

Bessere Schulnoten mit MatES, dem e-Bibliothekardienst für den Mathematikunterricht

Serge Linckels, Carole Dording, Christoph Meinel
Hasso-Plattner-Institut (HPI) für Softwaresystemtechnik GmbH
Postfach 900460, D-14440 Potsdam
{linckels,dording,meinel}@hpi.uni-potsdam.de

Abstract: In diesem Papier stellen wir die Ergebnisse eines Experiments mit unserem e-Bibliothekarsystem *MatES* vor, einem e-Learning Werkzeug zum Erlernen des Bruchrechnens in der Mathematik. MatES ermöglicht den Schülern, durch das Eingeben vollständiger Fragesätze semantisch korrekte und relevante multimediale Antworten zu bekommen.

Eine Schulklasse von 22 Schülern nahm an diesem fünf Wochen dauernden Experiment teil. Die Schüler arbeiteten autonom, stellten Fragen an MatES und lernten durch praktische Übungen. Die Multimedia-Erklärungen, die MatES lieferte, ermöglichten es den Schülern ihr Wissen zu erweitern und ihre Übungen zu lösen.

Die Schüler erlebten MatES als hilfreiches, unterstützendes Werkzeug beim Mathematiklernen. Während sie MatES benutzten, konnten wir relevante Verbesserungen ihrer schulischen Leistungen messen, indem wir die Resultate mit ihren früheren Ergebnissen verglichen. Eine der Hauptursachen dieser hervorragenden Resultate ist möglicherweise die höhere Motivation der Schüler, da sie sich beim Lernen mehr Mühe gaben, um sich neues Wissen anzueignen. Die Schüler haben auch festgestellt, dass MatES besser erklärt, und dass sie Inhalte viel leichter verstehen.

1 Das e-Learning Tool MatES

Es ist allgemein bekannt, dass Schüler besser in der Lage sind, sich neues Wissen anzueignen, zu beherrschen, zu behalten und zu verallgemeinern, wenn sie aktiv am Lernprozess beteiligt sind [Yo98]. Lehrer, die e-Learning Werkzeuge in ihrer Klasse eingesetzt haben, berichten, dass sie ihren Unterrichtsstil geändert haben, um den Schülern eine größere Autonomie beim Lernen zu ermöglichen [Ow97]. Sie wechselten ihren Unterrichtsstil von einem didaktischen Frage-Antwort-Unterricht, zu einem stärker selbstgesteuerten Lernen.

Ein Computer-Tool kann nicht besser erklären als ein Lehrer, aber es kann die Information anders darstellen, vielleicht anschaulicher und konkreter als ein Lehrer. Im Vergleich zu früheren Generationen brauchen die Schüler heutzutage eher einen Anschauungsunterricht, weil unsere Welt reich an visuellen Stimuli ist [Ow97].

Wir arbeiten an einem e-Bibliothekardienst, der den Schülern beim Finden von pertinenten Lerninhalten helfen soll, so wie es ein richtiger Bibliothekar tun würde. Dies soll auf eine sehr natürliche und einfache Art und Weise möglich sein, nämlich durch das Stellen von Fragen in natürlicher Sprache. Der e-Bibliothekar antwortet nicht unbedingt auf die Frage, aber er kann das am besten passende Dokument zur gestellten Frage finden und aus seiner multimedialen Wissensdatenbank auswählen. Der Schüler kann die gesuchte Antwort in diesem Dokument ohne Schwierigkeiten entdecken.

MatES (*Mathematics Expert System*) [LM07] ist eine prototypische Implementierung unseres e-Bibliothekarservices zum Thema Bruchrechnen in der Mathematik. Es besteht aus einem grafischen Benutzerinterface, einer semantischen Suchmaschine und einer multimedialen Wissensdatenbank. Die Wissensdatenbank besteht zurzeit aus 115 Clips, die das Thema Bruchrechnen ausreichend abdecken, d.h. alle Lerninhalte, die in der Sekundarstufe unterrichtet werden, sind enthalten. Die Clips wurden hauptsächlich mit Schülern aufgenommen. Wir benutzten *tele-TASK* (<http://www.tele-task.de>), um die Clips zu erstellen.

Die Effizienz dieses Werkzeugs wurde durch Benchmarktests überprüft. Die Testmenge bestand aus 229 verschiedenen Fragen. In 97% der Fälle gab MatES die richtige Antwort auf die gestellte Frage. In 50% der Fälle lieferte MatES sogar nur eine einzige Antwort (die Richtige) gegeben.

2 Beschreibung des Experiments

2.1 Allgemeines

Unser Ziel war es, die Vorteile unseres e-Bibliothekardienstes in einer normalen Unterrichtsumgebung zu erproben und festzustellen, inwiefern dieses Werkzeug eine Auswirkung auf die schulischen Leistungen der Schüler hatte.

An dem Experiment nahmen 22 Schüler zwischen 12 und 14 Jahren (siebte Klasse), aus dem Lycée Technique EschAlzette (LTE), einem technischen Gymnasium in Luxemburg, teil. Dieses Experiment dauerte 5 Wochen (vom 13. Februar bis zum 16. März 2006). Dies ist die normale Zeitspanne, die dem Mathematiklehrer einer siebten Klasse laut Lehrplan für die Behandlung des Bruchrechnens zur Verfügung steht. Jede Unterrichtsstunde fand in einem Computersaal statt.

2.2 Aufteilung der Schüler in drei Gruppen

Im ersten Trimester des Schuljahrs (vom 18. September 2005 bis zum 12. Februar 2006), stand Geometrie auf dem Programm (Volumenrechnen, Flächenrechnen usw.). Jeder Schüler besaß schon einige Grundkenntnisse im Bruchrechnen, da dieses Thema bereits kurz in den drei letzten Schuljahren behandelt wurde. Vor Beginn des Experiments führten wir einen unangekündigten Vortest durch, um die aktuellen Kenntnisse der Schüler über das Bruchrechnen zu messen.

Die Schüler wurden gemäß ihrem Ergebnisse im Vortest und ihren Resultaten in der Geometrieprüfung (erstes Trimester), in drei Gruppen aufgeteilt: schwache (8 Schüler), mittelmäßige (6 Schüler) und starke (8 Schüler). Diese Einteilung half uns bei der Auswertung unseres Experiments, und zwar auf drei verschiedenen Kompetenz-Ebenen. Wir nahmen an, dass normalerweise schwache Schüler auch Schwierigkeiten im Bruchrechnen haben und gute Schüler auch gut im Bruchrechnen sind. Wir untersuchten, inwiefern das Benutzen von MatES die Zusammensetzung dieser drei Gruppen verändern würde.

Es konnte festgestellt werden, dass es keine Verbindung zwischen dem Vortest und den Resultaten der Geometrieprüfungen gibt. Verschiedene gute Schüler schnitten auch gut im Vortest ab, andere schlecht. Verschiedene schlechte Schüler schnitten gut im Vortest ab, andere schlecht. Dies zeigt uns, dass die Grundkenntnisse der Schüler im Bruchrechnen ganz heterogen waren.

2.3 Der Ablauf der anderen Unterrichtsstunden

In unserem Experiment ließen wir die Schüler in die Rolle eines Entdeckers schlüpfen, der neues Wissen auf eine autonome Art und Weise entdecken und sich aneignen soll, indem er MatES als eine Art virtuellen Privatlehrer benutzt.

In der ersten Stunde lernten die Schüler, wie man MatES richtig einsetzt. In praktischen Übungen benutzten die Schüler MatES, um sich ein Grundvokabular über das Bruchrechnen anzueignen. Die Lehrerin gab den Schülern einen Satz mit Lückentext vor. Zum Beispiel: "Wir müssen das Bruchrechnen lernen, weil Brüche stellen ... darstellen." Die Schüler mussten dann eine Frage bilden und den Satz ergänzen, indem sie sich den passenden Clip anschauten. Zum Beispiel: "Warum müssen wir das Bruchrechnen lernen?" oder "Was stellt ein Bruch dar?".

Während des Experiments war der Verlauf der Unterrichtsstunden stets der gleiche. Am Anfang jeder Stunde bekamen die Schüler ein Übungsblatt. Als Erstes mussten sie herausfinden, auf welches Wissen sie aufbauen konnten und welches sie sich noch aneignen mussten, um diese Übungen zu lösen. Dann mussten sie Fragen an MatES stellen und sich die passenden Clips anschauen, um ihr Wissen zu vervollständigen. Die Lehrerin war immer anwesend und half den Schülern, die eine Erklärung nicht verstanden, oder denen, die noch Schwierigkeiten hatten, eine Übung zu lösen. Verschiedene Übungen wurden kurz in der Klasse angeschnitten, um potenzielle allgemeine Fehler oder Missverständnisse zu vermeiden.

2.4 Die Prüfungsstunde

Über das Bruchrechnen wurden zwei Klassenarbeiten geschrieben. Jede Prüfung dauerte zwei Stunden und bestand aus zwei Teilen. Der erste Teil (eine Stunde) war eine klassische Prüfung (für 30 Punkte) und der zweite Teil war eher eine praktische Prüfung (die auch mit 30 Punkten bewertet wurde). Der erste Teil fand in einem normalen Klassenzimmer unter klassischen Bedingungen statt (ohne Bücher, ohne Notizen, ohne Taschenrechner usw.). Die Übungen beruhten auf dem Wissen, das sich die Schüler auf eine autonome Art und Weise während der letzten Stunden angeeignet hatten.

Nach einer Stunde wechselten die Schüler für den zweiten Teil der Klassenarbeit in den Computerraum. Jeder Schüler arbeitete einzeln an einem Rechner mit MatES. Im Gegensatz zum ersten Teil der Prüfung beruhten diese Übungen auf einem unbekanntem Stoff im Bereich des Bruchrechnens (zum Beispiel, was ist ein echter Bruch?). Hier durften die Schüler MatES einsetzen.

3 Die allgemeinen Ergebnisse

3.1 Die Ergebnisse der Schüler

Es gab einige interessante Unterschiede zwischen den zwei Teilen der Prüfung, dem theoretischen und dem praktischen Teil. Diese Unterschiede waren weniger relevant in der ersten Prüfung als in der zweiten Prüfung. Die Ergebnisse des praktischen Teils waren im Allgemeinen besser als die des Theoretischen. Eine mögliche Erklärung ist, dass im ersten Teil das theoretische Wissen über das Bruchrechnen geprüft wurde und die Schüler unterschiedlich gut auf diese Prüfung vorbereitet waren. Da der zweite Teil aus unbekanntem Stoff bestand, konnten auch die Schüler, die nicht so gut auf die Klassenarbeit vorbereitet waren, trotzdem eine gute Note erzielen, weil sie die Möglichkeit hatten, Fragen an MatES zu stellen.

Relevanter ist der Vergleich zwischen den Resultaten in Geometrie und denen im Bruchrechnen (Bild 1). Erstens, die allgemeinen Resultate waren besser im Bruchrechnen (Durchschnittsnote der Klasse 32/60) als in der Geometrie (Durchschnittsnote der Klasse 29/60), was einer durchschnittlichen Verbesserung von 5% entspricht. Diese Zahl wurde mit einem T-Test für Mittelwerte (2 unabhängige Stichproben) bestätigt. 11 Schüler hatten bessere Resultate im Bruchrechnen als in der Geometrie (sie befinden sich auf der Grafik oberhalb der Identitätsfunktion). 9 von ihnen machten sehr große Fortschritte (wenigstens 6 Punkte bei einem Maximum von 60 Punkten in einer Klassenarbeit). Ein Schüler verbesserte sich sogar um 21 Punkte. 8 Schüler verschlechterten sich, bei 3 Schülern gingen die Resultate sogar um wenigstens 6 Punkte zurück. 3 Schüler blieben konstant.

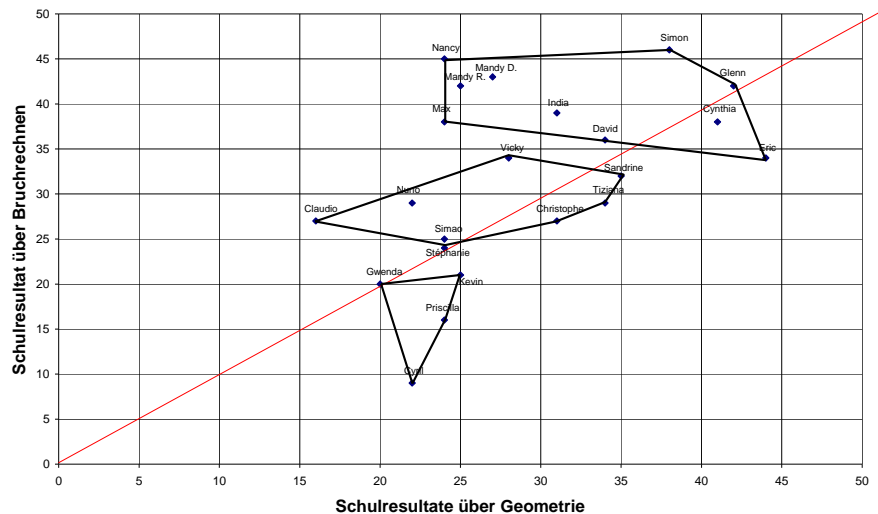


Bild 1: Durchschnitt der Prüfungen über Geometrie (x-Achse) und über Bruchrechnen (y-Achse).

Zweitens änderte sich die Zusammensetzung der Gruppen (Tabelle 1). 7 Schüler verbesserten sich in eine höhere Gruppe, ein Schüler verbesserte sich sogar um 2 Gruppen (von Gruppe "Schwache" in Gruppe "Starke"). 3 Schüler bewegten sich in eine niedrigere Gruppe, davon einer aus der Gruppe "Starke" in die Gruppe "Mittelmäßige" und ein Schüler aus der Gruppe "Starke" in die Gruppe "Schwache". 12 Schüler blieben in der gleichen Gruppe: 5 in der Gruppe "Schwache", 2 in der Gruppe "Mittelmäßige" und 5 in der Gruppe "Starke".

Gruppe	Vor dem Experiment	Nach dem Experiment
Schwache	8 Schüler (36,4%)	6 Schüler (27,3%)
Mittelmäßige	6 Schüler (27,3%)	6 Schüler (27,3%)
Starke	8 Schüler (36,4%)	10 Schüler (45,5%)

Tabelle 1: Zusammensetzung der Gruppen vor und nach dem Experiment

Drittens stellten wir fest, dass vor dem Experiment das Wissen der Klasse im Allgemeinen sehr heterogen war. Nach dem Experiment mit MatES wurden ihre Kenntnisse homogener. Der Unterschied zwischen den leistungsstärkeren und den schwächeren Schülern war weniger bedeutsam.

3.2 Eindrücke der Schüler

Diese Auswertung basiert auf einer schriftlichen Umfrage (am Ende der ersten Woche des Experiments), auf wöchentlichen Gesprächen mit den Schülern und vor allem auf einem individuellen Interview mit jedem Schüler (am Ende der fünften Woche).

4.2.1 Kommentare zu dieser Art des Lernens

Die große Mehrheit der Schüler (18 von 22) glaubte, dass ihre Schulresultate mit MatES besser werden könnten.

Wir fragten die Schüler, ob sie MatES auch zu Hause benutzen würden, falls sie einen eigenen Computer hätten. 11 Schüler (50%) antworteten "sicher", die anderen 11 Schüler antworteten "ziemlich sicher" aber niemand antwortete "nein" oder "irgendwie nein".

Es konnte keine Abhängigkeit in den Antworten auf die Frage "ob sie sich vorstellen könnten, ohne einen Lehrer zu lernen" gefunden werden. 4 Schüler (18,1%) sind überzeugt, dass sie dies könnten, 10 Schüler (45,5%) sagten, dass sie irgendwie einen Lehrer brauchen und 8 Schüler (36,4%) antworteten, dass sie immer einen Lehrer brauchen.

Zum Schluss wurden sie gefragt, ob es ihnen Spaß gemacht habe mit MatES zu arbeiten. 11 Schüler (50%) sagten "ja", 9 Schüler (40,9%) sagten "ja, sehr gerne" und 2 Schüler (9,1%) sagten "irgendwie ja". Kein Schüler arbeitete nicht gern mit MatES.

4.2.2 Kommentare bezüglich MatES

Im Allgemeinen gab MatES nur sehr wenige Antworten auf eine eingegebene Frage, normalerweise nur eine, selten mehr als 3. Wir fragten die Meinung der Schüler zur Anzahl der Antworten. Kein Schüler fand, dass MatES zu wenige Antworten gab, 1 Schüler fand, dass MatES zu viele Antworten gab und 21 (von 22 Schülern) sagten, dass die Anzahl der Antworten angemessen war.

Wir fragten die Schüler, ob sie die Erklärungen auf ihre Frage in den Antworten von MatES gefunden haben. Keiner sagte "nie" oder "selten", ein Schüler (4,6%) sagte "in der Hälfte der Fälle", 16 Schüler (72,7%) sagten "fast immer" und 5 Schüler (22,7%) antworteten "immer".

Eine wichtige Frage betraf die Pflicht, ganze Fragen eingeben zu müssen. Kein Schüler äußerte, dass dies schwierig war, 7 Schüler (31,8%) antworteten, dass sie einverstanden waren ganze Fragen einzugeben, aber dass sie es nicht gerne machten, und 15 Schüler (68,2%) antworteten, dass es kein Problem für sie war.

3.3 Analyse der Logdateien

Die Logdateien zeigten, dass so gut wie alle Fragen korrekt formuliert wurden. Nur sehr wenige "unangemessene" Fragen, die neben dem Thema lagen, wurden absichtlich eingegeben. Im Durchschnitt stellte jeder Schüler 8,5 Fragen pro Unterrichtseinheit (50 Minuten). In Unterrichtseinheiten mit geringen Fragen wurden im Durchschnitt 4 Fragen eingegeben; 17 Fragen wurden in Unterrichtseinheiten mit einer hohen Anzahl an Fragen eingegeben. Es gab keinen Unterschied bezüglich der Anzahl der Fragen zwischen normalen Unterrichtseinheiten und einer Prüfungsstunde. Es gab auch keinen Schüler, der außergewöhnlich viele oder außergewöhnlich wenige Fragen eingab. Schwache und starke Schüler gaben in etwa gleich viele Fragen ein, unabhängig davon, ob es sich um eine normale Unterrichtseinheit oder eine Prüfungsstunde handelte.

3.4 Allgemeine Beobachtungen

Die Tatsache, dass sie dabei ganze Fragen eingeben sollten, war am Anfang ein Problem. Zuerst schien das Eintippen von so vielen Wörtern eine Plage für die meisten Schüler zu sein, da die meisten Schüler gewohnt sind, nur Stichwörter in Suchmaschinen einzugeben (z.B. bei Google). Außerdem hatten sie in ihrer Ausbildung bis jetzt noch nicht gelernt, wie man Fragen richtig formuliert. Nach der zweiten Woche hatten sich jedoch alle Schüler an diese Art des Unterrichts gewöhnt. Auch das Eingeben von ganzen Fragen wurde allgemein akzeptiert. Wir bemerkten, dass die meisten Schüler sehr schnell beim Eintippen ihrer Fragen waren. Es schien, dass sie bereits Erfahrung mit der Texteingabe am Computer hatten (möglicherweise durch das Chatten im Internet).

Im weiteren Verlauf des Experiments steigerte sich die Begeisterung der Schüler, Mathematik auf diese Weise zu lernen. Wir bemerkten, dass Schüler sich verschiedene Eigenschaften der Clips einprägten, z.B. ein Vortragender, der ein bestimmtes Wort schlecht ausspricht, eine schöne Illustration innerhalb eines Clips oder ein Sprecher, der etwas sehr gut erklärt. Es war interessant festzustellen, dass solche Eigenschaften sehr hilfreich für die Schüler waren.

Wir waren von der sehr positiven Atmosphäre im Klassenzimmer beeindruckt. Jeder Schüler war mit seiner eigenen Übung beschäftigt und konnte in seinem eigenen Rhythmus arbeiten. Einige waren sehr schnell, andere langsamer. Alle Schüler benutzten Kopfhörer. Es war angenehm ruhig im Raum. Es war den Schülern erlaubt, untereinander zu kommunizieren (die beiden Prüfungsstunden ausgeschlossen). Die meisten Gespräche glichen diesen Äußerungen: "Welchen Clip hast du für diese Übung gefunden?", "Hast du eine Antwort für diese Frage gefunden?", "Bist du bereits mit der Übung fertig?" usw.

Am Ende der fünften Woche waren die Schüler traurig, dass das Experiment vorbei war und dass sie zu einer "klassischen" Art des Lernens zurückkehren mussten. Einige Schüler baten um eine Kopie von MatES, um das Werkzeug auch zu Hause benutzen zu können.

4 Diskussion

In diesem Abschnitt analysieren wir die Daten aus dem Experiment (Abschnitt 3) und versuchen festzustellen, ob die besseren Schulresultate auf das Benutzen von MatES zurückzuführen sind oder ob es andere Gründe gibt.

4.1 Andere Gründe als MatES

War der Unterrichtsstoff "Bruchrechnen" für Schüler leichter als "Geometrie"? Verschiedene Lehrer bestätigten uns, dass beide Unterrichtsthemen, so wie sie unterrichtet werden, einen ähnlichen Schwierigkeitsgrad aufweisen.

Hatten die Schüler bereits Vorwissen über Bruchrechnen? Alle Schüler hatten bereits ein Grundwissen über Bruchrechnen, jedoch auch über Geometrie. Beide Themen wurden bereits – sehr oberflächlich – in vergangenen Schuljahren behandelt.

Waren die Klassenarbeiten über Bruchrechnen einfacher als die über Geometrie? Die Prüfungen über Bruchrechnen waren ähnlich schwierig, ja sogar den Schwierigkeitsgrad betreffend identisch mit denen anderer Klassen oder mit denen aus vergangenen Jahren. Weiterhin wurden alle Klassenarbeiten (über Geometrie und Bruchrechnen) von zwei Lehrern korrigiert.

4.2 Besseres Verstehen

Haben die Erklärungen von MatES den Schülern geholfen, den Unterrichtsstoff besser zu verstehen, als die Erklärungen aus klassischen Quellen (z.B. aus Büchern, durch Informationen an der Tafel, oder durch mündliche Erklärungen vom Lehrer)? Neun Schüler waren der Meinung, dass die Erklärungen von MatES sehr gut wären und drei Schüler meinten, dass MatES sehr viel Wissen hätte. Fast alle Schüler (21 aus 22) waren der Meinung, dass sie die richtigen Informationen von MatES erhielten und 18 sagten, dass sie in der Tat mit MatES besser lernten. Hier sind einige Erklärungen:

- Die semantische Suchmaschine ermöglichte es den Schülern schnell, gute Antworten zu finden. In anderen Worten, sie mussten nicht warten bis der Lehrer ihnen zur Verfügung stand, um ihre Fragen zu stellen.
- Die Antworten von MatES sind sehr präzise und kurz, im Gegensatz zu Büchern oder langen Antworten des Lehrers.
- Die Erklärungen sind einfach und klar.
- Der Schüler kann durch den Clip navigieren und an jedem beliebigen Augenblick anhalten oder sich den Clip mehrere Male ansehen.
- Die Information wird in einer attraktiveren Form angezeigt als die in einem Buch oder an der Tafel. Zum Beispiel konnten sich Schüler an eine bestimmte Information erinnern, weil sie sich an eine bestimmte Eigenschaft im Clip erinnerten.

- Der multimediale Aspekt aktiviert mehr Sinne. Die Schüler hören, lesen und sehen die gleiche Information.
- Illustrationen und Animationen werden benutzt, um ein bestimmtes Thema zu erklären. Dies ist aussagekräftiger als reine verbale Kommunikation [MG90].
- Die Videosequenzen zeigen den Vortragenden an der Tafel. Dies ist die klassische Sicht eines Schülers im Klassenzimmer und soll eine Art virtuelle Klassenzimmer-Atmosphäre erzeugen. Es soll dem Schüler ständig vor Augen gehalten werden, dass MatES kein Spiel ist, sondern ernste Arbeit.
- Die Bewegungen am Bildschirm sollen den Schüler dazu veranlassen, sich auf das zu konzentrieren, was er selbst tut und auf das, was der Präsentator erklärt.
- Die Vortragenden sind Schüler. Manche Schüler nehmen eher Erklärungen von ihresgleichen an als von Erwachsenen.
- Die Schüler eigneten sich schnell ein spezifisches Fachvokabular über Bruchrechnen an. Wenn ein unbekannter Ausdruck verwendet wurde, dann konnten sie MatES bitten, diesen zu erklären.

4.3 Höhere Motivation

Jeder Lehrer weiß, wie angenehm es ist, in einer Klasse mit motivierten Schülern zu unterrichten. Fleißige Schüler haben gewöhnlich gute Noten, weil sie gewillt sind, mehr Zeit und Energie in das Lernen zu investieren. Jedoch sind nicht alle Schüler von Natur aus zum Lernen motiviert. Daher ist es auch die Pflicht eines Lehrers, die Schüler von der Wichtigkeit seines Unterrichtsstoffs zu überzeugen und sie zu motivieren.

Generell kann die höhere Motivation der Schüler auf den Einsatz von MatES zurückgeführt werden, da weder Geometrie noch Bruchrechnen de facto motivierend für Schüler ist. Möglicherweise haben Schüler eine kleine Vorliebe für Geometrie, weil sie hier z.B. Hilfsmittel (Zirkel, Lineal usw.) benutzen können und Zeichnungen erstellen können. Das Bruchrechnen begrenzt sich aber rein auf Berechnungen. Trotzdem haben 20 Schüler (90,9%) ausgesagt, dass das Arbeiten mit MatES ihnen Spaß gemacht hat. Wir hörten sogar Aussagen wie: "Damit [mit MatES] macht sogar Mathematik Spaß". Hier sind einige Gründe, warum MatES die Motivation der Schüler erhöht:

- Der Gebrauch von neuen Technologien ist allgemein motivierend für Schüler.
- Alles, was sich vom normalen Unterricht unterscheidet, ist, zumindest am Anfang, motivierend. Zum Beispiel haben alle Unterrichtseinheiten in einem Computerraum stattgefunden und es wurde ein Computerprogramm im Mathematikunterricht eingesetzt, was alles ziemlich ungewöhnlich aus der Sicht des Schülers ist.
- Die Erklärungen sind in einer attraktiveren Form dargestellt, nämlich in Form von multimedialen Clips (siehe Abschnitt 4.2).
- Der Schüler hat das Gefühl, dass er den Unterrichtsablauf selbst steuert. Es gibt keinen Lehrer, der ihm vorschreibt, was er als Nächstes tun soll.
- Der Schüler ist ständig aktiv in seinem Lernprozess. Er kann ständig etwas tun und sich selbst, gezielt neues Wissen aneignen.

- Im traditionellen Unterricht sind schwächere Schüler oft frustriert, weil sie sowieso nicht an die Leistungen der besseren Schüler herankommen. Das Arbeiten mit MatES erlaubt es aber jedem Schüler, in seinem eigenen Rhythmus und mit seinen Möglichkeiten zu arbeiten, ohne jemals verspottet zu werden.
- Der Schüler kann diese Art von Unterricht als eine Art Abenteuer ansehen, in dem er die Rolle des Entdeckers spielt und neues Wissen erkundet.
- Der Schüler versteht den Lernstoff besser (Paragraph 4.2) und hat keinen Grund zu verzagen oder sogar aufzugeben. Im Gegenteil, er merkt, dass Mathematik eigentlich nicht so kompliziert ist und dass auch er das Ziel erreichen kann.

4.4 Mehr Engagement

In unserem Experiment mussten die Schüler wesentlich mehr arbeiten. Dieser größere Einsatz könnte die besseren Resultate erklären. Zuerst verbrachte jeder Schüler viel mehr Zeit mit Übungen, da es ja keine "theoretischen" Unterrichtseinheiten gab. Somit hatte jeder mehr Zeit seine Schwächen herauszufinden, sein Wissen zu erweitern und es durch Übungen zu testen. Zweitens war es jedem klar, dass man ein gewisses theoretisches Grundwissen haben muss, um die Übungen zu lösen. Daher war im Interesse eines jeden, sich diese Theorie so schnell wie möglich anzueignen, um die Übungen zu lösen. Drittens wussten die Schüler, dass alle Übungen zu Hause fertig zu machen waren. Es war somit ein Vorteil für jeden, so viel wie möglich in der Schule zu erledigen, um weniger Hausaufgaben zu haben. Viertens hatten schwächere Schüler mehr Hausaufgaben, da sie in der Schule langsamer beim Lösen ihrer Übungen waren. Diese zusätzlichen Hausaufgaben und das somit notwendige Engagement könnten ihnen geholfen haben, sich zu verbessern.

4.5 Eine andere Pädagogik

Im klassischen Mathematikunterricht erhält der Schüler Informationen vom Lehrer, die er verstehen und behalten muss. Das Volumen an Informationen sowie die Geschwindigkeit mit welcher sie beim Schüler ankommen, könnte schwache Schüler überfordern [Wi01]. Des Weiteren ist die Unterrichtseinheit wenig effektiv, wenn Schüler nicht von der Wichtigkeit der Informationen und der Übung überzeugt sind.

In unserem Experiment benutzen wir eine vollständig andere pädagogische Vorgehensweise, welche autonomes und exploratives Lernen fördert. Der Schüler ist aktiv in seinen Lernprozess eingebunden und kann diesen selbst steuern. Mit MatES erhält der Schüler nur dann Informationen, wenn er sich selbst darum bemüht. Somit steuert der Schüler seinen Lernprozess und entscheidet selbst, was er sich ansehen möchte, in welchem Rhythmus er arbeiten will, wie oft er sich die gleiche Information ansehen will usw. Der Schüler ist nicht vom Lehrer oder von anderen Mitschülern abhängig. Somit kann ein schwacher Schüler in seinem eigenen, für ihn angemessenen Rhythmus arbeiten. Jeder Schüler kann sich die gleichen Konzepte wie der Rest der Klasse aneignen. Stärkere Schüler können schneller vorankommen und anspruchsvollere Übungen machen. Sie brauchen nicht ruhig und inaktiv zu verweilen, während der Lehrer schwächeren Schülern etwas erklärt.

Wir möchten aber auch anmerken, dass MatES das Auswendiglernen nicht fördert. Wir beobachteten, dass einige schwächere Schüler akzeptable Resultate in den vorherigen Schuljahren hatten, weil sie auswendig lernen konnten. Solche Schüler hatten schlechtere Resultate mit MatES. Auswendiglernen ist eine Strategie, die verschiedene Schüler anwenden, die jedoch im Vergleich zum "intelligenten Lernen" nicht sehr effektiv ist.

4.6 Schulresultate

Die Daten aus unserem Experiment belegen, dass die Schüler, als sie MatES benutzten, bessere Schulresultate erzielten. Es kann jedoch nicht bewiesen werden, dass der Einsatz von MatES diese Leistungssteigerung als direkte Konsequenz nach sich zöge. Tatsache ist, dass das Arbeiten mit MatES für die Schüler wesentlich motivierender war als der Frontalunterricht, was wiederum eine positive Auswirkung auf das Lernen und das Verstehen hatte. Daher trägt MatES indirekt zur Steigerung der schulischen Leistung der Schüler bei.

Eine offene Frage bleibt, wie lange der Einsatz von MatES die Schüler motivieren kann. Heutzutage verlieren Schüler schnell das Interesse, an dem was sie tun und an Dingen, die sie noch vor kurzem interessant fanden. Wenn auch die Schüler in unserem Experiment während 5 Wochen von MatES begeistert waren, so kann dieses Werkzeug nach weiteren 5 Wochen vielleicht genau so langweilig werden wie ein normales Schulbuch.

Wir lernten, dass Schüler ein Computerprogramm nur dann richtig und erfolgreich einsetzen, wenn sie von dessen Vorteilen überzeugt sind und wenn sie es richtig bedienen können.

Der Erfolg unseres Experiments ist auch teilweise auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Schüler während des ganzen Ablaufs ständig betreut wurden, was eine Bedingung für den erfolgreichen Einsatz von Computerprogrammen im Unterricht ist [Ma03, Fi99, NSR99]. Somit reduzierte MatES keinesfalls das Arbeitsvolumen für den Lehrer. Es ist klar, dass Schüler mehr Betreuung beanspruchen und mehr Fragen stellen, wenn sie im Lernprozess aktiv werden. Weiterhin sind Lehrer im klassischen Unterricht in erster Linie verantwortlich für die Organisation und die Übermittlung von Lerninhalten. Ihre Pflicht verändert und erweitert sich jedoch schnell, wenn e-Learning Technologien eingesetzt werden. Lehrer erhalten dann zusätzliche Aufgaben wie z.B. die eines IT-Experten oder eines System-Administrators.

Die Qualität der semantischen Suchmaschine ist ein wesentlicher Faktor für den Erfolg von MatES. Wir wissen, dass Schüler es generell verabscheuen, auf eine Anfrage viele Resultate zu bekommen, denn sie möchten normalerweise eine verständliche, eindeutige Antwort haben. Sie werden sich die Suchresultate nicht einmal alle ansehen [Fi99]. Schüler haben klare Vorstellungen über das erwartete Suchresultat.

5 Schlussfolgerung

In dieser Arbeit zeigten wir, dass e-Learning die schulischen Leistungen verbessern kann. Mit unserem e-Bibliothekardienst MatES ist der Schüler aktiv in seinem Lernprozess und spielt die Rolle eines Entdeckers. Durch höhere Motivation ist der Schüler gewillt, mehr Zeit und Aufwand in das Lernen zu investieren. Weiterhin helfen die einfachen multimedialen Antworten von MatES, dem Schüler ein bestimmtes Thema besser zu verstehen, ohne Hilfe des Lehrers. Dies ist besonders hilfreich für schüchterne und schwache Schüler sowie für fremdsprachige Schüler, die sich nur schlecht ausdrücken können. Außerdem kann Grundwissen aus vergangenen Schuljahren mittels eines solchen Werkzeugs autonom wieder aufgefrischt werden.

Unser e-Bibliothekarsystem kann in verschiedenen Situationen eingesetzt werden. In unserem Experiment benutzten wir MatES, um ein neues Thema auf eine autonome und explorative Weise einzuführen. Aber es kann auch in einem *Blended Learning* Aspekt eingesetzt werden, wo der Lehrer entscheidet, in welcher Unterrichtseinheit es am besten geeignet ist. Es kann auch beim *Distance Learning* verwendet werden, wo der Schüler (oder eine berufstätige Person) von zu Hause aus lernen kann. Ein weiterer interessanter Aspekt betrifft das kollaborative Lernen. Schüler können in Gruppen arbeiten, Informationen sammeln und diese später diskutieren.

Literaturverzeichnis

- [Fi99] R. Fidel, R. et al. A visit to the information mall: Web searching behavior of high school students. *Journal of the American Society for Information Science*, 50(1):24-37, 1999.
- [LM07] S. Linckels and C. Meinel. Resolving Ambiguities in the Semantic Interpretation of Natural Language Questions, In *Intelligent Data Engineering and Automated Learning (IDEAL)*, LNCS 4224, 612-19, 2006.
- [Ma03] P. Martin. *Web Intelligence*, chapter Knowledge Representation, Sharing and Retrieval on the Web, pages 263{297. Springer-Verlag, Jan 2003.
- [MG90] R. E. Mayer and J. K. Gallini. When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82(4):715-726, Dec 1990.
- [NSR99] R. Navarro-Prieto, M. Scaife, and Y. Rogers. Cognitive strategies in web searching. In *5th Conference on Human Factors & the Web*, <http://zing.ncsl.nist.gov/hfweb>, 1999.
- [Ow97] R. D. Owston. The world wide web: A technology to enhance teaching and learning? *Educational Researcher*, 26(2):27-33, march 1997.
- [Wi01] W. M. Williams, F. Markle, R. J. Sternberg, and M. Brigockas. *Educational Psychology*. Allyn & Bacon, 2001.
- [Yo98] C. Youngblut. Educational uses of virtual reality technology. Technical Report IDA Document D-2128, Defense Advanced Research Projects Agency, <http://www.hitl.washington.edu/scivw/youngblut-edvr/D2128.pdf>, Jan 1998.