der Umsetzung wünschenswert, allerdings sollte nicht jede Schule genötigt sein, eine eigene Interpretation der Kompetenzbeschreibungen vorzunehmen. Es ist zu hoffen, dass durch die Überarbeitung der Kerncurricula hier den Lehrkräften mehr Hilfen zur Verfügung gestellt werden.

Vergleichstests

Parallel zur Einführung der Bildungsstandards wurde 2003 das „Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen“[49] (IQB) gegründet. Es sollte die Maßnahmen, die aufgrund des schlechten Abschneidens der deutschen Schulen in den Vergleichsstudien TIMSS und PISA getroffen wurden, wissenschaftlich begleiten. Die Bildungsstandards sollen stetig weiterentwickelt und ihr Erreichen überprüft werden. Seit 2004 ist das Institut eine Einrichtung an der Humbolt-Universität zu Berlin. In den Schulen wird das Institut meistens im Zuge der bundesweiten „Vera 3“- und „Vera 8“- Vergleichsarbeiten[50] wahrgenommen. „Vera 8“ wird in den Fächern Deutsch, Englisch und Mathe jährlich durchgeführt. In Niedersachsen war den letzten Jahren nur noch die Teilnahme am Mathematiktest verbindlich. Die Vergleichstests dienen der Überprüfung der Bildungsstandards und die Aufgaben sind somit auf die Bildungsstandards abgestimmt.

Derzeit haben die Ergebnisse dieser Tests in vielen Schulen keine oder wenige Konsequenzen und werden überwiegend als lästig und teuer[51] angesehen.[52] Die Ergebnisse werden in den Fachkonferenzen mehr oder weniger intensiv besprochen und zur Kenntnis genommen. Für die Schulen fehlt der Bezug der Tests zu den Bildungsstandards und somit zu den Kerncurricula. Es werden in den Auswertungen fünf Kompetenzstufen (IQB, 2009, S. 7ff) angegeben. Wie diese allerdings aus Leitideen, Kompetenzen und Anforderungsbereichen diese Kompetenzstufen gebildet und begründet werden, ist für den einzelnen Kollegen nur schwer nachvollziehbar. Vor allen Dingen können so keine Beziehungen zum konkreten Unterricht hergestellt werden. Somit werden die Kompetenzstufen losgelöst von den Bildungsstandards wahrgenommen. Welche konkreten Defizite die einzelnen Schülerinnen und Schüler im Test hatten, also welche Bereiche der Bildungsstandards noch nicht im geforderten Maß im Unterricht erreicht worden sind,

[49] http://www.iqb-hu-berlin.de.

[50] Die Abkürzung „Vera“ steht für VERgleichsArbeiten.

[51] Die Mathematiktests haben immer um die 20 Seiten und sind somit mit hohen Kopierkosten verbunden.

[52] Wie Schulen Nutzen aus den Ergebnissen von Vergleichsarbeiten ziehen können, siehe z. B. Sommer (2004).

wird aus der Rückmeldung der Vergleichstests nicht deutlich (vgl. Wittmann, 2011). Es gibt zwar die Möglichkeit, diese Informationen aus den Begleitschreiben des IQB zu ermitteln. Dieses erfordert aber von den Schulen sehr viel Arbeit, die die Kolleginnen und Kollegen nicht zusätzlich leisten können.

Im Moment ist es fraglich, ob durch diese Vergleichtests wirklich Veränderungen des Unterrichts im Sinne der Bildungsstandards angestoßen werden. Das Verfahren ist mit hohen Kosten verbunden und bindet Arbeitszeit der Kolleginnen und Kollegen. Die Schulen werden mit den Ergebnissen alleine gelassen. Wie soll eine Schule reagieren, wenn z. B. in Niedersachsen im Testheft I (Hauptschule) über 60 % der Schülerinnen und Schüler der Schule nur die erste Kompetenzstufe erreichen? Sind hier nicht die Didaktiker und Bildungsforscher gefragt, Lösungen zu entwickeln und die Schulen zu unterstützen? Es ist also nicht ein Problem der Tests. Vielmehr ist die Kommunikation zwischen den Erstellern der Tests und den Schulen unzureichend. Die Ziele, die mit den Testaufgaben verbunden und verfolgt werden, sind den Lehrkräften nicht klar, sodass im Moment eine wichtige Funktion der Bildungsstandards, die Evaluation (vgl. Heuvel-Panhuizen u. a., 2011) von den Lehrerinnen und Lehrern nicht wahrgenommen wird. Die Testergebnisse aus den Vergleichstests haben so keinerlei Konsequenz für den Unterricht in den Schulen.

In vielen von mir besuchten Schulen ist die Umsetzung der Kerncurricula nur sehr oberflächlich erfolgt. Die alten schulinternen Arbeitspläne wurden zwar dem neuen Curriculum angepasst, diese Anpassung hat allerdings nur sehr selten zu einer Diskussion über die Inhalte und den Unterricht geführt. In vielen Fällen wurde die Einteilung der alten Unterrichtseinheiten beibehalten und auch an der Schwerpunktsetzung im Unterricht wurden keine Veränderungen vorgenommen. Vielen Kollegien fehlt das Wissen um die Freiheiten der Kerncurricula in eine veränderte Ausrichtung des Unterrichts umzusetzen. Hier kommt zum einen die Unsicherheit, welche Inhalte in den zentralen Prüfungen z. B. Abschlussarbeiten, von den Schülerinnen und Schülern gekonnt werden müssen, und zum anderen Probleme, die beschrieben Kompetenzen für die Umsetzung im konkreten Unterricht zu präzisieren. Deswegen bekamen die Schulbücher einen noch größeren Stellenwert bei der Planung von Unterrichtseinheiten, als dies ohnehin schon der Fall war. Diese Probleme der Umsetzung sind meistes nicht mangelndes Interesse oder Ignoranz, sondern eher Unverständnis und Unsicherheit darüber, was mit der Neuausrichtung erreicht werden soll. Dadurch erklärt sich auch die deutliche Forderung aus vielen Schulen mehr Vorgaben zu machen, damit nicht in jeder Schule die gleichen Überlegungen neu und zeitaufwendig erfolgen müssen.

Dies sind Beobachtungen und Erfahrungen aus zahlreichen Besuchen in der Mehrzahl der fast 100 Gesamtschulen im Land Niedersachsen. Eine Folgeuntersuchung darüber, wie sich nach der offiziellen Umsetzung der Bildungsstandards in Form von Kerncurriula das Bild, das in dieser Studie in Hinblick auf die Umsetzung entstanden ist, verändert hat, wäre sehr wichtig und interessant.

9.3 Computereinsatz

- Welche Auswirkungen hat der Einsatz des Computers im Mathematikunterricht auf die Stellung und Bearbeitung von Aufgaben?

- Hat die private Computernutzung Auswirkungen auf die mathematischen Leistungen der Schülerinnen und Schüler?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden zwei Untersuchungen durchgeführt. In der ersten Untersuchung wurden in Klassen, in denen jeder Schüler und jede Schülerin mit einem Notebook ausgerüstet war, im Unterricht hospitiert und die im Unterricht bearbeiteten Aufgaben erfasst. Diese Aufgaben wurden mithilfe der entwickelten Klassifikation untersucht und dabei unterschieden, welche Aufgaben mit dem Notebook und welche Aufgaben ohne dieses Hilfsmittel bearbeitet wurden. Die Erwartung war, dass durch die Möglichkeiten verschiedener Software die Notebooks bei Aufgaben, die zur Lösung Problemlösefähigkeiten oder Modellierungen benötigen, eingesetzt werden. Es gibt mittlerweile eine Vielfalt von Werkzeugprogrammen, die bei der Lösung von Aufgaben in verschiedener Weise eingesetzt werden können. So können diese Programme algebraische

Umformungen oder arithmetische Berechnungen durchführen, Konstruktionen erstellen oder bei der Simulation von möglichen Problemlösungen helfen.

Die Datenauswertung hat deutlich gemacht, dass die Entscheidung der Lehrerinnen und Lehrer, ob das Notebook bei der Lösung einer Aufgabe verwendet werden sollte, nicht in erster Linie auf Unterschiede im Niveau der Aufgaben zurückzuführen war. Es gab zwar Unterschiede beim Vergleich der einzelnen Kompetenzen, diese Unterschiede waren allerdings nicht für alle Schulformen einheitlich und konnten somit nicht in erster Linie auf den Notebookeinsatz zurückgeführt werden. Nur Aufgaben, die die Kompetenz „Mathematisch modellieren“ erforderten, wurden vermehrt mithilfe der Notebooks bearbeitet. Allerdings reduziert sich dieser Unterschied auf den Bereich „Reproduzieren“.

Aufgabenanzahl pro Stunde

Bei der Analyse der einzelnen Bereiche der Aufgabenklassifikation wurde deutlich, dass es einen großen Unterschied zwischen den Aufgaben, die mit Notebooks bearbeitet wurden, und Aufgaben ohne Notebookeinsatz gab. In allen drei Schulformen sank die Anzahl der in einer Unterrichtsstunde bearbeiten Aufgaben und die durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Aufgabe stieg an. Da die Aufgaben, die mit Notebookeinsatz gelöst wurden, sich nicht durch ein höheres Niveau oder größere Komplexität unterschieden, konnte dieser Unterschied nicht durch einen gestiegenen Bearbeitungs- oder Denkaufwand erklärt werden. Somit musste die zeitliche Differenz im Medium selbst liegen. Die Arbeit mit dem Notebook erfordert Zeit. Die Schülerinnen und Schüler mussten sich mit dem Gerät und der Software auseinander setzen und brauchten dadurch mehr Zeit für die Arbeit. Die vielfach beschriebenen Vorteile, dass der Einsatz von Computern die algebraische und arithmetische Bearbeitung der Aufgaben übernimmt und somit mehr Zeit für andere Bereiche der Aufgabenbearbeitung bleibt, konnte nicht bestätigt werden. Beim Computereinsatz wurden für vergleichbare Aufgaben sogar mehr Zeit benötigt. Somit kann man sagen, dass allein die Verwendung des Computers bei der Bearbeitung der Aufgaben zu einem größeren Zeitaufwand führte.

Einsatz von Computern im Unterricht

Die Lehrkräfte haben im Unterricht überwiegend Aufgaben aus dem Anforderungsbereich „Reproduzieren“ gestellt. Dadurch war es in dieser Untersuchung schwierig, Aussagen über die Möglichkeiten des Computers beim Lösen von Aufgaben aus höheren Anforderungsbereichen zu tätigen. Bei der Auswertung der Daten entstand der Eindruck, dass bei der Planung der Stunden und der Aufgaben durch die Lehrkräfte weniger überlegt wurde, wo der Computer bei der Lösung unterstützen kann, sondern dass der Computer eher dort eingesetzt wurde, wo eine Aufgabe die Lösung mit dem Computer möglich schien. Der Wunsch, den Computer zu verwenden, rangierte vor der didaktischen Entscheidung eines sinnvollen Einsatzes. Diese Einschätzung soll durch ein Beispiel verdeutlicht werden: Ein Kollege hat die Berechnung von proportionalen Zuordnungen nicht mithilfe des Dreisatzes durchführen lassen, sondern Formeln für die einzelnen Fälle zusammen mit der Klasse aufgestellt. In der hospitierten Unterrichtsstunde wurde deutlich, dass viele Schülerinnen und Schüler diese Formeln nicht verstanden hatten und große Probleme bei der Lösung der Aufgaben hatten. Im anschließenden Gespräch hat der Kollege diesen Eindruck bestätigt, die Nutzung der Formeln wäre aber notwendig, damit die Schülerinnen und Schüler Derive – ein Computer-Algebra-System – zur Lösung nutzen können. In diesem Fall war also das Notebook nicht ein Hilfsmittel, um Aufgaben zu lösen, sondern die Nutzung eines Programms war ein zentrales Ziel des Unterrichts und wurde dem mathematischem Verständnisaufbau untergeordnet.

Diese war ein extremes Beispiel. Da aber die mit dem Notebook bearbeiteten Aufgaben sich in ihren Komplexität und ihren Lösungsmöglichkeiten nicht von anderen Aufgaben unterschieden, lässt sich eine ähnliche Einstellung und Planung weitgehend für den Computereinsatz insgesamt folgern.

Damit sich aber die hohen Kosten und der große Zeitaufwand für die Organisation und Wartung der Geräte rechtfertigen lassen, muss der Computer hingegen für den Lernprozess ein Gewinn darstellen. Ob er diesen Lernprozess erleichtert, den Schülerinnen und Schüler mehr Freiheiten und eine größere Selbstständigkeit ermöglicht oder auch andere

Wege im Vorgehen eröffnet, ist hierbei nicht von Bedeutung. Wenn allerdings der Einsatz nur zusätzlich zum gewöhnlichen Unterricht erfolgt und die Lösung der Aufgaben zusätzlich mehr Zeit in Anspruch nimmt, sollte man besser auf den Einsatz verzichten.

Die Gründe, die Kolleginnen und Kollegen bewegten, die Notebooks so im Unterricht zu verwenden, kann die vorliegende Untersuchung nicht aufzeigen. Zu wissen, mit welchen Maßnahmen ein Umdenken beim Einsatz des Computers erreicht werden kann, wäre für die weitere Entwicklung des Computereinsatzes sehr wichtig.

Notebookprojekte

Eine Problematik des begleiteten Notebookprojektes soll an dieser Stelle kurz dargestellt werden. In diesem Notebookprojekt wurden viel Zeit und Energie auf den technischen Bereich verwendet. Natürlich hätte ohne eine ordentliche Ausstattung der Schulen überhaupt kein Notebookprojekt stattfinden können. Weitere für ein erfolgreiches Projekt wichtige Bereiche, wie z. B. die Weiterbildung der Kolleginnen und Kollegen und die Unterstützung der Schulen bei der methodischen und didaktischen Verankerung der Geräte im Unterrichtsalltag, wurden nicht im ausreichenden Maße berücksichtigt (vgl. Heinen u. a., 2011). Das die Ausstattung nicht unbedingt im Mittelpunkt eines Projektes stehen muss, zeigt das Projekt „One Laptop Per Child“[53] welches als Ausbildungsprojekt angelegt ist.

Die Weiterbildung erfolgte nur am Rande und die Durchführung und Planung von Fortbildungen wurde den Schulen weitgehend überlassen. Zentrale Tagungen mit den beteiligten Lehrerinnen und Lehrer gab es nur einmal in Schuljahr. Es gab im Projekt viele engagierte Kolleginnen und Kollegen, die meisten hatten allerdings nur wenig Erfahrung im Umgang mit Computern im Unterricht. Dieses wurde immer wieder im Laufe der Untersuchung im Unterricht und in den Gesprächen deutlich. So wurde z. B. von einem Kollegen kleinschrittig und gemeinsam mit der ganze Klasse ein Diagramm in Excel erstellt. Die einzelnen Befehle wurden vom Kollegen erklärt und anschließend hat er

[53] http://one.laptop.org/.

noch einzelnen Schülerinnen und Schülern geholfen. Erst danach wurde dann der nächste Schritt erklärt und durchgeführt. Durch diese ständigen Unterbrechungen hat die Erstellung eines Diagramms fast die gesamte Unterrichtsstunde in Anspruch genommen und die meisten Schülerinnen und Schüler mussten immer wieder auf einzelne warten. Dieses zweifelhafte methodische Vorgehen hat der Kollege nur in Zusammenhang mit dem Notebookeinsatz gezeigt. Im übrigen Unterricht hat er Erklärungsphasen und Phasen der Umsetzung und Erarbeitung sauber getrennt. Diese Unterschiede im Vorgehen deuten auf Unsicherheiten in der Computernutzung hin. Der Kollege hat in diesem Fall den Schülerinnen und Schüler nicht zugetraut, nach einer gemeinsamen Einführung die einzelnen Schritte selbst auszuführen. Für einen erfolgreichen Einsatz von Notebooks im Unterricht müssen Lehrerfortbildungen auf ganz verschiedenen Ebenen durchgeführt werden. Einerseits müssen die Nutzungsmöglichkeiten der einzelnen Programme thematisiert werden, andererseits muss ein sinnvoller methodischer und didaktische begründeter Einsatz Inhalt von Fortbildungen sein. Gerade der letzte Bereich muss in den nächsten Jahren intensiviert werden. Auch muss in der Schule ein Konsens erreicht werden, mit welchen Zielen das Notebook überhaupt verwendet wird.

Rhythmisierung des Schultages

Neben der notwendigen Einstellung und den Kenntnissen der Lehrerinnen und Lehrer ist es wichtig, dass die Schule den Rahmen für eine Veränderung von Unterricht schafft. Hiermit ist nicht nur gemeint, dass die notwendige Peripherie, wie Beamer, Netzwerke, Stromversorgung und Server aufgebaut werden, sondern auch die Schulstruktur sich auf die neuen Möglichkeiten und Anforderungen einstellt. In allen untersuchten Schulen wurde im 45 Minuten Takt gearbeitet. Durch diese zeitliche Struktur des Schultages sind viele zeitlich umfangreiche Aufgaben, besonders aus den Bereichen des Problemlösens und des Modellierens, nur schwer umzusetzen. Das Bearbeiten und Lösen von komplexen Aufgaben braucht Zeit, die oft in einer klassischen Unterrichtsstunde nicht gegeben ist. Diese Problematik erkennen immer mehr Schulen in Niedersachsen und führen längere Unterrichtsstunden ein. Hierbei gibt es ganz unterschiedliche Modelle von 60 über 80, 85 und 90 „Minutenstunden“ (vgl. Borowski u. a., 2010; Fischer, 2010). Der Einsatz von Computern im Unterricht nimmt bei der Entscheidung über die Länge der Unterrichtsstunde nur eine untergeordnete Rolle ein. Es ist aber deutlich, dass die Vorteile des Einsatzes von Computern bei Problemlöseprozessen oder Modellierungen nicht in Unterrichtsstunden von nur 45 Minuten zum Tragen kommen.

9.4 Computernutzung und Testleistungen

In einer zweiten Untersuchung wurde eine Schülerbefragung durchgeführt. Diese Befragung wurde zusammen mit einem freiwilligen Test an allen Gesamtschulen in Niedersachsen verteilt. Ziel der Befragung war es, die Vermutung von Korrelationen zwischen der heimischen Computernutzung der Schülerinnen und Schüler und den Testsleistungen im Mathematikunterricht nachzuweisen. Zwei Lehrerkommissionen erstellten Tests für die IGS, den KGS G-Zweig und den KGS R-Zweig. Ein weiteres Ziel dieser zentral organisierten Tests war es, die Schulen auf die ersten zentralen Abschlussprüfungen im darauf folgenden Jahr vorzubereiten. Am Test beteiligten sich 23 Kooperative- und 14 Integrative Gesamtschulen mit insgesamt 3478 Schülerinnen und Schüler aus der neunten Klassenstufe. Hiervon konnten von 2125 Schülerinnen und Schülern aus 25 Schulen die Fragebögen ausgewertet werden.

Zusammengefasst zeigten die Daten keine Beziehung zwischen der heimischen Computernutzung der Schülerinnen und Schüler und den mathematischen Leistungen. Weder die postulierten Gemeinsamkeiten zwischen der Computernutzung und dem Lösen von mathematischen Aufgaben – so erfordert z. B. das Arbeiten mit einer Programmiersprache einen Umgang mit Algorithmen und Prozeduren, außerdem müssen Modellierungen der Fragestellungen auf die Programmiersprache vorgenommen werden – konnten nicht bestätigt werden. Noch konnte zwischen einer umfangreichen Computernutzung zum Spielen und Zeitvertreib und schlechten mathematischen Leistungen eine Korrelation nachgewiesen werden. Diese Untersuchung unterstützt die These von Fuchs und Wößmann (2005), dass es Faktoren, wie z. B. den sozialen Hintergrund und die Ausstattung der Schule gibt, die die Leistungen der Schülerinnen und Schüler im viel größeren Maße beeinflussen als die Computernutzung.

Nutzung des Computers im Unterricht

Durch die Befragung wurde weiter deutlich, das der Computereinsatz im Mathematikunterricht immer noch eine untergeordnete Rolle spielt. Wie die Daten der Schülerbefragung zeigten, beschränkte sich der Einsatz auf wenige Stunden im Schuljahr. Warum wurde der Computer nicht stärker im Unterricht verwendet? Ein Grund ist sicherlich die Ausbildung der Lehrkräfte, viele, besonders ältere Kollegen und Kolleginnen wurden während des Studiums noch nicht am Computer ausgebildet. So ist das Lesen und Beantworten von Emails im Kollegium, selbst heute noch, alles andere als selbstverständlich. Man kann natürlich sagen, dass sich dieses Problem mit dem Generationenwechsel von selbst erledigt. Aber auch bei vielen jungen Kolleginnen und Kollegen ist die Nutzung von Computern im Unterricht nicht selbstverständlich. Es gibt keine Sek. I - Schule mehr, die nicht mit Computerräumen oder Notebooks ausgestattet ist. Es ist aber ein relativ großer Aufwand, diese Räume im Unterricht zu nutzen. Da viele Klassen und Kurse auf die einzelnen Räume zugreifen wollen und besonders im Informatikunterricht auch müssen, muss eine Nutzung längerfristig geplant werden und auch mit dem Stundenplan kompatibel sein. Eine weitere Schwierigkeit ist, dass viele Computerräume nicht für einen Wechseln von Arbeitsphasen mit und ohne Computernutzung ausgelegt sind.

Zur Zeit wird die normale Tafel zunehmend von „interaktiven Tafeln“ verdrängt. Bei „interaktiven Tafeln“ wird eine Verbindung zwischen Computer und Bildschirmprojektion hergestellt. Somit muss man nicht mehr über eine Tastatur oder Maus Eingaben vornehmen, sondern kann direkt über die Projektion mit dem Rechner agieren. Diese Tafeln sind mit einem Touchscreen-Monitor vergleichbar. Zur Ausstattung gehören ein Computer oder Notebook, ein Beamer und meistens eine spezielle Tafel. Wie bei allen Neuerungen hat auch diese ihre Vor- und Nachteile. Ob allerdings die hohen Kosten sich auch in einer Verbesserung des Unterrichts ausdrücken, bleibt abzuwarten. Damit die neuen Geräte auch in der Schule genutzt werden, werden in vielen Schulen die alten Tafeln durch die neuen ersetzt. Somit hat die Lehrkraft nicht mehr die Wahl, sondern muss in einigen Räumen mit dieser neuen Form der Tafel arbeiten. Vielleicht ist dieser Zwang notwendig, um überhaupt eine Veränderung zu erreichen.

Die Hoffnung, dass durch eine veränderte technische Ausstattung automatisch eine produktive Nutzung einhergeht, ist auch im Bericht der Deutschen Internet-Enquete-Kommission zu finden:

„Wenn erst jeder Schüler seinen (Lern-)Computer mit in den Unterricht bringt, werden alle Beteiligten dazu gezwungen sein, sich mit dem Internet auseinander zu setzen. Und so die Bildungschancen des Netzes fächerübergreifend zu nutzen“ (Enquete-Kommission Internet und digitale Gesellschaft, 2011, S. 4).

Bei den Notebookklassen gab es allerdings alleine durch die technische Ausstattung keine Katalysatorwirkung, wie die Daten dieser Studie gezeigt haben, sodass es fraglich ist, ob der Zwang der Nutzung ausreicht, um im Unterricht Verbesserungen zu erreichen.

Lernsoftware

Der Markt an Lernsoftware und Arbeitsmaterialien im Internet oder aus den Verlagen ist mittlerweile kaum noch zu überblicken. Diese Programme wurde besonders für die heimische Nutzung entwickelt. Bei der Schülerbefragung lag allerdings die Nutzung solcher Software bei unter 10 %. Wie sich der Einsatz von Lernsoftware auf die schulischen Leistungen und auf den Nachhilfemarkt insgesamt auswirkt, konnte in der Befragung nicht untersucht werden. Besonders durch das Internet ist in den letzten Jahren das kommerzielle und kostenlose Angebot stark gestiegen. Weniger ist aber in vielen Bereichen oft mehr. Einzelne Kolleginnen und Kollegen sind nicht in der Lage, alle guten und weniger guten Materialien zu sichten und für den Unterricht auszuwählen. Empfehlungen gibt es meistens nur von anderen Lehrkräften. Eine Plattform, die kritisch die Materialien prüft und beurteilt, ist mir nicht bekannt.

9.5 Ausblick

Mit der Einführung der Bildungsstandards soll die Qualität des Unterrichts gesteigert werden. Hierzu geben die Bildungsstandards einen klaren Rahmen für die zu erreichenden Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Durch diesen Rahmen wird eine Überprüfung möglich, und damit ist das Ziel verbunden, *„ein transparentes System zur Qualitätssicherung in Deutschland zu etablieren.“*(Walther u. a., 2011a, S. 11) Außerdem sollen durch die Bildungsstandards Impulse für den konkreten Unterricht gegeben werden (vgl. KMK, 2004a).

Die analysierten Daten dieser Studie geben einen Einblick in den alltäglichen Mathematikunterricht. Die regelmäßigen, über ein Jahr verteilten, Hospitationen gaben einen Einblick in den herkömmlichen Unterricht der beteiligten Lehrerinnen und Lehrer. Hierdurch ist es jetzt möglich zu evaluieren, ob die Bildungsstandards Impulse für den Unterricht gegeben haben. Die Datenauswertung hat deutlich gezeigt, dass durch die im Unterricht eingesetzten Aufgaben nicht alle Kompetenzen und Anforderungsbereiche im Sinne der Bildungsstandards abbildet wurden. Ob jetzt die Einführung der Bildungsstandards Auswirkungen auf den Unterricht und somit auf die Aufgaben hatte, kann nun durch eine zweite, anschließende Studie ermittelt werden. Durch die vorliegende Arbeit hierfür die Grundlage gelegt sowohl für die Erfassung von Daten durch die erarbeitete Aufgabenklassifikation als auch für einen Vergleich des untersuchten Standes aus den Jahren 2003 und 2004 mit dem Ist-stand.

„Die Länder werden künftig verstärkt den Blick auf die Umsetzung der nationalen Bildungsstandards im konkreten Schulunterricht richten. „Die Länder unterziehen sich dabei einer Selbstkontrolle hinsichtlich der Lehrerausbildung und Lehrerfortbildung. Wir wollen uns ein aussagekräftiges Bild darüber verschaffen, inwieweit die Bildungsstandards im Unterrichtsalltag verankert sind“, erklärte der Präsident der Kultusministerkonferenz, Dr. Ludwig Spaenle.

Es sollen Evaluierungsinstrumente entwickelt werden, mit denen die Länder erfassen können, wie sich das Unterrichtsgeschehen seit der Einführung der Bildungsstandards entwickelt und verändert hat. „Um dieses Projekt angehen zu können, bedarf es einer *fundierten wissenschaftlicher Begleitung", betonte der Präsident."* (KMK, 2010, S. 1)

Durch diese Arbeit ist ein Instrument entwickelt worden, welches die Forderungen nach einer Evaluierung der Bildungsstandards ermöglicht. Es kann nicht nur erfasst werden, wieweit die Bildungsstandards im Mathematikunterricht verankert sind, sondern auch wie sich der Unterricht nach der Einführung der Bildungsstandards weiter entwickelt hat.

Zudem konnte durch die Untersuchung der Notebooknutzung nachgewiesen werden, dass viele hohe Erwartung, die an die Ausstattung der Schulen mit Computern verbunden waren, sich so nicht erfüllt haben und sich wohl nicht erfüllen lassen (vgl. n-21, 2001; Reiss und Weigand, 2001). Es wurde deutlich, dass nicht die Ausstattung der Schulen allein zu einem anderen, besseren und erfolgreicheren Unterricht führt. Diese Veränderungen können, dies drängt sich auf, nur durch eine veränderte Struktur der Lehrerarbeit erreicht werden. Solange Lehrerinnen und Lehrer überwiegend alleine an der Planung und Durchführung des eigenen Unterrichts arbeiten, wird die umfangreiche und vielschichtige Arbeitsbelastung viele Erneuerungen im Unterricht blockieren. Erst durch die gemeinsame Arbeit können die unterschiedlichen Stärken aller Beteiligten genutzt und Synergieeffekte auftretten (vgl. Gräsel u. a., 2006; Bastian und Seydel, 2010; Fichten, 2010). Es gibt bereits verschiedene Projekte[54] die u. a. die Kooperation von Lehrerinnen und Lehrer unterstützen. Durch diese projektmäßige Verankerung der Unterrichtsentwicklung wird die Bedeutung der Unterrichts für die Schule wieder deutlich. In fast allen Schulen werden an vielfältigen Projekten gearbeitet. Die konzeptionelle Weiterentwicklung des Fachunterrichts wird meistens dem jeweiligen Kollegen/der jeweiligen Kollegin überlassen. Aus meiner Sicht kann eine dauerhafte Veränderung der Unterrichtskultur

[54] Beispiele hierfür sind das Projekt „NIQU" Netzwerk Integrierter Gesamtschulen zu Qualitätsverbesserung im Unterricht (http://www.niqu-region-hannover.de), das Projekt „SeGeL" Selbstgesteuertes Lernen (http://www.die-frankfurt.de/segel/index.html), das Projekt „Sinus-Transfer" (http://www.sinus-transfer.de) oder auch das Projekt „Stratum" Strategies for Teaching Understanding in and through Modelling (Maaß und Mischo, 2011) (https://www.ph-freiburg.de/stratum/index.php/start.html).

nicht durch partielle Fortbildungen, sondern nur durch eine gemeinsame Arbeit der Kolleginnen und Kollegen einer Schule am Unterricht selbst erreicht werden. Diese Arbeit untersützen dann Lehrerfortbildungen und schulübergreifende Kooperationen. Wichtig ist die Einbettung von Fortbildungen in einem Prozess, in dem ein gemeinsames Ziel immer wieder in den Mittelpunkt von Veranstaltungen genommen wird. Das Durchführen von einzelnen isolierten Fortbildungen kann zwar kurzfristig Erneuerungen bewirken, eine nachhaltige Wirkung ist allerdings durch eine einmalige Veranstaltung nicht zu erreichen.

Schließen möchte mit einer Aussage von Eberhard Lehmann aus einer Podiumsdiskussion 1995 in Wolfenbüttel (zitiert aus Bender und Schwill, 1995, S. 1):

„Guter Unterricht wird durch Computeralgebrasysteme noch besser, schlechter Unterricht noch schlechter“.

Diese Aussage lässt sich auch auf den Computereinsatz allgemein übertragen:

Guter Unterricht wird durch den Einsatz von Computern noch besser,
schlechter Unterricht noch schlechter.

Literaturverzeichnis

Angrist, Joshua ; Lavy, Victor: New Evidence on Classroom Computers and Pupil Learning. In: *The Economic Journal* 112 (2002), S. 735–765

Bastian, Johannes ; Seydel, Otto: Teamarbeit und Unterrichtsentwicklung. In: *Pädagogik* 62 (2010), Nr. 1, S. 6–9

Baumert, Jügen ; Klieme, Eckhard ; Neubrand, Michael ; Prenzel, Manfred ; Schiefele, Ulrich ; Schneider, Wolfgang ; Stanat, Petra ; Tillmann, Klaus-Jürgen ; Weiss, Manfred: *Schülerleistungen im internationalen Vergleich. PISA 2000.* 2001

Baumert, Jügen ; Klieme, Eckhard ; Neubrand, Michael ; Prenzel, Manfred ; Schiefele, Ulrich ; Schneider, Wolfgang ; u. a.: Das Lernen Lernen. Voraussetzungen für Lebensbegleitendes lernen. Ergebnisse von PISA 2000. In: *<http://www1.oecd.org/publications/e-book/9603105E.pdf>* (2004), 2004-08-20

Baumert, Jügen ; Prenzel, Cordula ; Blum, Werner ; u. a.: PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. In: *<http://pisa.ipn.uni-kiel.de/Zusfsg_PISA2006_national.pdf>* (2006), 2009-05-10

Baumert, Jürgen ; Blum, Werner ; Jordan, Alexander ; Neubrand, Michael ; u. a.: *Klassifikation für Mathematikaufgaben: Dokumentation der Aufgabenklassifikation im COACTIV-Projekt.* Berlin : Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, 2006

Baumert, Jürgen ; Lehmann, Rainer ; Lehrke, Manfred: *TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich: deskriptive Befunde.* Opladen : Leske + Budrich, 1997

Beaton, Albert: *Mathematics achievement in the middle school years: IES's third international mathematics and science study (TIMSS).* Chestnut Hill : Boston College, 1996

Becker, Jerry ; Shimada, Shigeru: *The open-ended approach.* Reston : National Council of Teachers of Mathematics, 1997

Bender, Peter ; Schwill, Andreas: Stiften Comptueralgebrasysteme Sinn? Zusammenfassung und Einschätzung der Podiums- und Plenumsdiskussion im Rahmen der 13. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematik und Informatik“ der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik e. V. 1995 in Wolfenbüttel. In: *<ddi.cs.uni-potsdam.de/didaktik/Forschung/Wolfenbuettel95.pdf>* (1995), 2003-07-15, S. 1–9

Blick über den Zaun: Aufruf für einen Verband reformpädgogischen engagierter Schulen. In: <*http://www1.oecd.org/publications/e-book/9603105E.pdf*> (2003), 2004-10-18

Blodgett, H. ; Moe, M: *The knowlegde web.* Washington : Merril Lynch, 2000

Bloom, Benjamin (Hrsg.): *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I. Cognitive Domain.* New York : McKay, 1956

Bloom, Benjamin (Hrsg.) ; Hastings, Thomas (Hrsg.) ; Madaus, George (Hrsg.): *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning.* New York : McGraw-Hill, 1971

Bloom, Benjamin S.: *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich.* Bd. 4. Weinheim Beltz, 1974

Blum, Werner: *Die Bildungsstandards Mathematik.* S. 14–32. In: Blum, Werner (Hrsg.) ; Drüke-Noe, Christina (Hrsg.) ; Hartung, Ralph (Hrsg.) ; Köller, Olaf (Hrsg.): *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundardstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichtsanregungen, Fortbildungsideen*, Cornelsen Verlag Srciptor, 2006

Blum, Werner ; Leiss, Dominik ; Messner, Rudolf ; Pekrun, Reinhard ; Schukajlow, Stanislaw: The Role of the Situation Model in Mathematical Modelling - Task Analyses, Student Competencies and Teacher Interventions. In: *Journal für Mathemati-Didaktik* 31 (2010), Nr. 1, S. 119–141

Blum, Werner ; Wiegand, Bernd: Offene Aufgaben - wie und wozu? In: *mathematik lehren* 100 (2000), S. 52–55

Borowski, Andreas ; Fischer, Hans ; Trende, Georg ; Wackermann, Rainer: Rhythmisieren als kontinuierlicher Prozess. In: *Pädagogik* 62 (2010), Nr. 3, S. 22–25

Borromeo Ferri, Rita ; Blum, Werner ; Leiss, Dominik: Der Modellierungskreislauf unter kognitionspsychologischer Perspektive. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht* (2006), S. 53–55

Brophy, Jere ; Good, Thomas: *Teacher-student relationships: causes and censequences.* Holt, Rinehart and Winston, 1974

Bruder, Regina: Problemlösen lernen - aber wie? Ein altes, aber nicht befriedigend gelöstest Thema? In: *mathematik lehren* 52 (1992), S. 6–12

Bruder, Regina: Akzentuierte Aufgaben und heuristische Erfahrungen - Wege zu einem anspruchsvollen Mathematikunterricht. In: Flade, Lothar (Hrsg.) ; Herget, Wilfried (Hrsg.): *MATHEMATIK. Lehren und Lernen nach TIMSS, Anregungen für die Sekundarstufen.* Berlin : Volk und Wissen, 2000, S. 69–78

BRUDER, Regina: Problemlösen im Mathematikunterricht - ein Lernangebot für alle? In: *Mathematische Unterrichtspraxis* 1 (2000), S. 2–11

BRUDER, Regina: Methoden und Techniken des Problemlösenlernens. In: <*http://www.math-learning.com*> (2003), 2004-08-28

BRUDER, Regina ; BÜCHTER, Andreas ; LEUDERS, Timo: Die „gute“ Mathematikaufgabe - ein Thema für die Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht.* Hildesheim : Franzbecker Verlag, 2005, S. 139–146

BRUDER, Regina ; KOMOREK, Evelyn: Mit Hausaufgaben Lernprozesse unterstützen. In: BRUDER, Regina (Hrsg.) ; LEUDERS, Timo (Hrsg.) ; BÜCHTER, Andreas (Hrsg.): *Mathematikunterricht entwickeln. Bausteine für kompetenzorientiertes Unterrichten.* Berlin : Cornelsen Verlag Scriptor, 2008, S. 80–102

CLAUSEN, Marten ; REUSSER, Kurt ; KLIEME, Eckhard: Unterrichtsqualität auf der Basis hoch-inferenter Unterrichtsbeurteilungen. In: *Unterrichtswissenschaft* 31 (2003), Nr. 2, S. 122–141

DÖRNER, Dietrich: *Problemlösen als Informationsverarbeitung.* 3. Auflage. Stuttgart : Kohlhammer, 1987

DOYLE, Walter: Work in Mathematics Classes: The Context of Students' Thinking During Instruction. In: *Educational Psychologist* 2 (1988), S. 167–180

DUNCKER, Karl: *Zur Psychologie des produktiven Denkens.* 3. Auflage. Berlin : Springer, 1974

ENQUETE-KOMMISSION INTERNET UND DIGITALE GESELLSCHAFT: Zweiter Zwischenbericht der Enquete-Kommission Internet und digitale Gesellschaft. Medienkompetenz. In: <*http://www.bundestag.de/internetenquete/dokumentation/Medienkompetenz/index.jsp*> (2011), 2012-01-10, S. 1–60

FICHTEN, Wolfgang: Handlungsdruck - Veränderungswunsch - Teamarbeit. Die notwendigen Veränderungen gemeinsam anpacken. In: *Pädagogik* 62 (2010), Nr. 1, S. 20–23

FISCHER, Gerhard: Ein neues Stundenraster - Element einer anderen Lernkultur. Erfahrungen mit der Umstellung auf die 60-Minuten-Stunde. In: *Pädagogik* 62 (2010), Nr. 3, S. 10–13

FÖRSTER, Frank: Vorstellungen von Lehrerinnen und Lehrern zu Anwendungen im Mathematikunterricht - Darstellung und erste Ergebnisse einer qualitativen Fallstudie. In: *Der Mathematikunterricht* 45 (2002), Nr. 4/5, S. 45–72

FREUDENTHAL, Hans: *Didactical phenomenology of mathematical structures.* Dordrecht, Holland : Reidel, 1983

Fuchs, Thomas ; Wössmann, Ludger: Computer können das Lernen bedindern. In: *ifo Schnelldienst* 18 (2005), S. 16–23

Gräsel, Cornelia ; Pröbstel, Christian ; Freienberg, Julia ; Parchmann, Ilka: Anregungen zur Kooperation von Lehrkräften im Rahmen von Fortbildungen. In: Prenzl, Manfred (Hrsg.) ; Allolio-Näcke, Lars (Hrsg.): *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*, Maxmann Münster, 2006, S. 310–329

Greefrath, Gilbert: Offene Aufgaben mit Realitätsbezug. In: *mathematica didactica* 27 (2004), Nr. 2, S. 19–38

Grigutsch, Stefan ; Raatz, Ulrich ; Törner, Günter: Einstellungen gegenüber Mathematik bei Mathematiklehrern. In: *Journal für Mathemati-Didaktik* 19 (1998), Nr. 1, S. 3–45

Groeben, von der A.: *Verschiedenheit nutzen. Besser lernen in heterogenen Gruppen.* Cornelsen Verlag Srciptor, 2008

Harris, Courtenay ; Straker, Leon: Survey of physical ergonomics issues associated with school childrens' use of laptop computers. In: <*http://education.umn.edu/kls/ecee/pdfs/IJIEchildlap2000.pdf*> (2000), 2003-07-21

Hasemann, Klaus: *Individuelle mathematische Denkprozesse. Eine empirische Untersuchung zur Überprüfung der Zuverlässigkeit des „concept mapping“.* Hannover : Theorie und Praxis, 1992

Heinen, Richard ; Stratmann, Jörg ; Kerres, Michael: Von der Notebook-Klasse zur Medienschule. In: *Computer + Unterricht* 21 (2011), Nr. 81, S. 6–9

Helmke, Andreas: *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern.* 5. Stuttgart Seelze : Klett Kallmeyer, 2007

Herget, Wilfried ; Jahnke, Thomas ; Kroll, Wolfgang: *Produktive Aufgaben für den Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I.* Berlin : Cornelsen Verlag, 2008

Herrmann, Ulrich: Fördern „Bildungsstandards“ die allgemine Schulbildung? In: Rekus, Jürgen (Hrsg.): *Bildungsstandars. Kerncurricula und die Aufgabe der Schule.* Münster : Aschendorff Verlag, 2005, S. 24–52

Heuvel-Panhuizen, Marja van d.: The learning paradox and the learning miracle: thoughts on primary school mathematics education. In: *Journal für Mathemati-Didaktik* 24 (2003), Nr. 2, S. 96–121

Heuvel-Panhuizen, Marja van d. ; Köller, Olaf ; Granzer, Dietlinde: *Bildungsmonitoring und Lernstandsbestimmung.* S. 184–202. In: Walther, Gerd (Hrsg.) ; Heuvel-Panhuizen, Marja von d. (Hrsg.) ; Granzer, Dietlinde (Hrsg.) ; Köller, Olaf (Hrsg.): *Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret*, Cornelsen Verlag Srciptor, 2011 (5)

HEYMANN, Hans W.: *Allgemeinbildung und Mathematik.* Weinheim : Beltz Verlag, 1996

HOFFMANN, Michael: Learning from people, things, and signs. In: *Studies in Philosophy and Education* (2007), Nr. 26/3, S. 185–204

HOLE, Volker: *Erfolgreicher Mathematikunterricht mit dem Computer.* Donauwörth : Auer, 1998

HOSENFELD, Annette ; HELMKE, Andreas ; HEYNE, Nora ; LIPOWSKY, Frank: Praxisworkshop. Videostuiden in der empirischen Utnerrichtsforschung. In: MÖLLER, Kornelia (Hrsg.) ; HANKE, Petra (Hrsg.) ; BEINBRECH, Christina (Hrsg.) ; HEIN, Anna (Hrsg.) ; KLEICKMANN, Thilo (Hrsg.) ; SCHAGES, Ruth (Hrsg.): *Qualität von Grundschulunterricht entwickeln, erfassen und bewerten.* Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2007, S. 305–311

HUSÉN, Torsten (Hrsg.): *International study of achievement in mathematics : a comparison of twelve countries. Vol. 1, Vol. 2.* Stockholm : Almqvist & Wiksell, 1967

IQB: Handreichung VERA 8 Mathematik 2009. In: *<http://www.isq-bb.de/uploads/media/VERA8-09-Ma_Handreichung_DRUCK_01.pdf>* (2009), 2010-05-20

JORDAN, Alexander ; KRAUSS, Stephan ; LÖWEN, Katrin ; BLUM, Werner ; NEUBRAND, Michael ; BRUNNER, Martin ; KUNTER, Mareike ; BAUMERT, Jürgen: Aufgaben im COACTIV-Projekt: Zeugnisse des kognitiven Aktivierungspotentials im deutschen Mathematikunterricht. In: *Journal für Mathematik-Didaktik* 29 (2008), Nr. 2, S. 83–107

KAISER, Gabriele ; KORNELLA, Magdalena ; ROSS, Natalie: Evaluation des Hamburger SINUS-Projekts von 2001-2003. Ergebnisse der Untersuchung der beteiligten Lehrerinnen und Lehrer aus den Jahrgangsstufen 7-9. In: *<http://www.erzwiss.uni-hamburg.de/Personal/GKaiser/pdf-forsch/SINUS-Bericht-2.pdf>* (2005), 2010-12-04, S. 1–149

KIRKPATRICK, Heather ; CUBAN, Larry: Computer Make Kids Smarter - Right? In: *<http://www.technos.net/tq_07/2cuban.htm>* (1998), 2005-10-18

KLIEME, Eckhard ; AVENARIUS, Hermann ; WERNER, Blum ; DÖBRICH, Peter ; U. A.: *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards.* Berlin : BMBF, 02 2003

KLIEME, Eckhard ; SCHÜMER, Gundel ; KNOLL, Steffen: Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung. In: KLIEME, Eckhard (Hrsg.) ; BAUMERT, Jürgen (Hrsg.): *TIMSS - Impulse für Schule und Unterricht.* Bonn : Bundesminsiterium für Bildung und Forschung, 2001, S. 43–57

KMK (Hrsg.): *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss.* Luchterhand, 2003

KMK (Hrsg.): *Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangstufe 10).* 2003

KMK (Hrsg.): *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung.* Luchterhand, 2004

KMK (Hrsg.): *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Hauptschulabschluss (Jahrgangsstufe 9).* Luchterhand, 2004

KMK (Hrsg.): *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. (Jahrgangsstufe 4).* Luchterhand, 2004

KMK: Ergebnisse der 329. Plenarsitzung der Kultusministerkonferenz am 4. März 2010 in Berlin. In: *<http://www.kmk.org/presse-und-aktuelles/meldung/ergebnisse-der-329-plenarsitzung-der-kultusministerkonferenz-am-4-maerz-2010-in-berlin.html>* (2010), 2012-01-03

Köller, Olaf: Bildungsstandards. In: *Schulmanagement* 40 (2009), Nr. 3, S. 8–12

Köster, Egon: *Problemlösen als Lernhandlung.* Hamburg : Verlag Dr. Kovac, 1994

Krauthausen, Günter: *Entwicklung arithmetischer Fertigkeiten und Strategien : Kopfrechnen und halbschriftliches Rechnen.* S. 100–117. In: *Handbuch Rechenschwäche*, Beltz Verlag, 2009

Leiss, Dominik ; Blum, Werner: *Beschreibung zentraler mathematischer Kompetenzen.* S. 33–50. In: Blum, Werner (Hrsg.) ; Drüke-Noe, Christina (Hrsg.) ; Hartung, Ralph (Hrsg.) ; Köller, Olaf (Hrsg.): *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundardstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichtsanregungen, Fortbildungsideen*, Cornelsen Verlag Scriptor, 2006

Lerman, Stephen: Situating Research on Mathematics Teachers' Beliefs and on Change. In: Kluwer, Dordrecht (Hrsg.): *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?*, Leder, Gilah and Pehkonen, Erkki and Törner, Günter, 2002, S. 233–243

Lowther, Deborah ; Ross, Steven ; Morrision, Gary: When each one has one: the influence on teaching strategies and student achievement of using laptops in the classroom. In: *Educational Technology Research and Development* 3 (2003), S. 23–44

Maass, Katja ; Mischo, Chritoph: Implementing Modelling into Day-to-Day Teaching Practice - The Projekt STRATUM and its Framework. In: *Journal für Mathemati-Didaktik* 32 (2011), Nr. 1, S. 130–131

Manheim, J.: *Report of the USA on the mathematics section of the Crossnational Project on the Evaluation of Achievement.* Manuscript. University of Chicago, 1961

McNeil, Linda: *Contradictions of school reform. Educaitonal costs of standardized testing.* New York : Routledge, 2000

N-21 (Hrsg.): *Lernen mit Notebooks. Perspektiven für zukunftfähiges Lernen?* Werkstattberichte 2, 2001

N-21: Ausschreibung Notebooks im Schulranzen - 1000mal1000. In: <*http://www.n-21.de/regionen/ausschreibung.pdf*> (2002), 2003-04-22, S. 1–4

NCTM ; MATHEMATICS, National C. of Teachers of (Hrsg.): *Curriculum and evaluation standards for mathematics.* Restion, 1989

NCTM ; MATHEMATICS, National C. of Teachers of (Hrsg.): *Principles and standards for school mathematics.* Reston, 2000

NEUBRAND, Johanna: *Eine Klassifikation mathematischer Aufgaben zur Analyse von Unterrichtssituationen. Selbsttätiges Arbeiten in Schülerarbeitsphasen in den Stunden der TIMSS-Video-Studie.* Hildesheim : Franzbecker Verlag, 2002

NEUBRAND, Michael (Hrsg.): *Mathematische Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in Deutschland.* Wiesbaden : VS Verlag, 2004

NEUBRAND, Michael ; KLIEME, Eckhard ; LÜDTKE, Oliver ; NEUBRAND, Johanna: Kompetenzstufen und Schwierigkeitsmodelle für den PISA-Test zur mathematischen Grundbildung. In: *Unterrichtswissenschaft* 30 (2002), Nr. 2, S. 100–119

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.): *Rahmenrichtlinien für das Gymnasium. Klassen 7-10. Mathematik.* Hannover, 1989

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.): *Rahmenrichtlinien für die Hauptschule. Mathematik.* Hannover, 1989

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.): *Rahmenrichtlinien für die Realschule. Mathematik.* Hannover, 1992

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.): *Rahmenrichtlinien für das Gymnasium. Schuljahrgänge 7-10. Mathematik.* Hannover, 2003

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.): *Kerncurriculum für das Gymnasium. Schuljahrgänge 5-10.* Hannover, 2006

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.): *Kerncurriculum für die Hauptschule Schuljahrgänge 5 - 10.* Hannover, 2006

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.): *Kerncurriculum für die Realschule Schuljahrgänge 5 - 10.* Hannover, 2006

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hrsg.): *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule. Schuljahrgänge 5-10.* Hannover, 2012

NOCKER, Robert: Der Einfluß von Computeralgrebrasystemen auf die Unterrichtsmethoden und die Schüleraktivitäten. In: MÜLLER, Kurt P. (Hrsg.): *Beiträge zum Mathematikunterricht.* Hildesheim : Franzbecker Verlag, 1996, S. 325–328

NOHIDA, Nobuhiko: Teaching and evaluating using „open-ended problems“ in classroom. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 2 (1995), S. 57–61

OECD ; PISA-KONSORTIUM, Deutsche (Hrsg.): *Schülerleistungen im internationalen Vergleich. Eine neue Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten.* Berlin : Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, 2000

OECD: Lernen für das Leben. Erste Ergebnisse der internationalen Schulleistungsstudie PISA 2000. In: <*http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/44/31/33691612.pdf*> (2001), 2005-05-10

OECD: Lernen für die Welt von morgen. Erste Ergebnisse von Pisa 2003. In: <*www.pisa.oecd.org/dataoecd/18/10/34022484.pdf*> (2004), 2005-10-16

PASSECK, Hanna ; PÖHLER, Birte ; SEYER, Anette: *Grundfähigkeiten fördern: Kopfrechnen.* AOL-Verlag, 2011

PEHKONEN, Erkki: Offene Probleme: Eine Methode zur Entwicklung des Mathematikunterrichts. In: *Der Mathematikunterricht* 6 (2001), S. 60–74

PINKERNELL, Guido ; BRUDER, Regina: CAS in der Sekundarstufe I - Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht* (2011), S. 627–630

POLYA, George: *Vom Lösen mathematischer Aufgaben.* Bd. 1. Basel : Birkhäuser, 1966

REGENBRECHT, Aloysius: Sichern Bildungsstandards die Bildungsaufgabe der Schule? In: REKUS, Jürgen (Hrsg.): *Bildungsstandars. Kerncurricula und die Aufgabe der Schule.* Münster : Aschendorff Verlag, 2005, S. 53–76

REIBOLD, Julia ; BRUDER, Regina: Ein binnendifferenzierendes Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I im Projekt MABIKOM: Unterrichtsbeispiele und erste Evaluationsergebnisse. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht* (2010), S. 685–688

REISS, Kristina ; WEIGAND, Hans-Georg: PISA. Presseerklärung der GDM zur Veröffentlichung der Testergebnisse 5.12.2001. In: <*www.mathematik.de/ger/presse/pressestimmen/pdf/gdm_pisa.pdf*> (2001), 2003-03-24, S. 1–3

RENKEWITZ, Frank ; SEDLMEIER, Peter: *Forschungsmethoden und Statisitk in der Psychologie.* München : Pearson Studium, 2008

RENKL, Alexander: *Die Bedeutung der Aufgaben- und Rückmeldungsgestaltung für die Leitungsentwicklung im Fach Mathematik.* Dissertation. : Universität Heidelberg, 1991

REZAT, Sebastian: Wozu verwenden Schüler ihre Mathematikschulbücher? Ein Vergleich von erwarteter und tatsächlicher Nutzung. In: *Journal für Mathemati-Didaktik* 32 (2011), Nr. 2, S. 153–177

ROBITAILLE, David ; SCHMIDT, William ; RAIZEN, Senta: *Curriculum Frameworks for Mathematics and Science*. 3. Vancouver, B.C. : Pacific Educational Press, 1997

ROCKMAN ET AL: A More Compley Picture: Laptop Use and Impact in the Context of Changing Home and School Access. In: *<http://www.microsoft.com/education/AALReality.aspx>* (1999), 2005-01-26

ROMBERG, Thomas ; ZARINNIA, Anne: *Consequences of the new world view th assessment of students' knowledge in mathematics*. S. 153–201. In: ROMBERG, Thomas (Hrsg.) ; STEWART, Debora (Hrsg.): *The monitoring if school mathematics: Background papers. Vol 2: Implications from psychology - Outcomes of instruction*, University of Wisconsin, 1987 (1987)

ROTH, Nicole: Vorwärts - rückwärts - oder neu strukturieren? In: *Mathematik lehren* 115 (2002), S. 14–17

RYCHEN, Dominique S. ; SAGANIK, Laura H.: *Defining and selecting key competencies.* Seattle : Hogrefe & Huber, 2001

SCHAUMBURG, Heike: *Konstruktivistischer Unterricht mit Laptops? Eine Fallstudie zum Einfluss mobiler Computer auf die Methodik des Unterrichts.* Dissertation. Berlin : Freie Universität Berlin, 2002

SCHAUMBURG, Heike ; ISSING, Ludwig: *Lernen mit Laptops. Ergebnisse einer Evaluationsstudie.* Bielefeld : Bertelsmann Stiftung, 2002

SCHAUMBURG, Heike ; PRASSE, Doreen ; TSCHACKERT, Karin ; SIGRID, Blömeke: Lernen in Notebook-Klassen. Endbericht zur Evaluation des Projektes „1000mal1000: Notebooks im Schulranzen“. In: *<http://itworks.schulen-ans-netz.de/dokus/n21evaluationsbericht.pdf>* (2007), 2008-04-11

SCHOENFELD, Alan: Mathematical thinking and problem solving. In: *ZDM* 5 (1995), S. 164–165

SCHÖNBRUNN, Gotthard: Hausaufgaben in der pädagogischen Diskussion. In: *Der Mathematikunterricht* 35 (1989), Nr. 3, S. 5–21

SCHUPP, Hans: *Thema mit Variationen oder Aufgabenvariation im Mathematikunterricht.* Hildesheim : Franzbecker, 2002

SCHUPP, Hans: Aufgabenvariation im Mathematikunterricht. In: *<http://www.mevis.de/7albers/Veranstaltungen/EntdeckendesL/Material/schupp.pdf>* (2004), 2005-07-31

Senkbeil, Martin ; Wittwer, Jörg: *Die Computervertrautheit von Jugendlichen und Wirkungen der Computernutzung auf den fachlichen Kompetenzerwerb.* S. 277–307. In: *PISA 06. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*, Waxmann, 2007

Shavelson, R ; Webb, N ; Burstein, L: Measurement of teaching. In: Wittroch, Merlin (Hrsg.): *handbook of research on teaching.* 3. Auflage, New York : Macmillan, 1986, S. 50–91

Shrable, K. ; Minnis, D. L.: Cognitive levels analysis interaction model (CLAIM). In: Simon, A. (Hrsg.) ; Boyer, E. G. (Hrsg.): *Mirrors for behavior III. An anthology of observation instruments.* Wyncote : Communications Materials Center, 1969, S. 539–541

Silver, Edward: The nature and use of open problems in mathematics education: Mathematical and pedagogical perspectives. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 2 (1995), S. 67–72

Sommer, Norbert: Welchen Nutzen kann die Einzelschule aus den Ergebnissen und Instrumenten der „großen Vergleichsuntersuchungen“ ziehen? In: *Journal für Mathemati-Didaktik* (2004), Nr. Heft 3/ 4, S. 269–293

Stacey, Kaye: The challenges of keeping open problem-solving open in school mathematics. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 2 (1995), S. 62–67

Stallings, J. A.: *Learning to look.* Belmont : Wadsworth, 1977

Stein, Mary: Building Student Capacity for Mathematical Thinkein and Reasoning: An Analysis of Mathematical Tasks Used in Reform Classrooms. In: *America Educational Research Journal* 2 (1996), S. 455–488

Stevenson, Kenneth: Evaluation Report High School Laptop Computer Program. Liverpool Central School District. In: *<http://www.liverpool.k12.ny.us/laptops/laptopEvalyr1Final.pdf>* (2001), 2004-06-20

Tenberg, Ralf ; Steiger, Anton: *Pädagogische Implementierung der Computerneuausstattung an den Schulen der Landeshauptstadt München. 1. Zwischenbericht. Empirische Ergebnisse aus qualitativen Untersuchungen an 32 Grund- und Hauptschulen.* München : Verlag der Landeshauptstadt München, 2004

Tenberg, Ralf ; Steiger, Anton ; Eder, Alexandra: *Pädagogische Implementierung der Computerneuausstattung an den Schulen der Landeshauptstadt München. 2. Zwischenbericht. Empirische Ergebnisse aus qualitativen Untersuchungen an 15 beruflichen Schulen.* München : Verlag der Landeshauptstadt München, 2006

Törner, Günter: Epistemologische Grundüberzeugungen - verborgene Variablen beim Lehren und Lernen von Mathematik. In: *Der Mathematikunterricht* 4/5 (2002), S. 103–128

U.S. Department of Education: Teacher Use of Computers and the Internet in Public Schools. In: *<http://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=2000090>* 2006-10-25 (2000), S. 1–4

Vallendor, Michael ; Gottwald, Arthur: Hamburger Netbook-Projekt. Sekundarstufen-Schulen. In: *<www.hamburg.de/contentblob/2685634/data/netbookprojektdownl.pdf>* (2010), 2011-07-20, S. 1–136

Walther, Gerd (Hrsg.) ; Heuvel-Panhuizen, Marja von d. (Hrsg.) ; Granzer, Dietlinde (Hrsg.) ; Köller, Olaf (Hrsg.): *Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret.* Cornelsen Verlag Scriptor, 2011 (5)

Walther, Gerd ; Selter, Christoph ; Neubrand, Johanna: *Die Bildungsstandards Mathematik.* S. 16–41. In: Walther, Gerd (Hrsg.) ; Heuvel-Panhuizen, Marja von d. (Hrsg.) ; Granzer, Dietlinde (Hrsg.) ; Köller, Olaf (Hrsg.): *Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret*, Cornelsen Verlag Scriptor, 2011 (5)

Weigand, Hans-Georg: Der Einsatz eines Taschencomputers in der 10. Jahrgangsstufe. Evaluation eines einjährigen Schulversuchs. In: *Journal für Mathematik-Didaktik* 27 (2006), Nr. 2, S. 89–112

Weinert, Franz E.: Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, Franz E. (Hrsg.): *Leistungsmessungen in Schulen.* Weinheim : Beltz Verlag, 2001, S. 17–31

Wenninger, Gerd (Hrsg.): *Lexikon der Psychologie : in fünf Bänden. Band 1: A bis E.* Heidelberg : Sektrum Akadischer Verlag, 2000

Wessells, Michael G.: *Kognitive Psychologie.* New York : Harper & Row, 1984

Wiegand, Bernd ; Blum, Werner: Offene Probleme für den Mathematikunterricht - Kann man Schulbücher dafür nutzen? In: Neubrand, Michael (Hrsg.): *Beiträge zum Mathematikunterricht.* Hildesheim : Franzbecker Verlag, 1999, S. 590–593

Wilson, James: *Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics.* Kap. 19, S. 643–696. In: Bloom, Benjamin (Hrsg.) ; Hastings, Thomas (Hrsg.) ; Madaus, George (Hrsg.): *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning.* New York : McGraw-Hill, 1971

Wittmann, Erich C.: VerA & Co.: Qualitätsabsenkung durch „Qualitätssicherung“. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* 90 (2011), Januar, S. 11–13

Yackel, Erna ; Rasmussen, Chris: Beliefs and norms in the mathematics classroom. In: Pehkonen, Erich (Hrsg.) ; Törner, Günter (Hrsg.): *Mathematical Beliefs and their Impact on Teaching and Learning of Mathematics*, Universität Duisburg, 1999, S. 165–172

Zech, Friedrich: *Grundkurs Mathematikdidaktik*. Weinheim : Beltz Verlag, 1996 (8)

Zimmermann, Bernd: Offene Probleme für den Mathematikunterricht und ein Ausblick auf Forschungsfragen. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 2 (1991), S. 38–46

Zimmermann, Bernd: Vorstellungen über Mathematik und Mathematikunterricht von Lehrerinnen und Lehrern verschiedener Schularten. In: *Der Mathematikunterricht* 45 (2002), Nr. 4/5, S. 7–25

Zimmermann, Bernd: Mathematisches Problemlösen und Heuristik in einem Schulbuch. In: *Der Mathematikunterricht* 1 (2003), S. 42–57

A Codierungsschlüssel der Aufgabenklassifikation

A.1 Allgemeine Informationen

1. Fortlaufende Nummer der Aufgabe
2. Schulform
3. Klassenstufe
4. Lehrerin/Lehrer
5. Fortlaufende Stundennummer
6. Code der Stunde
7. Unterrichtsdauer der Stunde (in Minuten)
8. Code der Aufgabe
9. Beginn der Aufgabenstellung
10. Ende der Aufgabenbesprechung bzw. Aufgabenbearbeitung
11. Aufgabentext
12. Teilaufgaben

A.2 Mathematischer Inhalt

1 Zahlbereiche

- 101 Natürliche Zahlen
- 102 Bruchrechnung
- 103 Rationale Zahlen
- 104 Reelle Zahlen

2 Gleichungen

- 201 Termumformungen
- 202 Lineare Gleichungen
- 203 Ungleichungen
- 204 Lineare Gleichungssysteme
- 205 Quadratische Gleichungen

3 Funktionen

- 301 Zuordnungen
- 302 Prozentrechnung
- 303 Zinsrechnung
- 304 Lineare Funktionen
- 305 Quadratische Funktionen
- 306 Wachstumsprozesse
- 307 Trigonometrische Funktionen

4 Geometrie
- 401 Strecke, Gerade, Halbgerade
- 402 Umrechnen von Größen in verschiedene Einheiten
- 403 Koordinatensystem/Zeichnungen (auch maßstäbliche Zeichnungen)
- 404 Winkel (zeichnen/messen)
- 405 Winkelsätze, Mittelsenkrechte, Winkelhalbierende
- 406 Dreiecke (gleichseitig, gleichschenklig, spitz-, stumpf-, rechtwinklig,...)
- 407 Dreieckskonstruktionen
- 408 Besondere Linien und Punkte im Dreieck
- 409 Haus der Vierecke
- 410 Flächen (Dreiecke und Vierecke) (Zeichnungen, Berechnungen) (auch maßstäbliche Zeichnungen)
- 411 Abbildungen
- 412 Prisma-Körper (Bauen, Zeichnungen, Berechnungen) (auch maßstäbliche Zeichnungen)
- 413 Ähnlichkeit und Zentrische Streckung
- 414 Flächensätze im rechtwinkligen Dreieck
- 415 Kreis (Berechnungen und Zeichnungen)
- 416 Zylinder (Bauen, Zeichnungen, Berechnungen) (auch maßstäbliche Zeichnungen)
- 417 Pyramide, Kegel, Kugel (Bauen, Zeichnungen, Berechnungen) (auch maßstäbliche Zeichnungen)

5 Stochastik
- 501 Statistische Erhebungen (durchführen)
- 502 Diagramme
- 503 Kennwerte (Median, Modus, Spannweite, arithmetischer Mittelwert, ...)
- 504 Häufigkeiten (relative und absolute)
- 506 Laplace Wahrscheinlichkeiten
- 507 Mehrstufige Zufallsexperimente (Baumdiagramm, Vier-Felder-Tafel)

A.3 Leitideen

1 Zahl

2 Messen

3 Raum und Form

4 Funktionaler Zusammenhang

5 Daten und Zufall

A.4 Kompetenzen

K1 Argumentieren und kommunizieren
- 0 nicht relevant
- 1 Anforderungsbereich I: Reproduzieren
- 2 Anforderungsbereich II: Zusammenhänge herstellen
- 3 Anforderungsbereich III: Verallgemeinern und Reflektieren

K2 Probleme mathematisch lösen
- 0 nicht relevant
- 1 Anforderungsbereich I: Reproduzieren

2 Anforderungsbereich II: Zusammenhänge herstellen
3 Anforderungsbereich III: Verallgemeinern und Reflektieren

K3 Mathematisch modellieren
0 nicht relevant
1 Anforderungsbereich I: Reproduzieren
2 Anforderungsbereich II: Zusammenhänge herstellen
3 Anforderungsbereich III: Verallgemeinern und Reflektieren

K4 Mathematische Darstellungen verwenden
0 nicht relevant
1 Anforderungsbereich I: Reproduzieren
2 Anforderungsbereich II: Zusammenhänge herstellen
3 Anforderungsbereich III: Verallgemeinern und Reflektieren

K5 Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen

0 nicht relevant
1 Anforderungsbereich I: Reproduzieren
2 Anforderungsbereich II: Zusammenhänge herstellen
3 Anforderungsbereich III: Verallgemeinern und Reflektieren

A.5 Aufgabenstruktur

1 vollständig gelöste Aufgabe
2 Grundaufgabe
3 Umkehrung einer bekannten Grundaufgabe
4 Begründung- oder Beweisaufgabe bzw. Strategiefindungsaufgabe
5 Problemaufgabe
6 Umkehrung einer Problemaufgabe
7 Aufforderung zum Erfinden einer Aufgabe zu einem gegebenen mathematischen Thema
8 Problemsituation

A.6 Äußere Form der Aufgabenstellung

1 Tafel
2 Folie
3 Beamer
4 Buch
5 Arbeitsblatt
6 Material
7 Arbeitsblatt auf dem Computer
8 Mündlich
9 Software
10 sonstiges

A.7 Erklärung vom Lehrer/der Lehrerin zu den Aufgaben/ Vorbesprechung im Unterrichtsgespräch?

0 Nein

1 Ja

A.8 Innere Form der Aufgabenstellung

1 algebraisch/arithmetisch/Zeichnung

2 mathematischer Text

3 eingekleidete Textaufgabe

4 Anwendungsaufgabe

A.9 Allgemeine Informationen über die Aufgabenstellung

Gibt es ein Koordinatensystem?

0 Nein

1 Ja

Gibt es eine Tabelle?

0 Nein

1 Ja

Gibt es ein Bild?

0 Nein

1 Ja

Gibt es eine Zeichnung/Konstruktion?

0 Nein

1 Ja

Gibt es ein Diagramm?

0 Nein

1 Ja

A.10 Bearbeitung

Sozialform während der Bearbeitung

1 Lehrervortrag
2 Schülervortrag
3 Unterrichtsgespräch
4 Einzelarbeit
5 Partnerarbeit
6 Gruppenarbeit
7 sonstiges
0 keine Bearbeitung in dieser Stunde

Hausaufgaben

1 Hausaufgabe zu dieser Stunde
2 Hausaufgabe zur nächsten Stunde
0 keine Hausaufgabe

A.11 Zeit

Zeit in % der Stunde

Zeit Absolut (in Minuten)

A.12 Mittel zur Bearbeitung

Material zum Basteln

0 Nein
1 Ja

Modelle

0 Nein
1 Ja

Spiele

0 Nein
1 Ja

Zirkel

0 Nein
1 Ja

Geodreieck

0 Nein

1 Ja

Taschenrechner

0 Nein

1 Ja

Computer

0 Nein

1 Ja

Heft

0 Nein

1 Ja

Tafel

0 Nein

1 Ja

Buch

0 Nein

1 Ja

Folie

0 Nein

1 Ja

Arbeitsblatt

0 Nein

1 Ja

Beamer

0 Nein

1 Ja

Verwendete Computeranwendungen

1 Dynamische Geometrie Software (DGS)
2 Computer Algebra Systeme (CAS)
3 Tabellenkalkulationsprogramm (TKP)
4 Lernsoftware
5 Textverarbeitung
6 Präsentationssoftware
7 Internet
8 Funktionsplotter
9 Wissenschaftlicher Taschenrechner
10 sonstiges
0 keine

A.13 Hilfe während der Bearbeitung

Art der Hilfe

Mündlich durch die Lehrkraft

0 Nein
1 Ja

Mündlich durch Schülerinnen und Schülern

0 Nein
1 Ja

Mündlich durch speziell geschulte Schülerinnen und Schüler (z. B. Experten)

0 Nein
1 Ja

Tippkarten

0 Nein
1 Ja

Musterlösungen

0 Nein
1 Ja

Nachschlagewerke und Internet

0 Nein
1 Ja

Hilfe durch Software

0 Nein
1 Ja

sonstiges

0 Nein
1 Ja

A.14 Form der Besprechung

Vergleich/Kontrolle von Ergebnissen

1 ein Lösungsweg
2 zwei Lösungswege
3 mehr als zwei Lösungswege
4 individuelle Kontrolle durch der Lehrkraft/durch Software
5 Selbstkontrolle/Vergleich von Lösungen mit dem Nachbarn
6 Lehrkraft sammelt die Arbeiten ein
7 sonstiges
0 keine Kontrolle/Besprechung unbekannt

B Beispielkassifikationen

B.1 Transkription Beispielstunde 1

Datum: 28.09.2004
Uhrzeit: 12.25 Uhr bis 13.10 Uhr
Schulform: Gymnasium
Klasse: 9
Thema: Gleichungssysteme
Dauer der Unterrichtsstunde: 42 Minuten 21 Sekunden

Zeit	Person	Äußerung
00.08s:	Lehrerin:	„So, vielleicht können Sie nochmal sagen, was Sie machen, weil einige Schüler sind ja neu in der Klasse, damit die dann auch zufrieden gestellt sind.“
00.21s:	Schülerin 1:	„Die werden immer ganz nervös, wenn sie gefilmt werden.“
00.26s:	Tönnies:	„So, mein Name ist Tönnies, ich komme von der Uni Hannover, und wir von der Uni untersuchen, was im Mathematikunterricht durch diese Notebooks sich jetzt verändert.“
00.38s:	[Gelächter]	
00.40s:	Tönnies:	„Gut, es ist auch eine Veränderung, wenn einige Klassen sehr wenig mit Notebooks arbeiten und andere dafür sehr viel. Ich war im letzten Schuljahr schon oft bei Euch und hab da Stunden aufgenommen, also was hier jetzt mitläuft, das geht nicht darum, dass Ihr Euch jetzt irgendwie mal im Fernsehen wiederfinden werdet, das ist nur für mein privates Heimkino, dass ich nachher nochmal die Stunden genauer auswerten kann ... was habt Ihr jetzt wirklich genau gemacht, welche Aufgaben habt Ihr behandelt. Es geht mir jetzt auch nicht um einzelne Schüler oder Schülerinnen, sondern es geht mir darum, welche Aufgaben wurden gemacht, und wie wurde der Unterricht gemacht. So, aber jetzt möchte ich eigentlich nicht länger stören.“

01.20s:	[Beifall]	
01.28s:	Lehrerin:	„So, das ist ja die letzte Stunde vor Eurer Klassenarbeit. Morgen schreiben wir ja eine Klassenarbeit in Mathematik, die eine Stunde lang dauern wird. Ihr solltet Euch zu Hause mal mit der Aufgabe 7 auf der Seite 14 beschäftigen. Das war eine freiwillige Hausaufgabe. Die Aufgabe 7 war natürlich sehr lang, ich hatte Euch schon die Ergebnisse angegeben, Ihr hättet auch nur die Ergebnisse überprüfen können. Ich will jetzt auch nicht wissen, wer das gemacht hat oder nicht gemacht hat, das werde ich dann morgen in der Arbeit sehen, ob Ihr es könnt. Gibt es erstmal noch ne Frage dazu, hatte jemand ein Problem mit der Aufgabe 7?“
02.04s:	Schülerin 2:	„Also ich komm mit der Aufgabe e) irgendwie nicht weiter.“
02.07s:	Lehrerin:	„Mit welchem Verfahren hast Du versucht, die Aufgabe e zu lösen?“
02.19s:	Schülerin 2:	„Addition.“
02.21s:	Lehrerin:	„Additionsverfahren. Gut, dazu müsstest Du die zweite Gleichung mit einer geeigneten Zahl multiplizieren. Wie hast Du das gemacht? Allen anderen würde ich dann empfehlen, mal Euer Buch auf Seite 14 aufzumachen und Euch die Aufgabe 7 anzuschauen.Aufgabe 7 e). Dann wollen wir sie mal gemeinsam lösen.“
[Lehrerin schreibt Aufgabe an die Tafel]		
7e) $\mathbf{5x - 6y = - 30}$ $\mathbf{x + y = 2{,}9}$		
Kommentar zur Aufgabe: *Die Stunde beginnt mit der Besprechung von freiwilligenen Übungsaufgaben, die die Schülerinnen und Schüler zu Hause bearbeiten konnten. Die Präsentation der Lösung dieser Aufgabe ist die erste Auseinandersetzung mit einem mathematischen Inhalt in dieser Stunden. Die Aufgabe ist aus der Leitidee „Zahl“. Bei der Besprechung müssen die Schülerinnen und Schüler ihre Ideen der Klasse vorstellen. Hierzu ist die prozessbezogene Kompetenz „Argumentieren und kommunizieren“ wichtig. Außerdem erfolgt ein Umgang mit Termen, wofür die Kompetenz „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ benötigt wird.*		

Zur Lösung der Aufgabe wird die Anwendung eines bekannten Lösungsverfahrens von den Schülerinnen und Schüler verlangt, somit ist auch die Kompetenz „Probleme mathematisch lösen“ betroffen (siehe Kapitel 5.5.4). Da es sich bei dieser Aufgabe um eine Wiederholung von bereits bekannten Inhalten handelt, sind alle prozessbezogene Kompetenzen aus dem Bereich „Reproduzieren“. Von der Struktur handelt sich bei der Aufgabe um eine Grundaufgabe. Die Anfangssituation und mindestens eine mögliche Transformation sind bekannt. Problematisch bei der Einteilung der Aufgabe ist, dass es sich hierbei um eine Hausaufgabe handelt. Es kann an dieser Stelle nur die Präsentation und gemeinsame Lösung der Aufgabe im Unterrichtsgespräch berücksichtigt werden. Wie komplex die Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung zu Hause war, lässt sich nicht messen. Dies ist auch der Grund, warum bei der Auswertung die Hausaufgaben nicht berücksichtigt wurden (siehe Kapitel 7.2). Die gesamte Klassifikation der Aufgabe befindet sich im Anschluss an die Transkription.		
03.10s:	Lehrerin:	„So, Sandy, womit wolltest Du multiplizieren?“
03.14s:	Schülerin 2:	„Mit der 6.“
03.17s:	Lehrerin:	„Die zweite Gleichung? Die erste wär ja Quatsch.“
[Lehrerin ergänzt Aufgabe an der Tafel]		
$5x - 6y = -30$ $x + y = 2,9 \mid \cdot 6$		
03.25s:	Lehrerin:	„Sandy, warum würdest Du die zweite Gleichung mit der 6 multiplizieren?“
03.28s:	Schülerin 2:	„Weil da ja minus 6 drin steht und dann unten plus 6 drin steht.“
03.34s:	Lehrerin:	„Gut, dann machen wir das einfach mal.“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$5x - 6y = -30$		
03.39s:	Lehrerin:	„Und die zweite, mit 6 multipliziert, was erhalte ich da?“
03.44s:	Schüler 3:	„6 x plus 6y gleich 17,4.“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$6x - 6y = 17,4 \mid +$		
03.58s:	Lehrerin:	„So, jetzt habt Ihr gesagt, Additionsverfahren. Was kommt da raus?“
04.05s:	Schüler 4:	„11 x ... 0...“
04.20s:	Lehrerin:	„Und hier?“
04.30s:	Schüler 4:	„ Ähm, minus 12,6.“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$11x = -12,6$		

04.32s:	Lehrerin:	„Wie geht's jetzt weiter?"
04.43s:	Schüler 4:	„Geteilt durch 11."
[Lehrerin ergänzt Tafelbild]		
$11x = -12,6 \mid : 11$ $x =$		
04.46s:	Schüler 4:	„Minus 1,145."
04.53s:	Lehrerin:	„also nochmal: Minus?"
04.56s:	Schüler 4:	„ Minus 1,145."
[Lehrerin ergänzt Tafelbild]		
$x = -1,145$		
05.01s:	Lehrerin:	„Das ist richtig. Ich hatte Euch vorgegeben als Ergebnis minus 63/55, und dieser Bruch als Dezimalzahl angegeben wäre minus 1,145. Wie geht's jetzt weiter Sandy?"
05.17s:	Schülerin 2:	„Dann 5 mal 1,145"
05.27s:	Lehrerin:	„Also Du würdest diesen x-Wert in die erste Gleichung einsetzen? Ich bin immer rechenfaul, ich würde es in die zweite Gleichung einsetzen. Warum?"
05.37s:	Schülerin 2:	„Weil man das dann nicht mit 5 multiplizieren muss"
05.42s:	Lehrerin:	„Sandy, diktier doch mal, in die zweite Gleichung einsetzen."
05.45s:	Schülerin 2:	„ - 1,145 + y = 2,9"
[Lehrerin schreibt es an die Tafel]		
05.58s:	Lehrerin:	„Was müssen wir jetzt noch machen, damit wir y haben?"
06.01s:	Schülerin 2:	„ Geteilt durch minus 1,145 ... äh, achso, plus 1,145."
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$y = 2,9 + 1,145$ $y =$		
06.15s:	Lehrerin:	„Was erhalten wir?"
06.18s:	[Gemurmel]	
06.35s:	Lehrerin:	„Überlegt mal, 2,9 plus 1,145."
06.40s:	Schülerin 5:	„4,045."
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$y = 4,045$		
06.45s:	Lehrerin:	„Das ist richtig. Dann müsste man entsprechend noch angeben [unverständlich wegen Husten eines Schülers]."
06.56s:	Schüler 6:	„Äh, das wäre dann aber noch ungenau, oder? Als Bruch umgerechnet käme da 809/100 raus?"
07.10s:	Lehrerin:	„Nee, 89/22 kommt raus."
[Gemurmel]		

08.04s:	Lehrerin:	„Noch irgendwelche anderen Fragen zur Aufgabe 7?“
08.07s:	Schülerin 7:	[unverständlich]
08.13s:	Lehrerin:	„Dann muss ich mir Deine Aufgabe nochmal angucken. O.k., als Pflichthausaufgabe hatten wir Anwendungsaufgaben auf und zwar Seite 14 Nummer 14 und Seite 19 Nummer 22. [Gemurmel] Seite 14 Nummer 14, Marcel hat sie nicht, dann ist das schlecht für Marcel. Wie könnte dieses Gleichungssystem aussehen?“
[Lehrerin liest Aufgabe vor:]		
Ein Ferienhotel verfügt über 324 Betten in 180 Einzel bzw. Doppelzimmern. Wie viele Einzelzimmer und wie viele Doppelzimmer sind es?		
Kommentar zur Aufgabe: *Hier beginnt die Behandlung einer neuen Aufgabe. Bei dieser Aufgabe kommt als Kompetenz „Mathematisch modellieren“ hinzu. Die anderen benötigten Kompetenzen sind identisch mit der vorherigen Aufgabe. Diese Aufgabe ist als eingekleidete Textaufgabe gestellt. Somit müssen als erster Schritt zur Lösung hieraus Gleichungen aufgestellt werden. Die weitere Lösung ist vergleichbar mit der vorherigen Aufgabe.*		
08.45s:	Lehrerin:	„Erinnert Euch, so ne Hotelbetten-Aufgabe hatten wir ganz zu Anfang bei Einführung von Gleichungssystemen. Sarah?“
08.54s:	Schülerin 8:	„Also ich hab 144 Doppelzimmer und 36 Einzelzimmer.“
09.00s:	Schüler:	„Ja, ich auch ... .ich auch ... “
09.03s:	Lehrerin:	„Das ist richtig, aber ich hatte nach dem Gleichungssystem gefragt.“
09.07s:	Schülerin8:	„Ach so, ich hab [unverständlich]“
09.08s:	Lehrerin:	„Ich möchte erstmal die Gleichungen haben.Es sind doch noch gar keine Gleichungen entwickelt.“
09.10s:	Schülerin 8:	„Ach so, ich hab $x + y = 324$ und $\frac{x}{2} + y = 180$“
[Lehrerin schreibt es an die Tafel]		
09.32s:	Lehrerin:	„Wer hat ein anderes Gleichungssystem aufgestellt?“
09.37s:	Schülerin9:	„Also ich hab $e + 2z = 324$ und $e + z = 180$.“
09.56s:	Lehrerin:	„Wer hat was anderes? ... Hast Du die Hausaufgaben gemacht?“
10.05s:	Schüler 10:	„Ja, aber ich hab was ganz anderes, ich hab $x + y = 180$ und $2x + y = 324$.“

10.22s:	Lehrerin:	„Das ist ja genau das gleiche wie hier [zeigt auf Lösungsvorschlag 2], das ist ja egal, ob ich das e oder x nenne. Also ich hätte die Variablen e und d genommen. Warum?“
10.36s:	Schüler 11:	„Einzelzimmer und Doppelzimmer“
10.38s:	Lehrerin:	„Ja, denn wenn ich x und y nehme, dann weiss ich wieder nicht, was hab ich für Einzelzimmer genommen, was hab ich für Doppelzimmer genommen. E und z, na gut, wenn es eindeutig e für Einzelzimmer und z für Doppelzimmer sein soll“
10.52s:	Schülerin 12:	„Nee, Zweibettzimmer.“
10.53s:	Lehrerin:	„Na gut, oder Zweibettzimmer dann eben. Ähm, das erste Gleichungssystem, ist das richtig? ... Was würde das denn heissen, wenn ich sagen würde $x + y = 324$? ... x steht für Einzelzimmer und y für Doppelzimmer ... Einzelzimmer plus Doppelzimmer gleich 324. Was bedeutet das? Nathalie?“
11.31s:	Schülerin 13:	„Ja, dass es 324 Zimmer sind und nicht 324 Betten.“
11.37s:	Lehrerin:	„Also ist dieses Gleichungssystem falsch aufgestellt. Also, wir kommen auf wieviel Einzelzimmer [zeigt auf Lösungsvorschlag 2]?“
11.48s:	Schüler 14:	„36.“
11.52s:	Lehrerin:	„Und auf wieviel Doppelzimmer? Z war das hier, bei dieser Aufgabe“
12.03s:	Schülerin 15:	„144.“
12.05s:	Lehrerin:	„Was muss man bei solchen Aufgaben beachten? ... Man muss die Aufgabe durchlesen, Gleichungen aufstellen, Variablen entsprechend des Sachverhaltes wählen, sonst weiss ich wieder nicht, was war was, und zum Schluss einen Antwortsatz. Und die Probe am Text durchführen, das heisst hier in der Aufgabenstellung, wir haben insgesamt 180 Einzel- beziehungsweise Doppelzimmer. 36 Einzelzimmer und 144 Doppelzimmer, wieviel Zimmer haben wir dann insgesamt? Sandra?“
12.49s:	Schülerin 16:	„180.“

13.07s:	Lehrerin:	„180 Einzel- beziehungsweise Doppelzimmer steht so in der Aufgabenstellung. Das ist der erste Teil der Probe am Text. Dann heisst es, ein Ferienhotel verfügt über 324 Betten. Wieviele Betten stehen im Einzelzimmer?“
13.28s:	Schülerin 17:	„Ich würde sagen 36.“
13.30s:	Lehrerin:	„Richtig. Und wie viele Betten stehen jeweils in Doppelzimmern? ... Gut, wie muss ich jetzt rechnen, um auf die Bettenzahl zu kommen?“
13.45s:	Schüler 18:	„Die Anzahl der Einzelzimmer plus 2 mal die Anzahl der Doppelzimmer.“
13.47s:	Lehrerin:	„Und was ergibt das? 1 mal 36 plus 2 mal 144?“
13.50s:	Schülerin 19:	„324“
13.54s:	Lehrerin:	„Hast Du gerechnet oder jetzt einfach nur gesagt?“
13.56s:	Schülerin 19:	„Ähhh, gerechnet.“
13.57s:	Lehrerin:	„Natürlich ... Dann war noch Seite 19 die Aufgabe 22 ... „
[Lehrerin liest Aufgabe vor:]		
Andreas hat 32 Briefmarken mehr als Katharina. Hätte Andreas 3 mal so viele und Katharina 8 mal so viele, wie jeder wirklich besitzt, so hätte Katharina 14 Briefmarken mehr als Andreas. Wie viele Briefmarken hat jeder?		
Kommentar zur Aufgabe: *Diese Aufgabe ist von der durchzuführenden Tätigkeit vergleichbar mit der vorherigen Aufgabe. Der einzige Unterschied besteht in einem anderen künstlichen Sachkontext. Da sich bereits die vorherigen Aufgaben im Anforderungsbereich „reproduzieren“ befand, ist die Einteilung dieser Aufgabe in die Klassifikation identisch mit der vorherigen.*		
14.31s:	Lehrerin:	„Wie würde ich die Variablen erstmal bezeichnen?“
14.40s:	Schüler 20:	„Also k und a.“
14.42s:	Lehrerin:	„Warum?“
14.44s:	Schüler 20:	„Katharina und Andreas.“
14.50s:	Lehrerin:	„Erster Satz: Andreas hat 32 Briefmarken mehr als Katharina ... „
[Gemurmel]		
15.22s:	Schülerin 21:	„Also ich hab da jetzt mal ne Zwischenfrage, wenn da jetzt stehen würde Karin und Katharina?“
15.35s:	Lehrerin:	„Also Kinder ... Dann nimmst Du den zweiten Buchstaben.“

15.38s:	Schülerin 21:	„ Ja, Karin und Katharina ...“
15.41s:	Lehrerin:	„Dann nimmst Du den dritten Buchstaben.“
15.44s:	Schüler 22:	„Und wenn beide gleich heissen?“
15.46s	[Schüler lachen]	
15.51s:	Lehrerin:	„Aber ich hätte gern eine Gleichung, zu dem ersten Satz. Dennis? Andreas hat 32 Briefmarken mehr als Katharina. Wie können wir das anhand einer Gleichung ausdrücken?“
16.05s:	Schüler 23:	„k plus 32 gleich a“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$k + 32 = a$		
16.10s:	Lehrerin:	„Super, Dennis. So, den nächsten Satz macht jemand anders. Hätte Andreas 3 mal so viele und Katharina 8 mal so viele, wie jeder wirklich besitzt, so hätte Katharina 14 Briefmarken mehr als Andreas. Schwierig.“
16.35s:	Schülerin 24:	„Das wär dann a mal 3 plus k mal 8 gleich“
16.43s:	Schüler:	„Falsch ... Falsch ...“
16.45s:	Lehrerin:	„Jetzt lasst sie doch erstmal ausreden.“
16.55s:	Schülerin 24:	„ k plus 14 ... O.k. Ich weiss es nicht.“
17.00s:	Lehrerin:	„Wer kanns sagen? Carolin, Lea, Nein? Das war Teil der Hausaufgabe. Warum nicht? ... Sven ... Isabell?“
17.33s:	Schülerin 25:	„8 mal k minus 14 gleich 3 a.“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$3a = 8k - 14$		
17.40s:	Lehrerin:	„Das ist richtig. Kannst Du noch erklären, warum das so ist?“
17.50s:	Schülerin 25:	„Ähm ...Weil da steht ja, wenn Andreas 3 mal so viel hätte, wie er hat, also das ist ja das 3 a, und Katharina 8 mal so viele, also 8 k, und dann hätte Katharina ja 14 mehr, und wenn man dann minus 14 ... “
18.20s:	Lehrerin:	„Auf alle Fälle ist richtig, dass auf der einen Seite 3 a steht, und auf der anderen Seite 8 k. Irgendwo will ich dann das Gleichheitszeichen dazwischen setzen , und die 14 muss noch dazu ... plus 14 oder minus 14?“

18.38s:	Schüler 26:	„Also erstmal als erstes hat der Andreas weniger, also muss bei Andreas minus 14 stehen oder bei Katharina plus 14.“
18.48s:	Lehrerin:	„Also so?“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$3a - 14 = 8k$		
18.53s:	Schüler 26:	„Ach Quatsch, umgekehrt, Katharina hat ja mehr als Andreas. Dann muss minus 14 bei Katharina stehen.“
19.05s:	Lehrerin:	„Ich mein, ich könnte ja diese zweite Gleichung [3a = 8k -14] auch so schreiben:“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$3a + 14 = 8k$		
19.11s:	Lehrerin:	„Ist das genau dasselbe? Ich hab ja nur die minus als plus 14 hier rübergebracht ... Das 3a - 14 = k ist jetzt falsch?“
19.20s:	Schüler 26:	„Na ja, ich hab halt gedacht, dass Andreas mehr hätte als Katharina.“
[Lehrerin wischt es weg]		
19.28s:	Schülerin 27:	„Also ich hab 8k = 3a + 14.“
19.30s:	Lehrerin:	[zeigt an die Tafel] „Also diese sind ja identisch.“
19.40s:	Schüler 28:	„Also ich hab 8k - 14 = 3a. Ist das auch das gleiche?“
19.45s:	Lehrerin:	„Das ist auch wieder das gleiche ... So, dann sagen wir mal, wir nehmen dieses Gleichungssystem:“
[Lehrerin wischt alles weg außer:]		
$k + 32 = a$ $3a = 8k - 14$		
19:54s:	Lehrerin:	„Isabell, rechne es bitte mal an der Tafel vor ... oder Nadine.“
[Schülerin geht an die Tafel und beginnt zu schreiben:]		
$k + 32 = a$ $a = \frac{8}{3}k - \frac{14}{3}$ $a = a$ $k + 32 = \frac{8}{3}k - \frac{14}{3}$ $k - \frac{8}{3}k = -\frac{14}{3} - 32$ $\frac{3}{3}k - \frac{8}{3}k = -\frac{14}{3} - \frac{96}{3}$ $-\frac{5}{3}k = -\frac{110}{3}$ $k = \frac{110}{3} \cdot \frac{3}{5}$ $k = 22$ $k + 32 = a$ $22 + 32 = a$ $a = 54$		

[während die Schülerin schreibt:]		
21.35s:	Lehrerin:	„So, Jerome, mit welchem Lösungsverfahren löst Nadine dieses Gleichungssystem?“
21.39s:	Schüler 29:	„Mit dem Gleichsetzungsverfahren.“
21.40s:	Lehrerin:	„Erklär doch mal, was sie da macht.“
21.41s:	Schüler 29:	„Ja, also, sie löst beide Gleichungen nach a auf, und das was dann bei der linken Gleichung für a rauskommt und bei der rechten Gleichung, das setzt sie gleich. Ich hab das nämlich genauso.“
[die Schülerin schreibt noch]		
22.51s:	Lehrerin:	„So, gibt es jetzt erstmal zu dieser Aufgabe noch Fragen oder ist alles klar?“
[Schülerin an der Tafel hat die Aufgabe beendet]		
23.12s:	Lehrerin:	„So, dann sag bitte noch den Antwortsatz an.“
23.15s:	Schülerin 30:	„Andreas hat 54 Briefmarken und Katharina 22.“
23.20s:	Lehrerin:	„Die Probe am Text, da verzichten wir jetzt drauf ... So, jetzt die Frage, was kommt denn morgen alles dran? Morgen wird das Lösen von Gleichungssystemen behandelt. Wir haben Gleichungssysteme auf 2 verschiedene Arten und Weisen gelöst. Womit haben wir begonnen? ... Rebekka? ... Grafisches Lösen von Gleichungssystemen kann morgen drankommen. Was haben wir dann gemacht?“
24.02s:	Schüler 31:	„[unverständlich]“
24.10s:	Lehrerin:	„Bei dem rechnerischen Lösen haben wir verschiedene Verfahren kennengelernt. Welche waren das?“
24.16s:	Schüler 31:	„Einsetzungsverfahren, Gleichsetzungsverfahren und Additions- bzw. Subtraktionsverfahren.“
24.26s:	Lehrerin:	„Ich werde nicht sagen, lösen Sie dieses Gleichungssystem im Additionsverfahren oder Einsetzungsverfahren. Das Verfahren könnt Ihr Euch aussuchen. Es könnte aber durchaus die Frage kommen, mit welchem Verfahren hab Ihr denn das Gleichungssystem gelöst, dann müsst Ihr wissen, welches Verfahren Ihr angewendet habt. Ihr müsst also alle drei Verfahren kennen, und Ihr müsst auf alle Fälle mindestens eins beherrschen. Ich hatte Euch ja gesagt, Ihr könnt euch das Verfahren aussuchen. Dann könnten Anwendungsaufgaben drankommen, sprich Textaufgaben. Ihr habt einfache Textaufgaben bereits gelöst.

		Wenn Ihr einen Text vorgesetzt bekommt, den Text durchlesen, gut, das wär das Erste. Wie geht's weiter? Was müssen wir machen? Wir haben eine Textaufgabe bekommen.“
Kommentar zur Aufgabe: *Bei dieser Aufgabe sollen die Schülerinnen und Schüler allgemein beschreiben, wie die Lösung einer Textaufgabe im Rahmen der Behandlung von Gleichungssystemen abläuft. Als Kompetenz ist hier nur „Argumentieren und kommunizieren“ im Anforderungsbereich „reproduzieren“ vorhanden. Diese Aufgabe hätte das Potenzial in dem Anforderungsbereich „verallgemeinern und reflektieren“ eingeordnet zu werden. Allerdings fordert die starke Lehrerlenkung den Schülerinnen und Schülern nur Antworten auf einem sehr geringen Niveau ab. Diese Aufgabe präzieser gestellt und als Einzel- oder Partnerarbeit schriftlich von den Schülerinnen und Schülern zu bearbeiten, hätte stärker eigene Denkprozesse und das Auseinandersetzen mit den bisherigen Aufgabe erfordert. Durch die Gesprächsführung der Lehrkraft sind die Schülerantworten auf Halbsätze beschränkt und die eigentliche strukturelle Tätigkeit erfolgt von der Lehrkraft selbst.*		
25.15s:	Schülerin 32:	„Eine Gleichung aufstellen.“
25.20s:	Lehrerin:	„Meistens werden es zwei Gleichungen sein, mit zwei Unbekannten. Wie geht's dann weiter?“
25.28s:	Schülerin 33:	„Die Variablen bestimmen.“
25.30s:	Lehrerin:	„Ja, die Variablen entsprechend auswählen. Und dann?“
25.31s:	Schülerin 34:	„[unverständlich]“
25.35s:	Lehrerin:	„Und dann haben wir es ausgerechnet und sind auf Ergebnisse gekommen, was machen wir dann?“
25.43s:	Schüler 35:	„Antwortsatz.“
25.46s:	Lehrerin:	„Bevor ich mir ganz sicher bin, mache ich eine Probe. Womit mache ich denn die Probe? Es kann ja sein, dass ich die Gleichung schon falsch aufgestellt habe ... Probe am Text! Probe am Text, das heisst, den Text nochmal durchlesen, die Ergebnisse sich anschauen, und nochmal testen, ob das denn richtig sein kann ... Probe am Text machen wir jetzt doch nochmal bei dieser Aufgabe mit den Briefmarken. Katharina besitzt also 32 Briefmarken und Andreas 54.“
26.18s:	Schüler:	„Nee, 22.“

26.20s:	Lehrerin:	„22, Entschuldigung. Andreas hat 32 Briefmarken mehr als Katharina. Katharina hat 22, Andreas 54, sind das 32 Briefmarken mehr?“
26.30s:	Schüler:	„Ja.“
26.31s:	Lehrerin:	„Also der erste Satz stimmt schonmal. Wenn Andreas 3 mal so viele hätte, wieviel hätte dann Andreas? ... Hätte Andreas 3 mal so viele Briefmarken, wie er jetzt hat. Jetzt hat er 54, Und wenn er mal so viele hätte, dann wären es?“
26.48s:	Schülerin 36:	„162.“
26.58s:	Lehrerin:	„Und Katharina 8 mal so viele? Katharina hat 22 Briefmarken, hätte sie 8 mal so viele,hätte sie wieviel Briefmarken?“
27.05s:	Schülerin 37:	„176.“
27.09s:	Lehrerin:	„Dann heisst es, dann hätte Katharina 14 Briefmarken mehr als Andreas. Stimmt das?“
27.17s:	Schüler:	„Ja.“
27.19s:	Lehrerin:	„Das meine ich mit Probe am Text. Wenn das alles funktioniert, dann wird [unverständlich]. Dazu schaut man sich den Text nochmal an, und formuliert einen entsprechenden Antwortsatz. Wenn Ihr jetzt geschrieben hättet, a gleich 54 und k gleich 22, hätte ich das als Antwortsatz für diese Aufgabe nicht akzeptiert. A gleich 54 und k gleich 22. Warum?“
28.05s:	Schülerin 36:	„Das ist kein Satz“
28.07s:	Lehrerin:	„Das ist ein Satz. A ist 54 und k ist 22. Aber warum schreibe ich dann dahinter noch falsch und gebe Euch den Punkt nicht.“
28.20s:	Schülerin 37:	„Lösungsmenge fehlt?“
28.22s:	Lehrerin:	„Gut, hätte jemand hingeschrieben L gleich geschweifte Klammer auf runde Klammer auf 22 Semikolon 54 runde Klammer zu geschweifte Klammer zu, hätte ich falsch dahinter geschrieben und der hätte den Punkt auch nicht bekommen.“
28.42s:	Schülerin 38:	„Weil a und k sind ja auch nur Abkürzungen. Da müsste dann schon, wie es im Text halt steht, dass Andreas halt so viele hat. Das ist ja ne Textaufgabe.“

<table>
<tr><td>28.50s:</td><td>Lehrerin:</td><td>„Das ist nicht nur ein Gleichungssystem mit den Variablen x und y. Dennis hat natürlich recht, wenn ich ein normales Gleichungssystem vorgebe mit x und y, kann ich die Variablen auch anders bezeichnen, dann gehört aber immer die Lösungsmenge dazu.
Wie schreiben wir die Lösungsmenge für die leere Menge auf?
Eine durchgestrichene Null. Von rechts nach links. Wenn ich das jetzt mit Derive machen würde, machen wir ja morgen nicht, und da finden wir dieses Zeichen nicht, wie machen wir denn das? Sarah.“</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kommentar zur Aufgabe:
In dieser Aufgabe wird nur die Schreibweise einer Lösungsmenge mit einem Computer-Algebra-System verlangt. Aufgrund der falschen Schülerantworten wird die Aufgabe von der Lehrkraft selbst gelöst. Allerdings erfolgt hierbei auch nicht eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Inhalt, sondern es wird kurz gesagt, was als Lösungsmenge zu schreiben ist. Weil es hierbei um die Auseinandersetzung mit einem Computerprogramm geht, fällt diese Aufgabe in die Kompetenz „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen.“ Außerdem wird auch noch minimal die Kompetenz „Argumentieren und kommunizieren“ benötigt. Beide Kompetenzen sind nur auf dem Anforderungsbereich „reproduzieren“ verlangt.
Die Aufgabenstruktur ist allerdings anders als bei den bisherigen Aufgaben. Bisher wurden im Unterricht „Grundaufgaben“ behandelt. Die Ausgangssituation war bekannt und die möglichen Lösungsverfahren langen den Schülerinnen und Schülern vor. Bei dieser Aufgabe handelt es sich jetzt um eine „vollständig gelöste Aufgabe“. Es wird nur noch über das Aufschreiben der Lösung gesprochen.</td></tr>
<tr><td>29.40s:</td><td>Schülerin 39:</td><td>„Man benutzt dann L gleich diese geschweiften Klammern, und danach..“</td></tr>
<tr><td>29.55s:</td><td>Lehrerin:</td><td>„Muss dann da noch was rein? [Gemurmel] Nein, das ist falsch [Gemurmel]. Nein, dieser Blitz war aber ein Widerspruch, bei mir habt Ihr noch keinen Blitz gemacht. Das wäre dann ein f.A. Für falsche Aussage. Ja, falsche Aussage schreibst Du dann rein. [Gemurmel]

Wenn ein Gleichungssystem. Wenn wir bei einem Gleichungssystem beim Umformen auf eine falsche Aussage kommen, was kann man dabei schlussfolgern?</td></tr>
</table>

		... Du kannst jetzt gar nichts schlussfolgern, weil Du nicht aufgepasst hast ... Anna? Wir lösen ein Gleichungssystem und kommen an irgendeiner Stelle an eine falsche Aussage. Wir haben alles richtig gemacht. Was heisst das für meine Lösungsmenge?“
Kommentar zur Aufgabe: *Bei dieser Aufgabe soll die Lösung eines Gleichungssystems interpretiert werden. Allerdings wird hier auch wieder nur kurz eine Aussage von den Schülerinnen und Schülern erwartet. Eine weitere Auseinandersetzung erfolgt an dieser Stelle nicht. Somit sind die gleichen Kompetenzen angesprochen wie bei der letzten Aufgabe.* *Auch bei dieser Aufgabe handelt es sich jetzt um eine „vollständig gelöste Aufgabe“. Die Lösung selbst ist von der Lehrkraft vorgegeben und es wird nur noch eine wertende Aussage zur Lösung selbst vorgenommen.*		
30.55s:	Schülerin 40:	„Äh, die ist leer.“
31.07s:	Lehrerin:	**„Ich löse ein Gleichungssystem und komme an irgendeiner Stelle an eine wahre Aussage und schreibe das dahinter, w.A. Oder wahre Aussage. Ich muss auch noch eine Lösungsmenge aufschreiben, wie sieht denn die aus?“**
Kommentar zur Aufgabe: *Auch bei dieser Aufgabe, wird die Schreibweise ein Lösung thematisiert. Es sind die gleichen Kompetenzen erforderlich, wie bei den zwei Aufgaben zuvor.*		
31.25s:	Schülerin 41:	„Großes L gleich geschweifte Klammer auf, runde Klammer auf, dann halt das was wir für x rausgekriegt haben“
31.29s:	Lehrerin:	„Haben wir was für x rausbekommen? Anna? [unverständlich] Das was wir für y umgestellt haben. Angenommen, ich komme auf y ist gleich 2x plus 4.“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$y = 2x + 4$		
32:09s:	Lehrerin:	„Wie sieht dann meine Lösungsmenge aus? Wir kommen irgendwie auf eine wahre Aussage, haben die Gleichungen nach y umgestellt, Wie schreibe ich jetzt meine Lösungsmenge auf?“
32.18s:	Schülerin 42:	„Ja also, ähm, L gleich geschweifte Klammer auf, runde Klammer auf, 1x 2x plus 4 runde Klammer zu, x Element Q geschweifte Klammer zu.“
[Lehrerin schreibt an die Tafel:]		
$L = \{(x; 2x + 4)$, x e Q $\}$		

32.45s:	Lehrerin:	„So, und zum Abschluss macht mal Euer Buch auf Seite 18 auf ... Seite 18 die Aufgabe 5 d. Die Aufgabe 5d. Diese ... Die Aufgabe 5d sollt Ihr jetzt rechnerisch und grafisch lösen. Fangen wir mal mit der grafischen Lösung an, was müssen wir beachten, um dieses Gleichungssystem grafisch zu lösen? Gebe bei der Aufgabe 5d ein Gleichungssystem an. Dieses Gleichungssystem soll graphisch gelöst werden. Wie mache ich das? So, und Jerome fängt mal an an der Tafel, die Aufgabe 5d.“

Aufgabe 5d)
$2x + 6y = 9$
$-5x - 15y = 30$

Kommentar zur Aufgabe:
Diese Arbeitsanweisung wurde als zwei Aufgaben unterteilt. Die erste Aufgabe besteht in der zeichnerischen Lösung des Gleichungssystems, und die zweite Aufgaben in der algebraischen Lösung. Erst wenn im Anschluss ein Vergleich der beiden Lösungswege oder eine andere Beziehung zwischen den Lösungen hergestellt wird, würde diese als eine Aufgabe mit zwei oder dann drei Teilaufgaben gewertet werden. Allerdings erfolgt an dieser Stelle nur die Behandlung der graphischen Lösung. Die angesagte algebraische Lösung wird nicht mehr im Unterricht durchgeführt und auch nicht als Hausaufgabe aufgegeben, so dass dieser Teil der Arbeitsanweisung nicht als Aufgabe klassifiziert wird. Im folgenden wird somit nur die graphische Lösung als Aufgabe behandelt. Diese Aufgabe hat ihren Schwerpunkt in der Leitideen „Funktionaler Zusammenhang,“ da hier die Zeichnung von zwei Funktionsgraphen und die Bestimmung des Schnittspunkts durchgeführt wird. Dass die Funktionsgleichungen erst noch algebraisch umgewandelt werden müssen, ist nur ein untergeordneter Teil. Für die Lösung der Aufgabe müssen die Kompetenzen „Probleme mathematisch lösen“, „Mathematische Darstellungen verwenden“ und „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ genutzt werden. Bei der Tätigkeit wird deutlich, dass der Schüler diese Art der Aufgaben schon häufig gelöst hat und somit nur auf dem Anforderungsbereich „reproduzieren“ arbeitet. Da der Schüler nur die Aufgabe an die Tafel schreibt und nicht auch der Klasse erklärt, wurde die Kompetenz „Argumentieren und kommunizieren“ nicht vergeben.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt sowohl von einem Schüler an der Tafel, als auch von den Schülerinnen und Schülern in Einzelarbeit. Da es hierbei keine klare Trennung der Sozialformen gibt, wurde die Aufgabe als Schülervortrag eingeteilt. Alle Schülerinnen und Schüler haben die Möglichkeit während der Bearbeitung zur Tafel zu sehen und die nächsten Lösungsschritte zu übernehmen, deshalb konnte diese Aufgabe nicht als Einzelarbeit eingeteilt werden.		
[Schüler bearbeiten die Aufgabe, der aufgerufene Schüler geht an die Tafel und schreibt:]		
$2x+6y=9 \mid -2x$ $-5x-15y=30$ $6y=-2x+9$ $-15y=5x+30 \mid \cdot(-\frac{1}{15})$ $y=1/3x+3/2$ $y=-1/3x-2$ $L=\{()\}$		
[Danach zeichnet der Schüler die beiden Funktionsgraphen in ein Koordinatensystem]		
40.02s:	Lehrerin:	„So, es kommt also die leere Menge raus. Woran sehen wir das anhand der Zeichnung? Beim rechnerischen Lösen würden wir auf falsche Aussage kommen. Also für morgen viel Erfolg.“
[Die Schüler beginnen aufzustehen und den Klassenraum zu verlassen]		
42.20s:	[Ende der Aufnahme]	

B.2 Klassifikation Beispielstunde 1

Nr.	Zeit in der Stunde		Aufgabe		Mathematischer Inhalt		Kompetenzen		
	von	bis	Text	Kommentar	Bereich nach RRL	Leitidee	Argumentieren und kommunizieren	Probleme mathematisch lösen	Mathematisch modellieren
363	2,04	7,30	7e) 5x - 6y = -30 x + y = 2,9		204	1	1	1	0
364	8,13	13,56	Ein Ferienhotel verfügt über 324 Betten in 180 Einzel- bzw. Doppelzimmer. Wie viele Einzelzimmer und wie viele Doppelzimmer sind es?	Nur Besprechung der Lösung	204	1	1	1	1
365	13,57	23,15	Andreas hat 32 Briefmarken mehr als Katharina. Hätte Andreas 3 mal so viele und Katharina 8 mal so viele, wie jeder wirklich besitzt, so hätte Katharina 14 Briefmarken mehr als Andreas. Wie viele Briefmarken hat jeder?		204	1	1	1	1
366	24,26	28,50	Wenn Ihr einen Text vorgesetzt bekommt,den Text durchlesen, gut, das wär das Erste.Wie geht's weiter? Was müssen wir machen? Wir haben eine Textaufgabe bekommen.	Erklärung der Vorgehsweise zum Lösen von Gleichungs-systemen. Besprechung der Probe am Beispiel der beiden vorher gelösten Aufgaben	204	1	1	0	0
367	29,00	30,00	Wie schreiben wir die Lösungsmenge für die leere Menge auf?		204	1	1	0	0
368	30,00	31,00	Wenn ein Gleichungssystem. Wenn wir bei einem Gleichungssystem beim Umformen auf eine falsche Aussage kommen, was kann man dabei schlussfolgern?	Besprechung von Schreibweisen	204	1	1	0	0
369	31,00	32,40	Ich löse ein Gleichungssystem und komme an irgendeiner Stelle an eine wahre Aussage und schreibe das dahinter, w.A. Oder wahre Aussage. Ich muss auch noch eine Lösungsmenge aufschreiben, wie sieht denn die aus?		204	1	1	0	0
370	32,45	40,00	S.18 Nr.5d 2x+6y=9 -5x-15y=30	rechnerische und zeichnerisch Lösung angesagt. Die rechnerische Lösung wurde allerdings nicht behandelt.	304	4	0	1	0

Kompetenzen		Aufgaben-struktur	Aufgabenstellung			Gibt es ein(e) …				
Mathematische Darstellungen verwenden	Mit symbolischen, formalen, technischen Elementen …		Äußere Form der Aufgaben-stellung	Erklärung beim Stellen	Innere Form der Aufgaben-stellung	Koor-dinaten-system	Tabelle	Bild	Zeich-nung/ Konstruk-tion	Dia-gramm
0	1	2	4	0	1	0	0	0	0	0
0	1	2	4	0	3	0	0	0	0	0
0	1	2	4	0	3	0	0	0	0	0
0	0	2	8	0	3	0	0	0	0	0
0	1	1	8	1	2	0	0	0	0	0
0	1	1	8	1	2	0	0	0	0	0
0	1	1	8	1	2	0	0	0	0	0
1	1	2	4	0	1	0	0	0	0	0

Sozial-form	Haus-aufgabe	Bearbeitungszeit (bei längeren Arbeitsphasen gemittelt)		Mittel zur Bearbeitung									
		Zeitanteil (in % der Stunde)	Absolut (in Min)	Material	Modelle	Spiele	Zirkel	Geo-dreieck	Taschen-rechner	Computer	Heft	Tafel	Buch
3	1	12,83	5,43	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
3	1	13,51	5,72	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
3	1	21,97	9,30	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
3	0	10,39	4,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	2,36	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	2,36	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	3,94	1,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	17,13	7,25	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0

Mittel zur Bearbeitung			Computer-programme	Hilfen während der Bearbeitung								Vergleich/ Kontrolle von Ergebnissen
Folie	Arbeits-blatt	Beamer		Mündlich Lehrkraft	Mündlich Schüler	Experten	Tipp-karten	Muster-lösun-gen	Nach-schlage-werke	Soft-ware	sonst-iges	
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

B.3 Transkription Beispielstunde 2

Datum: 06.05.2004
Uhrzeit: 10.15 Uhr bis 11.00 Uhr
Schulform: Realschule
Klasse: 7
Thema: Prozentrechnung
Dauer der Unterrichtsstunde: 43 Minuten 47 Sekunden

Zeit	Person	Äußerung
00.02s:	Lehrerin:	„So, pscht… ich wünsche Euch einen schönen guten Morgen“
00:07s:	Alle Schüler:	„Guten Morgen Frau Lehrerin“
00:11s:	Lehrerin:	„Ich habe Euch heute den Herrn Tönnies mitgebracht“
00:14s:	Tönnies:	„Morgen“
00:15s:	Mehrere Schüler:	„Guten Morgen“, „Hallo“
00:20s:	Lehrerin:	„So, ich hab ja..“
00:23s	[Ein Handy klingelt]	
00:24s	Lehrerin:	„Danke für den Tusch. Nachdem ich Euch die Information gegeben habe, muss ich sagen, ich hatte Euch davor richtig gelobt, aber der Rücklauf dieser kleinen Genehmigungsabschnitte, der war natürlich nicht so prall. Eigentlich müsste es mindestens fünf Schüler geben, die heute hier nicht teilnehmen dürfen. Wer von Euch hat diesen Zettel zuhause nicht gezeigt? [ca. 5 sec Stille] Bei wem haben die Eltern gesagt, sie dürfen nicht teilnehmen? [ca. 5 sec Stille] Wenn ich morgen die Abschnitte nicht habe, bleibt es dabei, die können dann nicht mehr teilnehmen wenn Herr Tönnies da ist. O.K.? Heute machen wir eine Ausnahme.“
1:23s	Lehrerin:	„Ähm, Otto, kannst Du bitte mal erklären was wir hier gemacht haben in den letzten Stunden, was wir können?“
1:30s	Schüler 1 (Otto):	„Ja, also wir haben mit dem Tabellendokument gearbeitet. Dabei haben wir verschiedene Rechenwege gelernt und wie man damit richtig umgeht.“
1:50s	[Störung an der Tür]	
1:50s	Schülerin:	„Entschuldigen Sie die Verspätung, wir waren noch auf der Toilette“
1:54s	Schüler 1 (Otto):	„und wie man damit am vorteilhaftesten rechnen kann. Ja.“

1:58s	Lehrerin:	„Kann jemand dem Otto noch helfen, das war ja sicher noch nicht alles. Otto, rufst Du noch jemanden auf?“
2:08s	Schüler 1 (Otto):	„Lilli“
2:10s	Schülerin 2 (Lilli):	„Also wir haben Prozentrechnung gemacht, und wir haben gelernt, wie man den Grundwert, den Prozentwert und den Prozentsatz ausrechnet.“
2:20s	Lehrerin:	„Aber das konnten wir doch vorher schon“
2:22s	Mehrere Schüler:	[Mm Mm, Nein]
2:24s	Schüler 3:	„Aber nicht auf dem Laptop“
2:26s	Lehrerin:	„Ach so. Na gut, dass wir das noch mal wiederholt haben, ist was anderes. Ich vergess das auch immer wieder, wie das geht. Aber, ich glaub, ich hab Euch gezeigt, wie man das immer wieder hinkriegt, wie man das immer wieder neu lernen kann.
2:43s	Schüler 3:	„Man kann das vereinfachen und wenn man das einmal geschrieben hat, brauch man immer nur mal auf gleich drücken und dann auf die Zeile tippen und dann steht das da.“
2:52s	Lehrerin:	„[Ist?] das dann auch alles richtig eingegeben wurde. Ihr habt die Aufgabe, die Ihr zuletzt gerechnet habt, auf Eurem Notebook, könnt Ihr die bitte noch mal erklären? ...Anton,..bitte...
3:25s	Schüler 4 (Anton):	„Wir hatten Aufgaben, zum Beispiel ...“
3:28s	[Störung durch Geräusche]	
3:31s	Lehrerin:	„Nun muss aber gut sein ... Anton, bitte.“
3:33s	Schüler 4 (Hans):	**„dass bei einem Räumungsverkauf 60 % reduziert wird. Und dann hatten wir die Aufgaben, wie viel kosten dann die Turnschuhe, die vorher 120 Euro gekostet haben, reduziert, und wie man das dann ausrechnet.“**

Kommentar zur Aufgabe:
Bei dieser Aufgaben passt die von dem Schüler genannte Aufgabe nicht zu den besprochenen Lösungen. Anscheinend wird bei dem Räumungsverkauf nicht um 60 % reduziert, sondern die Ware kostet noch 60 %. Da die verschiedenen Schülerlösungen alle nur 60 % von 120 Euro berechnen, hat hier der Schüler wahrscheinlich die Aufgabe nicht richtig wiedergegeben.

<table>
<tr><td colspan="3">Für die Klassifikation soll die Aufgabe deswegen passend zu den Lösungen abgewandelt werden: Bei einem Räumungsverkauf kosten Turnschuhe nur noch 60 % vom alten Preis. Wie viel kosten die Turnschuhe, die vorher 120 Euro gekostet haben?
Diese Aufgabe ist aus dem Bereich der „Prozentrechnung“ und aus der Leitidee „Zahl“. Bei der Vorstellung des Lösungswegs nutzen die Schülerinnen und Schüler die Kompetenzen „Argumentieren und kommunizieren“ und „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“. Außerdem wird für die Lösung der Aufgabe die Anwendung eines bekannten Lösungsverfahrens von den Schülerinnen und Schülern verlangt und somit auch die Kompetenz „Probleme mathematisch lösen“. Für die Übertragung der Werte aus dem Text ist die Kompetenz „Mathematisch modellieren“ erforderlich. Da es sich hier nur um die Besprechung einer bekannten Aufgabe handelt, werden alle Kompetenzen im Bereich „reproduzieren“ eingeteilt.
Die Aufgaben gehört zu den „Grundaufgaben“. Es sind der Grundwert und der Prozentsatz angegeben und es soll der Prozentwert berechnet werden.
Diese und auch die folgenden Aufgaben in der Stunde werden als „eingekleidete Textaufgaben“ angesehen. Es gibt zwar in der Aufgabenstellung einen Sachzusammenhang, dieser dient aber mehr zur netten Gestaltung der Aufgabe, als für einen wirklichen Anwendungsbezug.
Diese Aufgaben wurde bereits in der vorherigen Stunden bearbeitet. Da diese Bearbeitung nicht beobachtet werden konnte, wird sie genauso behandelt wie Hausarbeiten, bei denen auch nur ein Teil des Lösungsprozesse für die Klassifikation berücksichtigt werden kann. Somit wird auch diese Aufgabe als „Hausaufgabe zu dieser Stunde“ eingeteilt und für die Auswertung der Daten nicht verwendet.</td></tr>
<tr><td>3:55s</td><td>Lehrerin:</td><td>„Wer von Euch kann diese Aufgaben nicht mit dem Notebook rechnen? Könnt Ihr jetzt bitte das Dokument aufmachen, wo die Aufgabe mit dem Räumungsverkauf drauf ist? Damit ihr ein Dokument habt, von dem Ihr abgucken könnt.“</td></tr>
<tr><td>4:17s</td><td>Schülerin:</td><td>„Ich habs leider gelöscht“</td></tr>
<tr><td>4:19</td><td>Lehrerin:</td><td>„Und ihr wisst, wer schlau ist, der macht auch das Übungsdokument auf zum abgucken. Das haben wir ja gemacht, und warum sollen wir da nicht abgucken, wenn wir das einmal gemacht haben. Das Musterblatt. Lea, Du musst natürlich wenn Deine Datei weg ist, die Aufgabe neu rechnen, ist ganz klar.“</td></tr>
<tr><td>4:42s</td><td>Schülerin 5 (Lisa):</td><td>„Das hab ich auch eben erst gemerkt, dass die weg ist. Ich hab auch im Papierkorb nachgeguckt, aber…“</td></tr>
</table>

4:49s	Lehrerin:	„Julian, liest Du bitte mal vor, was zu dieser Aufgabe „Räumungsverkauf“ in Deinem Notebook steht.“
4:59s	Schüler 6 (Julian):	„Bei mir steht: Vorordnung a): Grundwert gleich (=) 120 Euro, Prozentwert gleich (=) x und Prozentsatz 60 %.......Ähh 60,00 % steht bei mir.“
5:14s	Lehrerin:	„Weiter, jemand anders, Julian ruf jemanden auf.“
5:17s	Schüler 6 (Julian):	„Christoff“
5:19s	Schüler 7 (Christoff):	„Also ich hab gerechnet x gleich (=) C37 mal C39 gleich (=) 72 Euro.“
5:38s	Lehrerin:	„Konntet Ihr dem alle folgen?“
5:40s	Schüler 7 (Christoff):	„Oder 120 mal 60,00 %“
5:53s	Lehrerin:	„Christoff, da meldet sich jemand“
5:56s	Christoff:	[sagt Namen der Schülerin/unverständlich]
5:58s	Schülerin 8:	„Soll ich jetzt sagen, wie ich’s gemacht hab? Ich hab gerechnet gleich (=) D30 mal D32 geteilt durch 100.“
6:07s	Lehrerin:	„und was steht bei Dir in D30?“
6:10s	Schülerin:	„120 und in D32 60 %.“
6:18s	Lehrerin:	„Julian“
6:20s	Schüler 6 (Julian):	„also 120 mal 60 % muss man rechnen, und da kommt dann 72 Euro raus.“
6:30s	Lehrerin:	„Gibt’s irgendjemanden, der dazu noch eine Frage hat? So, dann machst Du bitte ein neues Arbeitsblatt auf, ein neues Dokument und gibst ihm den Namen: „Übungsaufgaben“.
[Ca. 60 sec. Stille] [währenddessen projiziert die Lehrerin eine Tabelle mit Aufgaben an die Wand:]		
Aufgabe 3: In einer Schulklasse können 48 % der 25 Schüler schwimmen. Wie viele sind das?		
Kommentar zur Aufgabe: *Bei dieser Aufgabe handelt es sich um eine Wiederholungsaufgabe. Mathematisch ist der gleiche Lösungsweg erforderlich, wie bei der ersten besprochenen Aufgabe. Dadurch sind auch die klassifizierte Leitidee und Kompetenzen identisch. Da die Aufgabe nicht präsentiert wird und auch sonst kein Gespräch über die Aufgabe erfolgt, ist die Kompetenz „Argumentieren und kommunizieren“ nicht von Bedeutung.*		

Aufgabe 4: Bananen bestehen zu etwa 75 % aus Wasser. Wieviel Gramm Wasser isst du mit 2 Bananen, die je etwa 160 Gramm wiegen? Wieviel Liter sind das ungefähr (1 L Wasser wiegt 1 kg)?
Kommentar zur Aufgabe: *Diese Aufgabe gliedert sich in zwei Teilaufgaben. Als Erstes soll die Wassermenge von zwei Bananen in Gramm berechnet und als Zweites Gramm in Liter umgerechnet werden. Da die beiden Teile in einem direkten Bezug zueinander stehen, bilden sie zwei Teilaufgaben und nicht zwei einzelne Aufgaben.* *Die Berechnung der Wassermenge in Gramm hat viele Gemeinsamkeiten mit der vorherigen Aufgabe. Allerdings müssen die Schüler beachten, dass es sich um zwei Bananen handelt und somit nicht einfach die gleiche Lösungsformel, wie bei der letzten Aufgabe angewendet werden kann. Deswegen wird die Kompetenz „Probleme mathematisch lösen" im Anforderungsbereich „Zusammenhänge herstellen" eingeteilt. Die Kompetenzen „Mathematisch modellieren" und „Mit symbolisch, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen" werden nur im Anforderungsbereich „Reproduzieren" benötigt.* *Die Aufgabe hat die Struktur einer „Problemaufgabe", da ein möglicher Lösungsweg nicht direkt bekannt ist.* *Die zweite Teilaufgabe erfordert nur noch ein Umrechnen von Gramm in Liter. Der Umgang mit Größen ist in der Leitidee „Messen" verankert. Als Kompetenzen werden „Probleme mathematisch lösen" und „Mit symbolisch, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen" benötigt. Beide Kompetenzen sind aus dem Bereich „Reproduzieren", da die Schülerinnen und Schüler schon mehrfach mit Umrechnen von Gramm in Litern zu tun hatten. Dieses hat die Lehrkraft im Gespräch im Anschluss an der Stunde bestätigt.*
Aufgabe 5: Bei einer Befragung wurden 80 Schüler in 3 Klassen nach ihrer Lieblingsfarbe gefragt. **Ergebnis:** **20 Schüler lieben blau** **12 Schüler lieben rot** **7 Schüler lieben gelb** **15 Schüler lieben lila** **18 Schüler lieben grün**
Kommentar zur Aufgabe: *Diese Aufgabe wird in sechs Teilaufgaben zerlegt. In den ersten fünf Teilaufgaben werden die Berechnungen der einzelnen Lieblingsfarben vorgenommen.*

In der sechsten Teilaufgabe müssen diese Ergebnisse in einem Kreisdiagramm dargestellt werden. Diese Ergänzung erfolgte erst bei Minute 18:50. Die Erstellung des Kreisdiagramms stellt die Verbindung zwischen den einzelnen Berechnungen dar. Ohne diese Verbindungen würden hier fünf einzelne Aufgaben vorliegen. *Anders als bei den vorherigen Aufgaben soll jetzt nicht der Prozentwert sondern der Prozentsatz berechnet werden. Diese Berechnung wurde bereits im Vorfeld mit den Schülerinnen und Schüler durchgeführt und stellt somit kein neues Problem oder die Umkehrung eines bekannten Lösungsverfahren dar. Somit sind die Kompetenzen für die ersten fünf Teilaufgaben „Probleme mathematisch lösen“, „Mathematisch modellieren“ und „Mit symbolisch, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“. Da diese Aufgaben bereits gelöst wurden, befinden sich alle Kompetenzen im Anforderungsbereich „Reproduzieren“.* *Das Zeichnen des Diagramms mit einem Tabellenkalkulationsprogramm gehört in die Leitidee „Daten und Zufall“. Diese Aufgabe könnte insgesamt in diesem Themenbereich angesiedelt sein, dient hier allerdings nur zum Üben der Prozentrechnung und nicht zum Auswerten von Daten. Zur Erstellung werden die Kompetenzen „Probleme mathematisch lösen“, „Mathematische Darstellungen verwenden“ und „Mit symbolisch, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ benötigt. Auch hier sind alle Kompetenzen im Anforderungsbereich „Reproduzieren“.*		
Die Bearbeitung der nicht geschafften Aufgaben wurde am Ende der Stunde als Hausaufgabe aufgegeben. Der Großteil der Klasse hat nur die letzte Aufgabe (Nr. 5) nicht geschafft, so dass diese Aufgabe als „Hausaufgabe zur nächsten Stunden“ eingeteilt und für die Auswertung nicht genutzt wird. *Da alle Aufgaben in einer Arbeitsphase von den Schülerinnen und Schüler gelöst werden, konnten die Bearbeitungszeiten für die einzelnen Aufgaben und Teilaufgaben nur geschätzt werden.*		
7:33s	Lehrerin:	„Und dann nehmen wir jetzt Aufgabe 2 im Rechenblatt, das war ja meine Aufgabe und deine Aufgabe, Aufgabe 1 und 2, und nun hab ich für euch Aufgabe 3,4 und 5.“
[Ca.3 min 30 sec Stille] [Die Schüler tippen die Aufgaben ab.]		
11:10s	Lehrerin:	„Ihr habt auf jeden Fall die Aufgabe 3 abgeschrieben. Es kann sein, dass mein Notebook gleich ausschaltet und dann habt Ihr erstmal ne Weile zum Rechnen, bis ich's wieder einschalte. Die Aufgabe 5 ist noch nicht fertig, Da unter geht's noch weiter.“
11:22s	Lehrerin:	„Also wer schon will, Aufgabe 3 rechnen und dann Aufgabe 4 rechnen.“

[ca.1 min 30 sec Stille]		
12:56s	Lehrerin:	„Habt Ihr die Aufgabe, kann ich das mal eben wegschalten?“
13:02s	Einige Schüler:	„Nein, noch nicht.“
13:04s	Lehrerin:	„Die Aufgabe 5 lasst Ihr noch mal, die könnt Ihr hinterher machen, aber dass Ihr 3 und 4 dann erstmal rechnet.“
[ca.6 min 40 sec Stille] [Schüler bearbeiten die Aufgaben]		
18:50s	Lehrerin:	„Die Aufgabe 1 kann ich jetzt auch wegrollen, die braucht Ihr jetzt nicht mehr?“
Ergänzung zu Aufgabe 5: Rechne und erstelle ein Kreisdiagramm		
[ca. 18 min 15 sec] [Schüler bearbeiten die Aufgaben]		
[Kommentar zur Aufnahme: Im Folgenden wird der Bildschirm von einem Schüler aufgenommen, dieser Bildschirm ist für die Klasse nicht zu sehen. Die Arbeit selbst erfolgt in Einzelarbeit.]		
20:41s	Notebook eines Schülers mit Tabellendokument als Beispielaufnahme: Aufgabe 4: Bananen bestehen zu etwa 70 % aus Wasser. Wieviel Gramm Wasser isst Du mit 2 Bananen, die je etwa 160 Gramm wiegen? Wieviel Liter sind das ungefähr (Ein Liter Wasser wiegt ein Kilo)? Grundwert 2 Prozentwert x Prozentsatz	
21:31s	Schüler löscht 2 und tippt 160 ein.	
21:40s	Schüler tippt bei Prozentsatz 75,00 % ein.	
23:40s	Schüler tippt =C27*C29/100 und erhält als Ergebnis 1,2	
25:10s	[Kamera nimmt wieder die Klasse auf.]	
37:14s	Lehrerin:	„Die Aufgabe 5, seht mal bitte zu, dass Ihr die Aufgabe 5 noch abschreibt und bitte auf diesem Dokument, dem Dokument „Übungsaufgaben“, das erledigt Ihr dann zu Hause. Das Rechnen für Aufgabe 5, Rechnen heißt Prozentsatz ausrechnen. [Lehrerin schreibt etwas an die Tafel: Prozentsatz] Ja?“
[ca.2 min 30 sec] [Schüler bearbeiten weiter die Aufgaben]		
39:58s	Lehrerin:	„Aufgabe zu Hause: Rechnet die Aufgaben 5 zu Ende.“
[ca.1 min 20 sec] [Schüler bearbeiten weiter die Aufgaben.]		
41.21s	[Pausenglocke]	
[ca. 1 min 30 sec] [Schüler bearbeiten weiter die Aufgaben]		

42:50s	Lehrerin:	„ So, Ihr habt Eure Aufgabe abgeschrieben?“
42:53s	Einige Schüler:	„Nein“
42:54s	Lehrerin:	„Macht jetzt zu.“
[ca. 50 sec] [Schüler schreiben weiter die Aufgabe ab und fahren die Rechner runter.]		
43:47s	[Ende der Aufnahme]	

B.4 Klassifikation Beispielstunde 2

Nr.	Zeit in der Stunde		Aufgabe			Mathematischer Inhalt		Kompetenzen		
	von	bis	Text	Teilaufgaben	Kommentar	Bereich nach RRL	Leitidee	Argumentieren und kommunizieren	Probleme mathematisch lösen	Mathematisch modellieren
906	3,33	6,30	Bei einem Räumungsverkauf kosten Turnschuhe nur noch 60 % vom alten Preis. Wie viel Kosten die Turnschuhe, die vorher 120 Euro gekostet haben?		Beschreiben des Lösungswegs	302	1	1	1	1
907	7,40		Nr. 3 In einer Schulklasse können 48% der 25 Schüler schwimmen. Wie viele sind das?			302	1	0	1	1
908	Aufgaben 907- 915 wurden in einer Arbeits-phase bearbeitet		Nr. 4 Bananen bestehen zu etwas 70% aus Wasser. Wieviel Gramm Wasst isst du mit 2 Bananen, die je etwa 160g wiegen? Wieviel Liter sind das ungefähr (1L Wasser wiegt 1kg)?	Wieviel Gramm Wasst isst du mit 2 Bananen, die je etwa 160g wiegen?	Eine Aufgabe mit zwei Teilaufgaben	302	1	0	2	1
909				Wieviel Liter sind das ungefähr (1 L Wasser wiegt 1kg)?		402	2	0	1	0
910			Nr. 5 Bei einer Befragung wurden 80 Schüler in 3 Klasssen nach ihrer Lieblingsfarbe gefragt. Ergebnis: 20 Schüler lieben blau, 12 Schüler lieben rot, 7 Schüler lieben gelb, 15 Schüler lieben lila, 18 Schüler lieben grün. Rechne und erstelle ein Kreisdiagramm.	Berechnung: blau	Eine Aufgabe mit mehreren Teilaufgaben.	302	1	0	1	1
911				Berechnug: rot		302	1	0	1	1
912				Berechnung: gelb		302	1	0	1	1
913				Berechnung: lila		302	1	0	1	1
914				Berechnung: grün		302	1	0	1	1
915		43,20		Erstellung Kreisdiagramm		502	5	0	1	0

Kompetenzen			Aufgabenstellung			Gibt es ein(e) …				
Mathematische Darstellungen verwenden	Mit symbolischen, formalen, technischen Elementen …	Aufgaben-struktur	Äußere Form der Aufgaben-stellung	Erklärung beim Stellen	Innere Form der Aufgaben-stellung	Koor-dinaten-system	Tabelle	Bild	Zeich-nung/ Konstruk-tion	Dia-gramm
0	1	2	8	0	3	0	0	0	0	0
0	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0
0	1	5	3	0	3	0	0	0	0	0
0	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0
0	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0
0	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0
0	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0
0	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0
0	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0
1	1	2	3	0	3	0	0	0	0	0

Sozial-form	Haus-aufgabe	Bearbeitungszeit (bei längeren Arbeitsphasen gemittelt)		Mittel zur Bearbeitung									
		Zeitanteil (in % der Stunde)	Absolut (in Min)	Material	Modelle	Spiele	Zirkel	Geo-dreieck	Taschen-rechner	Computer	Heft	Tafel	Buch
3	1	6,81	2,95	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	23,08	10,00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	18,46	8,00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	4,62	2,00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	2	4,62	2,00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	2	4,62	2,00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	2	4,62	2,00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	2	4,62	2,00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	2	4,62	2,00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	2	13,06	5,66	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Mittel zur Bearbeitung			Computer-programme	Hilfen während der Bearbeitung								Vergleich/ Kontrolle von Ergebnisse
Folie	Arbeits-blatt	Beamer		Mündlich Lehrkraft	Mündlich Schüler	Experten	Tipp-karten	Muster-lösun-gen	Nach-schlage-werke	Soft-ware	sonst-iges	
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0

C Fragebogen Computernutzung

Code:______________

Universität Hannover

Fragebogen IGS/KGS Schülerbefragung

a) Code: ____________________________

(Ersten drei Buchstaben des Vornamens und des Nachnamens. z.B. Franz Meier Code: FraMei)

b) Schule: ________________________ c) Schultyp:_________

d) Schulzeig (für KGS):______ e) Klasse:_______________

f) Alter: __________ g) Geschlecht:________________

1. Wie oft nutzt du einen Computer?
An _______ Tagen in der Woche.

2. Wie viele Stunden in der Woche nutzt du einen Computer im Durchschnitt?
☐0-5 Stunden ☐5-10 Stunden ☐10-20 Stunden
☐20-30 Stunden ☐30 und mehr Stunden

3. Was für Spiele spielst du am Computer? (Du kannst mehrere Antworten ankreuzen.)
☐Ego-Shooter
☐Strategiespiele
☐Logikspiele oderGeschicklichkeitsspiele
☐Jump and Run
☐Simulator-Spiele (Autorennen, Flugzeug)
☐Ich spiele nicht am Computer
☐Ich habe keinen Computer
sonstige Spiele:______________

4. Wofür nutzt du das Internet? (Du kannst mehrere Antworten ankreuzen.)
☐Email/ Chatten/ Kommunikation
☐Informationen für die Schule suchen
☐Downloaden
☐Onlinespiele
☐Ich nutze das Internet nicht
☐Ich habe keinen Internetzugang
sonstige:______________

5. Programmierst du am Computer?
☐ Nein ☐ Ja
Wenn ja, welche Programmiersprachen setzt du ein: (Du kannst mehrere Antworten ankreuzen.)
☐C++
☐Turbo Pascal
☐Delphi
☐Assmbler
☐php
☐Java
☐Logo
sonstige: ____________________

Code:______________

Universität Hannover

6. Hast du eine eigene Homepage?
☐ Nein ☐ Ja
Wenn ja, mit welchen Programm hast du sie erstellt? (Du kannst mehrere Antworten ankreuzen.)
☐Selbst programmiert, nur mit Texteditor
☐Frontpage
☐Dreamweaver
☐Online Programmierhilfe
sonstige: _______________

7. Du gibst in einem Tabellendokument in die Zelle B1 die Formel „=summe(A1:A10)“ ein. Erkläre, was berechnet wird.

____

____

8. Internet:
a) Was bewirkt „<img src="Haus.jpg" border=5>“ in einer HTML-Datei?

____

____

9. Wie oft nutzt du einen Computer in der Schule?
☐Nie ☐Täglich
☐Wöchentlich ☐Monatlich
☐Einmal im Halbjahr ☐Einmal im Schuljahr

10. Wie oft nutzt du einen Computer im Mathematikunterricht?
☐Nie ☐Täglich
☐Wöchentlich ☐Monatlich
☐Einmal im Halbjahr ☐Einmal im Schuljahr

11. Welche Programme nutzt du im Mathematikunterricht? (Du kannst mehrere Antworten ankreuzen.)
☐Lernsoftware
☐Dynamische Geometrie Software (DynaGeo Euklid, Cinderella,…)
☐Tabellenkalkulationssoftware (Excel, Tabellendokument,…))
☐Computer-Algebra-Systeme (Derive, MathCad, Maple,…)
☐Internet
☐Wir nutzen keinen Computer im Mathematikunterricht
sonstige:______________

12. Nutzt du zu Hause Lernsoftware für Mathematik?
☐Nein ☐Ja, welche? ________________________________

13. Wie viele Bücher besitzt du ungefähr? (Ohne Schulbücher)
☐0 ☐1-10
☐10-20 ☐20-50
☐50-100 ☐100- und mehr

Abbildung C.1: Der Fragebogen Seite 2

D Vergleichstests

Im Folgenden werden die Vergleichstests, die von zwei Lehrergruppen entwickelt wurden, abgedruckt. Ziel dieser Tests war es, die Schülerinnen und Schüler auf die Abschlussarbeiten im darauf folgenden Jahr vorzubereiten. Die Entwicklung dieser Tests hatte somit keinen wissenschaftlichen Hintergrund und konnte von mir auch nur in einem sehr kleinen Umfang beeinflusst werden.

D.1 Vergleichstest IGS

Vergleichstest 9. Jahrgang E-Kurse **IGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Der Satz des Pythagoras; unter Dach und Fach
Name: Datum: 1.6.2006

Eine besondere Form eines Ferienhauses ist das Nurdachhaus. Die Giebelseite (= Vorderansicht) eines Nurdachhauses ist ein gleichschenkliges Dreieck (siehe Foto). Meistens gehen Nurdachhäuser über zwei Stockwerke. Nurdachhäuser sparen einerseits Energie, andererseits geht durch die Schrägen viel Wohnfläche verloren.

Ein geplantes Nurdachhaus hat eine vordere Breite von 7,80 m, eine Länge von 10,40 m und eine Höhe von 6,50 m.

Aufgabe 1:

a) Zeichne ein Schrägbild des Nurdachhauses im Maßstab 1: 100 und beschrifte mit den gegebenen Größen.

b) Berechne den umbauten Raum (= das Volumen) des Hauses.

Aufgabe 2:

Das Dach des Nurdachhauses soll mit Dachziegeln gedeckt werden. Die Dachziegel kosten 17,90 € pro m².

a) Berechne die Dachfläche des Nurdachhauses.

b) Berechne die Kosten für die Dachziegel, die für das Decken des Daches notwendig werden. Für Verschnitt muss ein Mehrbedarf von 10 % zusätzlich berücksichtigt werden.

Aufgabe 3:

Ein Regal soll aufgestellt werden. Damit das Regal stabil und rechtwinklig steht, soll eine Metallstrebe angebracht werden (siehe Abbildung).
Dazu werden auf den Regalbauteilen zwei Bohrungen mit den Abständen $\overline{BC}$ = 30 cm und $\overline{AC}$ = 50 cm durchgeführt. Auf der Metallstrebe beträgt der Abstand der Bohrlöcher 60 cm.

Zeige, dass das Regal mit diesen Bohrungen nicht rechtwinklig aufgestellt werden kann.
Welche Veränderungen führen zu einem rechtwinkligen und stabilen Aufbau? Begründe deine Entscheidung.

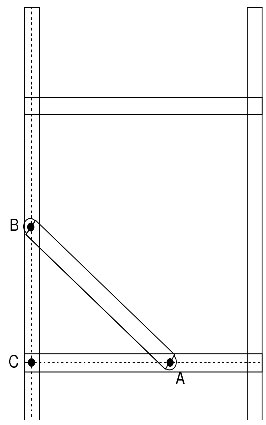
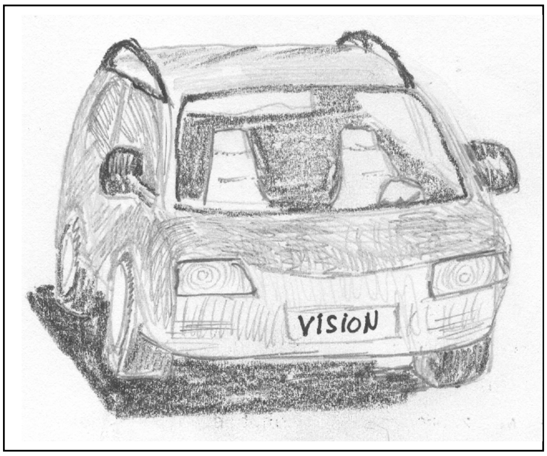


Abbildung D.1: IGS Test Pythagoras

Vergleichstest 9. Jahrgang E-Kurse **IGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Kostenvergleich / Funktionen
Name: Datum: 1.6.2006



In der Zeitschrift eines Autoclubs werden drei Ausführungen des neuen VISION vorgestellt (siehe Abb.).

Du sollst mit Hilfe der Tabelle die verschiedenen Modelle hinsichtlich ihrer Kosten in Abhängigkeit von Kaufpreis und Verbrauchskosten vergleichen.

Tabelle	VISION 1.8	VISION **TDi**	VISION ***eco***
Kraftstoffart	Benzin	Diesel	Gas
Preis [in Euro]:	23.600	25.200	25.700
Verbrauch:	8 l pro 100 km	6,1 l pro 100 km	15% mehr als mit Benzinmotor
Preis für 1 l Kraftstoff [in Euro]:	1,20	1,00	0,65

Aufgabe 1:
Die folgende Funktionsgleichung stellt die Gesamtkosten des VISION 1.8 (Benzin) in Abhängigkeit von der gefahrenen Strecke in Kilometer dar:

$$f(x) = 23600 + \frac{8}{100} \cdot 1{,}20 \cdot x = 23600 + 0{,}096\,x$$

a) Begründe, wie diese Funktionsgleichung mit Daten aus der Tabelle aufgestellt worden ist.

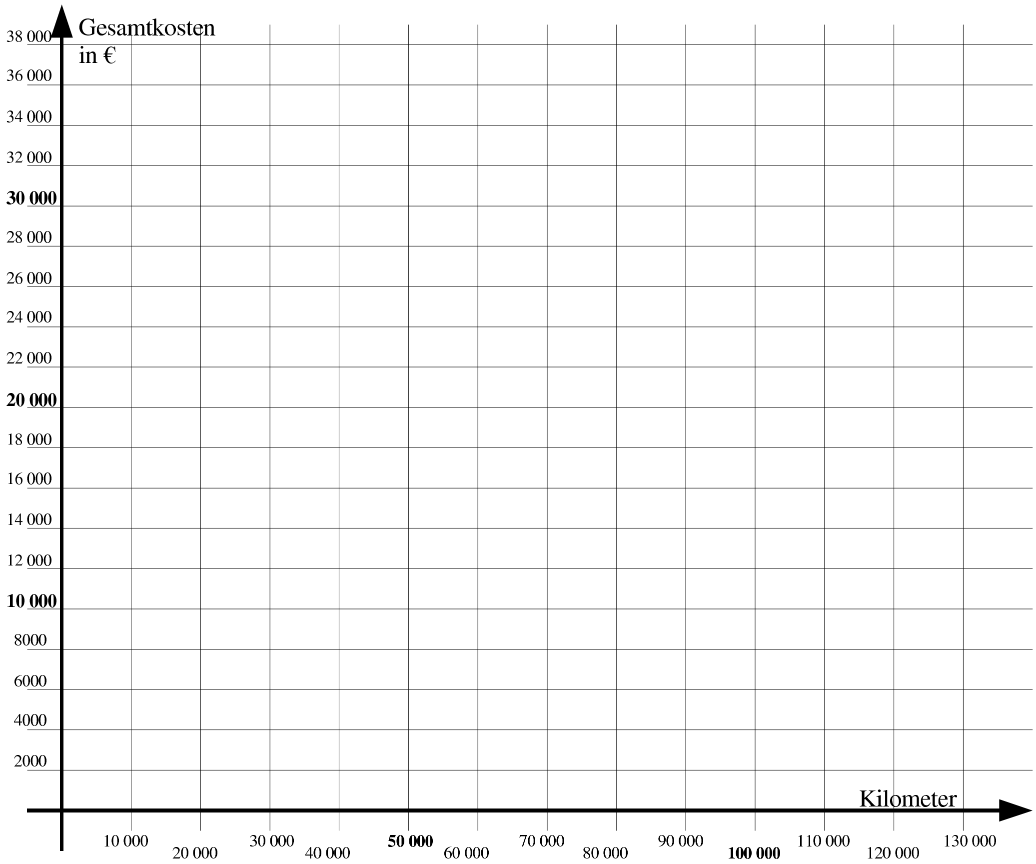
b) Fülle folgende Wertetabelle für die Gesamtkosten des VISION 1.8 aus.

x	f(x)
0	
40000	
100000	
130000	

c) Zeichne den Funktionsgraphen in das Koordinatensystem ein.

Abbildung D.2: IGS Test Funktionen I

Vergleichstest 9. Jahrgang E-Kurse **IGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Kostenvergleich / Funktionen
Name: Datum: 1.6.2006



Aufgabe 2:
Vergleich von VISION 1.8 (Benzin) und VISION **TDi** (Diesel)

(a) Stelle die Funktionsgleichung für die Gesamtkosten in Abhängigkeit von der gefahrenen Strecke in km für den VISION **TDi** (Diesel) auf. Trage den Graphen ebenfalls in das Koordinatensystem ein.
(Falls du hier zu keiner Lösung gelangst, arbeite mit g(x) = 24900 + 0,062x.)

(b) Berechne, ab welcher Kilometerleistung das Dieselmodell kostengünstiger als das Benzinmodell ist. Welche Bedeutung kommt deinem Ergebnis in der Praxis zu? Vergleiche mit der zeichnerischen Lösung.

Aufgabe 3:
Eine Alternative zu Benzin und Diesel als Kraftstoff ist Gas. Dazu muss in das Benzinmodell ein Gastank eingebaut werden. So entsteht durch den Einbau eines Gastanks der VISION ***eco*** (Gas).
Die Funktionsgleichung für die Gesamtkosten in Abhängigkeit von der gefahrenen Strecke für dieses Modell lautet: h(x) = 25700 + 0,0598x.

Untersuche, ab welcher Kilometerleistung die Umstellung auf Gas gegenüber dem Dieselmodell eine finanzielle Ersparnis bedeutet. Dokumentiere deine Vorgehensweise und bewerte dein Ergebnis.

Abbildung D.3: IGS Test Funktionen II

Vergleichstest 9. Jahrgang E-Kurse **IGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Dartsscheibe / Kreis
Name: Datum: 1.6.2006

Angabe in mm

Aufgabe 1:
Oben siehst du einen Teil einer Dartsscheibe. Darts ist ein englisches Spiel, bei dem Pfeile auf eine Scheibe geworfen werden. Die Scheibe ist in 20 verschiedene Kreissegmente eingeteilt, denen unterschiedliche Punktzahlen zugeordnet sind.

a) Berechne die Größe der Trefferfläche.

b) Der Kreis im Zentrum der Dartsscheibe, der 50 Punkte zählt, hat einen Flächeninhalt von 113,1 mm^2. Berechne den Radius dieses Kreises.

c) Der Kreisring, der 25 Punkte zählt, hat einen äußeren Umfang von 100,5 mm. Ermittle für einen Kreis mit diesem Umfang den Durchmesser.

d) Wie viel Prozent der Trefferfläche nehmen alle dreifach zählende Felder ein?

e) Das Kreissegment für die Punktzahl 20 enthält zwei Bereiche mit einfach zählender Punktzahl. Bestimme den Flächeninhalt dieser Bereiche.
(Wenn du das Ergebnis in Teilaufgabe c) nicht ermittelt hast, verwende als Durchmesser d = 30 mm.)

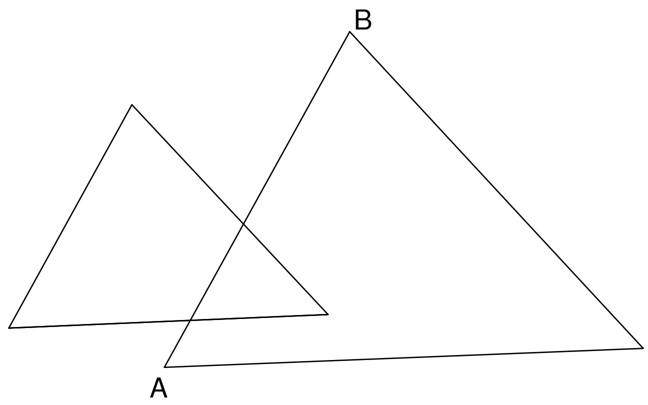
Abbildung D.4: IGS Test Kreis

Vergleichstest 9. Jahrgang E-Kurse **IGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Ähnlichkeit
Name: Datum: 1.6.2006

Aufgabe 1:

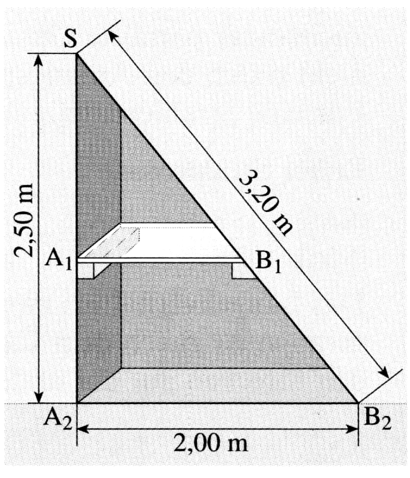
a) Überprüfe, ob diese beiden Figuren aus einer zentrischen Streckung hervorgegangen sind (Antwortsatz mit Begründung).

b) Durch eine Streckung wird die Strecke $\overline{AB}$ so abgebildet, dass die Bildstrecke 8 cm lang wird. Konstruiere diese Streckung und bestimme den Streckfaktor.



Aufgabe 2:

In der Nische einer Dachschräge soll in 1,00 m Höhe ein Boden aus Glas angebracht werden.



a) Bestimme die Länge der Glasplatte.

b) Anna und Peter berechnen die Entfernung von B_1 zu B_2, um die Stelle festzulegen, an der ein Träger für die Glasplatte angebracht werden muss.
Anna stellt folgende Gleichung auf:
$$\frac{1}{2,5} = \frac{x}{3,2}$$
Peter hingegen beginnt mit einem anderen Ansatz:
$$\frac{x}{3,2} = \frac{2,5}{1}$$

Bewerte die beiden Lösungsansätze.

Abbildung D.5: IGS Test Ähnlichkeit I

Vergleichstest 9. Jahrgang E-Kurse **IGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Ähnlichkeit
Name: Datum: 1.6.2006

Aufgabe 3:
Der niederländische Grafiker M.C. Escher (1898— 1972) wurde u.a. bekannt durch Bilder, auf denen er mit einander ähnlichen bzw. fast ähnlichen Figuren arbeitete.

a) Die Engelfigur II ist durch eine zentrische Streckung aus der Figur I hervorgegangen. Konstruiere das Streckzentrum Z und bestimme den Streckfaktor k.
b) Der Engel I hat einen Flächeninhalt von 3 cm². Wie groß ist der Flächeninhalt des Engels II? (*Wenn du in Teilaufgabe a keinen Streckfaktor berechnet hast, verwende k = 3,8.*)

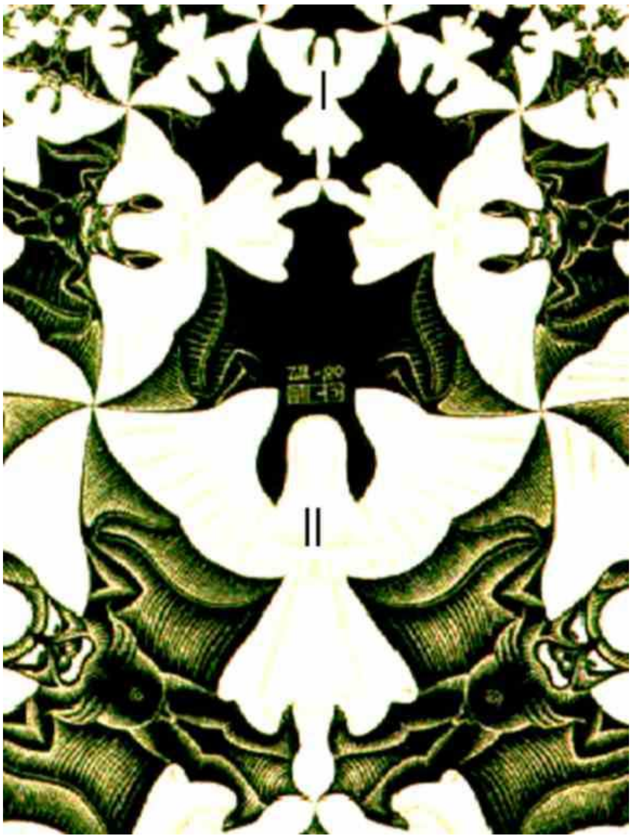


Abbildung D.6: IGS Test Ähnlichkeit II

Vergleichstest 9. Jahrgang E-Kurse **IGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Fernsehverhalten / Statistik
Name: Datum: 1.6.2006

Aufgabe 1:
In einer Klasse mit 12 Jungen und 12 Mädchen wurden die Fernsehzeiten am letzten Sonntag abgefragt. Die folgende Urliste gibt die Daten in Minuten wieder:

130;	140;	200;	160;	150;	310;
150;	130;	220;	20;	250;	210;
110;	30;	70;	160;	380;	220;
260;	350;	200;	40;	230:	190

a) Erstelle ein verfeinertes Stängel-Blätter-Schaubild.
b) Bestimme Minimum, unteres Quartil, Zentralwert, oberes Quartil, Maximum, Quartilabstand und Mittelwert für die Daten (eine Dezimale).
c) Zeichne das Boxplot der gesamten Klasse über die unten gegebene Skala.
d) Vergleiche das Boxplot der gesamten Klasse mit dem vorgegebenen Boxplot der Mädchen. Entdecke Unterschiede und Gemeinsamkeiten.
e) Welche Aussagen kann man über das Boxplot der Jungen machen? Begründe deine Vermutungen.

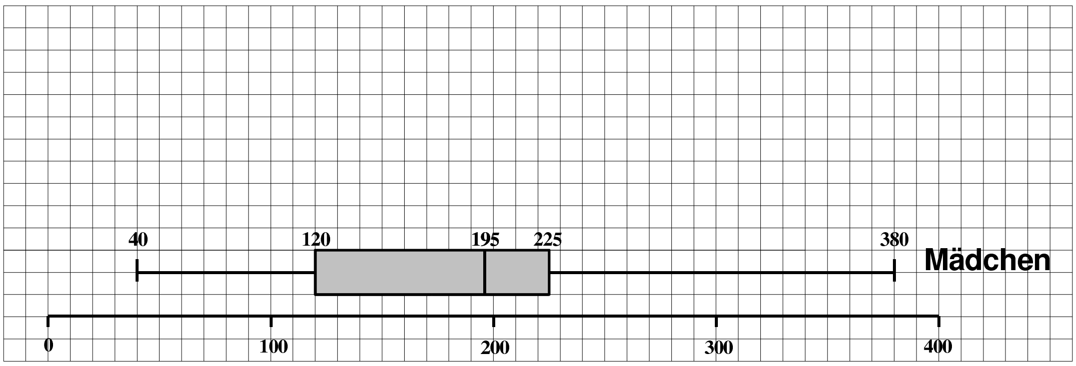


Abbildung D.7: IGS Test Statistik

Bewertung Vergleichstest IGS 9. Jahrgang E/A-Kurse

Bei der Korrektur der Vergleichsarbeit ist Folgendes zu berücksichtigen.

- Bei der Darstellung der Lösungswege wurde bei Zwischenschritten bewusst auf die Einheiten verzichtet.
- Bei vielen Aufgaben gibt es alternative Lösungswege, die nicht alle hier aufgeführt werden können. Diese Lösungswege sind mit der gleichen Bepunktung zu bewerten, wie die unten vorgegebenen Beispiellösungen.
- Hat ein Schüler / eine Schülerin Teillösungen erstellt, so sind diese in jedem Fall zu bewerten.
- Ein Fehler in einer Rechnung hat nicht zwangsläufig zur Folge, dass auf weitere Rechnungen in der Aufgabe keine Punkte mehr gegeben werden können. Eine folgerichtige Lösung ist deshalb positiv zu bewerten.
- Eine Lösung ohne oder mit einer falschen Maßeinheit führt zu einem Punktabzug von 0,5 Punkten.
- Beim Messen und Zeichnen sind Abweichungen von 1 mm bzw. 1° in beide Richtungen zu tolerieren.

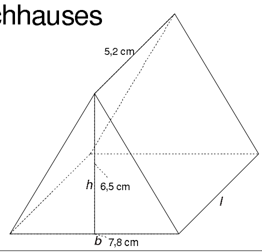
Die erreichten Punkte der Schülerinnen und Schüler werden in die mitgelieferte Tabelle eines Kalkulationsprogramms eingegeben. Die Notenzuweisung erfolgt automatisch. Die Auswertung für die Lerngruppe erfolgt auf dem obersten Tabellenblatt der Auswertungstabelle. Pro Teilaufgaben können Erfolgswerte der Schüler abgelesen werden.
Die Schüler bearbeiten vier Aufgabenbereiche. Die zu bearbeitende Bereiche werden von der Fachkonferenz oder vom Fachbereichsleiter / Fachbereichsleiterin ausgewählt.

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Kostenvergleich	
1a	Achsenabschnitt b = Festkosten = Kaufpreis 23600 in € Steigung a = Kosten pro km = Benzinverbrauch pro km in l x Preis pro l in €	1 2
1b	Vier Funktionswerte	2
1c	Funktionsgraph zu f(x) Achsenbeschriftung	3 1
2a	$g(x) = 25200 + \frac{6,1}{100} \cdot 1x = 25200 + 0,061x$ Funktionsgraph zu g(x)	3 3
2b	f(x) = g(x) liefert als Lösung x ≈ 45714,3 km Antwort mit Maßeinheiten Schnittpunkt ablesen Vergleich/ Einschätzung	3 1 2
3	Funktionseingabe, Graphenanzeige, Schnittstelle mit CALC, 5:intersect o. Ä. oder schriftliche Berechnung liefert $x_s \approx$ 416666,7 km Bewertung als nicht erreichbare Fahrleistung	 3 1
		25

1

Abbildung D.8: IGS Test Lösungen 1

Bewertung Vergleichstest IGS 9. Jahrgang E/A-Kurse

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Unter Dach und Fach / Satz des Pythagoras	
1a	- Maßstabsgetreues Schrägbild des Nurdachhauses - eingezeichnete Höhe, Beschriftung  	5 1
1b	- Berechnung der Dreiecksfläche: $A_\Delta = \frac{g \cdot h}{2} = \frac{7{,}8 \cdot 6{,}5}{2} = 25{,}35$ - Berechnung des Volumens: $V = A_\Delta \cdot l = 25{,}35 \cdot 10{,}4 = 263{,}64$ oder: Einsetzen in eine Gesamtformel - Ergebnis mit korrekten Einheiten: umbauter Raum V = 263,64 m³	4
2a	- Berechnung der Dachkante d: $d^2 = \left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2 = 3{,}9^2 + 6{,}5^2 = 57{,}46 \Rightarrow d = \sqrt{57{,}46} \approx 7{,}58$ - Ergebnis gerundet angeben: Dachkante d = 7,58 m $\approx$ 7,60 m	3
	- Berechnung der Dachfläche: $A_{Dach} = 2d \cdot l \approx 157{,}7$ - Ergebnis mit korrekten Einheiten: Dachfläche A = 157,7 m²	2
2b	- Sinnvolle Dachziegelmenge incl. 10 % : A = 173,5 m² ≈ 175 m² - Berechnung der Kosten: K = A·p = 175·17,90 = 3132,25 - Antwortsatz	3
3	- Nachweis über Satz des Pythagoras: $\overline{AC}^2 + \overline{CB}^2 \neq \overline{AB}^2$ - Eine der beiden Änderungsmöglichkeiten: Bohrung B versetzen mit $\overline{BC} = \sqrt{\overline{AB}^2 - \overline{AC}^2} = \sqrt{3600 - 2500} = \sqrt{1100} = 33{,}2$ oder Bohrung A versetzen mit $\overline{AC} = \sqrt{\overline{AB}^2 - \overline{BC}^2} = \sqrt{3600 - 900} = \sqrt{2700} = 52{,}0$ - Antwortsatz: Eine Bohrung auf den Regalbauteilen muss um 3,2 cm (2 cm) versetzt werden. Eine Bohrung auf der Metallschiene nach innen zu verändern ist möglich, hier aber keine sinnvolle Variante.	3 3 1
		25

2

Abbildung D.9: IGS Test Lösungen 2

Bewertung Vergleichstest IGS 9. Jahrgang E/A-Kurse

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Ähnlichkeit / zentrische Streckung	
1a	Konstruktion des Streckzentrums Z Messen der Winkel in den beiden Dreiecken (Ähnlichkeit) oder der Nachweis der Parallelität der Dreieckseiten oder der Nachweis des gleichen Streckfaktors k = 1,5 für alle drei Punktepaare nachgewiesen oder im Antwortsatz erwähnen. Antwortsatz	2 2 1
1b	Berechnung von k für die Bildstrecke A'B': k = 1,33 Konstruktion der Bildstrecke A'B'	2 2
2a	Aufstellen einer Verhältnisgleichung Auflösen nach x $\frac{x}{1,5}=\frac{2}{2,5} \quad \vert \cdot 1,5$ $x=\frac{1,5\cdot 2}{2,5}$ $x=1,2$ Antwortsatz	1 1 1
2b	Annas Lösungsansatz ist richtig. Peters Lösungsansatz ist falsch, da er eine Verhältnisgleichung falsch aufstellt. Einmal steht der kurze Teilabschnitt im Zähler, einmal im Nenner. Wenn er von einem Bruch den Kehrwert bildet, so erhält er einen richtigen Lösungsansatz.	2 3
3a	Konstruktion des Streckzentrums (Flügelspitzen) Berechnung von k: $k=\frac{2,7}{9,2}\approx 3,5$	2 2
3b	Berechnung der Fläche vom Engel II $A'=k^2\cdot 3$ $A'=3,5^2\cdot 3$ $A'=36,75\ cm^2$ Antwortsatz	3 1
		25

3

Abbildung D.10: IGS Test Lösungen 3

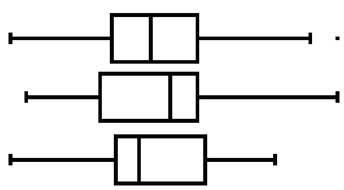
Bewertung Vergleichstest IGS 9. Jahrgang E/A-Kurse

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Dartsscheibe / Kreis	
1a	Bestimmen des Radius r_T für die Trefferfläche : $r_T = 170$ mm Berechnen der zugehörigen Kreisfläche A_T : $A_T = \pi \cdot 170^2$ Angabe der Trefferfläche : $A_T \approx 90792{,}03$ mm^2	4
1b	Berechnung des zugehörigen Radius r_i durch Umstellen der Formel für den Flächeninhalt des Kreises : $r_i = \sqrt{113{,}1 : \pi}$; $r_i \approx 6$ mm	4
1c	Berechnen des Durchmessers d durch Umstellen der entsprechenden Formel : $d = u : \pi$; $d = 100{,}5 : \pi$ Angabe des Durchmessers : $d \approx 32$ mm	4
1d	Ermitteln der zum Kreisring gehörenden Radien r_a und r_i : $r_a = 105$ mm , $r_i = 94$ mm Berechnen des Flächeninhalts A_R des Kreisrings : $A_R = \pi \cdot (105^2 - 94^2)$, $A_R \approx 6876{,}95$ mm^2 Bestimmen des prozentualen Anteils : $p\,\% = 6876{,}95 : 90792{,}03 \cdot 100 \approx 7{,}6\,\%$	2 2 2
1e	Ermitteln der Kreisringflächeninhalte A_{R1} und A_{R2} für die einfach zählenden Punktzahlen : oberer Ring R1 : Radien : $r_{a1} = 159$ mm , $r_{i1} = 105$ mm $A_{R1} = \pi \cdot (159^2 - 105^2)$, $A_{R1} \approx 44786{,}54$ mm^2 unterer Ring R2 : Radien : $r_{a2} = 94$ mm , $r_{i2} = 16$ mm $A_{R2} = \pi \cdot (94^2 - 16^2)$, $A_{R2} \approx 26954{,}86$ mm^2 Der gesuchte Flächeninhalt A_S ergibt sich zu : $A_S = (A_{R1} + A_{R2}) : 20 = 71741{,}4 : 20 = 3587{,}07$; $A_S = 3587{,}07$ mm^2	 3 3 1
		25

4

Abbildung D.11: IGS Test Lösungen 4

Bewertung Vergleichstest IGS 9. Jahrgang E/A-Kurse

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Statistik	
1a	Erstellen des Stängel-Blätter-Schaubilds, H ZE Fernsehzeiten in Minuten 0 20 30 40 * 70 1 30 40 30 10 * 60 50 50 60 90 2 00 20 10 20 00 30 * 50 60 3 10 * 80 50	5
1b	Bestimmen der statistischen Kennwerte: Minimum 20 Unteres Quartil 130 Zentralwert 175 Oberes Quartil 225 Maximum 380 Quartilabstand 95 Mittelwert 179,6 Angaben in Minuten	10
1c	Einzeichnen und beschriften des Boxplots der gesamten Klasse	4
1d	Vergleich der Boxplots: Minimum – Maximum, Zentralwert, Quartile - Quartilabstand *Der Median der Mädchen liegt höher als der der gesamten Klasse. Auch Minimum und Maximum der Mädchen liegt höher, als beir der gesamten Klasse. Daher kann man annehmen, dass der Median der Jungen deutlich unterhalb des Medians der Mädchen liegt.*	3
1e	Aussagen über das Boxplot der Jungen: Minimum, Zentralwert, Quartile Vergleich der Boxplots: Oben: Gesamt Mitte: Mädchen Unten: Jungen  *Der Median der Jungen liegt deutlich unterhalb der Mädchen und auch unterhalb der gesamten Klasse. Trotzdem liegt das obere Quartil der Jungen oberhalb des oberen Quartils der Mädchen. Zwischen dem Median und dem unteren Quartil liegen die Daten bei den Jungen dicht beieinander.*	3
		25

5

Abbildung D.12: IGS Test Lösungen 5

Bewertung Vergleichstest IGS 9. Jahrgang E/A-Kurse

Da die Schülerinnen und Schüler nur vier der hier dargestellten fünf Aufgabenvorschläge bearbeiten, können sie insgesamt 100 Punkte erreichen. Die Zuordnung zwischen Punkte und Zensuren erfolgt nach der unten dargestellten Tabelle.

Zensur	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
Punkte	0 - 20	21 - 49	50 - 63	64 - 75	76 - 87	88 - 100

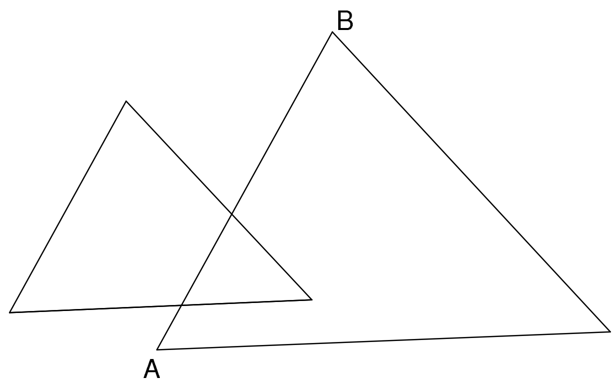
6

Abbildung D.13: IGS Test Lösungen 6

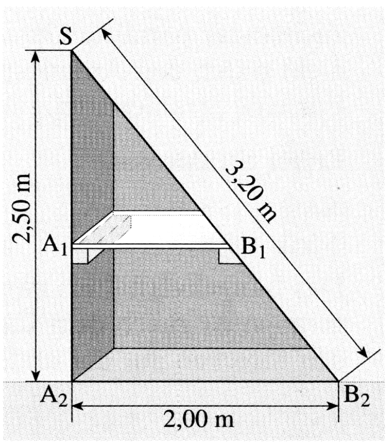
D.2 Vergleichstest KGS G-Zweig

Vergleichstest 9. Jahrgang Gymnasium **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Ähnlichkeit
Name: Datum: 1.6.2006

1: Zentrische Streckung
a) Überprüfe, ob diese beiden Figuren aus einer zentrischen Streckung hervorgegangen sind (Antwortsatz mit Begründung).
b) Durch eine Streckung wird die Strecke $\overline{AB}$ so abgebildet, dass die Bildstrecke 8 cm lang wird. Konstruiere diese Streckung und bestimme den Streckfaktor.



2: Das Regal im Dachgiebel
In der Nische einer Dachschräge soll in 1,00 m Höhe ein Boden aus Glas angebracht werden.



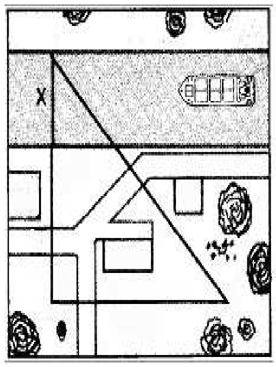
a) Bestimme die Länge $\overline{A_1B_1}$ der Glasplatte.
b) Anna und Peter berechnen die Entfernung von B_1 zu B_2 um die Stelle festzulegen, an der ein Träger für die Glasplatte angebracht werden muss.
Anna beginnt mit folgender Gleichung:
$$\frac{1{,}5}{2{,}5}=\frac{x}{3{,}2}$$
Peter hingegen beginnt mit einem anderen Ansatz:
$$\frac{1{,}5}{2{,}5}=\frac{3{,}2-x}{3{,}2}$$
Erkläre, warum sie mit beiden Ansätzen die Aufgabe lösen können.

Abbildung D.14: KGS G-Zweig Ähnlichkeit I

Vergleichstest 9. Jahrgang Gymnasium **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Ähnlichkeit
Name: Datum: 1.6.2006

3: Breite eines Flusses
Um die Flussbreite x zu bestimmen, kann man mit Hilfe der in der rechten Abbildung dargestellten Figur erfolgreich sein.

a) Gehe folgendermaßen vor:
   – Gib ein mathematisches Verfahren an, mit dem die Flussbreite ermittelt werden kann. Beschrifte die Zeichnung sinnvoll und erläutere dein Verfahren.
   – Worauf müsstest du bei der praktischen Umsetzung des Verfahrens achten?
b) Der zerstreute Vermessungsingenieur misst 20 m, 30 m und 50 m. Leider hat er jedoch versäumt, die Streckenlängen in der Skizze festzuhalten. Wähle eine sinnvolle Zuordnung und berechne damit die Flussbreite!



Skizze (nicht maßstabsgetreu)

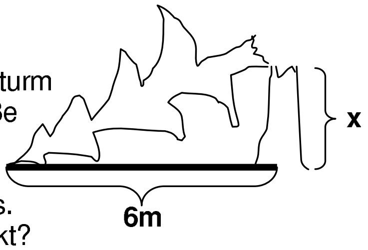
Abbildung D.15: KGS G-Zweig Test Ähnlichkeit II

Vergleichstest 9. Jahrgang Gymnasium **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Pythagoras / Trigonometrie
Name: Datum: 1.6.2006

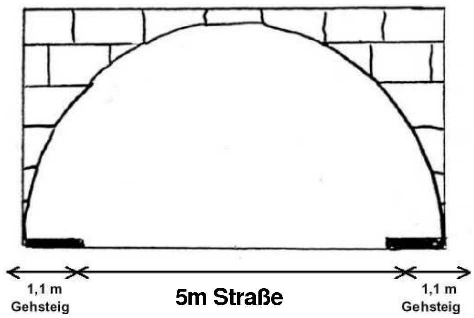
1. Konstruiere ein Dreieck mit den Seitenlängen 6 cm; 6,5 cm und 2,5 cm und überprüfe es rechnerisch auf Rechtwinkligkeit. (Antwortsatz)

2. Im Folgenden geht es um den sogenannten Teufelstunnel durch den Höllenberg, der die Orte Beelzebub und Hexenhausen miteinander verbindet.

a) Vor der Einfahrt in den Tunnel ist bei einem Sturm eine 15 m hohe Fichte rechtwinklig zur Straße abgeknickt, die 1 m neben der 5 m breiten Fahrbahn stand. Die Spitze des Baumes berührt die andere Seite der Fahrbahn (s. Skizze). In welcher Höhe ist der Baum abgeknickt?



b) Der Querschnitt des Tunnels ist ein Halbkreis. Für die Bestimmung der maximalen Durchfahrtshöhe **je** Fahrtrichtung ist derjenige Punkt an der Tunneldecke von entscheidender Bedeutung, der von der Fahrbahn den geringsten Abstand hat. Bestimme diesen „kritischen Punkt“ mit Hilfe einer Zeichnung und ermittle anschließend rechnerisch dieses Maß.
Wird man diesen Wert als maximale Durchfahrtshöhe angeben? Begründe!



c) Die Tunneleinfahrt liegt auf 817 m Höhe, die Ausfahrt auf 857 m. Die gerade verlaufende Fahrbahn ist 752 m lang. Muss auf die Steigung durch ein Schild aufmerksam gemacht werden, wenn dies ab 4% verpflichtend ist? Gib in jedem Fall den Steigungswinkel α an.

Abbildung D.16: KGS G-Zweig Pythagoras

Vergleichstest 9. Jahrgang Gym **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Quadratische Funktionen
Name: Datum: 1.6.2006

1.
I: $y = x^2 - 5x + 2$
II: $y = -2x^2 + 3x + 4$

a) Wandle die Funktionsgleichung I rechnerisch in die Scheitelpunktform um.
b) Bestimme die gemeinsamen Punkte der beiden Graphen I und II. Dokumentiere dein Vorgehen.

2. Auf dem Bild siehst du eine Fußgängerbrücke, deren Träger die Form einer Parabel bilden. Der Scheitelpunkt des vorderen Brückenträgers ist 3,5m über dem Gehweg auf der Brücke. Die beiden Schnittpunkte des vorderen Brückenträgers mit der Gehweg liegen 9 m auseinander.

Zeichne in das Bild ein geeignetes Koordinatensystem, zeichne die im Text beschriebenen Punkte als Koordinaten ein und bestimme die Funktionsgleichung der Parabelbrücke. Beschreibe deine Vorgehensweise.

Abbildung D.17: KGS G-Zweig Quadratische Funktionen I

Vergleichstest 9. Jahrgang Gym **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Quadratische Funktionen
Name: Datum: 1.6.2006

3. Aus diesem rechtwinkligen Dreieck soll ein Rechteck mit dem größtmöglichen Flächeninhalt ausgeschnitten werden. In der Abbildung unten siehst du eine Möglichkeit für ein beliebiges Rechteck. Bestimme die Seitenlängen des Rechtsecks mit dem größtmöglichen Flächeninhalt. Dokumentiere dein Vorgehen.

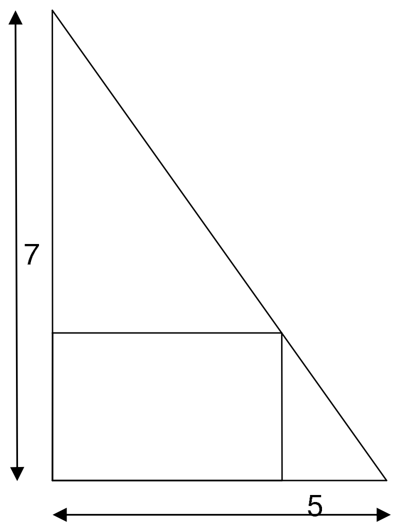


Abbildung D.18: KGS G-Zweig Quadratische Funktionen II

Vergleichstest 9. Jahrgang Gymnasium **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Wahrscheinlichkeit
Name: Datum: 1.6.2006

1. In einer Urne liegen 5 rote, 3 blaue und 2 gelbe Kugeln, deren Farbe von außen nicht zu sehen ist.
Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit,

a) bei einer Ziehung eine blaue Kugel zu ziehen
b) bei zwei Ziehungen mit Zurücklegen erst eine rote, dann eine blaue Kugel zu ziehen
c) bei drei Ziehungen ohne Zurücklegen immer die gleiche Farbe zu ziehen?

2. Ein Reisender besucht des Land der Bolteken, deren Lieblingsgetränk Lurti-Saft heißt. Leider ist Lurti so heiß begehrt, dass 65% aller Bolteken zu viel davon trinken.
Infolge dieses Übergenusses bildet sich in 90% aller Fälle als Krankheit ein gut sichtbares Quesi aus.
Allerdings haben 2 % der Bolteken, die nicht zu viel Lurti trinken, auch die Krankheit Quesi.

a) Stelle aus den Angaben des Textes eine vollständige Vierfelder-Tafel her.
b) Der Reisende trifft einen Bolteken mit einem Quesi.
Berechne die Wahrscheinlichkeit, mit der dieser Bolteke dennoch nicht zu viel Lurti trinkt.

3. In der untenstehenden Abbildung ist ein vollständiges Baumdiagramm eines Urnenversuchs dargestellt.

a) Gib für diesen Urnenversuch das Versuchsende und die Anzahl bzw. Mindestanzahl der jeweiligen Kugeln an.
b) Begründe kurz, ob es sich um eine Ziehung ohne oder mit Zurücklegen handelt.

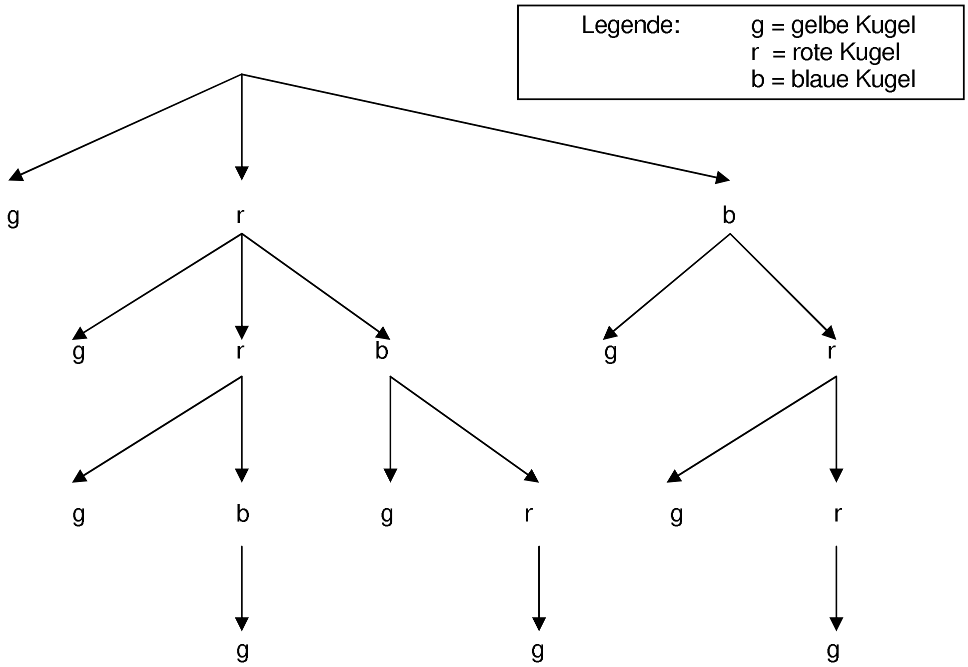


Abbildung D.19: KGS G-Zweig Wahrscheinlichkeit

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Gymnasium**

Bei der Korrektur der Vergleichsarbeit ist Folgendes zu berücksichtigen.

- Bei der Darstellung der Lösungswege wurde bei Zwischenschritten bewusst auf die Einheiten verzichtet.
- Bei vielen Aufgaben gibt es alternative Lösungswege, die nicht alle hier aufgeführt werden können. Diese Lösungswege sind mit der gleichen Bepunktung zu bewerten, wie die unten vorgegebenen Beispiellösungen.
- Hat ein Schüler / eine Schülerin Teillösungen erstellt, so sind diese in jedem Fall zu bewerten.
- Ein Fehler in einer Rechnung hat nicht zwangsläufig zur Folge, dass auf weitere Rechnungen in der Aufgabe keine Punkte mehr gegeben werden können. Eine folgerichtige Lösung ist deshalb positiv zu bewerten.
- Eine Lösung ohne oder mit einer falschen Maßeinheit führt zu einem Punktabzug von 0,5 Punkten.
- Beim Messen und Zeichnen sind Abweichungen von 1 mm bzw. 1° in beide Richtungen zu tolerieren.

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Ähnlichkeit / zentrische Streckung - Gymnasium	
1a	Konstruktion des Streckzentrums Z Messen der Winkel in den beiden Dreiecken (Ähnlichkeit) oder der Nachweis der Parallelität der Dreieckseiten oder der Nachweis des gleichen Streckfaktors k = 1,5 für alle drei Punktepaare nachgewiesen oder im Antwortsatz erwähnen. Antwortsatz	2 2 1
1b	Berechnung von k für die Bildstrecke A'B' k = 1,33 Konstruktion der Bildstrecke A'B'	2 2
2a	Aufstellen einer Verhältnisgleichung Auflösen nach x $\frac{x}{1,5}=\frac{2}{2,5} \quad \mid \cdot 1,5$ $x=\frac{1,5\cdot 2}{2,5}$ $x=1,2$ Antwortsatz	1 1 1
2b	Anna berechnet mit x die Strecke $\overline{B_1S}$. Sie muss anschließend die Differenz (3,20m –x) bilden, um die gesuchte Strecke $\overline{B_1B_2}$ zu ermitteln. Peter berechnet mit x direkt die gesuchte Strecke $\overline{B_1B_2}$. *Unterschiedliche Bedeutung der Variablen x, schlüssiges Aufzeigen der beiden Lösungswege.*	 3 2

1

Abbildung D.20: KGS G-Zweig Lösungen 1

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Gymnasium**

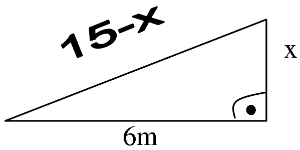
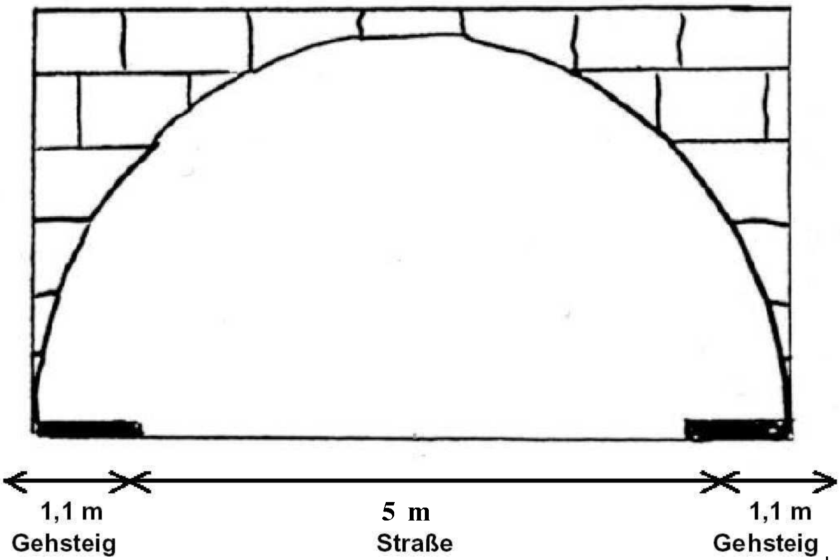
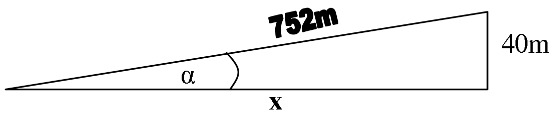
3a	*Voraussetzung für das Verfahren benennen*: – Strahlensatzfigur (2 Geraden, geschnitten von 2 Parallelen) *oder* – ähnliche Dreiecke (2 Dreiecke mit gleich großen Winkeln) *oder* – zentrische Streckung (Streckzentrum, Original- und Bildstrecken parallel, Original- und Bildpunkte auf einer Geraden) *Lösung beschreiben:* – mit Strahlensatzfigur: Verhältnisgleichung aufstellen und lösen *oder* – mit ähnlichen Dreiecken: gleichliegende Seiten feststellen, Verhältnisgleichung aufstellen und lösen *oder* – mit zentrischer Streckung: Streckfaktor bestimmen und damit dann x bestimmen – entscheiden, welche Strecken gemessen werden müssen – (kurzes Parallelenstück, langes Parallelenstück, Verlängerung von x) *Erläutern und begründen, worauf besonders geachtet werden muss* – Rechtwinkligkeit, damit Flussbreite als kürzester Abstand zweier Uferpunkte in die Rechnung eingeht – Parallelität	3 2
3b	*Gemessene Strecken sinnvoll zuordnen* (eine sinnvolle Zuordnung liegt dann vor, wenn die kurze Parallele *nicht* der Länge 50 m zugeordnet wird); – Verhältnisgleichung aufstellen und lösen (bei Lösung mit Hilfe der Strahlensatzfigur oder ähnlicher Dreiecke) *oder* – Streckfaktor k anhand eines Verhältnisses, dann mit Hilfe von k die Flussbreite x berechnen Antwortsatz formulieren	3
		25

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Pythagoras - Gymnasium	
1	Konstruktion des Dreiecks Rechnung: $6{,}5^2 = 6^2 + 2{,}5^2$ $42{,}25 = 36 + 6{,}25$ $42{,}25 = 42{,}25$ Antwortsatz	2 2 1

2

Abbildung D.21: KGS G-Zweig Lösungen 2

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Gymnasium**

2a	Skizze mit Bemaßung  Aufstellen der Gleichung: $36 + x^2 = (15 - x)^2$ Lösen der Gleichung: x = 6,30 m Antwortsatz	6
2b	Der kritische Punkt markiert den Schnittpunkt der Höhe h mit der Tunneldecke, da hier die geringste Höhe über der Fahrbahn zu messen ist. Zeichnung mit Beschriftung Berechnung 	3 3 2
2c	Skizze  Berechnung des Winkels sin α = 40/752; α ≈ 3,05°; $x = \sqrt{752^2 - 40^2} \approx 750{,}94$ Berechnung der Steigung in Prozent 40/750,94 ≈ 0,053, d. h. der prozentuale Anstieg beträgt ca. 5,3 %, ein Schild ist erforderlich.	2 2 2

3

Abbildung D.22: KGS G-Zweig Lösungen 3

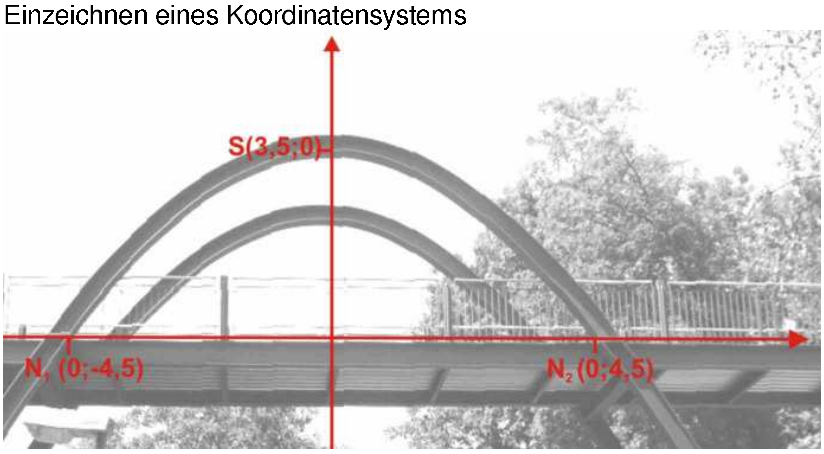
Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Gymnasium**

		25
Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Quadratische Funktionen - Gymnasium	
1a	Quadratische Ergänzung $y=x^2-5x+2{,}5^2-2{,}5^2+2$ Scheitelpunktsform $y=(x-2{,}5)^2-4{,}25$	3
1b	Gleichsetzen $x^2-5x+2=-2x^2+3x+4$ Umstellen und Teilen durch 3. $0= x^2-\frac{8}{3}x-\frac{2}{3}$ Quadratische Ergänzung $0=x^2-\frac{8}{3}x-\frac{2}{3}+(\frac{8}{6})^2-(\frac{8}{6})^2$ Umstellen und bestimmen von $x_1=\frac{\sqrt{22}+4}{3}\approx 2{,}9$ Bestimmen von $x_2=\frac{-\sqrt{22}+4}{3}\approx -0{,}23$ Bestimmen von $y_1=-4{,}09$ und $y_2=3{,}2$ und Antwortsatz: Die Schnittpunkte der beiden Funktionen haben die Koordinaten P_1 (2,9;-4,09) P_2 (-0,23;3,2) GTR: Dieser Aufgabenteil ist auch durch Einsatz des GTR lösbar. Eine solche Lösung wird als gleichwertig akzeptiert. Die Dokumentation des Vorgehens bedeutet aber, dass der Schüler seine Arbeit mit dem GTR beschreiben muss. Verlangt wird nicht die Eingabe einer Tastenfolge sondern die sinnvolle Benutzung der verwendeten Menus. In einem Antwortsatz müssen sinnvoll gerundete Werte angegeben werden.	5

4

Abbildung D.23: KGS G-Zweig Lösungen 4

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Gymnasium**

2	Einzeichnen eines Koordinatensystems 	1
	Ablesen/Bestimmen der Punkte S(0;3,5); N_1=(-4,5;0); N_2=(4,5;0)	3
	Allgemeine Funktionsgleichung $y=ax^2+bx+c$ aufstellen	
	Ermittlung der Funktionsgleichung durch Einsetzen von a, b und c in die allgemeine Funktionsgleichung und Antwortsatz. Der Brückenträger hat eine Funktionsgleichung von $y=-0{,}17x^2+3{,}5$.	6
	Auch hier sind wieder alternative Lösungen denkbar und gleichwertig. Eine andere Wahl des Koordinatensystems führt automatisch zu einer anderen Funktionsgleichung. Auch ist hier der Einsatz des GTR möglich und sinnvoll. Die Schüler können die Funktionsgleichung auch durch gezieltes, sinnvolles Experimentieren mit dem GTR erhalten. Eine weitere Möglichkeit ist die Ermittlung der Funktionsgleichung durch eine quadratische Regression. Die für die Aufgabe zur Verfügung stehenden Punkte müssen dann entsprechend verteilt werden.	

5

Abbildung D.24: KGS G-Zweig Lösungen 5

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Gymnasium**

3	Funktionsgleichungen A=$x \cdot y$ und y=$-\frac{7}{5}x+7$ *Die Funktionsgleichung $y=-\frac{7}{5}x+7$ kann man auch entwickeln, in dem man in der dargestellten Figur drei ähnliche Dreiecke sieht. Das Seitenverhältnis der Katheten ist 5 zu 7.* Einsetzen der zweiten Gleichung in A=$x \cdot (-\frac{7}{5}x+7)$ Auflösen der Klammer A=$-\frac{7}{5}x^2+7x$ Zeichnen der Gleichung Ablesen von x und y Antwort: Das Rechteck mit dem größten Flächeninhalt hat die Seitenlängen 2,5cm und 3,5cm. Alternative Lösungswege: Man kann hier geometrisch argumentieren. Man kann zeigen, dass für x = 2,5 der Flächeninhalt des Rechtecks halb so groß ist, wie der Flächeninhalt des Dreiecks. Verändert man nun x in eine Richtung, so wird ein weißes Dreieck größer, das andere kleiner. Die Zunahme ist stets größer als die Flächenabnahme. Wenn ein Schüler / eine Schülerin mit diskreten, errechneten Werten argumentiert, so ist eine solche „Lösung“ nur mit höchstens 5 Punkten zu bewerten.	7
		25

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Wahrscheinlichkeitsrechnung - Gymnasium	
1a	p(“blaue Kugel”) = 0,3 = 30%	1
1b	p(“erst rote, dann blaue Kugel”) = 0,5*0,3 = 0,15 = 15%	2
1c	p(“gleiche Kugelfarbe in den drei Ziehungen“) = $^{5}/_{10}$* $^{4}/_{9}$* $^{3}/_{8}$ + $^{3}/_{10}$ * $^{2}/_{9}$ * $^{1}/_{8}$ = $^{1}/_{12}$ + $^{1}/_{120}$ = 0,0917 = 9,17%	3
2a	sinnvolle Legende bzw. sinnvolle Beschriftung der Vierfeldertafel (siehe unten) korrektes Ausfüllen der Tafel (siehe unten)	2 8
2b	p(„B. mit Q. trinkt nicht L.“) = 0,7:59,2 = 0,0118 = 1,2%	3

6

Abbildung D.25: KGS G-Zweig Lösungen 6

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Gymnasium**

3a	Anzahl der Kugeln: gelb: 1 rot: 2 blau: 1 Versuchsende: nach Ziehung einer gelben Kugel	3 1
3b	Art der Ziehung: ohne Zurücklegen; nur so ist die begrenzte Anzahl von Zügen zu erklären	1 1
		25

Vierfeldertafel

	Bolteken, die zu viel Lurti trinken	Bolteken, die nicht zu viel Lurti trinken	Summe
Bolteken mit Quesi	(90% von 65%) 58,5%	(2% von 35%) 0,7%	59,2%
Bolteken ohne Quesi	(10% von 65%) 6,5%	(98% von 35%) 34,3%	40,8%
Summe	65%	35%	100%

Zur Angabe der Feldergebnisse in Prozenten sind Dezimalergebnisse oder auch Absolutergebnisse bezogen auf eine bestimmte Grundgesamtheit (z.B. von 100000 Bolteken trinken 65000 Lurti) gleichwertig.
Die erreichten Punkte der Schülerinnen und Schüler werden in die mitgelieferte Tabelle eines Kalkulationsprogramms eingegeben. Die Notenzuweisung erfolgt automatisch. Die Auswertung für die Lerngruppe erfolgt auf dem obersten Tabellenblatt der Auswertungstabelle. Pro Teilaufgaben können Erfolgswerte der Schüler abgelesen werden.
Die Schüler bearbeiten drei Aufgabenbereiche. Die zu bearbeitenden Bereiche werden von der Fachkonferenz oder vom Fachbereichsleiter / Fachbereichsleiterin ausgewählt.

Da die Schülerinnen und Schüler nur drei der hier dargestellten vier Aufgabenvorschläge bearbeiten, können sie insgesamt 75 Punkte erreichen. Die Zuordnung zwischen Punkten und Zensuren erfolgt nach der unten dargestellten Tabelle.

Zensur	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
Punkte	0 - 15	16 - 37	38 – 47	48 - 57	58 – 66	67 - 75

7

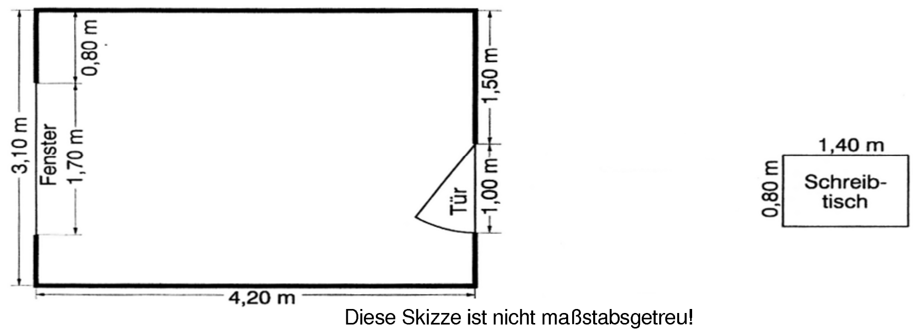
Abbildung D.26: KGS G-Zweig Lösungen 7

D.3 Vergleichstest KGS R-Zweig

Vergleichstest 9. Jahrgang Realschule **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Ähnlichkeit
Name: Datum: 1.6.2006

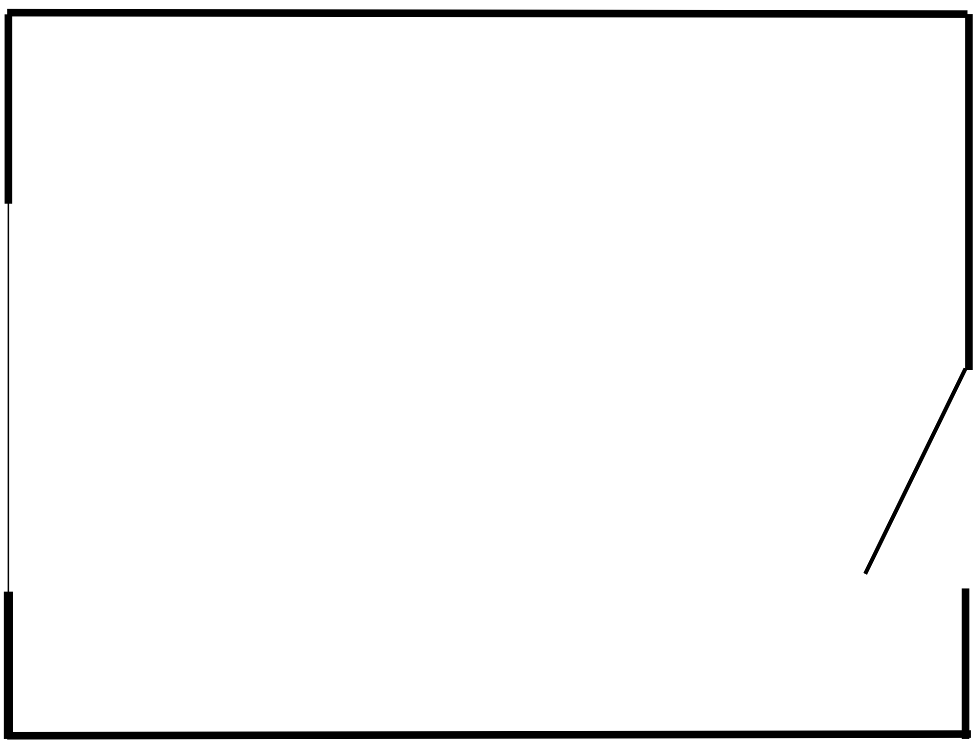
1. Hanna möchte sich ein eigenes Zimmer einrichten. Um besser planen zu können, fertigt sie einen Grundriss an, auf dem die Abmessungen des Zimmers zu sehen sind (s. Abb.).

Diese Skiz



Diese Skizze ist nicht maßstabsgetreu!

a) Das unten aufgezeichnete Zimmer ist im Maßstab 1:25 vorgegeben. Berechne die zu zeichnenden Maße des Schreibtisches, wenn alles in diesem Maßstab dargestellt werden soll.
b) Zeichne den Schreibtisch in dem unten stehenden Grundriss mittig vor das Fenster.



Maßstab 1:25

Abbildung D.27: KGS R-Zweig Ähnlichkeit I

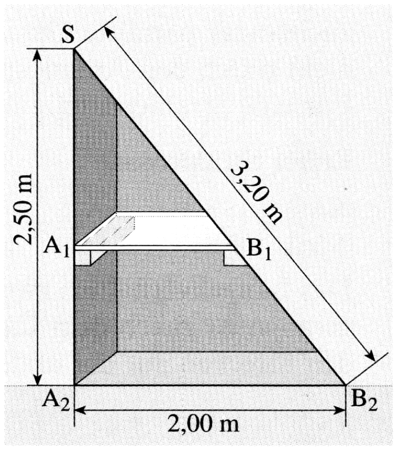
Vergleichstest 9. Jahrgang Realschule **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Ähnlichkeit
Name: Datum: 1.6.2006

2. In der Nische einer Dachschräge in ihrem Zimmer soll in 1,00 m Höhe ein Boden aus Glas angebracht werden.

a) Bestimme die Länge der Glasplatte $\overline{A_1B_1}$.

b) Hanna und Peter berechnen die Entfernung von S zu B_1, um die Stelle festzulegen, an der ein Träger für die Glasplatte angebracht werden muss.
Hanna stellt folgende Gleichung auf:
$$\frac{1,5}{2,5} = \frac{x}{3,2}$$
Peter hingegen beginnt mit einem anderen Ansatz:
$$\frac{x}{3,2} = \frac{2,5}{1,5}$$

Bewerte die beiden Lösungsansätze.



3. Hanna hat im Urlaub mit ihrem Fotoapparat ein Dia (Format: 24 mm x 36 mm) gemacht.

a) Das Dia (links) wurde wie abgebildet vergrößert. Ermittle das Streckzentrum und den Streckfaktor.


Dia


Vergrößerung

b) Hanna möchte für ihr Zimmer von ihrem Dia eine maßstabsgerechte Vergrößerung (ohne Verschnitt) anfertigen lassen. Der Fotohändler bietet ihr folgende Papierformate an: 20 cm x 30 cm, 24 cm x 30 cm, 30 cm x 45 cm und 40 cm x 50 cm.
Welche dieser Papierformate könnte Hanna wählen, wenn sie eine maßstabsgerechte Vergrößerung ihres Dias erhalten möchte? Schreibe deinen Lösungsweg auf.

c) Der Preis für eine 20 cm x 30 cm Vergrößerung beträgt 1,95 €, der Preis für eine 40 cm x 50 cm Vergrößerung beträgt 5,95 €. Ist der Preis für das größere Poster gegenüber dem kleineren durch den erhöhten Materialverbrauch gerechtfertigt?

Abbildung D.28: KGS R-Zweig Ähnlichkeit II

Vergleichstest 9. Jahrgang **Realschule** **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Gleichungssysteme
Name: Datum: 1.6.2006

1. Berechne den Schnittpunkt der beiden Geraden $g_1 = 0{,}5 \cdot x - 1{,}4$ und $g_2 = -0{,}7 \cdot x + 6$. Gib beide Koordinaten des Schnittpunkts an.

2. Familie Lehmann möchte über das Wochenende ein Auto mieten. Für die Hin- und Rückfahrt rechnet sie mit einer Strecke von 300 km. Nach umfangreicher Suche im Internet liegen die folgenden Angebote von Firmen vor:

<u>Angebot 1:</u>
Firma Intermiet:
Grundgebühr 50 €
30 Ct pro Kilometer

<u>Angebot 2:</u>
Firma Bertz:
Grundgebühr 80 €
18 Ct pro Kilometer

<u>Angebot 3:</u>
Firma Parturent:
Grundgebühr 110 €
0,12 € pro Kilometer

a) Um sich einen Überblick zu verschaffen, werden die Kosten der einzelnen Angebote in Abhängigkeit von den gefahrenen Kilometern in einer Tabelle dargestellt.

Fülle die Tabelle aus.
Welches Angebot sollte Familie Lehmann wählen?

Strecke	Angebot 1	Angebot 2	Angebot 3
0 km			
200 km			
300 km			
400 km			

b) Zeichne die Graphen für die drei Angebote in das vorgegebene Koordinatenkreuz.

c) Die Kosten für den Leihwagen der verschiedenen Angebote kann mit einer Funktionsgleichung beschrieben werden. Dabei ist x die Variable für die gefahrenen Kilometer. Ordne den drei Angeboten richtige Funktionsgleichungen zu.

$y_1 = 0{,}3 \cdot x + 50$ $\qquad$ $y_4 = \frac{12}{100} \cdot x + 110$

$y_2 = 50 + 30x$ $\qquad$ $y_5 = 0{,}18x + 80$

$y_3 = 110 \cdot 0{,}12x$ $\qquad$ $y_6 = 0{,}80x + 18$

d) Ein Freund der Familie macht ein neues Angebot. Es lässt sich mathematisch durch folgende Funktionsgleichung ausdrücken: $y_7 = 0{,}4\ x$
Schreibe für dieses Angebot ein Werbeplakat, so wie es oben für die ersten drei Angebote zu sehen ist.

Abbildung D.29: KGS R-Zweig Gleichungssysteme I

Vergleichstest 9. Jahrgang **Realschule** **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Gleichungssysteme
Name: Datum: 1.6.2006

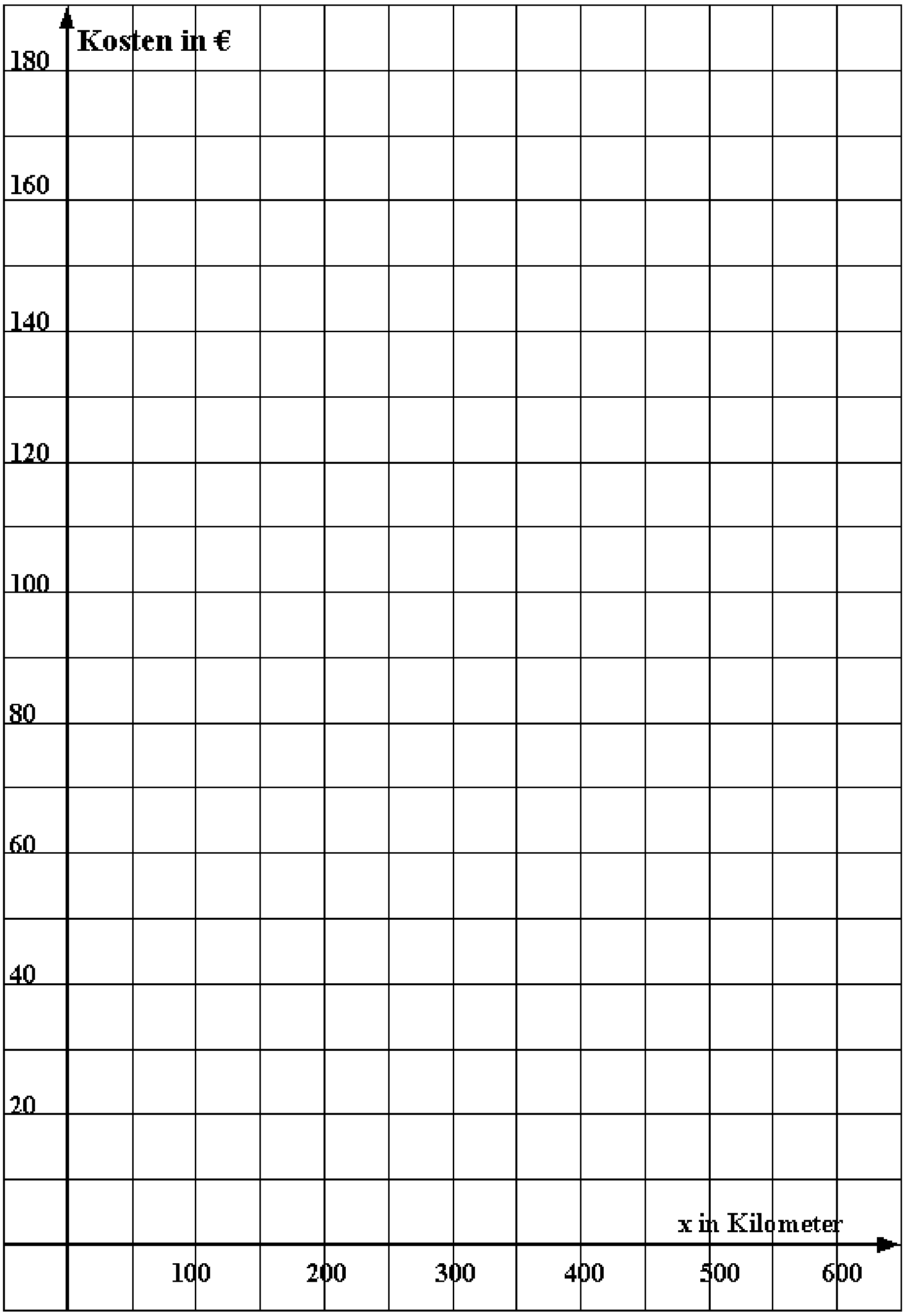


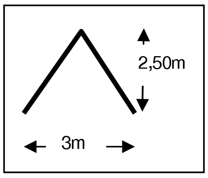
Abbildung D.30: KGS R-Zweig Gleichungssysteme II

Vergleichstest 9. Jahrgang Realschule **KGS Niedersachsen**
Aufgabenbereich: Satz des Pythagoras
Name: Datum: 1.6.2006

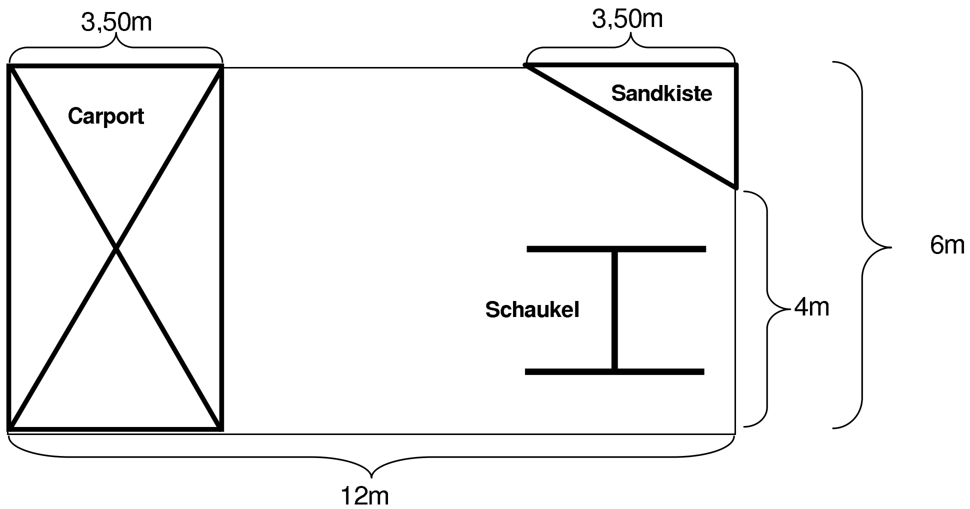
Ausgangspunkt für die Aufgaben 1 bis 3 ist ein rechteckiges Gartengrundstück mit den angegebenen Maßen.

1. Das Dach des Carports muss durch Blechbänder versteift werden, die diagonal durch das Dach gespannt werden. Dieses Blechband kostet 0,75 € pro Meter und wird nur meterweise verkauft. Berechne die Länge der beiden Diagonalen und den Preis für die benötigte Blechbandlänge.

2. Das Schaukelgerüst ist 2,50m hoch, die Balken stehen am Boden 3m auseinander. Wie viele 5m lange Balken werden benötigt, um die erforderlichen 4 Stützbalken zuzuschneiden?



3. a) Berechne die längste Seite der Sandkiste!
   b) Die Sandkiste soll bis zu einer Höhe von 30 cm mit Sand gefüllt werden.
   Bestimme die dazu benötigte Menge Sand (in m³).



4. Ein Regal soll aufgestellt werden. Damit das Regal stabil und rechtwinklig steht, soll eine Metallstrebe angebracht werden (siehe Abbildung).
   Dazu werden auf den Regalbauteilen zwei Bohrungen mit den Abständen $\overline{BC}$ = 30 cm und $\overline{AC}$ = 50 cm durchgeführt. Auf der Metallstrebe beträgt der Abstand der Bohrlöcher 60 cm.
   a) Zeige, dass das Regal mit diesen Bohrungen nicht rechtwinklig aufgestellt werden kann.
   b) Welche Veränderungen würdest du vornehmen, um zu einem rechtwinkligen und stabilen Aufbau zu kommen? Begründe deine Entscheidung.

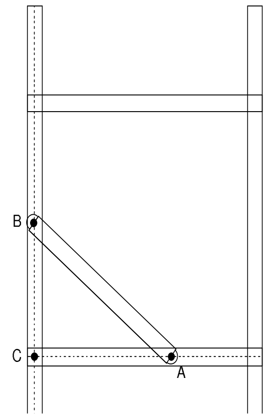


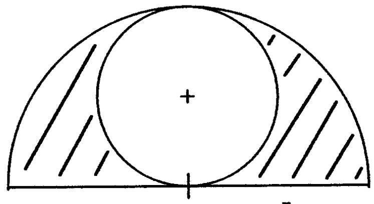
Abbildung D.31: KGS R-Zweig Pythagoras

Vergleichstest 9. Jahrgang Realschule Niedersachsen **KGS**
Aufgabenbereich: Kreis
Name: Datum: 1.6.2006

1. a) Zeichne die neben stehende Figur so, dass der Radius des Halbkreises r = 5 cm beträgt.

b) Vergleiche die Länge des Kreisbogens des Halbkreises (Radius r = 5 cm) mit dem Umfang des kleinen Kreises. (Berücksichtige beim **Halbkreis** nur die Kreislinie, nicht den Durchmesser.)

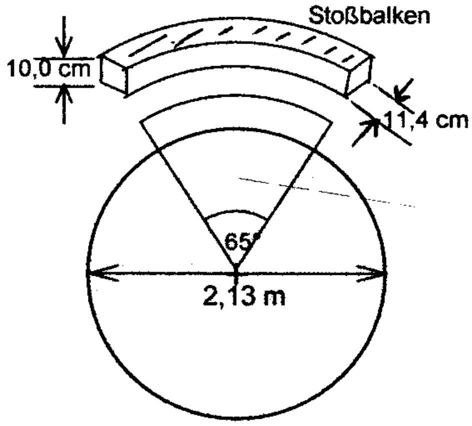
c) Berechne den Inhalt der schraffierten Fläche (Radius r = 5 cm).



2. Du siehst die Abmessungen eines betonierten Kugelstoßkreises. Der Stoßbalken ist mit den genauen Maßen **noch einmal** darüber eingezeichnet worden.

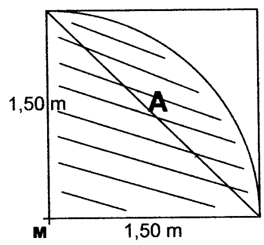
a) Wie groß ist die Fläche des Kugelstoßkreises?

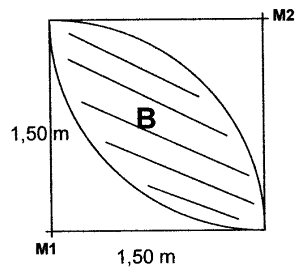
b) Die obere Fläche des Stoßbalkens (in der Zeichnung schraffiert) muss weiß gestrichen werden. Berechne die zu streichende Fläche.



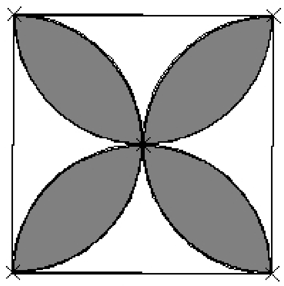
3. a) Berechne den Inhalt der schraffierten Fläche A. (r = 1,50 m)

b) Berechne den Inhalt der schraffierten Fläche B.





c) In einem Park sollen Beete der Form B1 und der Form B2 eingerichtet werden. Zeichne alle möglichen Symmetrieachsen in beide Figuren ein.


B1

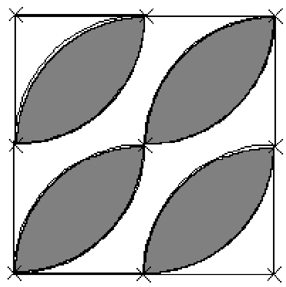

B2

Abbildung D.32: KGS R-Zweig Kreis

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Realschule**

Bei der Korrektur der Vergleichsarbeit ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Bei der Darstellung der Lösungswege wurde bei Zwischenschritten bewusst auf die Einheiten verzichtet.
- Bei vielen Aufgaben gibt es alternative Lösungswege, die nicht alle hier aufgeführt werden können. Diese Lösungswege sind mit der gleichen Bepunktung zu bewerten, wie die unten vorgegebenen Beispiellösungen.
- Hat ein Schüler / eine Schülerin Teillösungen erstellt, so sind diese in jedem Fall zu bewerten.
- Ein Fehler in einer Rechnung hat nicht zwangsläufig zur Folge, dass auf weitere Rechnungen in der Aufgabe keine Punkte mehr gegeben werden können. Eine folgerichtige Lösung ist deshalb positiv zu bewerten.
- Eine Lösung ohne oder mit einer falschen Maßeinheit führt zu einem Punktabzug von 0,5 Punkten.
- Beim Messen und Zeichnen sind Abweichungen von 1 mm bzw. 1° in beide Richtungen zu tolerieren.

Die erreichten Punkte der Schülerinnen und Schüler werden in die mitgelieferte Tabelle eines Kalkulationsprogramms eingegeben. Die Notenzuweisung erfolgt automatisch. Die Auswertung für die Lerngruppe erfolgt auf dem obersten Tabellenblatt der Auswertungstabelle. Pro Teilaufgaben können Erfolgswerte der Schüler abgelesen werden.
Die Schüler bearbeiten drei Aufgabenbereiche. Die zu bearbeitenden Bereiche werden von der Fachkonferenz oder vom Fachbereichsleiter / Fachbereichsleiterin ausgewählt.

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Ähnlichkeit / zentrische Streckung - Realschule	
1a	Berechnung der zu zeichnenden Maße Schreibtischbreite: 1 cm → 25 cm 0,04 cm → 1 cm 5,6 cm → 140 cm Allgemeine Umrechnungsformal für das Zeichenmaß $\frac{1 \cdot x}{25}$ gilt für alle Rechnungen. Tiefe des Schreibtisches $\frac{0{,}8m}{25}$ = 0,032 m = 3,2 cm	2
1b	Mitte der Schreibtischbreite 5,6 cm : 2 = 2,8 cm Fensterbreite:1,7 m $\rightarrow \frac{1{,}7m}{25}$ = 0,068 m = 6,8 cm Fenstermitte: 6,8 cm : 2 = 3,4 cm *Richtiges Einzeichnen des Schreibtisches*	3

1

Abbildung D.33: KGS R-Zweig Lösungen 1

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Realschule**

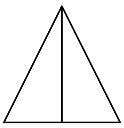
2a	*Berechnung Nach dem 2. Strahlensatz:* $\frac{\overline{A1B1}}{\overline{A2B2}} = \frac{\overline{SA1}}{\overline{SA2}}$, $\overline{SA2}$ = 2,5 m, $\overline{SA1}$ = 2,5 m – 1 m = 1,5 m $\frac{\overline{A1B1}}{2m} = \frac{1{,}5m}{2{,}5m}$ $\overline{A1B1} = \frac{1{,}5m \cdot 2m}{2{,}5m}$ = 1,2 m Der Glasboden muss 1,20 m lang sein. *Alternative Lösung nach dem Satz von Pythagoras, dann müsste zuerst 2b) gelöst werden, denn* $\overline{A1B1}$ *ist unbekannt:* $\overline{SB1}^2 = \overline{A1B1}^2 + \overline{SA1}^2$ $\overline{A1B1}^2 = \overline{SB1}^2 - \overline{SA1}^2$ $\overline{A1B1}^2 = 1{,}92m^2 - 1{,}5m^2$ $\overline{A1B1} = \sqrt{3{,}69m^2 - 2{,}25m^2}$ $\overline{A1B1} = \sqrt{1{,}44m^2}$ $\overline{A1B1} = 1{,}2m$ *Weitere alternative Lösung: zeichnerisch*	4
2b	Hannas Lösung ist korrekt, ihr Ansatz entspricht dem ersten Strahlensatz. Peters Lösungsansatz ist falsch, da er eine Verhältnisgleichung falsch aufstellt. Einmal steht der kurze Teilabschnitt im Zähler, einmal im Nenner. Wenn er von einem Bruch den Kehrwert bildet, so erhält er einen richtigen Lösungsansatz.	4
3a	Zeichnerische Bestimmung des Streckzentrums und Ermittlung des Streckfaktors über Verhältnisgleichung. Streckfaktor: circa 2,5	4
3b	Für jede der vier Überprüfungen wird je 1 Punkt vergeben. Bei dem Dia von 24 mm x 36 mm kann sie entweder das Format 20 cm x 30 cm wählen, denn 24 mm : 12 · 100 = 200 mm = 20 cm und 36 mm : 12 · 100 = 300 mm = 30 cm oder das Format 30 x 45 cm, denn k = 300 mm : 24 mm = 12,5 und k = 450 mm : 36 mm = 12,5 *Alle vier Überprüfungen sind laut Fragestellung erforderlich.*	4

2

Abbildung D.34: KGS R-Zweig Lösungen 2

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Realschule**

3c	20 cm x 30 cm = 600 cm^2 40 cm x 50 cm = 2000 cm^2 Das ist die $3,\overline{3}$ fache Fläche (2000 cm^2 : 600 cm^2 = $3,\overline{3}$). Der Preis ist gerechtfertigt, denn der Preis ist niedriger als er bei gleicher Materialmenge sein könnte: „Tatsächlicher" Preis: 5,95 € : 1,95 € = 3,05 Eigentlich möglicher Preis: 1,95 € · $3,\overline{3}$ = 6,499 € ≈ 6,50 €	4
		25

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Satz des Pythagoras - Realschule	
1	Länge der Diagonalen $2 \cdot d = 2 \cdot \sqrt{3,5^2 + 6^2} \approx 13,89$ Sinnvoll Runden $14 \cdot 0,75 = 10,50$ Man muss 10,50 € für 14 m bezahlen.	3 1 1
2	 1,5 $x^2 = 2,5^2 + 1,5^2$ $x = 2,92\ m$ Dies bedeutet, dass man vier Balken benötigt.	3 2
3a	Länge der Katheten: 2m und 3,50 m $x^2 = 2^2 + 3,5^2$ $x = \sqrt{16,25}$ $x \approx 4,03\ m$	5
3b	$V = G \cdot h$ $V = 0,5 \cdot 2 \cdot 3,5 \cdot 0,3$ $V = 1,05$ Es werden 1,05 m^3 Sand benötigt.	3

3

Abbildung D.35: KGS R-Zweig Lösungen 3

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Realschule**

4	Nachweis über den Satz des Pythagoras $\overline{AC}^2 + \overline{CB}^2 \neq \overline{AB}^2$ Eine der beiden Änderungsmöglichkeiten: Bohrung B versetzen mit $\overline{BC} = \sqrt{\overline{AB}^2 - \overline{AC}^2} = \sqrt{3600-2500} = \sqrt{1100} = 33{,}2$ oder Bohrung A versetzen mit $\overline{AC} = \sqrt{\overline{AB}^2 - \overline{BC}^2} = \sqrt{3600-900} = \sqrt{2700} = 52{,}0$ Antwortsatz: Eine Bohrung auf den Regalbauteilen muss um 3,2 cm (2 cm) versetzt werden. Eine Bohrung auf der Metallschiene nach innen zu verändern ist möglich. Die Metallschiene steht dann aber über.	3 3 1
		25

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Gleichungssysteme - Realschule	
1	Gleichsetzen der Funktionsgleichungen $0{,}5x - 1{,}4 = -0{,}7x + 6$ $1{,}2x - 1{,}4 = 6$ $1{,}2x = 7{,}4$ $x = 6{,}1\overline{6}$ $g_1(6{,}1\overline{6}) = 0{,}5 \cdot (6{,}1\overline{6}) - 1{,}4$ $g_1(6.1\overline{6}) = 1{,}68\overline{3}$ $S(6{,}1\overline{6}; 1{,}68\overline{3})$	1 2 1 1
2a	Je Berechnung 0,25 Punkte Strecke — Angebot 1 — Angebot 2 — Angebot 3 0 km — 50 € — 80 € — 110 € 200 km — 110 € — 116 € — 134 € 300 km — 140 € — 134 € — 146 € 400 km — 170 € — 152 € — 158 € Antwortsatz	3 1
2b	Einzeichnen und beschriften der Graphen	6
2c	Zuordnen der richtigen Funktionsgleichungen je 2 Punkte: Angebot 1 → $y_1 = 0{,}3x + 50$ Angebot 2 → $y_5 = 0{,}18x + 80$ Angebot 3 → $y_4 = \frac{12}{100}x + 110$	6

4

Abbildung D.36: KGS R-Zweig Lösungen 4

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Realschule**

2d	Angebot 4: Firma SUPER GÜNSTIG Keine Grundgebühr! Kilometerpreis 40 Cent	4
		25

Aufgabe	***erwartete Lösung***	***Punkte***
	Kreis - Realschule	
1a	Zeichnung	2
1b	Großer Kreis: $U_g = 2 \cdot 5 \cdot \pi \approx 31,4 \quad \frac{U_g}{2} = 15,7$ Kleiner Kreis: $U_k = 2,5 \cdot 2 \cdot \pi \quad U_k \approx 15,7$ Der Halbkreis und der kleine Kreis haben denselben Umfang	3
1c	*Schraffierte Fläche: Halbkreis – kleiner Vollkreis* $A_{Halbkreis} = (5^2 \cdot \pi) : 2 \approx 39,27$ $A_{Vollkreis} = 2,5^2 \cdot \pi \approx 19,63$ $A = 19,62$	3
2a	R = 1,065 m $A = 1,065^2 \cdot \pi \approx 3,56$ Antwortsatz	3
2b	$r_1 = 1,065$ $r_2 = 1,179$ $A_{gr\ Sektor} = \frac{65}{360} \cdot 1,179^2 \cdot \pi \approx 0,788$ $A_{kl\ Sektor} = \frac{65}{360} \cdot 1,065^2 \cdot \pi \approx 0,643$ $A_{Gesamt} = 0,788 - 0,643 = 0,145\ m^2$ Antwortsatz	6
3a	Viertelkreis $A = \frac{1}{4} \cdot 1,5^2 \cdot \pi \approx 1,77\,m^2$	2
3b	(Fläche eines Viertelkreises – Fläche eines Dreiecks) mal 2 $A = 2 \cdot (1,77 - \frac{1,5 \cdot 1,5}{2}) \approx 1,29\,m$	3
3c	In der Figur B1 existieren vier Symmetrieachsen. In der Figur B2 existieren zwei Symmetrieachsen.	3
		25

5

Abbildung D.37: KGS R-Zweig Lösungen 5

Bewertung Vergleichstest KGS 9. Jahrgang **Realschule**

Da die Schülerinnen und Schüler nur drei der hier dargestellten vier Aufgabenvorschläge bearbeiten, können sie insgesamt 75 Punkte erreichen. Die Zuordnung zwischen Punkten und Zensuren erfolgt nach der unten dargestellten Tabelle.

Zensur	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
Punkte	0 - 15	16 - 37	38 – 47	48 - 57	58 – 66	67 - 75

6

Abbildung D.38: KGS R-Zweig Lösungen 6

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name:	Dirk Tönnies
Geburtsdatum:	10.12.1975
Geburtsort:	Haselünne

Schulbildung

1982- 1986	Grundschule Löningen
1986- 1988	Orientierungsstufe Löningen
1988- 1992	Realschule Löningen
1992- 1995	Fachgymnasium Technik an der Berufsbildenden Schule II Cloppenburg Abschluss: Abitur

Wehrdienst

1995- 1996	Grundwehrdienst beim Jagdbombergeschwader 38 in Jever Beendigung des Wehrdienstes als Obergefreiter

Studium

1996- 2000	Realschullehramtsstudium an der Leibniz Universität Hannover
2000- 2002	Anwärterdienst für das Lehramt an Realschulen im Ausbildungsseminar Aurich Abschluss: Lehrer an Realschulen
2002- 2004	Aufbaustudium für die Zulassung der Promotion an der Leibniz Universität Hannover
2012	Promotion zum Doktor der Philosophie an der Leibniz Universität Hannover

Beruflicher Werdegang

2000- 2002	Anwärterdienst in der HS/RS m. OS Moorhusen
2002- 2003	Realschullehrer in der Molitoris-Schule Harsum
2002- 2003	Lehrbeauftragter im Institut für Didaktik der Mathematik und Informatik der Leibniz Universität Hannover
2004-2008	Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Didaktik der Mathematik und Physik der Leibniz Universität Hannover
2008 -	Fachmoderator für Mathematik an Gesamtschulen in Niedersachsen
2008 -	Lehrer an der IGS List Hannover

Veröffentlichungen

Besondere Punkte im Dreieck mit „Euklid". Aspekte eines veränderten Lernprozesses mit DGS. In: Winter, Martin (Hrsg.): Vechtaer Fachdidaktische Forschungen und Berichte, Heft 8, Hochschule Vechta, April 2003, S. 44-74.

Erfahrungen in der Sek I beim Einsatz von Computer-Algebra-Systemen und ihre Auswirkungen auf den Mathematikunterricht. In: Lohse, D, Reineke, V. (Hrsg.): 2. Symposium 7. Oktober 1999 Computer-Algebra-Systeme (CAS) im Mathematik-Unterricht, Fachbereich Mathematik und Informatik, Universität Hannover, 1999, S. 1-16.

Koepsell, Andreas; Tönnies, Dirk: Dynamische Geometrie im Schulunterricht. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2004, Franzbecker Verlag, Hildesheim, 2005, S. 196-200.

Bildungsstandards - Aufgaben - Notebooks. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2007, Franzbecker Verlag, Hildesheim 2007, S. 949-952.

Koepsell, Andreas; Tönnies, Dirk: Dynamische Geometrie im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I. Aulis Verlag, Köln, 2007.

Koepsell, Andreas; Tönnies, Dirk: Parkettierungen auf den Grund gehen. In: Mathematik 5 bis 10, Heft 4, 2008, S. 22-25.

Pythagoras und die Schifffahrt. In: Mathematik 5 bis 10, Heft 12, 2010, S. 46f.

Koepsell, Andreas; Tönnies, Dirk: Dynamische Geometriesoftware. In: Mathematik 5 bis 10, Heft 12, 2010, S. 42f.

Koepsell, Andreas; Tönnies, Dirk: Moderation des Hefts: „Jeder ist anders! Lernen in heterogenen Gruppen." In: Mathematik 5 bis 10, Heft 23, 2013

Erklärung über die Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die Dissertation selbstständig angefertigt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder inhaltlich entlehnt wurden, kenntlich gemacht sind, und dass außer den in der Dissertation genannten Hilfsmitteln keine weiteren verwendet wurden.

Hannover, den 17.06.2012