

Fördert mathematisches Modellieren die Motivation in Mathematik?

Befunde einer Interventionsstudie bei HauptschülerInnen

von

Katja Maaß und Christoph Mischo, Freiburg

Kurzfassung: Der Aufsatz stellt eine Studie vor, deren Ziel es war, die Implementierung von Modellierungen in der Hauptschule zu unterstützen. Dazu wurden im Rahmen des Projektes „Strategies for teaching understanding in and through modelling“ 13 Unterrichtseinheiten entwickelt. Im Rahmen eines Prä-Post-Kontrollgruppendesigns wurden eine Vielzahl von Variablen auf Schüler- und Lehrerseite erhoben. In diesem Aufsatz wird über die motivationalen Variablen auf Schülerseite berichtet. Die Daten unserer Studie sprechen für eine grundsätzlich negative Entwicklung motivationaler Merkmale im Mathematikunterricht in der Hauptschule. Die Intervention, d. h. die Beschäftigung mit Modellierungsaufgaben, konnte in vier der insgesamt fünf untersuchten Variablen dieser negativen Entwicklung entgegenwirken.

Abstract: In this article we present results of the research project „Strategies for teaching understanding in and through modelling“. In this research project 13 teaching units were developed in order to foster mathematical modelling of pupils at the German Hauptschule. In a pre-post-control-group-design a variety of variables on student-level and teacher-level were considered. Here we focus on the effect of the teaching units on motivational variables. The results of our study generally indicate a decrease of learning motivation during the school year. As an effect of the teaching units, however, the decrease of learning motivation could be blocked with regard to four of the five indicators of learning motivation.

1 Einleitung

Durch die Ergebnisse der PISA-Studie sowie die BLK-Bildungsstandards 2004 hat das mathematische Modellieren einen zentralen Stellenwert im Curriculum erhalten. Als eine von sechs allgemeinen mathematischen Kompetenzen soll das Modellieren wesentliches Ziel des Mathematikunterrichts sein. Damit rückt die Frage nach konkreten Möglichkeiten der Implementierung in den Vordergrund des Interesses.

Will man Veränderungen im Schulalltag bewirken, so sind empirische Befunde bedeutsam, die zeigen, dass es sehr lange dauern kann, bis Lehrende Ihren Unter-

richt umstellen (Tirosh & Graeber, 2003) und dazu langfristige Unterstützung sowie Netzwerkbildung nötig sind (Wilson & Cooney, 2002). In der Praxis ist es jedoch vielfach schwierig, diese Forderung nach langfristigen Lehrerfortbildungen umzusetzen, da diese personal- und kostenaufwändig sind und Lehrer vielfach die Teilnahme an langfristigen Fortbildungen aus Zeitgründen scheuen.

In der Praxis werden daher häufig Ein-Tages-Veranstaltungen angeboten. Vielfältige Erfahrungen bei der Entwicklung und Implementierung von Unterrichtsmaterialien zeigen außerdem, dass Lehrende sehr gerne Materialien erhalten und aufbewahren. Auch wenn wir davon ausgehen müssen, dass die Verteilung von Materialien allein weniger effektiv ist als eine Langzeitfortbildungsmaßnahme der Lehrenden, kann es dennoch sein, dass alleine die Ausgabe von Materialien ohne Fortbildungen einen positiven Einfluss auf die Implementierung bestimmter Unterrichtskonzepte (wie hier das Modellieren) hat. Darüber hinaus stellt sich die Frage, inwieweit möglicherweise der Effekt von Materialien durch eine – wie in der Praxis verbreitet – Ein-Tages-Veranstaltung, die gezielt in die Materialien einführt, unterstützt werden kann.

Im Rahmen des Projektes „Strategies for teaching understanding in and through modelling“¹ wurden daher Unterrichtseinheiten zum Modellieren und speziell für HauptschülerInnen in Klasse 6 entwickelt.

Zwar ist gegenwärtig die Zukunft der Hauptschule im deutschen Bildungssystem unklar, es gibt aktuell eine Tendenz, die Hauptschule abzuschaffen bzw. sie mit anderen Schularten zusammen zu legen. Unabhängig davon gibt es jedoch den Hauptschulabschluss weiterhin, und es wird auch weiterhin schwache SchülerInnen geben, die besondere Unterstützung beim Lernen benötigen (Blum et al., 2004, S. 90). Es erscheint also nach wie vor sinnvoll, die Förderung schwacher SchülerInnen gerade im Mathematikunterricht weiter zu verbessern.

Die in dem Projekt entwickelten Unterrichtseinheiten eignen sich wegen ihrer grundlegenden Inhalte und offenen Aufgabenformen auch für andere Schulformen, in denen leistungsschwächere SchülerInnen unterrichtet werden, wenn auch die Bedingungen von Schule zu Schule und Region zu Region etwas variieren. Die mathematischen Inhalte wurden zwar so ausgewählt, dass sie zum Bildungsplan von Baden-Württemberg passen, sind aber so grundlegend, dass sie auch für andere Bundesländer geeignet erscheinen.

Empirische Studien zur Implementierung des Modellierens in der Hauptschule liegen bislang kaum vor. An dieser Stelle setzte das Projekt „Strategies for teaching

¹ Wir danken dem Forschungsverbund Hauptschule für die finanzielle Förderung des Projektes.

understanding in and through modelling“ an. Ziel war es, diese Implementierung in der Hauptschule zu unterstützen.

Basierend auf diesen Überlegungen verfolgte das Projekt das Ziel, Unterrichtseinheiten mit Informationen für Lehrende zur Förderung der mathematischen Modellierungskompetenz bei HauptschülerInnen zu entwickeln, formativ und summativ zu evaluieren und anschließend auf der Grundlage dieser Evaluation zu optimieren. Neben der Beeinflussung kognitiver Merkmale der SchülerInnen (vor allen Dingen der Modellierungskompetenz) sollte die *mathematikbezogene Motivation* der SchülerInnen durch den Einsatz der Unterrichtseinheiten gefördert werden. Die Fragestellung, der wir uns in diesem Beitrag zuwenden, lautet daher: *Führen spezielle, auf motivationspsychologischen Erkenntnissen basierende Unterrichtsmaterialien zu einer günstigeren Entwicklung motivationaler Schülermerkmale als ein „normaler“ Unterricht?*

2 Theoretischer Hintergrund

Im Folgenden wird zunächst die Diskussion um das mathematische Modellieren kurz dargestellt. Anschließend wird der Fokus auf den besonderen Bildungskontext in der Schule gerichtet. Schließlich wenden wir uns dem motivationspsychologischen Hintergrund zu, der für die hier betrachtete Fragestellung besonders bedeutsam ist.

Mathematisches Modellieren

Hier wird Modellieren als der Prozess des Lösens eines außermathematischen Problems verstanden. Dieser Prozess umfasst – basierend auf der aktuellen internationalen Diskussion – folgende Schritte (Niss, Blum & Galbraith, 2007): Man beginnt bei einer Situation in der Realität, die zunächst verstanden und meistens aufgrund ihrer Komplexität vereinfacht, idealisiert und strukturiert werden muss. Ein sogenanntes „Realmodell“, entsteht, das im Folgenden mathematisiert wird („mathematisches Modell“). Seine Bearbeitung führt zu mathematischen Resultaten. Diese müssen im Hinblick auf die Realsituation interpretiert werden. Im Anschluss daran müssen das gesamte Vorgehen und die Lösung u. a. durch Hinzuziehen von geeigneten Vergleichswerten validiert werden.

In der didaktischen Diskussion wird seit langem die Integration von Modellierungen gefordert (Kaiser-Meßmer, 1986), da mit dem Modellieren eine Vielzahl verschiedener Ziele, u. a. ein besseres Umweltverständnis und bessere Kompetenzen im Anwenden von Mathematik verbunden werden. Ein weiteres wesentliches Ziel des Modellieren wird darin gesehen, die Motivation der SchülerInnen zu steigern. Dieses Ziel liegt im Fokus der Studie, über die hier berichtet wird.

Empirische Ergebnisse zur Hauptschule

Nach PISA 2003 (Blum et al., 2004, S. 73) gehören 21,6 % der deutschen SchülerInnen zu einer Risikogruppe, die nur über elementares mathematisches Wissen verfügen (Kompetenzstufe 1: Grundschulwissen). Viele dieser SchülerInnen werden in ihrem zukünftigen Berufsleben wahrscheinlich große Probleme haben. Von diesen 21,6 % besuchen 49,9 % die Hauptschule. Ähnliches gilt für die Lesekompetenzen (Schaffner, Schiefele, Drechsel & Artelt, 2004, S. 104). Im Rahmen des Projektes PALMA, das die Entwicklung der SchülerInnen zwischen dem 10. und 16. Lebensjahr beobachtete, wurde deutlich, dass diese Risikogruppe mit zunehmender Klassenstufe größer wird (Pekrun et al., 2006, S. 34). Im Alter von 10 bis 11 Jahren gehören 34,8 % zu der Risikogruppe, zwei Jahre später ist dieser Anteil auf 50,5 % in der gleichen Gruppe gestiegen.

Besonders relevant erscheint in diesem Zusammenhang, dass gerade lernschwache SchülerInnen derartig gravierende Lücken aufweisen, die ohne zusätzliche Förderung kaum aufholbar erscheinen (Schäfer 2005).

Eine detaillierte Analyse der Stärken und Schwächen der HauptschülerInnen zeigt, dass diese bessere Leistungen erbringen, wenn ihnen die Aufgabenart und der mathematische Inhalt vertraut sind, wohingegen sie weniger gute Leistungen erbringen, wenn es sich um komplexere mathematische Inhalte oder Modellierungen handelt (Klieme, Neubrand & Lüdkte, 2001, S. 182).

Zwar scheint das Interesse der HauptschülerInnen in Mathematik und ihre Motivation im Vergleich zu anderen Schularten relativ hoch zu sein (Pekrun & Zirngibl, 2004, S. 202), jedoch wurde bei PALMA (Pekrun et al., 2006, S. 36) deutlich, dass die Freude an Mathematik häufig in den Altersklassen zwischen 10 und 12 Jahren durch Angst und Langeweile ersetzt wird. Die 12-Jährigen sind der Meinung, dass der Unterricht weniger problemorientiert ist, sie weniger in ihrer Selbständigkeit unterstützt und weniger selbstregulierende Arbeitsweisen unterstützt. Allerdings können – wie qualitative Studie zeigen – Situationen mit Schwierigkeiten und Hürden auch zu Angst, einem negativen Selbstkonzept und Demotivation führen (Bauer, 2001). Viele HauptschülerInnen sehen Mathematik als eine Sammlung von Regeln an, die von der Lehrkraft (wiederholt) erklärt werden müssen. Ihnen ist die „Ruhe“ im Unterricht wichtig, ihre Motivation für Handlungen ist die Hoffnung auf Erfolg oder die Angst vor dem Versagen (Maaß & Ege, 2007, S. 75; Schäfer, 2005, S. 469).

Die empirisch nachgewiesenen Defizite von HauptschülerInnen müssen in einer Unterrichtskonzeption zur Förderung von Modellierungskompetenzen an der Hauptschule besondere Beachtung finden, wenn diese in der Realität effektiv sein soll. Die Untersuchungen im Rahmen von PALMA deuten aber auch darauf hin, dass offenere, problemorientierte Vorgehensweisen im Unterricht möglicherweise ein Schlüssel zur Verbesserung der Situation sind, so denn den Bedingungen in der

Hauptschule genügend Beachtung geschenkt wird. Gleichzeitig ist in einer solchen Konzeption den Vorstellungen vieler HauptschülerInnen von Mathematik als Sammlung von Regeln Rechnung zu tragen. Eine Veränderung des Unterrichts zu mehr selbstständiger Schüleraktivität sollte daher allmählich erfolgen, um nicht in verstärktem Maße Ängste bei den SchülerInnen auszulösen.

Diese Befunde zeigen, dass die motivationalen Merkmale, aber auch die epistemologischen Überzeugungen von HauptschülerInnen sowie die für das mathematische Modellieren mutmaßlich relevanten anderen Kompetenzen (wie die Lesekompetenz) konzeptuell und auch empirisch bei der Förderung der Modellierungskompetenz zu berücksichtigen sind.

Die Hauptschule stellt auch insofern eine problematische Entwicklungsumwelt dar, als SchülerInnen aus benachteiligten Schichten auch bei gleichen Kompetenzen eher Empfehlung für diesen Schultyp erhalten (in der sich wiederum ebenfalls SchülerInnen aus eher ungünstigen sozialen Familienverhältnissen befinden). Die eher ungünstige schulische Umwelt wiederum wirkt sich in der weiteren (Leistungs-)Entwicklung der SchülerInnen in kumulativer Weise negativ aus (zusammenfassend Mischo, 2009a, 2009b). Innerhalb einer Schulform ist der Einfluss der sozialen Schicht auf die Leistungsentwicklung dagegen kaum nachweisbar (Baumert & Köller, 1998). Schümer (2004) spricht daher von einer „doppelten Benachteiligung“ von SchülerInnen aus benachteiligten Schichten. Baumert, Trautwein und Artelt (2003, S. 288) fassen zusammen: „Sowohl Schulformen als auch Einzelschulen innerhalb derselben Schulform stellen institutionell vorgeformte *differenzielle Entwicklungsmilieus* dar. SchülerInnen mit gleicher Begabung, gleichen Fachleistungen und gleicher Sozialschichtzugehörigkeit erhalten je nach Schulformzugehörigkeit und je nach besuchter Einzelschule unterschiedliche Entwicklungschancen“.

Die Entwicklung geeigneter Lern- und Unterrichtsformen, Aufgaben und didaktischer Materialien für die Hauptschule stellt daher – auch unter dem Gesichtspunkt der Bildungsgerechtigkeit – eine wichtige Aufgabe dar. Auch und gerade der Einsatz von Modellierungsaufgaben in der Hauptschule bietet die Möglichkeit, das eigenständige Anwenden von Mathematik auf Alltagsprobleme zu fördern und durch eine besondere Berücksichtigung motivationaler Faktoren den befürchteten negativen Motivationszuständen (z. B. Gefühl der Überforderung, Angst vor Mathematik, negatives Selbstkonzept) entgegenzuwirken.

Da in diesem Beitrag der Effekt des Modellierens auf diese motivationalen Bedingungen im Vordergrund steht, werden im Folgenden die motivationspsychologischen Grundlagen der Intervention eingehender dargestellt.

Motivationspsychologischer Hintergrund der Intervention

Unter Motivation wird in der Psychologie ein Prozess verstanden, der dann entsteht, wenn sich eine Person mit ihren individuellen personenbezogenen Merkmalen in einer Situation befindet, die bestimmte Anreize (bzw. allgemeiner: Situationscharakteristika) enthält (Rheinberg, 2001). Aus dem Zusammentreffen von Personen- und Aufgabenmerkmalen (bzw. allgemeiner: Situationsmerkmalen) entsteht dann ein Motivationsprozess, der beispielsweise die Ausdauer und die Arbeitsstrategien bei einer Aufgabe mit bestimmen, und zu fachbezogenen und überfachlichen Resultaten führt (z. B. zur Bewältigung der Aufgabe, einer Schulnote, oder der Entwicklung von Kompetenzen und allgemeineren Lern- und Arbeitsstrategien). Diese motivationale Sequenz wiederum beeinflusst die relativ stabilen Personenmerkmale in der darauf folgenden Lernepisode (Rheinberg & Fries, 1998). Abbildung 1 veranschaulicht den motivationalen Prozess.

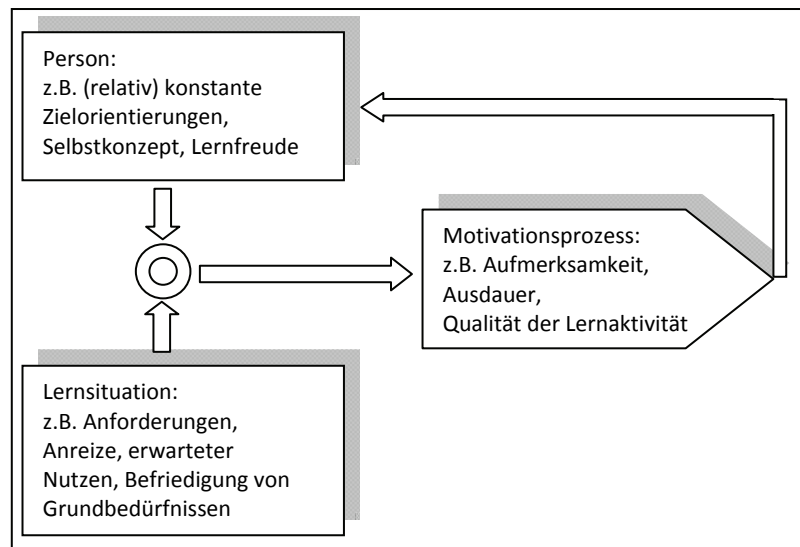


Abbildung 1: Das Rahmenmodell der Lernmotivation nach Rheinberg und Fries (1998)

Personenbezogene Merkmale sind beispielsweise das zeitlich überdauernde Leistungsmotiv, das personenbezogene Interesse bzw. die Lernfreude an einem thematischen Inhalt (Schiefele & Wild, 2000), das fachbezogene Selbstkonzept einer Person (Moschner & Dickhäuser, 2006) oder die relativ zeitstabilen Ziele (im Sinne motivationaler Orientierungen), die Lernende in einer Lernsituation verfolgen (Nicholls, 1984; Köller, 1997; zusammenfassend Rheinberg, 2001, S. 93ff.).

In der Schule allgemein, aber auch speziell in der Hauptschule in Mathematik kann ein genereller Interessenabfall bzw. ein Abfall der Lernfreude in Mathematik festgestellt werden (Daniels, 2008). Das Interesse bzw. die Lernfreude in Mathematik sind daher unter der Interventionsperspektive ein zentrales Personenmerkmal, das den Motivierungsprozess mitbestimmt. Ebenso ist das fachbezogene Selbstkonzept (d. h. die Selbsteinschätzung der Kompetenz in einem Bereich) nicht nur als Folge einer bisher stattgefundenen Kompetenzentwicklung anzusehen (skill-development-Hypothese, Moschner & Dickhäuser, 2006), sondern auch als Bedingung, die den Motivationsprozess und damit die Kompetenzentwicklung mitbeeinflusst (self-enhancement-Hypothese, Moschner & Dickhäuser, 2006). Das Selbstkonzept wird vor allen Dingen aus sozialen Vergleichen „gespeist“: Schneiden SchülerInnen im Vergleich zu anderen relativ gut ab, entwickeln sie ein vergleichsweise hohes soziales Selbstkonzept.

Aus einer handlungstheoretischen Perspektive ist von Bedeutung, dass Lernende unterschiedliche Ziele mit dem Lernen oder bei der Bearbeitung einer Aufgabe verfolgen können. Lernende können beispielsweise das Ziel haben, ihre eigenen Kompetenzen zu erweitern oder einen fachbezogenen Wissenszuwachs zu erreichen. Diese Orientierung wird als Lernzielorientierung bzw. Aufgabenorientierung bezeichnet (Rheinberg, 2001, S. 93). Eine andere Zielsetzung von Lernenden wäre, anderen Personen (z. B. MitschülerInnen oder der Lehrerin) lediglich die eigene Kompetenz zu demonstrieren bzw. die eigenen Unfähigkeiten zu verbergen (so genannte Ego-Orientierung bzw. Leistungszielorientierung, Rheinberg, 2001, S. 93). In Bezug auf das Arbeitsverhalten kann es einem Lernenden beispielsweise darum gehen, mit möglichst wenig Aufwand und Arbeit das Lernziel zu erreichen (Zielorientierung der Arbeitsvermeidung, Nicholls, 1984). Motivationspsychologisch können eine hohe Lernzielorientierung und eine geringe Arbeitsvermeidung sowie eine geringe Ego-Orientierung als förderlich gelten (Rheinberg, 2001, Kap. 4).

Ein Merkmal der Situation ist beispielsweise die Aufgabenschwierigkeit. Optimal ist eine mittlere, für die jeweilige Person mit Anstrengung noch zu bewältigende Aufgabenschwierigkeit (Prinzip der Passung, Heckhausen, 1969). Außerdem ist der erwartete Nutzen, den die Bewältigung einer Aufgabe mit sich bringt, eine motivationsrelevante Größe (Rheinberg, 2001, Kap. 6). Weiter sind solche Merkmale einer Aufgabe bzw. eines Lernkontextes von Bedeutung, die eine Befriedigung der grundlegenden Bedürfnisse nach Kompetenzerleben, Selbstbestimmung bzw. Autonomie und sozialer Eingebundenheit bieten (Deci & Ryan, 1993).

Aufgaben bzw. Lernkontexte, die eine für die jeweilige Schülergruppe angemessene (d. h. mittlere) Schwierigkeit bieten, die einen hohen Nutzen der Aufgabenbewältigung – beispielsweise durch hohen Alltagsbezug – erwarten lassen, und die für den Lernenden das Erleben eigener Kompetenz, Autonomie und Selbstbestimmung beim Lernen sowie soziale Eingebundenheit (beispielsweise in eine Gruppe)

ermöglichen, stellen motivationsförderliche Lernumgebungen dar (Rheinberg & Fries, 1998). Eine derart gestaltete Lernumgebung sollte erwartungsgemäß zu einer erhöhten Aufmerksamkeit und damit zu einer qualitativ besseren Bewältigung der Lernaufgabe führen, wobei der erlebte Lernzuwachs selbst wiederum zu einer günstigeren Ausprägung personenbezogener Merkmale (z. B. zu einem Anstieg der Lernfreude, des Selbstkonzepts, zu einem Anstieg der Lernzielorientierung und einem Abfall der Arbeitsvermeidung) führen sollte.

3 Entwicklung der Unterrichtsmaterialien unter motivationspsychologischer Perspektive

Im Rahmen des Projektes wurden 13 Unterrichtseinheiten entwickelt, die in 10 Doppelstunden über fast ein ganzes Schuljahr verteilt einzusetzen waren. Die TeilnehmerInnen der Interventionsgruppen (vgl. Abschnitt 1.4) erhielten eine Materialsammlung, die eine Einführung in das Modellieren sowie Stundenentwürfe für die 13 Unterrichtseinheiten und Arbeitsblätter für die SchülerInnen enthielt.

Im Folgenden gehen wir auf solche Aspekte der Unterrichtsmaterialien ein, die *unter motivationalen Gesichtspunkten* besonders relevant sind.

Passung der Aufgabenschwierigkeit

Die Passung der Aufgabenschwierigkeit (vgl. Abschnitt 1.2) wurde in den Unterrichtsmaterialien durch zwei wesentliche Grundsätze erzielt:

1. In Anbetracht der Zielgruppe sowie ihren epistemologischen Überzeugungen sind wir davon ausgegangen, dass eine systematische Hinführung zum Modellieren, die der in Abschnitt 2 dargelegten Vorstellung von Modellieren folgt, nicht nur die Entwicklung der Modellierungskompetenzen bei der Zielgruppe fördert, sondern auch zu einer angemessenen Aufgabenschwierigkeit führt, da die SchülerInnen so nicht durch die ungewohnte Offenheit der Aufgaben überfordert werden. In diesem Sinne lag der Schwerpunkt in der ersten Unterrichtseinheit auf dem Situationsverständnis, in der zweiten auf dem Bilden eines Realmodells etc. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Aufgabenbearbeitung etwa nach diesem Schritt abgebrochen wurde, vielmehr wurden bestimmte Schritte im Modellierungsprozess besonders betont, sei es durch die Auswahl geeigneter Aufgaben oder durch Auswahl bestimmter Methoden. Beispielsweise wurde bei der ersten relativ offenen Modellierungsaufgabe das Bilden des Realmodells durch die Vorgabe von möglichen Annahmen unterstützt, aus denen die SchülerInnen begründet auswählen mussten. Dabei wurde in der Durchführung der Unterrichtseinheiten auf größtmögliche Offenheit und eine Hinführung zu immer mehr selbständigen Arbeiten der SchülerInnen Wert gelegt.

2. Es wurden Aufgaben ausgewählt, die zunächst traditionellen Textaufgaben recht ähnlich waren (und etwa nur mehr Daten enthielten als zur Berechnung nötig waren) und zunehmend offener wurden. Dabei wurden auch Aufgaben ausgewählt, die auf einen bestimmten Modellierungsschritt (z. B. das Interpretieren) fokussieren. Die mathematischen Inhalte wurden gemäß dem Lehrplan ausgewählt und umfassen grundlegende Themen der Mathematik für die Klassen 5 und 6 der Hauptschule.
3. Da auf Grund der Ergebnisse der PISA-Studie von einer vergleichsweise geringen Lesekompetenz der HauptschülerInnen ausgegangen werden musste, wurde bei den schriftlichen Unterrichtsmaterialien, die zentraler Bestandteil der Intervention waren, in besonderer Weise darauf eingegangen, wie wichtig es ist, mit den SchülerInnen gemeinsam ein Verständnis des Textes und der Instruktion zu erarbeiten. Dadurch wurde die vergleichsweise geringe Lesekompetenz der Zielgruppe berücksichtigt.

Diese Aufgaben wurden erfahrenen Lehrkräften in einer Pilotierung vorgelegt und anschließend modifiziert. Danach wurden die Aufgaben einer vergleichbaren Zielgruppe (mehreren 6. Klassen der Hauptschule) zur Bearbeitung vorgelegt. Die Ergebnisse dieser Pilotierungen führten zu Überarbeitungen der Aufgaben, die dadurch noch besser an das Kompetenzniveau der Zielgruppe angepasst waren.

Erwarteter Nutzen der Lernaufgabe durch Alltagsbezug

Der erwartete Nutzen der Modellierungsaufgaben wurde in besonderer Weise dadurch deutlich gemacht, dass die Aufgaben Problemstellungen und Kontexte aufgreifen, bei denen davon auszugehen ist, dass sie die SchülerInnen interessieren und die Situationen für sie vorstellbar sind. Daher wurden im Wesentlichen authentische bzw. realitätsnahe Kontexte ausgewählt, die Situationen aus dem persönlichen Alltag der SchülerInnen oder einem später möglicherweise bedeutsamen beruflichen Kontext ansprechen (ein Aufgabenbeispiel ist in Abbildung 2 dargestellt).

Kleine Tricks verändern die große Welt

Die Tatsache ist ebenso alt wie aktuell: Wenn eine Familie das ganze Jahr über beim Zähneputzen das Wasser anlässt, gehen insgesamt rund 26.000 Liter teures Nass verloren.

In dem Zeitungsartikel wird angegeben, dass man pro Familie 26.000 Liter Wasser sparen kann, wenn man den Wasserhahn beim Zähneputzen zudreht. Was meinst du dazu? Kann das wirklich sein? Begründe!

Abbildung 2: Beispiel für eine alltagsbezogene Modellierungsaufgabe

Dadurch sollte erreicht werden, dass die SchülerInnen den unmittelbaren Nutzen mathematischen Modellierens im Alltag bzw. im Beruf erkennen konnten. Gleichzeitig wurde dadurch gewährleistet, dass sich die SchülerInnen die Probleme und Situationen konkret vorstellen können, was wiederum die Bearbeitung erleichtert.

Befriedigung der drei Grundbedürfnisse: Kompetenzerleben, Autonomie, soziale Eingebundenheit

Das Grundbedürfnis des Kompetenzerlebens wurde durch die Abfolge von einfachen hin zu vergleichsweise anspruchsvolleren Modellierungsaufgaben befriedigt (siehe oben). Dadurch sollten den SchülerInnen Erfolgserlebnisse und das Erleben der eigenen Kompetenz ermöglicht werden. Außerdem wurden die Lehrkräfte in den schriftlichen Unterrichtsmodulen der Intervention auf die Bedeutung der individuellen Bezugsnormorientierung hingewiesen (Mischo & Rheinberg, 1995). In zahlreichen Studien hat sich herausgestellt, dass die Bezugsnorm, d. h. der Vergleichsmaßstab, an dem sich Lehrkräfte orientieren, eine entscheidende Variable in Bezug auf die Schülermotivation und andere motivationale Variablen darstellt. Orientiert sich eine Lehrkraft an einer individuellen Bezugsnorm, d. h. bewertet sie aktuell erbrachte Leistungen im Vergleich zu vorherigen Leistungen derselben SchülerInnen, werden Leistungsfortschritte für die einzelnen SchülerInnen eher sichtbar, und zeitvariable Ursachenerklärungen für Leistungen (z. B. Erklärung eines Leistungsfortschrittes durch die Anstrengung der SchülerInnen) werden eher in Betracht gezogen. Dies wiederum hat einen Anstieg der Lernmotivation, einen Anstieg des Selbstkonzeptes und eine höhere Freude am Fach zur Folge (zusammenfassend Mischo & Rheinberg, 1995). Die Lehrkräfte wurden dazu ermuntert, auf Leistungsfortschritte der SchülerInnen zu achten, diese zu loben, und dadurch die individuelle Bezugsnorm zu realisieren.

Das Grundbedürfnis der Autonomie bzw. Selbstbestimmung wurde durch die Wahlmöglichkeiten der SchülerInnen berücksichtigt. Die Offenheit der Aufgaben ließ verschiedene Lösungswege zu, die die SchülerInnen gehen konnten. Unterschiedliche Zugangsweisen wurden anschließend konstruktiv diskutiert und reflektiert.

Die schriftlichen Unterrichtsmodule enthielten zu einem erheblichen Anteil soziale Lernformen (z. B. Gruppenarbeiten) mit entsprechenden Materialien und Instruktionen für die Lehrkräfte, was dem Grundbedürfnis nach sozialer Eingebunden beim Lernen Rechnung tragen sollte.

4 Durchführung der Studie

Anlage der Studie

Die Intervention wurde in zwei Formen realisiert: Eine Gruppe von Lehrkräften bzw. Klassen erhielt lediglich die schriftlichen Unterrichtsmaterialien, eine andere Gruppe von Lehrkräften erhielt zusätzlich zu den schriftlichen Unterrichtsmaterialien ein eintägiges Training. Die forschungsmethodische Umsetzung der summativen Evaluation folgte einem Prä-Post-Kontrollgruppenplan (Cook & Campbell, 1979). Tabelle 1 veranschaulicht die Untersuchungsanlage.

	Vortest	Intervention	Nachtest
Gruppe 1 (Module und Training)	X	Schriftliches Material und Training	X
Gruppe 2 (Module)	X	Schriftliches Material	X
Kontrollgruppe (keine Intervention)	X	—	X

Tabelle 1: Anlage der Studie

Ein Grund dafür, zwei verschiedene Varianten der Intervention zu realisieren, bestand darin, dass wir den Effekt der schriftlichen Unterrichtsmaterialien bei solchen Lehrkräften erfassen wollten, die noch über praktisch keine Vorerfahrungen und Vorwissen im mathematischen Modellieren verfügen. Dies dürfte in der Schule der Normalfall sein. Daher sollte überprüft werden, welche Effekte die Unterrichtsmodule für diese mutmaßlich größte Zielgruppe haben. Die Vorerfahrungen der Lehrkräfte mit dem Einsatz von Aufgaben zum mathematischen Modellieren und das diesbezügliche Wissen der Lehrkräfte wurden in einem kurzen Befragungsbogen erhoben. Da sich allerdings herausstellte, dass einige Lehrkräfte bereits über Vorwissen und Vorerfahrungen verfügten, wurden diese einer Gruppe zugeteilt, die außer den schriftlichen Materialien ein eintägiges Seminar zum mathematischen Modellieren erhielten. Dadurch sollten alle Lehrkräfte dieser Gruppe auf ein vergleichbares Ausgangslageniveau im Vorwissen innerhalb dieser Gruppe gebracht werden. Die Realisierung dieser beiden Interventionsgruppen ermöglichte daher die Testung der Module für den angenommenen häufigsten Fall (Lehrkräfte ohne Vorkenntnisse) und erlaubt darüber hinaus abzuschätzen, ob Vorerfahrungen bzw. Vorwissen sowie ein eintägiger Kurs, der in die Materialien einführt, die Wirksamkeit der Module zusätzlich erhöht.

Da dieses Vorgehen aus untersuchungsmethodischer Sicht nun keine strenge experimentelle Zufallszuweisung der Personen (Lehrkräfte bzw. Klassen) zu den Untersuchungsgruppen mit sich brachte, handelte es sich um ein quasi-experimentelles Untersuchungsdesign, bei dem es nötig ist, die Vergleichbarkeit der Gruppen in zentralen Merkmalen (Kontrollvariablen) zu überprüfen und gegebenenfalls statistisch zu kontrollieren. Die teilnehmenden Lehrkräfte (und ihre Klassen) wurden somit einer von drei Gruppen zugewiesen: Der Gruppe 1 (Module und Training), der Gruppe 2 (Module, jedoch kein Training) oder der Kontrollgruppe (keine Intervention, also weder Module noch Training). Die Kontrollgruppe wurde insofern als „Wartegruppe“ konzipiert, als den Lehrkräften nach der Intervention die schriftlichen Materialien zugesandt wurden.

Erfassung der relevanten Merkmale

Die Erfassung der *motivationalen Merkmale* erfolgte in einem Fragebogen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die erfassten motivationalen Merkmale und die Erhebungsinstrumente.

Merkmal	Instrument	Beispiel-Item
Aufmerksamkeit	Skala „Aufmerksamkeit“ (4 Items, adaptiert aus der PISA-Studie, Ramm et al., 2006)	„Ich passe auch auf, wenn es schwierig ist.“
Freude an Mathematik	Skala „Freude“ (5 Items, adaptiert aus der PISA-Studie, Ramm et al., 2006)	„Ich freue mich auf die Mathestunden.“
Mathematikbezogenes Selbstkonzept (sozial)	Skala „Schulisches Selbstkonzept: sozial“ (3 Items, adaptiert aus Schöne et al., 2002)	„Ich denke, ich bin für Mathe weniger begabt als meine Mitschüler.“ (Negative Polung)
Motivationale Orientierung: Lernzielorientierung	Skala „Motivation: Lernziele“ (4 Items, adaptiert aus Schöne et al., 2002)	„In Mathe geht es mir darum, etwas Interessantes zu lernen“
Motivationale Orientierung: Arbeitsvermeidung	Skala „Motivation: Arbeitsvermeidung“ (4 Items, Spinath et al., 2002)	„Mir geht es in Mathe darum, mit wenig Arbeit durchzukommen.“

Tabelle 2: Erfasste motivationale Merkmale, Messinstrumente und Beispielitems

Um zu überprüfen, ob sich die drei Gruppen in der Studie bereits beim Vortest in kognitiven Maßen und Leistungsmaßen unterscheiden, wurden *weitere Merkmale* erhoben (Tabelle 3).

Merkmal	Instrument
Mathematisches Modellieren	Selbst konstruiert (Maaß & Mischo, 2010)
Mathematikleistung	Letzte Zeugnisnote in Mathematik
Mathematische Kompetenz	Test „DEMAT 4“ (Gölitz et al., 2006)
Leistung in Deutsch	Letzte Zeugnisnote in Deutsch
Lesekompetenz	Test „ELFE“ (Lenhard & Schneider, 2006)
Allgemeines Wissen	Skala „Allgemeines Wissen“, verschriftete Adaption aus dem Test „HAWIK III“ (Tewes et al., 2000)
Sprachgebundene Intelligenz	Skala „Wortschatz“ aus dem Test „CFT 20-R“ (Weiß, 2008).
Sprachfreie Intelligenz	Skala „Matrizen“ aus dem Test „CFT 20-R“ (Weiß, 2008)

Tabelle 3: Erfasste Leistungsmaße und kognitive Merkmale zur Kontrolle von Gruppenunterschieden beim Vortest

Datenerhebung und Stichprobe

Der Vortest fand im Oktober 2008 statt, der Nachtest wurde im Juni 2009 abgeschlossen. Insgesamt nahmen 54 Lehrkräfte bzw. Klassen an der Studie teil ($N = 959$). Von diesen 54 Klassen bzw. Lehrkräften erhielten 17 Lehrkräfte kein Material (332 SchülerInnen, Kontrollgruppe), 24 Lehrkräfte erhielten das schriftliche Material (Gruppe 2, 407 SchülerInnen) und 13 Lehrkräfte erhielten das schriftliche Material und zusätzlich ein eintägiges Training (220 SchülerInnen). Von den insgesamt 959 SchülerInnen waren 58,5 % Jungen ($n = 560$) und 41,5 % Mädchen ($n = 398$) bei einem fehlenden Wert. Von den Lehrkräften waren 46 Prozent männlich ($n = 25$) und 54 Prozent weiblich ($n = 29$). Das durchschnittliche Alter der Lehrkräfte betrug 45.4 Jahre.

In einer Nachbefragung wurden die Lehrkräfte beider Interventionsgruppen befragt, wie viele Unterrichtseinheiten sie tatsächlich umgesetzt hatten. Aus der Untersuchungsbedingung „schriftliche Module“ lagen hierzu die Angaben von 20 (von insgesamt 24) Lehrkräften vor, aus der Bedingung „schriftliche Module und Training“ die Angaben von 11 (von insgesamt 13) Lehrkräften. 80 % der Lehrkräfte gaben an, dass sie 11 bis 13 (der maximal 13 möglichen) Unterrichtseinheiten implementiert hatten, 20 % der Lehrkräfte gaben an, dass sie acht bis zehn Unterrichtseinheiten realisiert hatten. Außerdem fragten wir die Lehrkräfte, ob sie die Unterrichtseinheiten so umsetzen konnten, wie in den schriftlichen Materialien vorgesehen. Nur zwei Lehrkräfte (6,4 %) antworteten, dass sie die Einheiten *nicht* wie vorgesehen umsetzen konnten, drei Lehrkräfte (9,7 %) antworteten, dass sie die Einheiten *kaum* wie vorgesehen umsetzen konnten, 11 Lehrkräfte gaben an, die Einheiten *fast* wie vorgesehen umgesetzt zu haben (35,5 %) und 15 Lehrkräfte

konnten nach eigenen Angaben die Einheiten *wie vorgesehen* umsetzen (48,4 %; Mittelwert von 3,26 auf dieser vierstufigen Skala, Standardabweichung = 0,89). Daher konnten insgesamt 84 Prozent der Lehrkräfte der Interventionsbedingungen die Intervention nach eigenen Angaben so umsetzen, wie dies in den schriftlichen Materialien vorgesehen war.

Die Nützlichkeit der Materialien wurde von den Lehrkräften als vergleichsweise hoch eingestuft (Mittelwert von 3,33 auf einer vierstufigen Skala von „1 = nicht nützlich“ bis „4 = sehr nützlich“). Diese Daten sprechen dafür, dass die Intervention insgesamt weitgehend so umgesetzt werden konnte, wie dies beabsichtigt war.

Güte der Messinstrumente

Die Reliabilität der Skalen ist insgesamt als befriedigend bis gut zu beurteilen (siehe Tabelle 4).

Skala	Anzahl der Items	Cronbachs Alpha	
		Prätest	Posttest
Aufmerksamkeit	4	.59	.54
Schulisches Selbstkonzept: sozial	3	.71	.73
Freude	5	.93	.85
Motivation: Lernziele	3	.79	.83
Motivation: Arbeitsvermeidung	4	.80	.83

Tabelle 4: Reliabilität der Skalen (Cronbachs Alpha)

5 Ergebnisse

Mittelwerte

Die Mittelwerte mit den Standardabweichungen für die drei Gruppen sind in Tabelle 5 aufgeführt. Sie machen deutlich, dass bei einigen motivationalen Variablen insgesamt von einem Abfall ausgegangen werden muss. Diese insgesamt ungünstige motivationale Entwicklung steht im Einklang mit Befunden über die Entwicklung schulischer Interessen (z. B. Daniels, 2008). Die Frage ist jedoch, ob es mit Hilfe der Intervention gelingt, diesen insgesamt eher negativen Trend abzuschwächen (siehe unten, Prüfung der zentralen Fragestellung).

Merkmal	Gruppe	Vortest Mittelwert (Standardabw.)	Nachtest Mittelwert (Standardabw.)
Freude an Mathematik	Module + Training	2.87 (0.89)	2.75 (0.93)
	Module	2.87 (0.88)	2.75 (0.81)
	Kontroll	2.86 (0.89)	2.63 (0.93)
Selbstkonzept sozial	Module + Training	2.93 (0.88)	3.05 (0.76)
	Module	2.91 (0.84)	2.90 (0.84)
	Kontroll	3.01 (0.76)	2.95 (0.81)
Aufmerksamkeit	Module + Training	3.09 (0.66)	3.16 (0.62)
	Module	3.17 (0.61)	3.08 (0.64)
	Kontroll	3.18 (0.66)	3.09 (0.64)
Lernzielorientierung	Module + Training	3.36 (0.72)	3.27 (0.79)
	Module	3.25 (0.76)	3.25 (0.76)
	Kontroll	3.27 (0.79)	3.19 (0.78)
Arbeitsvermeidung	Module + Training	2.44 (0.93)	2.44 (0.89)
	Module	2.39 (0.89)	2.50 (0.89)
	Kontroll	2.42 (0.91)	2.56 (0.88)

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Vortest- und Nachtestwerte in den Interventionsgruppen

Unterschiede im Vortest

Zunächst muss überprüft werden, ob sich die drei Schülergruppen der Interventionsstudie im Vortest in den motivationalen und auch in den Leistungsmaßen und kognitiven Maßen unterscheiden. Daher wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse mit den drei Gruppen (Material und Training, Material, Kontrollgruppe) als unabhängige Variable und den motivationalen Maßen und den Leistungs- und kognitiven Maßen als abhängige Variablen (Vortest-Werte) durchgeführt. Als Ergebnis zeigte sich, dass die multivariate Testung auf Gruppenunterschiede hoch signifikante Gruppenunterschiede ergab (Wilks lambda ($df = 28, 1886$) = 9.43, $p < .001$). Das bedeutet, dass sich die drei Gruppen über die abhängigen Variablen hinweg (multivariat) in den Maßen unterscheiden. Um zu identifizieren, in welchen Einzelvariablen die Gruppenunterschiede bestehen, wurden univariate Varianzanalysen (mit jeweils nur einer abhängigen Variablen) durchgeführt. Dabei zeigen sich signifikante Unterschiede im Vortest für folgende Merkmale: in der mathematischen Kompetenz (DEMAT, $F(2, 956) = 8.44$, $p < .001$), im allgemeinen Wissen ($F(2, 956) = 4.85$, $p < .1$), in der sprachgebundenen Intelligenz (CFT Wortschatz; $F(2, 956) = 3.82$, $p < .05$), in der sprachfreien Intelligenz (CFT Matrizen, $F(2, 956)$

= 7.71, $p < .001$) und in der Modellierungskompetenz ($F(2, 956) = 3.76, p < .05$). In den motivationalen Merkmalen waren die geringfügigen Unterschiede im Vortest statistisch nicht bedeutsam.

Daher wurden die Leistungsmaße und kognitiven Maße, bei denen im Vortest Gruppenunterschiede bestanden, bei der anschließenden Prüfung der zentralen Fragestellung als Kovariate berücksichtigt. Die Berücksichtigung als Kovariate im Rahmen einer Kovarianzanalyse ermöglicht die statistische Bereinigung von Vortestunterschieden in diesen Skalen.

Prüfung der zentralen Fragestellung

Die Prüfung der zentralen Fragestellung erfolgte über eine Kovarianzanalyse, bei der die Nachtestwerte der fünf motivationalen Skalen als abhängige Variablen und die fünf Vortestwerte der abhängigen Variablen als Kovariate fungierten. Auch wenn in Bezug auf die Vortestwerte der motivationalen Variablen keine statistisch bedeutsamen Gruppenunterschiede feststellbar waren, könnten dennoch nicht signifikante Vortestunterschiede die Ergebnisse etwas verfälschen, was mit deren Berücksichtigung als Kovariate kontrolliert wird. Außerdem wurden als Kovariate diejenigen oben genannten Leistungs- und kognitiven Maße aufgenommen, für die sich Gruppenunterschiede ergaben (mathematische Kompetenz (DEMAT), allgemeines Wissen, sprachgebundene und sprachfreie Intelligenz und mathematische Modellierungskompetenz).

Im ersten Schritt einer Kovarianzanalyse muss jedoch zunächst überprüft werden, ob die Regressionsgeraden der Kovariate in allen drei Interventionsgruppen gleiche Steigungsparameter aufweisen. Die Homogenität der Steigungen ist eine statistische Voraussetzung für die Durchführung der Kovarianzanalyse, weil für alle Gruppen ein identischer Steigungsparameter geschätzt wird. Die Testung auf Gleichheit der Steigungen der Regressionsgeraden erfolgt über eine Prüfung der Wechselwirkung zwischen Effekten der Kovariaten und Gruppenzugehörigkeit. Für keine der Kovariaten ergab sich eine signifikante Wechselwirkung. Das bedeutet, dass die Gruppenzugehörigkeit für die Steigungsparameter nicht relevant ist. Mit anderen Worten: Die Steigungen der Regressionsgeraden für die Kovariaten sind vergleichbar und somit sind die statistischen Voraussetzungen für die Durchführung der Kovarianzanalyse erfüllt.

Zunächst wurde daher der multivariate Effekt im Rahmen eines kovarianzanalytischen Modells getestet (drei Stufen der unabhängigen Variablen (Training und Material, Material, Kontrollgruppe), fünf abhängige Variablen (zum zweiten Messzeitpunkt: Aufmerksamkeit, Freude an Mathematik, Selbstkonzept, Lernzielorientierung und Arbeitsvermeidung), Kovariate: die gleichen Variablen zum ersten Messzeitpunkt sowie zusätzlich die kognitiven Maße Wissen, DEMAT-Werte, Modellierungskompetenz und die kognitiven Fähigkeiten).

Der multivariate Effekt fiel signifikant aus (Wilks lambda = .98, $F(10, 1884) = 1.86$, $p < .05$). Daher werden im Folgenden für jede abhängige Variable getrennt die Ergebnisse der Kontrastprüfungen (Kontrollgruppe vs. Material und Training, Kontrollgruppe vs. Material) berichtet.

Die Ergebnisse der Kontrastprüfungen (Tabelle 6) zeigen, dass statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen der Gruppe „Training und Module“ gegenüber der Kontrollgruppe in Bezug auf die Aufmerksamkeit, die Freude an Mathematik, des Selbstkonzepts und der Arbeitsvermeidung bestehen. Werden die Werte der Gruppe „Module“ mit denen der Kontrollgruppe verglichen, dann zeigen sich für die Freude in Mathematik und ebenfalls für die Arbeitsvermeidung statistisch bedeutsame Unterschiede (vgl. die dritte Spalte). Alle Effektstärken (Cohens d ; Cohen, 1988) fallen jedoch niedrig aus.

Abhängige Variable	Kontrastschätzer	
	„Module und Training“ vs. Kontrollgruppe	„Module“ vs. Kontrollgruppe
Freude an Mathematik	0.14* ($d = 0.15$)	0.14** ($d = 0.15$)
Selbstkonzept sozial	0.13* ($d = 0.17$)	0.04 ($d = 0.05$)
Aufmerksamkeit	0.09* ($d = 0.15$)	0.01 ($d = 0.08$)
Lernzielorientierung	0.07 ($d = 0.10$)	0.06 ($d = 0.08$)
Arbeitsvermeidung	-0.16* ($d = -0.19$)	-0.12* ($d = -0.13$)

Tabelle 6: Kontrastschätzer und Effektgrößen für die abhängigen Variablen (Nachtest).
Erläuterung: * $p < .05$, ** $p < .01$ (einseitige Testung).

Eine grafische Veranschaulichung der Nachtest-Mittelwerte (bei Ausparialisierung der Vortestwerte und Kovariablen) geben die Abbildungen 3 bis 7.

Wie die Signifikanzprüfung (vgl. Tabelle 6) zeigt, ist der Unterschied zwischen der Gruppe „Module und Training“ gegenüber der Kontrollgruppe hinsichtlich des Merkmals „Freude am Mathematikunterricht“ statistisch bedeutsam ($p < .05$), noch deutlicher ist der Unterschied zwischen der Gruppe „Module“ gegenüber der Kontrollgruppe ($p < .01$). Die Freude am Mathematikunterricht beim Nachtest ist – bei statistischer Kontrolle von Vortest-Unterschieden – in den beiden Interventionsbedingungen größer als in der Kontrollgruppe.

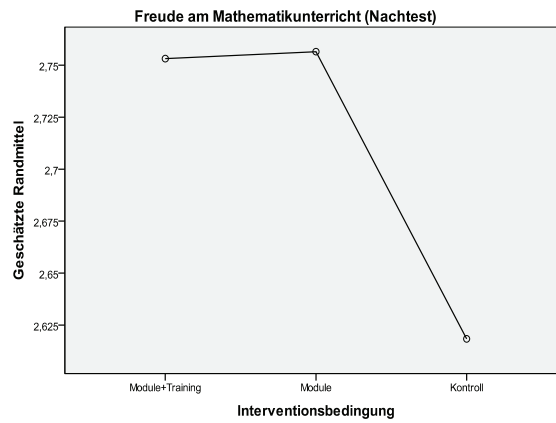


Abbildung 3: Nachtestwerte für die Skala „Freude am Mathematikunterricht“ bei Ausparialisierung der Vortestwerte und Kovariablen

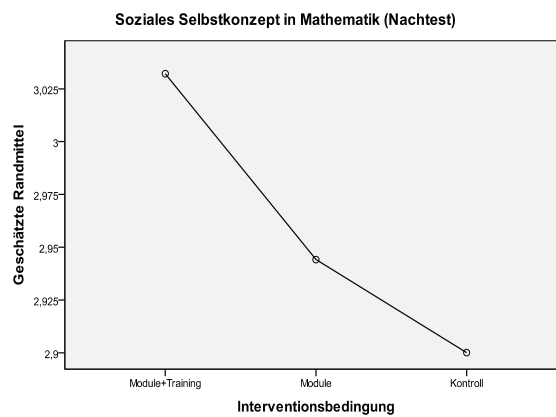


Abbildung 4: Nachtestwerte für die Skala „Selbstkonzept in Mathematik“ bei Ausparialisierung der Vortestwerte und Kovariablen

Wie Tabelle 6 entnommen werden kann ist der Kontrast „Module und Training“ gegenüber der Kontrollgruppe statistisch bedeutsam, nicht signifikant ist jedoch der Unterschied zwischen der Gruppe „Module“ und der Kontrollgruppe.

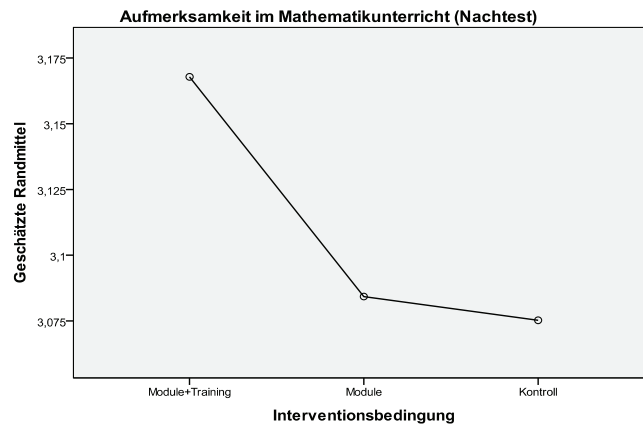


Abbildung 5: Nachtestwerte für die Skala „Aufmerksamkeit im Mathematikunterricht“ bei Auspartialisierung der Vortestwerte und Kovariablen

Aus Tabelle 6 kann entnommen werden, dass der Kontrast „Module und Training“ vs. Kontrollgruppe signifikant ausfiel ($p < .05$), der Kontrast „Module“ vs. Kontrollgruppe war dagegen nicht signifikant.

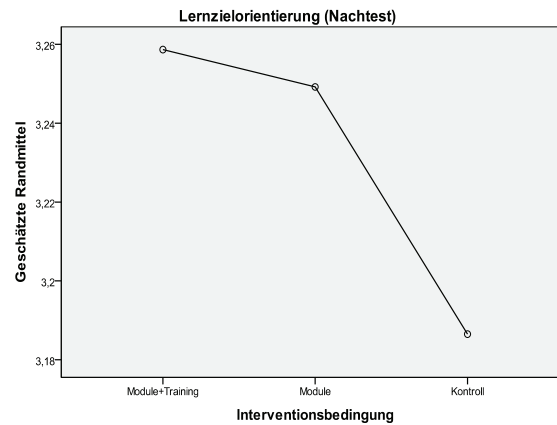


Abbildung 6: Nachtestwerte für die Skala „Lernzielorientierung“ bei Auspartialisierung der Vortestwerte und Kovariablen.

Auch wenn Abbildung 6 Unterschiede zwischen den Interventionsbedingungen und der Kontrollgruppe nahe legen mag, fielen diese für die Skala „Lernzielorien-

tierung“ nicht statistisch bedeutsam aus (vgl. Tabelle 6). Dennoch ist die Richtung der Mittelwerte (größere Nachtestwerte in den Interventionsgruppen) erwartungskonform.

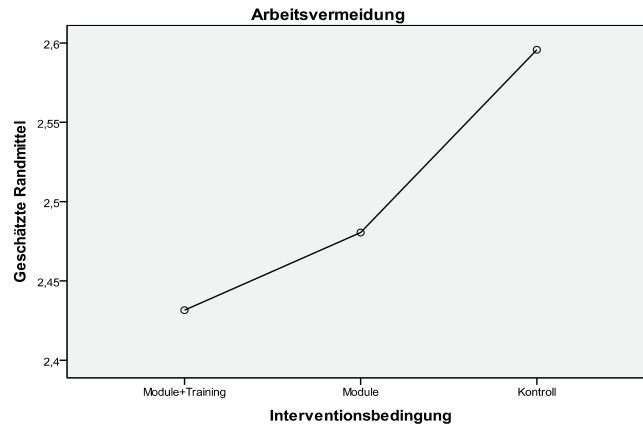


Abbildung 7: Nachtestwerte für die Skala „Arbeitsvermeidung“ bei Auspartialisierung der Vortestwerte und Kovariablen.

Diese Abbildung verdeutlicht die statistisch bedeutsamen Unterschiede sowohl der Gruppe „Module und Training“ als auch der Gruppe „Module“ gegenüber der Kontrollgruppe (vgl. Tabelle 6).

Zusammenfassung der Ergebnisse

Auch die Daten unserer Studie sprechen für eine grundsätzlich negative Entwicklung motivationaler Merkmale im Mathematikunterricht der Hauptschule. Die Intervention, d.h. die Beschäftigung mit Modellierungsaufgaben, konnte in vier der insgesamt fünf untersuchten Variablen dieser negativen Entwicklung entgegenwirken. In beiden Interventionsgruppen fielen die Werte der Lernfreude beim Nachtest (im Vergleich zur Kontrollgruppe) sowie die Werte für die Arbeitsvermeidung weniger ungünstig aus. Für die Gruppe „Module und Training“ ergab sich außerdem eine günstigere Entwicklung der Aufmerksamkeit und des Selbstkonzeptes. Mit Ausnahme der Lernzielorientierung ergab sich somit entweder für mindestens eine, teilweise auch für beide Gruppen ein positiver Effekt der Intervention. Bei der Prüfung der zentralen Fragestellungen wurden die beiden Interventionsgruppen jeweils mit der Kontrollgruppe verglichen. Es fand jedoch keine direkte Prüfung des Unterschiedes zwischen den Interventionsgruppen statt. Der Grund dafür liegt darin, dass im Rahmen einer (Ko-)Varianzanalyse bei drei Gruppen nur zwei paarweise Vergleiche statistisch unabhängig voneinander sind. Auch wenn daher der Kontrast

zwischen beiden Interventionsgruppen nicht direkt überprüft wurde, zeigen die Daten insgesamt, dass die Unterschiede zwischen den beiden Interventionsgruppen nicht immer einheitlich ausfallen und insgesamt gegenüber dem Unterschied zur Kontrollgruppe nicht gravierend sind. Mit anderen Worten: Ob die Intervention nur über die Verbreitung schriftlicher Materialien (Module) erfolgt, oder zusätzlich noch ein eintägiges Lehrertraining enthält, ist nach unseren Daten zweitrangig.

6 Diskussion

Im Hinblick auf die in Abschnitt 1.2 beschriebene Abnahme der Freude an Mathematik und einer zunehmenden Langeweile, wie sie in anderen Studien festgestellt wurden, erscheinen die folgenden Ergebnisse unserer Intervention besonders bedeutsam:

- Die Entwicklung bzgl. der Lernfreude ist weniger ungünstig (Module und Training, Module).
- Es findet eine günstigere Entwicklung in der Aufmerksamkeit und im Selbstkonzept statt (Module und Training)
- Eine weniger ungünstige Entwicklung zeigt außerdem die Arbeitsvermeidung (Module und Training, Module).

Unabhängig von der Implementierung (nur schriftliches Material oder in Verbindung mit einem eintägigen Training) werden zentrale motivationale Merkmale der HauptschülerInnen daher günstig beeinflusst. Die geeignete Auswahl der Unterrichtsmaterialien kann also einen Einfluss auf die motivationalen Variablen der SchülerInnen und Schüler haben.

Alleine die Abschwächung negativer motivationaler Entwicklungen bzw. die Förderung motivationaler Variablen – und zwar unabhängig von der jeweiligen konkreten unterrichtlichen Umsetzung der einzelnen LehrerInnen – ist ein wichtiger und eigenständiger Effekt der entwickelten Materialien.

Wider Erwarten zeigte sich jedoch kein Effekt für die Skala der Lernzielorientierung. Offenbar ist die Intervention (d. h. das schriftliche Material) zwar dazu geeignet, negativen motivationalen Orientierungen (Arbeitsvermeidung) entgegenzuwirken, positive motivationale Orientierungen können offenbar jedoch nicht (in statistisch bedeutsamen Ausmaß) gefördert werden. Allerdings fielen die Mittelwerte für die Lernzielorientierung in erwartungskonformer Richtung aus (höhere Mittelwerte in den beiden Interventionsgruppen), wenngleich der Kontrast zur Kontrollgruppe nicht statistisch bedeutsam war.

Die insgesamt geringen Effektgrößen (Cohens d) könnten auf den ersten Eindruck die Effektivität unserer Intervention stark relativieren. Allerdings hat bereits Cohen (1988) darauf hingewiesen, dass die Bezeichnung als „geringe“ oder „mittlere“

bzw. „hohe“ Effektstärke immer nur in Zusammenhang mit dem Gegenstandsbe-
reich gesehen werden muss. Für neue Forschungsfelder bzw. neue Instrumente und
Materialien ist auch nach Cohen von vorneherein nicht von einer großen Effekt-
stärke im sozialwissenschaftlichen Bereich auszugehen. Außerdem muss noch
einmal darauf hingewiesen werden, dass die motivationalen Auswirkungen unseres
Materials zwar einen eigenständigen und wichtigen Effekt darstellen, im Rahmen
der Gesamtkonzeption der Intervention stellen die motivationalen Variablen jedoch
eher sekundäre und das Lernen unterstützende bzw. potenziell förderliche „Be-
gleitvariablen“ dar. Im Vordergrund der Konzeption stand die Förderung der Mo-
dellierungskompetenz (auf den dieser Beitrag jedoch nicht vorrangig fokussierte).
Da es sich daher nicht primär um eine Motivationsfördermaßnahme handelte, son-
dern um eine motivationspsychologisch fundierte Förderung der Modellierungs-
kompetenz, ist ein Effekt auf die motivationalen Variablen nicht selbstverständlich.
Eine Integration von kognitiven und motivationalen Interventionsaspekten (wie im
vorliegenden Falle) muss nämlich nicht automatisch *sowohl* zu kognitiven Effekten
als auch zu motivationalen Effekten führen (Fries, 2002). Vielmehr muss auch mit
dem Fall gerechnet werden, dass bei einer Anreicherung eines kognitiven Train-
ings mit motivationalen Merkmalen entweder Effekte nur auf die kognitiven oder
nur auf die motivationalen Merkmale (aber nicht auf beide) feststellbar sind.

Ob es gelingt, mit einer noch stärkeren Gewichtung motivationspsychologischer
Maßnahmen den negativen motivationalen Trend der HauptschülerInnen nicht nur
abzuschwächen, sondern klar „umzukehren“, müssen weitere Studien zeigen. Bis-
herige Befunde und Konzepte von Motivationstrainingsprogrammen lassen jedoch
positive Effekte derartiger Maßnahmen auch in der Hauptschule vermuten (Rhein-
berg, 2006).

Die Förderung motivationaler Variablen ist jedoch nur eine notwendige, aber nicht
hinreichende Bedingung für die Förderung der Modellierungskompetenz. Wie an-
dere Analysen unserer Intervention zeigen, ist es für die Förderung der Modellie-
rungskompetenz außerdem noch notwendig, die epistemologischen Überzeugun-
gen bzw. die Beliefs der LehrerInnen über Mathematik und über das Lernen (in
Richtung konstruktivistischer Beliefs) zu verändern (Mischo & Maaß, 2010).

Die Tatsache, dass die Unterschiede zwischen den beiden Interventionsgruppen
nicht gravierend sind, könnte außerdem erneut einen Hinweis darauf liefern, wie
wenig effektiv eintägige Fortbildungen sind – selbst wenn sie dazu dienen, die Ein-
führung in die Materialien zu unterstützen.

Die Ergebnisse bestätigen jedoch insgesamt das den Materialien zugrunde liegen-
den Konzept der Aufgabenauswahl und der Methodenauswahl, das neben den di-
daktischen Aspekten insbesondere motivationspsychologischen Überlegungen
Rechnung trug. Dabei hat sich auch das Rahmenmodell der Lernmotivation von
Rheinberg und Fries (1998) bewährt (vgl. Abbildung 1), da es gelungen ist, über

eine Gestaltung „situativer“ Merkmale (durch den Einsatz bestimmter Aufgaben und die Befriedigung grundlegender schülerseitiger Bedürfnisse im Rahmen von speziell entwickelten Unterrichtseinheiten) sowohl den *Motivations- und Lernprozess* (z. B. Aufmerksamkeit, Lernfreude) als auch relativ stabile *Personenmerkmale* (motivationale Orientierungen, Selbstkonzept) positiv zu beeinflussen.

Geeignet entwickelte Materialien sind also in der Lage, motivationale Variablen der SchülerInnen positiv zu beeinflussen, auch ohne eine langfristige Fortbildung der Lehrkräfte. Mit der Entwicklung von fachdidaktisch und motivationspsychologisch fundierten Unterrichtsmaterialien soll jedoch nicht die Funktion von langfristigen Lehrerfortbildungsmaßnahmen in Frage gestellt werden: Die Reflexion in der Gruppe, das individuelle Feedback und die individuelle Unterstützung durch die Fortbildner oder durch kollegiale Supervision können auch durch theoriegeleitet konstruierte und evaluierte Unterrichtsmaterialien nicht ersetzt werden.

Literatur

- Bauer, L. (2001). Texte von Hauptschülern zu Mathematikaufgaben und ihren Lösungen. *mathematica didactica*, 24(1), S. 3–30.
- Baumert, J. & Köller, O. (1998). Nationale und internationale Schulleistungsstudien: was können sie leisten, wo sind ihre Grenzen? *Pädagogik*, 50, 12–18.
- Baumert, J., Trautwein, U. & Artelt, C. (2003). Schulumwelten – institutionelle Bedingungen des Lehrens und Lernens. In PISA-Konsortium (Hrsg.), *PISA 2000 – Ein differenzierter Blick auf die Länder der Bundesrepublik Deutschland* (S. 261–331). Opladen: Leske & Budrich.
- Blum, W. et al. (2004). Mathematische Kompetenz. In Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.), *PISA 2003 – Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleich* (S. 47–92). Münster: Waxmann.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Cook, T.D. and Campbell, D.T. (1979). *Quasi-Experimentation: Design and Analysis for Field Settings*. Chicago, Illinois: Rand McNally
- Daniels, Z. (2008). *Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter*. Münster: Waxmann.
- Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223–238.
- Fries, S. (2002). *Wollen und Können*. Münster: Waxmann.
- Gölitz, D., Roick, T. & Hasselhorn, M. (2006). *Deutscher Mathematiktest für vierte Klassen (DEMAT 4)*. Göttingen: Hogrefe.
- Heckhausen, H. (1969). Förderung der Lernmotivierung und der intellektuellen Tüchtigkeiten. In H. Roth (Hrsg.), *Begabung und Lernen* (S. 193–228). Stuttgart: Klett.
- Kaiser-Meßmer, G. (1986). *Anwendungen im Mathematikunterricht*. Bad Salzdetfurth: Franzbecker.
- Klieme, E., Neubrand, M. & Lüdtke, O. (2004): Mathematische Grundbildung. Testkonzeption und Ergebnisse. In PISA-Konsortium (Hrsg.), *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 139–190). Opladen: Leske & Budrich.
- Köller, O. (1997). *Zielorientierung und schulisches Lernen*. Münster: Waxmann.

- Lenhard, W. & Schneider, W. (2006). *Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler (ELFE 1-6)*. Göttingen: Hogrefe.
- Maaß, K. & Ege, P. (2007). Mathematik und Mathematikunterricht aus der Sicht von Hauptschülern. *mathematica didactica*, 30(2), S. 53–85.
- Maaß, K. & Mischo, C. (2010). Implementing Modelling into Day-to-Day Teaching Practice: The Project STRATUM and its Framework. *Journal für Mathematik-Didaktik*. <http://www.springerlink.com/content/v740914620056m71/fulltext.pdf> [1.12.2010]
- Mischo, C. (2009a). Schulische Einflussmöglichkeiten auf die Schüler. In S. Blömeke, T. Bohl, L. Haag, G. Lang-Woytasik & W. Sacher (Hrsg.), *Handbuch Schule* (S. 433–440). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Mischo, C. (2009b). Schulische Auswirkungen auf Schülerseite. In S. Blömeke, T. Bohl, L. Haag, G. Lang-Woytasik & W. Sacher (Hrsg.), *Handbuch Schule* (S. 441–445). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Mischo, C. & Maaß (2010). *The effect of teachers' beliefs on pupils competences in mathematical modelling – effects of an intervention study*. Manuskript zur Begutachtung eingereicht.
- Mischo, C. & Rheinberg, F. (1995). Erziehungsziele von Lehrern und individuelle Bezugsnormen der Leistungsbewertung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 9, 139–152.
- Moschner, B. & Dickhäuser, O. (2006). Selbstkonzept. In D.H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 685–692). Weinheim: Beltz.
- Nicholls, G. (1984). Achievement motivation: Conceptions of ability, subjective experience, task choice, and performance. *Psychological Review*, 91, 328–346.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. (2007). Introduction. In W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (S. 3–32). New York: Springer.
- Pekrun, R. et al. (2006). Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik (PALMA). In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (S. 21–53). Münster: Waxmann.
- Pekrun, R., & Zirngibl, A. (2004). Schülermerkmale im Fach Mathematik. In D. PISA-Konsortium (Ed.), *PISA 2003 – Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 191–210). Münster: Waxmann.
- Ramm, G. et al. (2006). *PISA 2003. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann.
- Rheinberg, F. (2001). *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Rheinberg, F. (2006). Motivationstraining und Motivierung. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 510–515). Weinheim: Beltz.
- Rheinberg, F. & Fries, S. (1998). Förderung der Lernmotivation: Ansatzpunkte, Strategien und Effekte. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 168–184.
- Schäfer, J. (2005). *Rechenschwäche in der Eingangsstufe der Hauptschule. Lernstand, Einstellungen und Wahrnehmungsleistungen – Eine empirische Studie*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Schaffner, E., Schiefele, U., Drechsel, B. & Artelt, C. (2004). Lesekompetenz. In M. Prenzel et al. (Hrsg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 93–110). Münster: Waxmann.
- Schiefele U. & Wild, K. P. (Hrsg.). (2000). *Interesse und Lernmotivation*. Münster: Waxmann.

- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). *Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO)*. Göttingen, Bern: Hogrefe.
- Schümer, G. (2004): Zur doppelten Benachteiligung von Schülern aus unterprivilegierten Gesellschaftsschichten im deutschen Schulwesen. In G. Schümer, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.), *Die Institution Schule und die Lebenswelt der Schüler* (S. 73-114). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Spinath, B., Stiensmeier-Pelster, J., Schöne, C. & Dickhäuser, O. (2002). *Skalen zur Erfassung der Lern- und Leistungsmotivation (SELLMO)*. Göttingen: Hogrefe.
- Tewes, U., Schallberger, U. & Rossmann, K. (2000). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III*. Göttingen: Hogrefe.
- Tirosh, D., & Graeber, A. O. (2003). Challenging and changing mathematics teaching practises. In A. Bishop, M.A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & F. Leung (Eds.), *Second international handbook of mathematics education* (S. 643–688). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Weiß, R. (2008). *Grundintelligenztest Skala 2 – Revision (CFT 20-R) mit Wortschatztest und Zahlenfolgentest – Revision*. Göttingen: Hogrefe.
- Wilson, M., & Cooney, T. J. (2002). Mathematics teacher change and development. The role of beliefs. In G. C. Leder, E. Pehkonen & G. Törner (Eds.), *Beliefs: A hidden variable in mathematics education?* (S. 127–148). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. Katja Maaß
Pädagogische Hochschule Freiburg
Institut für Mathematische Bildung
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
maass@ph-freiburg.de

Prof. Dr. Christoph Mischo
Pädagogische Hochschule Freiburg
Institut für Psychologie
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
mischo@ph-freiburg.de

Eingang Manuskript: 10.01.2012 (überarbeitetes Manuskript: 16.07.2012)