

# Selbstreguliertes Lernen mit einer Mathematiklernsoftware

## Einsatz metakognitiver Strategien und motivationale Prädiktoren

Marion Haugwitz und Markus Dresel

**Zusammenfassung.** Um den Einsatz von Selbstregulationsstrategien beim computerbasierten Lernen und dabei auftretende Abhängigkeiten von der Lernmotivation zu untersuchen, wurde eine Studie mit 160 Schüler/innen der 6. Jahrgangsstufe durchgeführt, die mehrere Unterrichtsstunden mit einer Mathematiklernsoftware arbeiteten. Per Fragebogenerhebung wurden die Nutzung von vier metakognitiven Selbstregulationsstrategien und die beiden Motivationskomponenten Erwartung und Wert sowohl in Bezug auf die Bearbeitung der Lernsoftware als auch in Bezug auf einen Referenzkontext (Mathematiklernen im Allgemeinen) erfasst. Für das computerbasierte Lernen wurde eine weniger umfangreiche Nutzung von Selbstregulationsstrategien festgestellt. Analysen erbrachten einen substanziell geringeren Einsatz der beiden metakognitiven Strategien „Planen“ und „Anpassen“. Weiterhin zeigte sich, dass sowohl das absolute Ausmaß der Strategienutzung als auch deren Abweichung gegenüber dem Referenzkontext von der Motivation der Lernenden abhängen. Der Wertkomponente kam dabei größeres Gewicht zu als der Erwartungskomponente.  
Schlüsselwörter: Selbstreguliertes Lernen, Metakognition, Computerbasiertes Lernen, Motivation

Self-regulated learning with a mathematics learning software. Usage of metacognitive strategies and motivational predictors

**Abstract.** In a study with 160 sixth grade pupils, we investigated the usage of self-regulatory strategies during computer-based learning and related dependencies on learning motivation. The pupils worked with a mathematics learning software over several classroom lessons. A questionnaire was used to assess the application of four metacognitive self-regulatory strategies and the two motivational components, expectancy and value, with respect to both the learning software as well as learning of mathematics in general (reference context). A less comprehensive usage of metacognitive self-regulatory strategies was confirmed for computer-based learning. Subsequent testing revealed substantial differences for the two metacognitive strategies Planning and Adjusting. Furthermore, it was found that both the absolute extent of strategy use, as well as its deviation from the reference context, depend on learners' motivation. Here, the value component was accorded more importance than the expectancy component.  
Key words: self-regulated learning, Metacognition, Computer-based learning, Motivation

Computerbasiertes Lernen gewährt Lernenden mit der darin realisierten Interaktivität in vielen Fällen eine deutlich größere Autonomie während des Lernens als Lernsettings, die durch eine Lehrperson strukturiert werden. Die Wahlfreiheiten, die sich beispielsweise in Bezug auf Lerninhalte, Bearbeitungsreihenfolge, Art und Schwierigkeit der Lernaktivitäten ergeben, schaffen Raum für *Selbstreguliertes Lernen* (SRL) (zsf. Hadwin, Winne & Nesbit, 2005). Im Kern kann SRL definiert werden als selbständige Anstrengungen von Lernenden, auf ein Lernziel gerichtete Aktivitäten zu initiieren, möglichst effektiv auszuführen und an sich ändernde Bedingungen anzupassen (vgl. Boekaerts & Corno, 2005; Friedrich & Mandl, 1997; Winne & Hadwin, 1998; Zimmerman, 2000). In der Möglichkeit zum SRL sehen viele Autor/inn/en einen wesentlichen Vorteil des computerbasierten Lernens (z. B. schon Knopf & Werner, 1990). Gleichzeitig stimmen die aktuellen Modellvorstellungen darin überein, dass Lernende in Lernumgebungen, die eine autonome Bearbeitung ermöglichen, nur dann substanzielle Wissenszuwächse verbuchen können, wenn sie ihr Lernen in ausrei-

chender Weise selbst regulieren (zsf. Boekaerts & Corno, 2005). Damit wird klar, dass computerbasierte Lernumgebungen, die hinreichend viele Freiheitsgrade zur Verfügung stellen, SRL nicht nur ermöglichen, sondern es auch erfordern.

Empirische Studien zeigten, dass einige Lernende das Selbstregulationspotenzial von computerbasierten Lernumgebungen ausschöpfen und ihr Lernen tatsächlich in ausreichender Weise selbst regulieren (z. B. Hill & Hannafin, 1997). Allerdings existiert mittlerweile auch eine Reihe von Befunden, die darauf verweist, dass Nutzer/innen von computerbasierten Lernumgebungen ihre Lernaktivitäten häufig in unzureichender Weise selbst regulieren, wobei in erster Linie Evidenz für eine ineffektive kognitive Informationsverarbeitung erbracht wurde (z. B. Azevedo & Hadwin, 2005; Jonassen & Wang, 1993; Hill & Hannafin, 1997; Überblick bei Fischer & Mandl, 2002). Vor diesem Hintergrund wird die Selbstregulation vieler Lernenden häufig als defizitär betrachtet (z. B. Bannert, 2003; Fischer & Mandl, 2002). Von welchen Bedin-

gungsfaktoren die Selbstregulation beim computerbasierten Lernen im Einzelnen abhängt, ist bislang indes nicht hinreichend geklärt. Aus Forschungen zum SRL im Kontext des schulischen und universitären Lernens lässt sich die Vermutung ableiten, dass dafür motivationale Komponenten in Frage kommen (Überblick bei Pintrich & Schunk, 2002). Allerdings liegen bislang kaum Studien vor, die den Einfluss der Lernmotivation auf das SRL beim computerbasierten Lernen und damit auf die Qualität des Medienlernens untersuchten.

Anliegen der vorliegenden Studie ist es, die Befunde zum SRL beim computerbasierten Lernen zu ergänzen, und zwar zum Einsatz metakognitiver Strategien, die bislang vergleichsweise selten untersucht wurden. Anhand einer Stichprobe von Schüler/innen, die mit einer Lernsoftware mit Drill-and-Practice- und tutoriellen Anteilen arbeiteten, untersuchten wir die Nutzung von metakognitiven Strategien im Kontext des medienbasierten Lernens im Vergleich zu einem Referenzkontext. Insbesondere interessierte uns der Einfluss der Lernmotivation auf den Umfang der Nutzung von metakognitiven Strategien. Dazu betrachteten wir zwei prominente Motivationskomponenten, den wahrgenommenen Wert der Lernaktivitäten und die subjektive Erwartung, dabei erfolgreich zu sein (vgl. Eccles & Wigfield, 1995).

## Komponenten und Bedingungsfaktoren des Selbstregulierten Lernens

SRL umfasst im Idealfall das Setzen von (Teil-)Lernzielen, die zum aktuellen Wissensstand passen, die Planung der Lernaktivitäten, insbesondere im Hinblick auf die Auswahl von Lernstrategien zur kognitiven Verarbeitung der Lerninhalte, die effektive Anwendung dieser Lernstrategien, die Überwachung und die Evaluation des Lernfortschritts und der Lernergebnisse sowie die Anpassung des Vorgehens bei auftretenden Schwierigkeiten (vgl. Zimmerman, 2000). SRL schließt demnach sowohl *kognitive Lernstrategien* ein, die direkt auf die Informationsverarbeitung gerichtet sind (z. B. Elaborationsstrategien; für einen umfassenden Überblick siehe Mandl & Friedrich, 2006), als auch *metakognitive Strategien*, die sich auf die Evaluation des aktuellen Wissensstands und daraus abgeleitet auf die Planung, Überwachung und Anpassung des Einsatzes kognitiver Lernstrategien beziehen (Friedrich & Mandl, 1997; Schiefele & Pekrun, 1996; Schreblowski & Hasselhorn, 2006). Nicht wenige Autor/innen betrachten die metakognitive Kontrolle des Lernprozesses als den Kern des SRL-Konzepts und bezeichnen metakognitive Strategien deshalb auch einfach als *Selbstregulationsstrategien* (z. B. Winne & Hadwin, 1998).

Neben Kontextmerkmalen (die SRL mehr oder weniger ermöglichen) und Selbstregulationskompetenzen (z. B. metakognitives Wissen; Überblick bei Mandl & Friedrich, 2006) werden in der Literatur verschiedene Komponenten der *Lernmotivation* als zentrale Bedingungsfaktoren selbstregulatorischer Aktivitäten genannt

(z. B. Pintrich & Garcia, 1993; Schiefele & Pekrun, 1996). In einer Reihe von theoretischen Modellen wird die Motivation der Lernenden auf Grund ihrer zentralen Rolle, die sie bei der Initiierung, Steuerung und Aufrechterhaltung Selbstregulierten Lernens spielt, sogar als integraler Bestandteil des SRL angesehen (Friedrich & Mandl, 1997; Schiefele & Pekrun, 1996; Zimmerman, 2000). Theoretisch können die Lernmotivation bzw. deren verschiedene Komponenten als Moderatoren des Zusammenhangs zwischen Selbstregulationskompetenzen und deren Aktualisierung während konkreter Lernhandlungen in Form selbstregulatorischer Aktivitäten konzipiert werden (z. B. Hasselhorn, 1992). In Übereinstimmung damit konnte in empirischen Studien im schulischen und universitären Bereich aufgedeckt werden, dass der Einsatz von Selbstregulationsstrategien von beiden ‚Hauptsträngen‘ der Motivation abhängt, vom wahrgenommenen Wert des Lerngegenstands und von der subjektiven Erwartung, dabei erfolgreich zu sein (sowie von theoretisch vorgelagerten Konstrukten; vgl. Eccles et al., 1983). So zeigte sich beispielsweise, dass kognitive und metakognitive Strategien umso häufiger eingesetzt werden, je günstiger der Wert, je höher das Interesse am Lerngegenstand, je höher Erfolgs- bzw. Kontrollerwartung und je positiver Selbstwirksamkeitsüberzeugungen ausgeprägt sind (Überblick bei Pintrich & Schunk, 2002).

## Selbstregulation des computerbasierten Lernens

Wie bereits einleitend ausgeführt, bietet computerbasiertes Lernen auf Grund der realisierten Autonomie das Potenzial zum SRL. Der großen Bedeutung der Selbstregulation beim Medienlernen steht eine vergleichsweise spärliche Befundlage zur Charakteristik des SRL in diesem Kontext gegenüber. So bemängeln etwa Hadwin et al. (2005), dass computerbasierte Lernumgebungen trotz ihrer Kontrollmöglichkeiten bisher nur unzureichend untersucht wurden. Es sei nicht ausreichend geklärt, in welchem Maß die Möglichkeiten neuer Lernmedien zur Selbstregulation genutzt werden und wodurch das Nutzungsverhalten beeinflusst wird.

Noch am besten untersucht sind hypermediale Lernumgebungen, denen das Potenzial zugeschrieben wird, auf Grund ihrer Nicht-Linearität SRL anzuregen (z. B. Azevedo & Cromley, 2004; Heiß, Eckhardt & Schnotz, 2003). Allerdings bergen genau die Freiheitsgrade, die aus der nicht-linearen Informationsdarbietung resultieren und SRL in größerem Umfang erst ermöglichen, auch das Risiko einer unzureichenden Selbstregulation. In Bezug auf kognitive Lernstrategien ist gut belegt, dass viele Nutzer/innen von hypermedialen Umgebungen die dargebotenen Informationen nur oberflächlich verarbeiten, eine konzeptuelle wie strukturelle Desorientierung erleiden und, daraus folgend, eine kognitive Überlastung erleben, sich ins Detail flüchten oder sich durch irrelevante Inhalte ablenken lassen, weshalb sie nur einen geringen Lernerfolg verbuchen können (vgl. Fischer & Mandl, 2002; Tergan, 2002). Bannert (2005) stellte in einer der wenigen

Studien, mit denen dezidiert metakognitive Strategien untersucht wurden, eine große interindividuelle Varianz beim Einsatz dieser Strategien und eine große Anzahl an Lernenden fest, die ihr Lernen mangelhaft regulierten, insbesondere was das Setzen von Zielen und das Planen der Lernaktivitäten betrifft. Gleichzeitig indizieren ihre Befunde auch, dass der Einsatz metakognitiver Strategien positiv mit dem Lernerfolg zusammenhängt (vgl. Bannert, 2005). Bereits in einer früheren Untersuchung zeigte die Autorin, dass Nutzer/innen von hypermedialen Lernumgebungen, die einen umfangreichen Lernerfolg verbuchen konnten, sich von solchen, die einen geringeren Lernerfolg aufwiesen, substantiell hinsichtlich des Umfangs unterschieden, in dem sie metakognitive Strategien einsetzten (Bannert, 2001; zitiert nach Bannert, 2003). Für die Bedeutung metakognitiver Strategien beim computerbasierten Lernen sprechen zudem die positiven Effekte auf den Wissenserwerb, die mit einer Förderung metakognitiver Strategien erzielt werden konnten (z. B. Azevedo & Cromley, 2004; Bannert, 2003; Dresel & Haugwitz, 2007; Kauffman, 2004). Insgesamt zeigen die Befunde zum Lernen mit hypermedialen Umgebungen, dass es vielen Lernenden bei deren Benutzung nicht gelingt, die Freiheitsgrade im Sinne von zielgerichteten und effektiven Lernaktivitäten zu nutzen. Die Generalisierbarkeit der referierten Befunde ist indes fraglich, da andere als hypermediale Lernumgebungen bislang kaum untersucht wurden (siehe Wirth & Leutner, 2006, für Untersuchungen zum SRL in Lernumgebungen, die weitaus mehr Freiheitsgrade aufweisen). Besonders wünschenswert erscheinen auch Befunde zu den beim schulischen wie außerschulischen Lernen weit verbreiteten Drill-and-Practice- und tutoriellen Programmen, also Lernmedien, die einen mittleren Grad an Lernerautonomie zur Verfügung stellen, aber typischerweise grundsätzlich andere Gestaltungsmerkmale aufweisen als Hypermedien.

Die vor allem für das Lernen mit Hypermedia belegte unzureichende Selbstregulation beim computerbasierten Lernen führen einige Autor/inn/en auf Defizite bei Selbstregulationskompetenzen zurück. Beispielsweise argumentieren Dabbagh und Kitsantas (2005), dass viele Lernende nicht auf das hohe erforderliche Ausmaß der Selbstregulation vorbereitet sind. Azevedo und Hadwin (2005) führen an, dass Lernende „in the absence of scaffolding [...] show poor ability to regulate their learning“ (p. 368). Unabhängig vom Zutreffen der Annahme grundlegender Kompetenzdefizite fokussiert die vorliegende Arbeit Unterschiede in der Nutzung vorhandener Selbstregulationskompetenzen, die auf Unterschiede in der medien- und gegenstandsspezifischen Motivation der Lernenden zurückgehen (vgl. Hasselhorn, 1992; Schreblowski & Hasselhorn, 2006).

## Einbezug eines Referenzkontexts

Forschungsstrategisch kann das Ausmaß, in dem Nutzer/innen von computerbasierten Lernmedien ihr Lernen selbst regulieren, durch den Vergleich mit einem nicht-

computerbasierten Referenzkontext untersucht werden, der sich auf den identischen Lerngegenstand bezieht. Zeigt sich dabei im Medienkontext (zumindest bei einer Gruppe von Lernenden) ein umfangreicherer Einsatz von Selbstregulationsstrategien als im Referenzkontext, kann dies als Hinweis dafür interpretiert werden, dass die durch das Medium bereit gestellten Möglichkeiten zum SRL genutzt werden und das Lernen tatsächlich stärker selbst reguliert wird. Zeigt sich dagegen (zumindest bei einer Gruppe von Lernenden) ein geringerer Einsatz von Selbstregulationsstrategien im Medienkontext, stützt dies die referierte Annahme, dass bei der Nutzung von computerbasierten Lernmedien das Lernen häufig nur unzureichend selbst reguliert wird. Angemessener als die Annahme von gleichförmigen, d. h. für alle Lernenden geltenden Unterschieden zwischen den beiden Kontexten, erscheint dabei die Betrachtung der interindividuellen Varianz und – unter frequentistischer Perspektive – der Teilgruppen von Lernenden, die beim computerbasierten Lernen Selbstregulationsstrategien entweder deutlich häufiger oder deutlich seltener einsetzen als beim nicht-computerbasierten Lernen. Im Hinblick auf die Relevanz verschiedener Motivationskomponenten für das SRL beim computerbasierten Lernen liegt ein Vorteil des Einbezuges eines gegenstandsgleichen Referenzkontexts darin, dass nicht nur der absolute Umfang des Strategieeinsatzes, sondern auch Abweichungen des Strategieeinsatzes zwischen beiden Kontexten Gegenstand der Analyse sein können. Dies ermöglicht Aussagen zu den motivationalen Bedingungen von medienspezifischen, aber gegenstandsunabhängigen Nutzungsmustern des SRL. Zudem können sowohl Motivationskomponenten betrachtet werden, die sich auf den Medienkontext beziehen, als auch solche, die auf den Referenzkontext bezogen sind. Damit können die Einflüsse medienbezogener Motivationskomponenten von jenen gegenstandsbezogener Motivationskomponenten separiert werden.

Theoretische Voraussetzung dieser Forschungsstrategie ist eine zumindest moderate Kontextspezifität des SRL und der Lernmotivation. Die Kontextspezifität des Einsatzes metakognitiver Strategien wurde bislang nur in einschlägigen theoretischen Modellen konzipiert, nicht aber systematisch empirisch geprüft. Anzunehmen ist, dass deren Einsatz einerseits auf Grund ihrer übergeordneten Regulationsfunktion zu einem gewissen Anteil über Kontexte hinweg generalisiert, andererseits auf Grund der spezifischen Gestaltungsmerkmale und Benutzerfreiheitsgrade des Lernmediums auch medienspezifisch ausfällt (vgl. Dabbagh & Kitsantas, 2005; Stiller, 2003). Zu verschiedenen motivationalen Komponenten liegt gegenüber der eher unsicheren empirischen Basis beim Strategieeinsatz relativ belastbare Evidenz aus dem Bereich des schulischen Lernens dafür vor, dass diese domänenspezifisch organisiert sind. Dies gilt insbesondere für die Erwartungskomponente und damit eng korrespondierende Konstrukte wie Selbstwirksamkeitsüberzeugungen oder Fähigkeitsselbstkonzepte (z. B. Marsh & Yeung, 1996). Aber auch für die Wertkomponente liegen Befunde dafür vor, dass diese domänenspezifisch ausgeprägt ist (z. B.

Bong, 2001). Abgeleitet aus diesen auf Schulfächer bezogenen Befunden lässt sich annehmen, dass auch unterschiedliche mediale Aufbereitungen (die Präsentation der Inhalte, Steuerung der Inhaltsdarbietung und spezifische Lernaktivitäten umfassen) desselben Lerngegenstands bei Lernenden spezifische Wertwahrnehmungen und Erfolgserwartungen bedingen können.

## Fragestellungen und Hypothesen

Die bisherigen Ausführungen lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass die Selbstregulation beim computerbasierten Lernen erst seit jüngerer Zeit unter Anwendung dezidierter theoretischer Modelle des SRL untersucht wird und dementsprechend erst nach und nach deren Bedeutung erhellt wird. Unsere empirische Untersuchung richtet sich auf die Nutzung der als zentral erachteten metakognitiven Strategien sowie die Bedeutung, die dabei der Wert- und der Erwartungskomponente der Lernmotivation zukommt. Realisiert wurde die oben skizzierte Forschungsstrategie, bei der medienpezifische Nutzungsmuster durch den Einbezug eines Referenzkontexts geprüft werden, der sich auf den gleichen Lerngegenstand wie das computerbasierte Lernen bezieht. Als Gegenstandsbereich wurde die schulische Mathematik gewählt.

Die erste Hypothese bezieht sich auf die Medienspezifität von SRL und Motivation und damit auf die bereits oben begründete theoretische Voraussetzung unserer Forschungsstrategie:

(H1) Der Einsatz von metakognitiven Strategien sowie der beiden motivationalen Komponenten Wert und Erwartung sind mindestens moderat medienpezifisch.

Hypothesen H2a und H2b richten sich auf mögliche Unterschiede zwischen dem computerbasierten und dem herkömmlichen Lernen im Hinblick auf die Nutzung metakognitiver Strategien. Sie wurden ungerichtet formuliert, da – wie oben ausgeführt – computerbasierte Lernumgebungen mit umfangreichen Benutzerfreiheitsgraden einerseits SRL in stärkerem Maße ermöglichen können als herkömmliche Lernsettings, andererseits aber auch Evidenz dafür existiert, dass das Lernen mit ihnen häufig nur unzureichend selbst reguliert wird. Hypothese H2a bezieht sich auf durchschnittliche Unterschiede, Hypothese H2b fokussiert verschiedene Gruppen von Lernenden mit unterschiedlichen Mustern des SRL.

(H2a) Hinsichtlich der durchschnittlichen Nutzung von metakognitiven Strategien bestehen Unterschiede zwischen dem computerbasierten und dem herkömmlichen Lernen.

(H2b) Es existiert eine Gruppe von Lernenden, die beim computerbasierten Lernen metakognitive Strategien substanziell häufiger als beim herkömmlichen Lernen nutzt. Daneben existiert eine Gruppe von Lernenden, die beim computerbasierten Lernen diese Strategien substanziell seltener einsetzt als beim herkömmlichen Lernen.

Hypothesen H3a und H3b beziehen sich auf die Bedeutung der Motivation für das SRL mit computerbasierten Lernmedien. Sie gründen zunächst auf die referierten Befunde aus dem Bereich des schulischen und universitären Lernens, die implizieren, dass die Nutzung von Selbstregulationsstrategien von verschiedenen Komponenten der Lernmotivation abhängt. Daneben wird hier die oben ausgeführte Argumentation angewendet, dass ein Lerngegenstand einerseits und dessen mediale Aufbereitung in einem computerbasierten Lernmedium andererseits, spezifische Wertwahrnehmungen und Erfolgserwartungen bedingen, die beide Einfluss auf das SRL beim Medienlernen haben können.

(H3a) Der Einsatz von metakognitiven Strategien beim computerbasierten Lernen hängt positiv sowohl mit der medienpezifischen als auch der gegenstandsspezifischen Motivation der Lernenden zusammen.

(H3b) Medienspezifische Abweichungen im Einsatz von metakognitiven Strategien gegenüber dem herkömmlichen Lernen hängen positiv mit der medienpezifischen Motivation der Lernenden zusammen.

Hypothese H4 bezieht sich schließlich auf das kausale Zusammenspiel zwischen gegenstands- und medienpezifischer Motivation. Hierbei nehmen wir eine Mediatorwirkung der medienpezifischen Motivationskomponenten an, in denen sowohl Aspekte des Lerngegenstands als auch dessen Vermittlung enthalten sind.

(H4) Der Einfluss der gegenstandsspezifischen Motivation auf den Einsatz von metakognitiven Strategien beim computerbasierten Lernen ist über die medienpezifische Motivation vermittelt.

Aus dem gewählten Gegenstandsbereich, der Schulmathematik, ergibt sich die ergänzend untersuchte Nebenforschungsfrage nach Geschlechtsunterschieden beim SRL und der Lernmotivation. In Bezug auf die Lernmotivation im Schulfach Mathematik belegt die relativ breite Forschungsliteratur meist günstigere Ausprägungen bei Jungen (Überblick bei Dresel, Stöger & Ziegler, 2006). In Bezug auf den Einsatz von kognitiven und metakognitiven Strategien indizieren die weniger zahlreichen empirischen Studien entweder ähnliche Ausprägungen bei Jungen und Mädchen oder leichte Vorteile der Mädchen (Dresel & Haugwitz, 2005; Ziegler & Dresel, 2006). Unklar ist jedoch, in welcher Weise diese Geschlechtsunterschiede beim computerbasierten Mathematiklernen zum Tragen kommen.

## Methode

### Prozedur

Untersucht wurden Schüler/innen der 6. Jahrgangsstufe sowohl in Bezug auf die Bearbeitung einer Mathematiklernsoftware (*Medienkontext*) als auch in Bezug auf den

Referenzkontext des Lernens im Fach Mathematik allgemein (*Domänenkontext*). Die Schüler arbeiteten im Rahmen des Mathematikunterrichts durchschnittlich 8.6 Unterrichtsstunden ( $s = 3.9$ ) mit der Lernsoftware *MatheWarp* (Dresel, Ziegler & Heller, 2001). Allen Schüler/innen stand dabei ein eigener Computer zur Verfügung. In der ersten Unterrichtsstunde, in der mit der Software gearbeitet wurde, erhielten die Schüler/innen von den zuvor instruierten Mathematiklehrkräften eine Einführung in Bedienung und Inhalte des Programms. Die verbleibende Zeit dieser Unterrichtsstunde und in allen übrigen Unterrichtsstunden arbeiteten die Schüler/innen selbstständig mit der Lernsoftware.

Die auf den Domänenkontext spezifizierten Maße wurden per Fragebogen vor der erstmaligen Bearbeitung der Lernsoftware erhoben. Die auf den Medienkontext bezogenen Skalen waren in einem Fragebogen enthalten, der den Schüler/innen nach vier Monaten des Einsatzes von *MatheWarp* im Unterricht vorgelegt wurde. Beide Fragebogenerhebungen wurden im Mathematikunterricht durchgeführt und von den Autor/inn/en geleitet.

## Untersuchungsteilnehmer/innen

In die Stichprobe wurden 160 Sechstklässler aus insgesamt sechs Klassen zweier im Großraum Ulm angesiedelter Gymnasien einbezogen.<sup>1</sup> Die Schüler/innen nahmen freiwillig und mit Einverständnis ihrer Eltern an der Untersuchung teil. Der Mädchenanteil in der Stichprobe lag bei 49%; das Durchschnittsalter betrug zum ersten Messzeitpunkt 11.8 Jahre ( $s = 0.4$ ).

## Eingesetzte Lernsoftware

Die Schüler/innen arbeiteten mit der Lernsoftware *MatheWarp* in einer auf den Baden-Württembergischen Bildungsplan für das Gymnasium abgestimmten Version, die den kompletten für die 6. Jahrgangsstufe vorgesehenen Algebra-Stoff enthielt (vgl. Ministerium für Kultus und Sport Baden-Württemberg, 1994). Screenshots der Lernsoftware finden sich im Anhang. Das Hauptmenü von *MatheWarp* bietet den Nutzern sechs thematische Kapitel an (z. B. „Einführung in die Bruchrechnung“), die je vier Unterkapitel enthalten (z. B. „Erweitern von Brüchen“). In jedem dieser insgesamt 24 Unterkapitel werden jeweils drei leichte, mittelschwere und schwere Aufgabenblöcke zur Bearbeitung angeboten, die zwischen drei und acht Aufgaben enthalten. Je nach Schwierigkeitsstufe enthalten die Aufgabenblöcke verschiedene Aufgabentypen (z. B. „Erweitern von Brüchen auf Brüche mit vorgegebenen Nennern“). Nach der Bearbeitung eines Aufgabenblocks präsentiert die Software Feedback über die Rich-

tigkeit der gegebenen Antworten sowie die korrekten Antworten zu den Aufgaben (vgl. Narciss & Huth, 2004).<sup>2</sup> Neben der Bearbeitung von Aufgaben konnten die Schüler/innen jederzeit zu allen Unterkapiteln ausführliche Lektionen abrufen, in denen die mathematischen Inhalte erklärt werden, und die unter fachdidaktischen Gesichtspunkten aufbereitet wurden. Darin wurden die Inhalte grafisch veranschaulicht, Merksätze formuliert und Beispiele vorgestellt. Mit den Lektionen hatten die Schüler/innen somit die Möglichkeit, die Themen in ihrer eigenen Lerngeschwindigkeit zu erarbeiten oder zu wiederholen.

*MatheWarp* kann mit dieser Konzeption als Lernsoftware bezeichnet werden, die sowohl Drill-and-Practice als auch tutorielle Anteile enthält und den Benutzern eine mittlere Autonomie ermöglicht: Die Benutzer können mit der Wahl von Kapitel und Unterkapitel die Inhalte, mit der Wahl zwischen Aufgabenbearbeitung oder Bearbeitung der Lektionen die Art der Lernaktivität und mit dem Schwierigkeitsgrad der Aufgaben die Anforderungscharakteristik der Tätigkeit frei wählen.

In der vorliegenden Studie wurde *MatheWarp* von den Lehrkräften im regulären Unterricht eingesetzt, wobei die konkreten *MatheWarp*-Termine von ihnen je nach Unterrichtsverlauf und Lehrplanbezug gewählt wurden. Im herkömmlichen Unterricht wurden dieselben Themengebiete behandelt, die in *MatheWarp* enthalten sind. Die Lehrkräfte führten neue Themen hauptsächlich in Form von Frontalunterricht ein. Zur Durchdringung der Themen gaben sie den Schüler/innen ausgewählte Übungsaufgaben vor. In etwa jeder fünften Unterrichtsstunde wurde die Lernsoftware *MatheWarp* eingesetzt, anhand derer die Schüler/innen die Themen selbstständig wiederholen und üben konnten. Dabei standen ihnen die oben genannten Wahlmöglichkeiten bezüglich Inhalt, Lernaktivität sowie Schwierigkeit und damit mehr Freiheitsgrade als im herkömmlichen Unterricht zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund kann angenommen werden, dass die Bearbeitung der Lernsoftware in umfangreicherem Maße SRL ermöglichte und erforderte als der herkömmliche Unterricht.

## Messinstrumente

### Metakognitive Strategien

Für beide Lernkontexte (Bearbeitung der Mathematiklernsoftware und Mathematiklernen im Allgemeinen) wurde der Umfang der Nutzung der vier metakognitiven Strategien „Planen“, „Überwachen“, „Evaluieren“ und „Anpassen“ erfasst (vgl. Zimmerman, 2000). Dazu wurden bestehende Subskalen von Baumert, Heyn und Köller (1992) sowie von Gold und Souvignier (2000) erweitert und auf die vorliegenden Kontexte adaptiert. Um äquiva-

<sup>1</sup> Bei der vorliegenden Stichprobe handelt es sich um die Kontrollgruppe einer größer angelegten Trainingsstudie, mit der die Wirkungen einer computerbasierten Förderung von Motivation und Selbstreguliertem Lernen untersucht wurden (siehe Dresel & Haugwitz, 2007).

<sup>2</sup> *MatheWarp* ist in der Lage, adaptives Attributionsfeedback zu generieren, mit dem die Motivation und die Schulleistung von Schüler/innen positiv beeinflusst werden (vgl. Dresel, 2004; Dresel & Ziegler, 2006). Diese Funktionalität wurde in der vorliegenden Stichprobe deaktiviert.

lente Subskalen zu konstruieren, wurden in beiden Kontexten identische Items eingesetzt und lediglich der Itemstamm variiert (Medienkontext: „Wenn ich mit MatheWarp lerne ...“; Domänenkontext: „Wenn ich Mathe lerne ...“). Die Schüler/innen beantworteten die Items aller Subskalen auf sechsstufigen Antwortskalen, die sich von 1 (*nie*) bis 6 (*immer*) erstreckten.

Die Subskala *Planen* wurde eingesetzt, um den Umfang der lernplanerischen Aktivitäten vor der eigentlichen Lernfähigkeit zu erfassen, die etwa auf das Setzen von (Teil-)Zielen, die eingesetzten Lernstrategien sowie die Reihenfolge der Stoffbearbeitung gerichtet sind. Die Skala besteht aus fünf Items (adaptiert nach Baumert et al., 1992; Beispielitem: „Wenn ich mit MatheWarp/Mathe lerne, überlege ich mir zuerst, wie ich am besten vorgehen kann“). Die internen Konsistenzen betragen Cronbachs  $\alpha = .80$  für den Medienkontext und  $\alpha = .73$  für den Domänenkontext.

Das Ausmaß, in dem die Schüler/innen ihren Lernprozess überwachen, also hinsichtlich Effektivität der eingesetzten Lernstrategien und des Vorankommens im Hinblick auf die gesteckten Ziele kontrollieren, wurde mit der fünf Items umfassenden Subskala *Überwachen* erfasst (adaptiert nach Baumert et al., 1992). Ein Beispielitem lautet: „Wenn ich mit MatheWarp/Mathe lerne, mache ich mir Gedanken darüber, ob mein Vorgehen sinnvoll ist“.  $\alpha = .80$  für beide Kontexte.

Auch die fünf Items der Subskala *Evaluieren* sind an das Instrument von Baumert et al. (1992) angelehnt. Mit der Skala wird erfasst, wie häufig Schüler/innen ihren aktuellen Wissensstand beim Lernen überprüfen (Beispielitem: „Wenn ich mit MatheWarp/Mathe lerne, versuche ich herauszufinden, was ich schon gut kann und was ich noch nicht so gut kann“).  $\alpha = .87$  für den Medienkontext und  $\alpha = .86$  für den Domänenkontext.

Mit der von Gold und Souvignier (2000) entwickelten und ebenfalls fünf Items umfassenden Subskala *Anpassen* wird gemessen, in welchem Umfang Schüler/innen ihr Lernverhalten bei Schwierigkeiten während des Lernprozesses adaptieren und Anstrengungen aufbringen, um Schwierigkeiten zu überwinden (Beispielitem: „Wenn ich mit MatheWarp/Mathe lerne und nicht alles verstehe, versuche ich herauszufinden, was mir Schwierigkeiten bereitet“).  $\alpha = .72$  für den Medienkontext und  $\alpha = .69$  für den Domänenkontext.

### Motivationale Komponenten

Als Komponenten der Motivation wurden sowohl für das Arbeiten mit der Mathematiklernsoftware (Medienkontext) als auch das Mathematiklernen im Allgemeinen (Domänenkontext) der wahrgenommene Wert und die subjektive Erfolgserwartung erfasst. Wiederum kamen äquivalente Items zum Einsatz, die sich lediglich hinsichtlich des Kontextbezugs unterschieden.

Um den *wahrgenommenen Wert* zu erfassen, kamen in beiden Kontexten je zwei Items zum Einsatz, die bereits bei Dresel (2004) Verwendung fanden. Die Items zielen auf den instrumentellen Wert („Das, was man mit MatheWarp/in Mathe lernt, kann man gut gebrauchen“) sowie auf die persönliche Wichtigkeit guter Leistungen („In MatheWarp/In Mathe gut zu sein ist mir wichtig“). Die Items wurden mit einer sechsstufigen Antwortskala mit den Polen 1 (*stimmt gar nicht*) und 6 (*stimmt völlig*) vorgelegt. Die interne Konsistenz lag für den Medienkontext bei  $\alpha = .75$  und für den Domänenkontext bei  $\alpha = .60$ .

Zur Operationalisierung der *Erfolgserwartung* kamen je zwei Items von Ziegler, Dresel, Schober und Stöger (in Vorb.) zum Einsatz, die auf die Stabilität bzw. Variabilität von Erfolg bzw. Misserfolg abzielen. Die beiden Items

Tabelle 1. Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen

	<i>M</i>	<i>s</i>	Produkt-Moment-Korrelationen											
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
(1) Planen MK	3.92	1.02	–											
(2) Planen DK	4.33	0.92	.47	–										
(3) Überwachen MK	4.16	0.96	.74	.53	–									
(4) Überwachen DK	4.28	0.88	.37	.79	.50	–								
(5) Evaluieren MK	4.38	0.97	.67	.36	.79	.39	–							
(6) Evaluieren DK	4.49	0.87	.49	.70	.57	.80	.54	–						
(7) Anpassen MK	4.04	0.90	.59	.35	.51	.33	.49	.39	–					
(8) Anpassen DK	4.29	0.82	.42	.66	.52	.68	.45	.67	.55	–				
(9) Wert MK	4.60	1.17	.35	.36	.33	.24	.43	.33	.35	.28	–			
(10) Wert DK	5.21	0.73	.33	.51	.36	.48	.40	.49	.22	.42	.40	–		
(11) Erwartung MK	4.49	0.93	.23	.21	.30	.21	.07	.28	.20	.14	.19	.23	–	
(12) Erwartung DK	4.53	0.82	.12	.37	.19	.37	.03	.29	.06	.44	–.01	.15	.26	–

Anmerkungen: *N* = 160. MK = Medienkontext. DK = Domänenkontext. Alle  $r > .15$ :  $p < .05$ . Alle  $r > .20$ :  $p < .01$ . Alle  $r > .25$ :  $p < .001$ .

lauten „Stell dir vor, du hast in Mathe/beim Arbeiten mit MatheWarp einen Erfolg. Wirst du beim nächsten Mal wieder einen Erfolg haben?“ und „Stell dir vor, du hast in Mathe/beim Arbeiten mit MatheWarp einen Misserfolg. Wirst du beim nächsten Mal wieder einen Misserfolg haben?“. Die sechsstufige Antwortskala wurde mit den Polen „bestimmt nicht wieder“ (1) und „bestimmt wieder“ (6) verankert. Zur Skalenbildung wurden die Items so gepolt, dass ein hoher Wert einer hohen Stabilität von Erfolg bzw. einer niedrigen Stabilität von Misserfolg, mithin einer hohen Erfolgserwartung entspricht.  $\alpha = .61$  für den Medienkontext und  $\alpha = .67$  für den Domänenkontext.

## Ergebnisse

### Deskriptive Statistiken

Mittelwerte und Standardabweichungen der vier Selbstregulationsstrategien sowie der beiden motivationalen Komponenten für die zwei untersuchten Kontexte sind

in Tabelle 1 aufgeführt. Die Häufigkeitsverteilungen der Selbstregulationsstrategien sind in Abbildung 1a in Form von Perzentilbändern dargestellt.

Sämtliche Mittelwerte lagen in der oberen Skalenhälfte und indizieren damit einen durchschnittlich eher umfassenden Gebrauch der metakognitiven Strategien sowie eine eher günstige Motivation in beiden Kontexten. Die Häufigkeitsverteilungen deckten aber auch – insbesondere im Medienkontext – nennenswerte Schülergruppen auf, die für metakognitive Strategien nur eine wenig umfangreiche Nutzung berichteten (Werte unterhalb der Skalenmitte von 3.5).

Im Hinblick auf interindividuelle Unterschiede im Umfang der Selbstregulation beim computerbasierten Lernen waren in unserer Stichprobe bei allen vier metakognitiven Strategien in Bezug auf das Arbeiten mit der Mathematiklernsoftware größere Streuungen zu beobachten als in Bezug auf das Mathematiklernen im Allgemeinen. Auch bei den beiden untersuchten Motivationskomponenten zeigten sich im Medienkontext größere interindividuelle Unterschiede als im Domänenkontext.

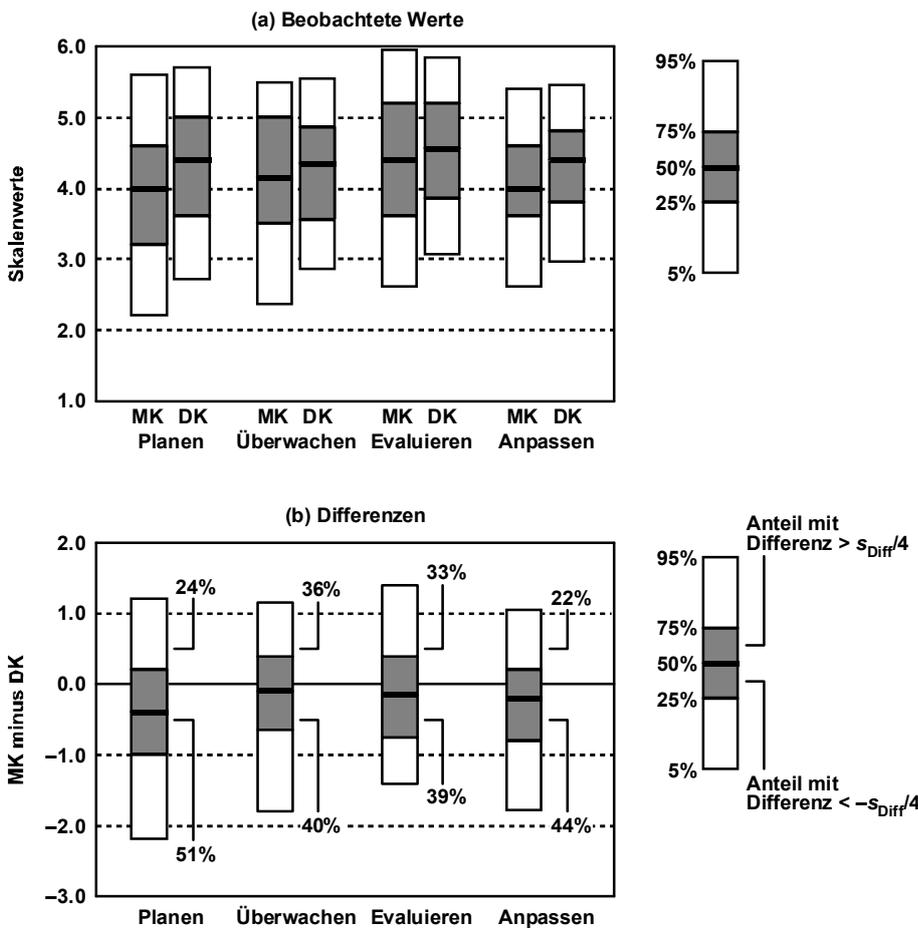


Abbildung 1. Perzentilbänder der (a) Nutzung von Selbstregulationsstrategien im Medienkontext (MK) und im Domänenkontext (DK) sowie (b) deren Abweichungen voneinander.

### Medienspezifität von metakognitiven Strategien und Motivationskomponenten

Der Einsatz von Selbstregulationsstrategien erwies sich erwartungsgemäß als moderat medien-spezifisch: Die Korrelationen zwischen dem berichteten Strategieeinsatz beim Arbeiten mit der Lernsoftware und dem korrespondierenden Strategieeinsatz im Referenzkontext lagen für die vier metakognitiven Strategien im Bereich  $r_s = .47-.55$  (vgl. Tabelle 1). Bei der Erwartungs- und der Wertkomponente der Motivation war dagegen mit kleineren Korrelationen ( $r_s = .26-.40$ ) eine etwas höhere Medienspezifität zu beobachten.

### Nutzung von metakognitiven Strategien

Zur Prüfung der angenommenen durchschnittlichen Unterschiede in der Nutzung von metakognitiven Strategien zwischen beiden Kontexten wurde eine 2 (Kontext)  $\times$  4 (Strategie) Varianzana-

lyse mit Messwiederholung auf beiden Faktoren durchgeführt. Die Analyse erbrachte einen moderat starken Haupteffekt für den Kontext ( $F(1,159) = 14.510; p < .001; \eta^2 = .084$ ). Dieser verweist darauf, dass die Schüler/innen für das Arbeiten mit der Mathematiklernsoftware durchschnittlich einen geringeren Einsatz von Selbstregulationsstrategien berichteten als für das Mathematiklernen im Allgemeinen. Daneben zeigte sich ein moderater Interaktionseffekt, der indiziert, dass die Kontextunterschiede bei den beiden Strategien „Planen“ und „Anpassen“ stärker ausgeprägt waren als bei den Strategien „Überwachen“ und „Evaluieren“ ( $F(3,477) = 6.500; p < .001; \eta^2 = .039$ ).<sup>3</sup>

Zur weiteren Aufklärung der varianzanalytischen Befunde wurden die Differenzen zwischen Medien- und Domänenkontext einzeln für die vier Strategien mit geplanten (ungerichteten)  $t$ -Tests analysiert und das Effektstärkenmaß  $d$  (für abhängige Stichproben) bestimmt. Moderate und statistisch hochsignifikante Unterschiede zwischen dem medienbasierten und dem herkömmlichen Lernen zeigten sich für das Planen der Lernaktivitäten ( $t(159) = 4.845; p < .001; d = 0.57$ ) und das Anpassen der Vorgehensweise bei auftretenden Schwierigkeiten ( $t(159) = 3.821; p < .001; d = 0.45$ ). Beide Strategien wurden im Medienkontext seltener genutzt als im Domänenkontext. Die Nutzungsunterschiede bei den beiden Selbstregulationsstrategien „Überwachen“ und „Evaluieren“ waren von der gleichen Richtung, fielen aber gering aus ( $ds = 0.17$ ) und konnten statistisch nicht abgesichert werden ( $ts(159) < 1.491; ps > .14$ ).<sup>4</sup>

Um den Anteil der Lernenden zu schätzen, die metakognitive Strategien beim computerbasierten Lernen substantiell häufiger bzw. seltener nutzten als beim herkömmlichen Lernen, bildeten wir für die einzelnen Selbstregulationsstrategien Differenzwerte zwischen beiden Kontexten und betrachteten deren Verteilungen (Abbildung 1b). Als substantiellen Unterschied definierten wir eine Differenz von (betragsmäßig) mehr als einer viertel Standardabweichung (der Differenzwerte). Unter dieser

<sup>3</sup> Argumentiert werden könnte, dass der Strategieeinsatz vom inhaltlichen Vorwissen abhängt. Um dies zu prüfen wurde ergänzend das mathematische Vorwissen herangezogen, das zusätzlich in Form von Ergebnissen in einem curricular validen Mathematiktest im Multiple-Choice-Format zur Verfügung stand. Es zeigten sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge mit der Nutzung von metakognitiven Strategien, weder im Domänen- noch im Medienkontext ( $p > .28$ ). Alle nachfolgenden Analysen wurden zudem unter Kontrolle des mathematischen Vorwissens wiederholt. Die Ergebnisse blieben nahezu unverändert.

<sup>4</sup> Ergänzend wurden die Unterschiede zwischen den beiden Kontexten hinsichtlich der beiden Motivationskomponenten analog analysiert. Diese Analyse ergab einen signifikanten Effekt des Kontexts ( $F(1,159) = 16.507; p < .001; \eta^2 = .094$ ) und eine signifikante Interaktion zwischen Kontext und Motivationskomponente ( $F(1,158) = 34.317; p < .001; \eta^2 = .178$ ). Geplante  $t$ -Tests erbrachten, dass der wahrgenommene Wert des Mathematiklernens im Allgemeinen signifikant größer war als jener des Arbeitens mit der Mathematiklernsoftware ( $t(159) = 6.180; p < .001; d = -0.93$ ), sowie einen nicht-signifikanten Unterschied für die Erwartungskomponente ( $t(159) = 0.393; p = .70; d = -0.05$ ).

Annahme zeigte sich bei den Strategien „Planen“ und „Anpassen“ bei knapp einem Viertel der Schüler/innen, dass sie für das Arbeiten mit der Mathematiklernsoftware einen substantiell umfangreicheren Strategieeinsatz berichteten als für das Mathematiklernen im Allgemeinen. Andererseits berichtete etwa die Hälfte der Schüler/innen, dass sie diese beiden metakognitiven Strategien beim computerbasierten Lernen substantiell deutlich seltener einsetzten als beim herkömmlichen Lernen. Entsprechend der nicht-signifikanten Mittelwertunterschiede beim „Überwachen“ und „Evaluieren“ waren die Gruppen der Schüler/innen, die für diese beiden metakognitiven Strategien eine substantiell häufigere Nutzung bzw. eine substantiell seltenere Nutzung berichteten, etwa gleich groß. Sie umfassten jeweils 30 % bis 40 % der Lernenden.

## Geschlechtsunterschiede

Zur Analyse von Geschlechtsunterschieden bei der Nutzung von Selbstregulationsstrategien wurde der Faktor „Geschlecht“ in die oben dargestellte Varianzanalyse einbezogen. Die Ergebnisse erbrachten weder einen Haupteffekt des Geschlechts ( $F(1,158) = 0.099; p = .75; \eta^2 = .001$ ) noch statistisch signifikante Zwei- oder Dreifachinteraktionen zwischen Geschlecht, Kontext und Strategie ( $F_s(1,158/474) < 1.292; p > .27; \eta^2 < .008$ ).

Analog wurden auch Geschlechtsunterschiede bei den motivationalen Komponenten analysiert. Hier resultierte eine statistisch signifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren „Geschlecht“ und „Kontext“ ( $F(1,158) = 9.320; p < .01; \eta^2 = .056$ ). Diese reflektiert, dass in Bezug auf den Domänenkontext des Mathematiklernens im Allgemeinen Mädchen eine ungünstigere Motivation aufwiesen als Jungen (Erwartung:  $t(158) = 4.018; p < .001; d = 0.64$ . Wert:  $t(158) = 2.708; p < .01; d = 0.43$ ), aber in Bezug auf den Medienkontext keine statistisch nachweisbaren motivationalen Vorteile der Jungen existierten (Erwartung:  $t(158) = 0.727; p > .10; d = 0.12$ . Wert:  $t(158) = -1.320; p > .10; d = -0.21$ ). Die für den Gegenstandsbe- reich der Mathematik bekannten Geschlechtsunterschiede zu Ungunsten der Mädchen kamen somit beim Einsatz des computerbasierten Lernmediums nicht mehr zum Tragen. Weiterhin zeigte sich eine statistisch signifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren „Geschlecht“ und „Motivationskomponente“ ( $F(1,158) = 4.692; p < .05; \eta^2 = .029$ ), die indiziert, dass die durchschnittlichen Geschlechtsunterschiede (für beide Kontexte) bei der Erwartungskomponente größer waren als bei der Wertkomponente.

## Prädiktion der Selbstregulation beim computerbasierten Lernen

Im nächsten Analyseschritt untersuchten wir die Zusammenhänge zwischen der Nutzung von Selbstregulationsstrategien im Medienkontext einerseits und den einbezogenen motivationalen Komponenten im Medien- sowie im

*Tabelle 2.* Regression der Nutzung von Selbstregulationsstrategien im Medienkontext auf motivationale Prädiktoren im Medien- und im Domänenkontext sowie die Strategienutzung im Domänenkontext

Prädiktor	Medienmodell ( $R^2 = .33$ )			Domänenmodell ( $R^2 = .09$ )			Vollständiges Motivationsmodell ( $R^2 = .36$ )			Erweitertes Modell ( $R^2 = .50$ )		
	B	SE B	$\beta$	B	SE B	$\beta$	B	SE B	$\beta$	B	SE B	$\beta$
Erwartung MK	0.17	0.06	.20**				0.15	0.06	.17*	0.10	0.06	.12*
Wert MK	0.33	0.05	.46***				0.31	0.05	.44***	0.25	0.05	.35***
Erwartung DK				-0.05	0.08	-.05	0.01	0.07	.01	-0.06	0.07	-.06
Wert DK				0.37	0.09	.33***	0.20	0.08	.18**	0.03	0.08	.03
Selbstregulation DK										0.49	0.07	.45***

Anmerkungen: N = 160. MK = Medienkontext. DK = Domänenkontext. \*\*\*  $p < .001$ . \*\*  $p < .01$ . \*  $p < .05$ .

Domänenkontext andererseits (für die bivariaten Korrelationen vgl. Tabelle 1). Gewählt wurde eine regressionsanalytische, hierarchische Strategie, bei der die Strategienutzung im Medienkontext als abhängige Variable eingesetzt wurde. Zur Vereinfachung der Ergebnisdarstellung wurden in beiden Kontexten die vier Selbstregulationsstrategien „Planen“, „Überwachen“, „Evaluieren“ und „Anpassen“ per Mittelwertbildung zusammengefasst.<sup>5</sup>

Es wurden vier Regressionsmodelle spezifiziert, in die in unterschiedlichen Kombinationen Erfolgserwartung und wahrgenommener Wert im Medien- und im Domänenkontext sowie die berichtete Nutzung von Selbstregulationsstrategien im Domänenkontext als Prädiktoren eingesetzt wurden (Tabelle 2). Um Aussagen zur Vorhersagekraft der medienspezifischen Motivation ableiten zu können, wurden im *Medienmodell* die beiden auf das Arbeiten mit der Lernsoftware hin operationalisierten motivationalen Komponenten eingesetzt. Das komplementäre *Domänenmodell*, in das die Indikatoren für Erwartung und Wert in Bezug auf das Lernen in der Domäne Mathematik im Allgemeinen eingesetzt wurden, wurde spezifiziert, um Einflüsse der allgemeinen Mathematikmotivation auf die Nutzung von Selbstregulationsstrategien beim Medienlernen bestimmen zu können. Das *Vollständige Motivationsmodell*, in das alle vier motivationalen Komponenten eingingen, diente der simultanen Schätzung der Einflüsse von medien- und domänenspezifischer Motivation sowie als Vergleichsmodell. Gegenüber diesem Modell wurde schließlich im *Erweiterten Modell* die Selbstregulation im Domänenkontext als zusätzlicher Prädiktor eingesetzt. Damit schätzt das Erweiterte Modell nicht wie die ersten drei Modelle den Einfluss der motivationalen Komponenten auf die absolute Höhe der Strategienutzung beim Arbeiten mit der Mathematiklernsoftware, sondern auf die gegenüber dem Domänenkontext abweichende Strategienutzung. Die Regressionsgewichte der motivationalen Komponenten im Erweiterten Modell können deshalb als deren Zusammenhang mit der oben dargestellten geringeren bzw. umfangreicheren Selbstregulation beim Medienlernen interpretiert werden.

Die Ergebnisse zum Medienmodell (vgl. Tabelle 2) indizierten, dass die Selbstregulation beim Arbeiten mit der Lernsoftware sowohl durch die Erwartung, mit dem Lernmedium erfolgreich zu arbeiten, als auch den Wert, der dem Lernmedium zugeschrieben wird, positiv prädiziert wird. Der Effekt der Wertkomponente ist dabei erkennbar größer als jener der Erwartungskomponente.

Bei der Analyse des Domänenmodells erwies sich die auf Mathematiklernen im Allgemeinen bezogene Wertkomponente ebenfalls als erklärungsstarker Prädiktor. Die Schüler/innen berichteten eine umso umfangreichere Nutzung von Selbstregulationsstrategien, je mehr Wert sie

<sup>5</sup> Dies wird durch die moderaten bis großen Korrelationen zwischen den Strategien gerechtfertigt (vgl. Tabelle 1). Ergänzt wurden die Regressionsanalysen getrennt für die vier Strategien durchgeführt. Dabei resultierten konsistente Ergebnisse, die von den Ergebnissen für die zusammengefassten Indikatoren nicht wesentlich abweichen.

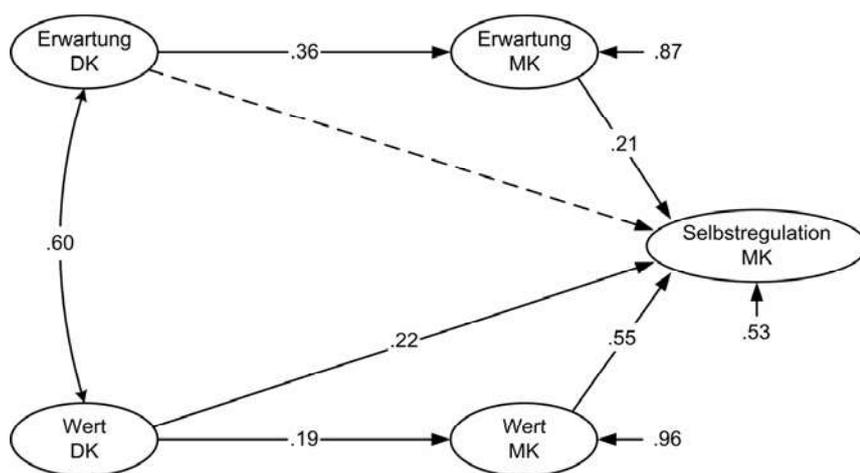


Abbildung 2. Strukturgleichungsmodell zur Überprüfung der Mediatorhypothese. Durchgezogene und gestrichelte Pfade: Basismodell. Durchgezogene Pfade: Finales Modell mit standardisierten Koeffizienten (DK = Domänenkontext, MK = Medienkontext).

dem Mathematiklernen im Allgemeinen zugeschrieben. Im Gegensatz zum Medienmodell erreichte die Erwartungskomponente im Domänenmodell keine statistische Signifikanz.

Bei simultaner Betrachtung von Erwartungs- und Wertkomponenten beider Kontexte im Vollständigen Motivationsmodell blieben alle drei genannten statistisch bedeutsamen Prädiktoren auch weiterhin signifikant. Die Regressionsgewichte der beiden medienbezogenen Motivationskomponenten hatten im Vollständigen Motivationsmodell die gleiche Größenordnung wie im Medienmodell; dagegen war das Regressionsgewicht der Wertkomponente im Domänenkontext gegenüber dem Domänenmodell erkennbar reduziert.

Bei Auspartialisierung der Strategienutzung im Domänenkontext (Erweitertes Modell) erreichte die Bewertung des Mathematiklernens im Allgemeinen keine statistische Signifikanz mehr – Abweichungen in der Strategienutzung beim computerbasierten Lernen gegenüber dem Domänenkontext wurden erwartungsgemäß also nur durch die medienspezifische Motivation prädiziert. Wie in den übrigen Modellen auch, war die Wertkomponente dabei ein stärkerer Prädiktor als die Erwartungskomponente.

Aufschlussreich ist eine Betrachtung der Anteile aufgeklärter Kriteriumsvarianz in den unterschiedlichen Modellen: Die Differenz  $\Delta R^2$  der aufgeklärten Varianzen im Domänen- und im Vollständigen Motivationsmodell gibt den Anteil der Kriteriumsvarianz an, der ausschließlich durch die beiden auf den Medienkontext bezogenen Motivationsindikatoren aufgeklärt wird, die ja im Domänenmodell fehlen (*semipartial  $R^2$* ; vgl. Cohen & Cohen, 1983, pp. 139–145). Diese Differenz war relativ groß und signifikant von Null verschieden ( $\Delta R^2 = .26$ ;  $p < .001$ ). Dies verweist darauf, dass die spezifisch auf das Lernmedium bezogenen Motivationsmaße geeignet sind, die Nutzung

von metakognitiven Strategien über die auf das Mathematiklernen im Allgemeinen bezogene Motivation hinaus aufzuklären. Umgekehrt ist die Differenz in der Varianzaufklärung zwischen Vollständigem Motivations- und Medienmodell ein Indikator für die Kriteriumsvarianz, die die motivationalen Indikatoren des allgemein-fachlichen Kontexts exklusiv mit den Selbstregulationsstrategien beim Lernen am Computer teilen, also nicht in der medienspezifischen Motivation enthalten ist. Auch hier war eine signifikante, wenngleich deutlich kleinere Differenz in der aufgeklärten Varianz zu verzeichnen ( $\Delta R^2 = .03$ ;  $p < .05$ ). Der Unterschied in der Varianzaufklärung zwischen Vollständigem und Erweitertem Modell spezifiziert schließlich den Anteil der Varianz der Strategienutzung im Medienkontext, die ausschließlich in der korrespondierenden

Strategienutzung im Domänenkontext enthalten ist. Dieser Anteil lag bei  $\Delta R^2 = .14$  ( $p < .001$ ).

## Prüfung der Mediatorhypothese

Die Hypothese, dass der Einfluss der auf das Mathematiklernen im Allgemeinen bezogenen Motivation auf die Selbstregulation beim medienbasierten Mathematiklernen durch die medienspezifische Motivation mediiert ist, prüften wir anhand von Strukturgleichungsmodellen mit Hilfe von LISREL 8.51 (Jöreskog & Sörbom, 2001). Um latente Variablen zu bilden, indikatorisierten wir die Variablen durch die Items der zugehörigen Skalen (Erwartungs- und Wertkomponenten in beiden Kontexten) bzw. durch die Mittelwerte der vier Einzelskalen (Selbstregulation im Medienkontext).<sup>6</sup>

Wir spezifizierten zunächst ein Basismodell, in dem sowohl die direkten Pfade von der Erwartungs- und der Wertkomponente im Domänenkontext auf den Einsatz von Selbstregulationsstrategien im Medienkontext als auch die über die korrespondierenden medienspezifischen Motivationskomponenten medierte Pfade enthalten waren (Abbildung 2). Ausgehend von diesem Basismodell prüften wir mit einer Backward-Strategie, ob die schrittweise Entfernung der direkten Pfade von den motivationalen Komponenten im Domänenkontext auf den Strategieinsatz eine signifikante Verschlechterung der Modellanpassung nach sich zieht.

<sup>6</sup> Für die Selbstregulation wurde auf der Grundlage der LISREL-Modifikationsindizes zwischen den beiden Einzelskalen „Planen“ und „Überwachen“ ein korrelierter Fehler in das Messmodell eingeführt. Dieser dürfte wohl einen Methodeneffekt repräsentieren (Nähe der beiden Skalen im Fragebogen).

Die Schätzung des Basismodells erbrachte im ersten Schritt einen nicht-signifikanten direkten Pfad für die Erwartungskomponente und einen signifikanten direkten Pfad für die Wertkomponente. Im zweiten Modellierungsschritt entfernten wir den nicht-signifikanten Pfad. Die Verschlechterung in der Modellanpassung war nicht signifikant ( $\chi^2(1) = 0.19; p > .10$ ), weswegen der Pfad endgültig aus dem Modell entfernt wurde. Im dritten Schritt prüften wir, ob das Entfernen des direkten Pfads der Wertkomponente zu einer schlechteren Modellanpassung führte. Dies war der Fall ( $\chi^2(1) = 5.05; p < .05$ ), der Pfad wurde deshalb beibehalten.

Das finale Modell (vgl. Abbildung 2) wies eine akzeptable Anpassung an die Daten auf und war konsistent mit den Ergebnissen der Regressionsanalysen ( $\chi^2(47) = 96.24; RMSEA = .080; GFI = .91; CFI = .92$ ). Demnach ist der Effekt der Erfolgserwartung im Fach Mathematik auf den Umfang der Selbstregulation beim computerbasierten Mathematiklernen in diesem Fach vollständig durch die medienspezifische Erfolgserwartung mediiert. Der Einfluss der Wertkomponente in Bezug auf das allgemeine Mathematiklernen ist nach dem finalen Modell nur teilweise über den subjektiven Wert des Arbeitens mit der Lernsoftware vermittelt – es verbleibt ein signifikanter direkter Pfad, der auf einen unabhängigen Einfluss des Werts des Mathematiklernens im Allgemeinen verweist.

## Diskussion

Computerbasierten Lernumgebungen, die Benutzern Freiheitsgrade in der Auswahl von Lerninhalten und Lernaktivitäten zur Verfügung stellen, wird vielfach das Potenzial zugesprochen, SRL zu ermöglichen. Gleichzeitig erfordern sie SRL auch, sollen substanzielle Lernerfolge erzielt werden (zsf. Hadwin et al., 2005). Indes indiziert die Forschungsliteratur einen bei vielen Lernenden unzureichenden Einsatz kognitiver Lernstrategien bei der Nutzung elektronischer Lernmedien (Überblick bei Fischer & Mandl, 2002). Ausgehend von diesen Aspekten der Selbstregulation des computerbasierten Lernens verfolgten wir mit der vorliegenden Arbeit das Anliegen, die Nutzung von metakognitiven Strategien beim Arbeiten mit einer Lernsoftware sowie deren Abhängigkeiten von Komponenten der Motivation der Lernenden aufzuklären. Dazu führten wir eine empirische Studie durch, an der Schüler/innen teilnahmen, die mehrere Unterrichtsstunden mit einer Mathematiklernsoftware (mit Drill-and-Practice- und tutoriellen Anteilen) arbeiteten und die sowohl in Bezug auf den Kontext der computerbasierten Lernumgebung als auch in Bezug auf den Referenzkontext ihres Lerngegenstands befragt wurden.

Unsere Ergebnisse belegen zunächst für den Einsatz von Selbstregulationsstrategien eine moderate und für die beiden einbezogenen Motivationskomponenten, den wahrgenommenen Wert und die Erfolgserwartung, eine hohe Medienspezifität (Hypothese H1). Dies zeigt, dass Lernende, die in traditionellen Lernumgebungen motiviert und selbstreguliert lernen, nicht automatisch auch in com-

puterbasierten und auf den gleichen Lerngegenstand bezogenen Lernumgebungen eine hohe Motivation aufweisen und Selbstregulationsstrategien umfangreich einsetzen. Die gegenüber der Motivation geringere Medienspezifität bei der Nutzung von Selbstregulationsstrategien deutet aber auch darauf hin, dass hierbei ein gewisser Transfer über Lernkontexte hinweg stattfindet, der mit den Regressionsanalysen auch noch nach Kontrolle der Einflüsse der Lernmotivation nachweisbar war. Daraus lässt sich die Hoffnung ableiten, dass Maßnahmen zur Förderung des SRL, die in herkömmlichen Lernsituationen (z. B. dem regulären Unterricht) implementiert werden, auch positive Effekte auf die Selbstregulation beim computerbasierten Lernen haben könnten.

Im Hinblick auf den Umfang der Nutzung metakognitiver Strategien beim computerbasierten Lernen zeigten sich große interindividuelle Unterschiede. In unserer Stichprobe fanden wir in Bezug auf alle vier untersuchten metakognitiven Strategien (und auch in Bezug auf die beiden Motivationskomponenten) größere Varianzen für das Arbeiten mit der Mathematiklernsoftware als für das Mathematiklernen im Allgemeinen. Dies bestätigt die Ergebnisse von Bannert (2005), die ebenfalls große interindividuelle Unterschiede beim Einsatz metakognitiver Strategien berichtete.

Entsprechend der großen Varianz deckten die frequentistischen Analysen im Zusammenhang von Hypothese H2b für alle vier Selbstregulationsstrategien einerseits nennenswerte Schülergruppen auf, die diese beim Arbeiten mit der Lernsoftware häufiger einsetzten als beim herkömmlichen Lernen, die die im Lernmedium inhärenten Möglichkeiten zum SRL also nutzten. Je nach Strategie betraf das etwa jeden dritten bis fünften Schüler. Dies zeigt, dass computerbasierte Lernumgebungen zumindest bei einem Teil ihrer Nutzer die Selbstregulation wie erhofft fördern. Andererseits ergaben die Analysen wiederum auch recht große Gruppen an Schüler/innen, die gegenüber dem regulären Mathematiklernen für das computerbasierte Mathematiklernen einen substanziell selteneren Einsatz von Selbstregulationsstrategien berichteten. Davon betroffen war etwa jede/r zweite bis dritte Schüler/in. Dies ergänzt die vorhandene Literatur zum häufig ineffektiven Einsatz von kognitiven Strategien um Anhaltspunkte dafür, dass auch die metakognitive Kontrolle beim computerbasierten Lernen häufig vergleichsweise gering ist (für vergleichbare Befunde siehe Bannert, 2005).

Auch hinsichtlich der durchschnittlichen Nutzung von metakognitiven Strategien zeigten sich Unterschiede zwischen den beiden einbezogenen Kontexten (Hypothese 2a): Beim Lernen mit der Lernsoftware vollzogen die Schüler/innen durchschnittlich weniger lernplanerische Aktivitäten, die auf die Spezifikation von Zielen, die Planung des Einsatzes kognitiver Lernstrategien und die Reihenfolge der Stoffbearbeitung gerichtet sind, als beim regulären Mathematiklernen. Darüber hinaus nahmen sie während des Arbeitens mit der computerbasierten Lernumgebung durchschnittlich weniger Anpassungen der Lernaktivitäten an sich ändernde Bedingungen (wie etwa

auftretende Verständnisschwierigkeiten) vor als beim herkömmlichen Lernen. Diese Unterschiede bei den beiden metakognitiven Strategien „Planen“ und „Anpassen“ waren von mittlerer Größe. Für die lernplanerischen Aktivitäten bestätigen sie die Ergebnisse der explorativen Studie von Bannert (2005), die für das Lernen mit Hypermedia fand, dass Planungs- und Zielspezifikationsaktivitäten die am seltensten angewendeten Selbstregulationsstrategien sind. Statistisch nicht absicherbar waren die durchschnittlichen Nutzungsunterschiede bei den metakognitiven Strategien „Überwachen“ und „Evaluieren“. Dies lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass die Überwachung des Lernfortschritts und die Evaluation des eigenen Wissensstands in der von uns verwendeten Lernsoftware durch die integrierten Leistungsrückmeldungen vermutlich implizit angeregt werden, wohingegen das Planen und das Anpassen durch das Programm nicht aktiviert werden, auch nicht implizit. Dabei sollte aber nicht übersehen werden, dass trotz der möglichen indirekten Anregung des Überwachens und Evaluierens durch die Lernsoftware eine nennenswerte Gruppe an Schüler/innen identifiziert wurde, die diese beiden metakognitiven Strategien im Vergleich zum Referenzkontext wesentlich seltener einsetzte.

Als Prädiktoren für den Umfang der Strategienutzung beim Arbeiten mit der Lernsoftware wurden hypothesenkonform sowohl medienspezifische als auch ausschließlich gegenstandsspezifische motivationale Faktoren identifiziert (Hypothese H3a). Damit wird belegt, dass sowohl der im Lernmedium umgesetzte Lerngegenstand selbst als auch dessen mediale Aufbereitung (z. B. textuelle und visuelle Präsentation des Gegenstands, Interaktionsmöglichkeiten, medienspezifische Lernaktivitäten, Feedback) zum SRL motivieren oder demotivieren.

Der Wertkomponente kam in beiden Kontexten jeweils eine stärkere Prädiktionskraft zu als der Erfolgserwartung. Dies könnte damit zusammenhängen, dass bei hoher Erfolgserwartung Anforderungen als leicht wahrgenommen werden und folglich eine bewusste metakognitive Kontrolle zumindest für einige Lernenden als überflüssiger kognitiver Mehraufwand erscheint (vgl. Dresel & Haugwitz, 2005).

Um die Bedingungen des SRL mit computerbasierten Lernumgebungen aufzuklären, war es ein Hauptanliegen unserer Studie, nicht nur den absoluten Umfang des Einsatzes von Selbstregulationsstrategien aus Komponenten der Lernmotivation zu präzisieren, sondern auch den gegenüber dem herkömmlichen Lernen abweichenden Strategieinsatz (Hypothese 3b). Erwartungsgemäß ließen sich diese Abweichungen durch die medienspezifischen Motivationskomponenten präzisieren. Wiederum kam der Wertkomponente stärkeres Gewicht zu. Diese Befunde können als Beleg dafür interpretiert werden, dass der beim computerbasierten gegenüber dem herkömmlichen Lernen durchschnittlich geringere Einsatz von Selbstregulationsstrategien zumindest teilweise auf die medienspezifische Motivation der Lernenden und damit auf eine motivational bedingte, wenig umfangreiche Nutzung von Selbstregulationskompetenzen zurückzuführen ist. Dies

impliziert auch, dass einem unzureichenden SRL mit einer auf das computerbasierte Lernen angepassten Förderung der Lernmotivation entgegengewirkt werden kann, sei es durch dezidierte Motivationsfördermaßnahmen oder durch eine Förderung, die Strategietrainings flankiert (z. B. Dresel & Haugwitz, 2007; Dresel & Ziegler, 2006; Schreblowski & Hasselhorn, 2001). Unsere Ergebnisse indizieren, dass dabei insbesondere auf die Förderung der Wertkomponente abgezielt werden sollte.

Zum Zusammenspiel von gegenstands- und medien-spezifischen Motivationskomponenten erbrachten die Mediatoranalysen, dass unsere Hypothese H4 zumindest teilweise zurückgewiesen werden muss. Diese spezifizierete, dass der Einfluss der auf den Lerngegenstand bezogenen Motivation auf das SRL über die auf das Lernmedium bezogene Motivation vermittelt ist. So zeigte sich, dass der wahrgenommene Wert des Fachs Mathematik als Ganzes auch einen nicht durch die Bewertung des Lernens mit der Mathematiklernsoftware vermittelten Einfluss auf den Umfang des Gebrauchs von Selbstregulationsstrategien bei der Bearbeitung der Lernsoftware hatte (die Erwartung, beim regulären Mathematiklernen erfolgreich zu sein, hatte keinen direkten Einfluss). Dieser Befund ist relativ schwer zu interpretieren. Nichtsdestoweniger lässt sich daraus ableiten, dass eine flankierende Möglichkeit zur Verbesserung des SRL beim Medienlernen auch darin liegen könnte, den Wert des Gegenstandsbereichs als solches zu fördern.

Ein interessanter Nebenaspekt der vorliegenden Studie betrifft Geschlechtsunterschiede hinsichtlich der beiden untersuchten Motivationskomponenten: Während sich für das Mathematiklernen im Allgemeinen konform zur existierenden Literatur bei Mädchen eine ungünstigere Motivation fand als bei Jungen (Überblick bei Dresel et al., 2006), waren diese Geschlechtsunterschiede für das Arbeiten mit der Mathematiklernsoftware nicht evident. Dies kann als Hinweis darauf interpretiert werden, dass dem Einsatz von elektronischen Lernmedien in Gegenstandsbereichen, die durch Geschlechterdisparitäten charakterisiert sind, möglicherweise eine speziell für Mädchen bzw. Frauen motivationsförderliche Funktion zukommt oder dass dabei zumindest geschlechtsrollenstereotype Überzeugungen nicht in dem Maße zum Tragen kommen, wie es im stärker durch soziale Interaktion geprägten Setting des regulären Unterrichts der Fall ist (vgl. Dresel et al., 2006). Eine detailliertere Untersuchung auf der Grundlage des hier gefundenen Ergebnismusters scheint eine lohnende Fragestellung für zukünftige Forschungen zu sein.

Eine Einschränkung der vorliegenden Studie betrifft die hier zur Erfassung von Selbstregulationsstrategien verwendeten Selbstberichtsfragebögen, die in jüngerer Zeit von einigen Autor/innen in methodischer Hinsicht kritisiert wurden (Überblick bei Spörer & Brunstein, 2006). Diskutiert wird unter anderem, dass Fragebogenverfahren auf Grund der darin vorgegebenen Strategien zu einer Überschätzung der selbstregulatorischen Aktivitäten führen können, die bei verhaltensnahen Erfassungsmethoden nicht zum Tragen kommt, und dass insbeson-

dere Fragebögen, die Strategien im Hinblick auf den Lerngegenstand und die Lernsituation unspezifisch erfassen, Validitätsprobleme aufweisen dürften. Als Argumente für die Gültigkeit der vorliegenden Ergebnisse kann angeführt werden, dass Fehler, die durch eine etwaige Überschätzung des Einsatzes von Selbstregulationsstrategien entstehen, auf Grund des Einbezugs eines Referenzkontexts nicht zum Tragen kommen. So ist anzunehmen, dass derartige Überschätzungen beide untersuchte Kontexte in gleicher Weise betreffen und deshalb weder die Analyse von Unterschieden zwischen den beiden Kontexten noch die Zusammenhanganalysen systematisch verzerrt sein dürften. Weiterhin lässt sich anführen, dass die Erfassung von Selbstregulationsstrategien zumindest auf einem mittleren Spezifikationsniveau erfolgte, insbesondere im Hinblick auf das SRL beim computerbasierten Lernen. Nichtsdestotrotz wäre eine Replikation unserer Befunde anhand von verhaltensnahen Daten wünschenswert.

Als Perspektive für zukünftige Forschungen lässt sich weiterhin festhalten, dass es – sowohl theoretisch für ein umfassenderes Verständnis des SRL beim Medienlernen sowie praktisch zur Entwicklung von Fördermaßnahmen und zur Identifikation von Richtlinien für das Design von computerbasierten Lernumgebungen – wünschenswert wäre, den Einfluss motivationaler Komponenten auch für andere Lernumgebungen als die von uns verwendete zu untersuchen. Dabei wäre insbesondere an hypermediale Umgebungen und solche Umgebungen zu denken, die einen sehr hohen Grad an SRL erfordern (z. B. Wirth & Leutner, 2006). Da in unserer Studie motivationale Einflüsse beim Lernen mit einer Lernsoftware identifiziert wurden, die eher dem klassischen und in der pädagogischen Praxis weit verbreiteten Typus der Drill- and-Practice- und tutoriellen Programme mit mittleren Selbstregulationsanforderungen zuzuordnen ist, lässt sich vermuten, dass der Lernmotivation bei höheren Anforderungen an das SRL eine noch größere Bedeutung zukommt.

## Literatur

- Azevedo, R. & Cromley, J. G. (2004). Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia? *Journal of Educational Psychology*, 96, 523–535.
- Azevedo, R. & Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition – Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33, 367–379.
- Bannert, M. (2001). *Eine explorative Studie zur spontanen Lernwegplanung und -gestaltung in vernetzten Lernumgebungen*. Vortrag auf der 60. Tagung der Arbeitsgruppe Empirisch Pädagogische Forschung (AEPF) in Bamberg.
- Bannert, M. (2003). Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 13–25.
- Bannert, M. (2005). Explorationsstudie zum spontanen metakognitiven Strategie-Einsatz in hypermedialen Lernumgebungen. In C. Artelt & B. Moschner (Hrsg.), *Lernstrategien und Metakognition* (S. 129–153). Münster: Waxmann.
- Baumert, J., Heyn, S. & Köller, O. (1992). *Das Kieler Lernstrategien-Inventar (KSI)*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Boekaerts, M. & Corno, L. (2005). Self-Regulation in the classroom: A perspective on assessment and intervention. *Applied Psychology: An International Review*, 54, 199–231.
- Bong, M. (2001). Between- and within-domain relations of academic motivation among middle and high school students: Self-efficacy, task value, and achievement goals. *Journal of Educational Psychology*, 93, 23–34.
- Cohen, J. & Cohen, P. (1983). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (2. ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dabbagh, N. & Kitsantas, A. (2005). Using web-based pedagogical tools as scaffolds for self-regulated learning. *Instructional Science*, 33, 513–540.
- Dresel, M. (2004). *Motivationsförderung im schulischen Kontext*. Göttingen: Hogrefe.
- Dresel, M. & Haugwitz, M. (2005). The relationship between cognitive abilities and self-regulated learning: Evidence for interactions with academic self-concept and gender. *High Ability Studies*, 16, 201–218.
- Dresel, M. & Haugwitz, M. (2007). A computer based approach to foster motivation and self-regulated learning. *Journal of Experimental Education*. Revised manuscript under review.
- Dresel, M., Stöger, H. & Ziegler, A. (2006). Klassen- und Schulunterschiede im Ausmaß von Geschlechtsunterschieden bei Leistungsbewertungen und Leistungsaspirationen: Ergebnisse einer Mehrebenenanalyse. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 44–61.
- Dresel, M. & Ziegler, A. (2006). Langfristige Förderung von Fähigkeitsselbstkonzept und impliziter Fähigkeitstheorie durch computerbasiertes attributionales Feedback. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20, 49–63.
- Dresel, M., Ziegler, A. & Heller, K. A. (2001). *MatheWarp 5/6. Ein Mathematik-Lern- und Übungsprogramm mit integrierter Motivationsförderung und einem Handbuch für Schüler(innen)* [Computer Software, Version 2]. München: BTA. Verfügbar unter: <http://www.mathewarp.de>.
- Eccles, J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. & Midgley, C. (1983). Expectancies, values and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives* (pp. 26–43). San Francisco: Freeman.
- Eccles, J. & Wigfield, A. (1995). In the mind of the actor: The structure of adolescents' achievement task values and expectancy-related beliefs. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21, 215–225.
- Fischer, F. & Mandl, H. (2002). Lehren und Lernen mit neuen Medien. In R. Tippelt (Hrsg.), *Handbuch der Bildungsforschung* (S. 623–637). Opladen: Leske und Budrich.
- Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung des selbstgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung* (S. 237–293). Göttingen: Hogrefe.
- Gold, A. & Souvignier, E. (2000). *Lernstrategien und Lernerfolg*. Poster präsentiert auf der 42. Konferenz der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Jena (September).
- Hadwin, A. F., Winne, P. H. & Nesbit, J. C. (2005). Roles for software technologies in advancing research and theory in educational psychology. *British Journal of Educational Psychology*, 75, 1–24.
- Hasselhorn, M. (1992). Metakognition und Lernen. In G. Nold (Hrsg.), *Lernbedingungen und Lernstrategien* (S. 35–63). Tübingen: Narr.
- Heiß, A., Eckhardt, A. & Schnotz, W. (2003). Selbst- und Fremdsteuerung beim Lernen mit Hypermedien. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 211–220.
- Hill, J. R. & Hannafin, M. J. (1997). Cognitive strategies and learning from the World Wide Web. *Educational Technology Research & Development*, 45, 37–64.
- Jonassen, D. H. & Wang, S. (1993). Acquiring structural knowledge from semantically structured hypertext. *Journal of Computer-Based Instruction*, 20, 1–8.

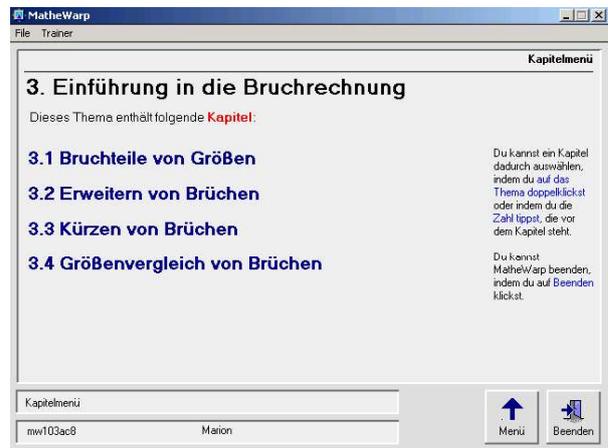
- Jöreskog, K. & Sörbom, D. (2001). *LISREL 8.51* [Computer software]. Chicago: Scientific Software International.
- Kauffman, D. (2004). Self-regulated learning in web-based environments: Instructional tools designed to facilitate cognitive strategy use, metacognitive processing, and motivational beliefs. *Journal of Educational Computing Research*, 30, 139–161.
- Knopf, H. & Werner, G. (1990). Metakognition als Determinante und Ergebnis computerbasierter Aufgabenlösens. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität-Halle-Wittenberg (Gesellschafts- und Sprachwissenschaftliche Reihe)*, 39, 55–62.
- Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.) (2006). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe.
- Marsh, H. W. & Yeung, A. S. (1996). The distinctiveness of affects in specific school subjects: An application of confirmatory factor analysis with the National Educational Longitudinal Study of 1988. *American Educational Research Journal*, 33, 665–689.
- Ministerium für Kultus und Sport Baden-Württemberg (1994). *Bildungsplan für das Gymnasium*. Villingen-Schwenningen: Neckar Verlag.
- Narciss, S. & Huth, K. (2004). How to design informative tutoring feedback for multimedia learning. In H. M. Niegemann, R. Brünken & D. Leutner (Eds.), *Instructional Design for Multimedia Learning* (pp. 181–195). Münster: Waxmann.
- Pintrich, P. R. & Garcia, T. (1993). Intraindividual differences in students' motivation and self-regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 7, 99–107.
- Pintrich, P. R. & Schunk, D. H. (2002). *Motivation in education: Theory, research and application* (2. ed.). Englewood Cliffs, NJ: Merrill Prentice Hall.
- Schiefele, U. & Pekrun, R. (1996). Psychologische Modelle des fremdgesteuerten und selbstgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion* (S. 249–278). Göttingen: Hogrefe.
- Schreblowski, S. & Hasselhorn, M. (2001). Zur Wirkung zusätzlicher Motivänderungskomponenten bei einem metakognitiven Textverarbeitungstraining. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 15, 145–154.
- Schreblowski, S. & Hasselhorn, M. (2006). Selbstkontrollstrategien: Planen, Überwachen, Bewerten. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 151–161). Göttingen: Hogrefe.
- Spörer, N. & Brunstein, C. (2006). Erfassung selbstregulierten Lernens mit Selbstberichtsverfahren. Ein Überblick zum Stand der Forschung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20, 147–160.
- Stiller, K. (2003). Lernstrategien und Lernerfolg beim computerbasierten Wissenserwerb. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 50, 258–269.
- Tergan, S.-O. (2002). Hypertext und Hypermedia: Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme und Perspektiven. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (3. Aufl., S. 99–112). Weinheim: Beltz.
- Winne, P. H. & Hadwin, A. F. (1998). Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Danlosky & A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 277–306). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wirth, J. & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 172–184). Göttingen: Hogrefe.
- Ziegler, A. & Dresel, M. (2006). Lernstrategien: Die Genderproblematik. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 378–389). Göttingen: Hogrefe.
- Ziegler, A., Dresel, M., Schober, B. & Stöger, H. (in Vorb.). *Die Ulmer Motivationstestbatterie (UMTB)*.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulated learning: A social-cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). San Diego, CA: Academic Press.

# Anhang

## Screenshots der Mathematiklernsoftware



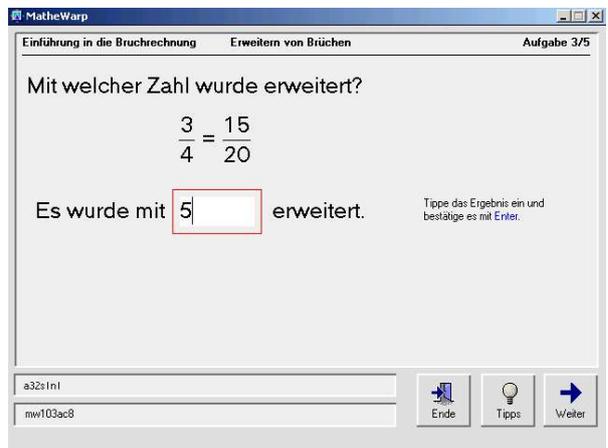
(a)



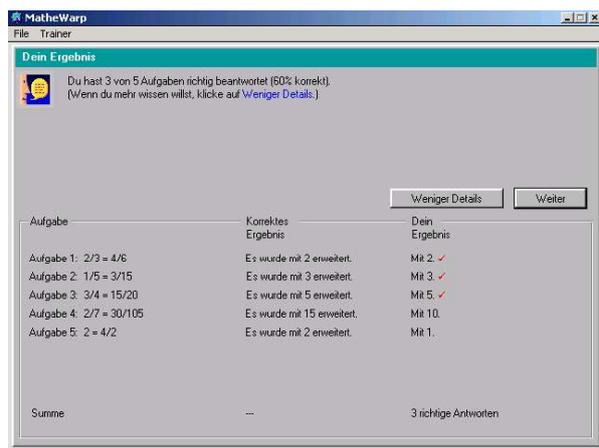
(b)



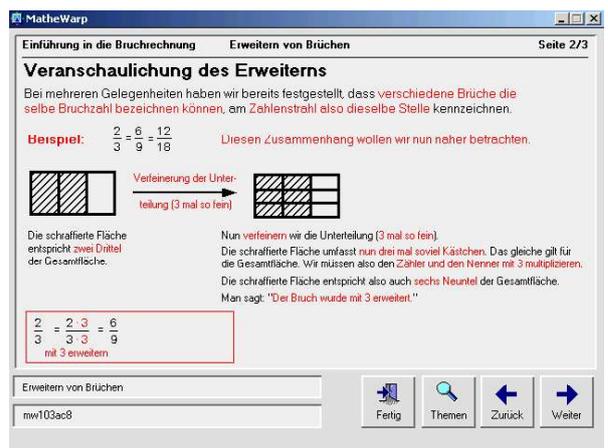
(c)



(d)



(e)



(f)

Screenshots aus der verwendeten Lernsoftware „MatheWarp“: (a) Hauptmenü zur Auswahl eines thematischen Kapitels, (b) Kapitelmenü zur Auswahl eines Unterkapitels, (c) Aufgabenmenü zur Auswahl unterschiedlicher Aufgabentypen und Schwierigkeitsstufen, (d) Beispielaufgabe (in einem Block mit fünf Aufgaben), (e) Ergebnisrückmeldung nach Bearbeitung eines Aufgabenblocks und (f) Lektionen, in denen die mathematischen Inhalte erklärt werden („Tipps“).