Medien in der Wissenschaft

GMW Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V.

Rolf Plötzner, Timo Leuders,
Adalbert Wichert (Hrsg.)

Lernchance Computer

Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden

52

WAXMANN

Rolf Plötzner, Timo Leuders,
Adalbert Wichert (Hrsg.)

Lernchance Computer

Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden

Waxmann 2009
Münster / New York / München / Berlin

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Medien in der Wissenschaft; Band 52
Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V.

ISSN 1434-3436
ISBN 978-3-8309-2216-2

© Waxmann Verlag GmbH, Münster 2009

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlagentwurf: Pleßmann Kommunikationsdesign, Ascheberg
Druck: Hubert & Co., Göttingen
Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier,
säurefrei gemäß ISO 9706

Alle Rechte vorbehalten
Printed in Germany

Inhalt

Einleitung 7
Rolf Plötzner, Timo Leuders, Adalbert Wichert

Lernen mit Texten 21
Helmut Felix Friedrich

Lernen mit multiplen Repräsentationen – Gestaltungs- und Verarbeitungsstrategien 45
Tina Seufert

Metakognitives Fördern des Lernens mit digitalen Medien durch Prompting-Maßnahmen 67
Maria Bannert, Peter Reimann

Strategisches Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden 89
Hubertina Thillmann, Jill Gößling, Joachim Wirth, Detlev Leutner

Entwickeln von Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden: Ein konzeptuelles Rahmenmodell 109
Uwe Kombartzky, Berthold Metz, Rolf Plötzner, Sabine Schlag

Lernen mit informierenden Bildern in Texten 123
Sabine Schlag, Rolf Plötzner

Lernen mit illustrierten Texten 141
Berthold Metz, Adalbert Wichert

Lernen mit erläuterten Animationen 163
Uwe Kombartzky, Rolf Plötzner

Fördern des strategischen Lernens beim computersimulierten Experimentieren durch Prompts 181
Bernd Borgenheimer, Gerhard Weber

Erwerb von Problemlösetechniken beim Lernen
mit Modellierungswerkzeugen 201
Reinhold Haug, Timo Leuders

Kooperatives Lernen mit digitalen Medienverbünden 223
Nikol Rummel, Isabel Braun

Lernen durch Gestalten von digitalen Medien 241
Elmar Stahl

Aktivieren von Lernstrategien durch Bilder 263
Alwine Lenzner, Wolfgang Schnotz

Angaben zu den Autorinnen und Autoren 285

Rolf Plötzner, Timo Leuders, Adalbert Wichert

Einleitung[1]

1 Lernchance Computer

Digitale Medien spielen in Verbindung mit Vorgängen des Lehrens und Lernens eine zunehmend wichtige Rolle. Sie erlauben einerseits die Kombination, Bündelung und Integration verschiedener statischer und dynamisch-interaktiver Darstellungen, wie zum Beispiel Texte, Bilder, Animationen und Simulationen, innerhalb einer einheitlichen Bedienoberfläche, andererseits die Kommunikation und Kooperation in zeitlich und/oder räumlich verteilten Anordnungen. Wurde in der Vergangenheit mit digitalen Medien oft die Annahme verbunden, sie würden unmittelbar zu verbesserten Lernleistungen führen, tritt diese Annahme inzwischen zugunsten einer realistischeren Perspektive zurück: Es wird nun eher berücksichtigt, dass die gleichen Eigenschaften, die in bestimmten Medien und Medienverbünden lernförderlich wirken können, auch neue Anforderungen an die Lernenden stellen.

In den letzten zehn Jahren konnte in der erziehungswissenschaftlichen, fachdidaktischen und psychologischen Forschung wiederholt demonstriert werden, dass die vielseitigen Anforderungen des Lernens mit digitalen Medien und Medienverbünden die Lernenden überfordern können. In zahlreichen Fällen blieben die Erfolge des Lernens mit digitalen Medien weit hinter dem zurück, was aufgrund von Analysen der mit diesen Medien verbundenen Potenziale erwartet worden war. Wie Niegemann et al. (2004) festhalten, sichern bunte und bewegte Bilder, schöne Hintergrundmusik, realistische Geräusche und ansprechende Kombinationen von Schrift, Sprache und Bild alleine nicht den Lernerfolg. Genauso wenig wie jemand schwimmen lernt, wenn man ihn ins Wasser wirft, genauso wenig stellt sich die Fähigkeit ein, zielgerichtet und selbstständig zu lernen, wenn man unvorbereitet mit digitalen Medienverbünden konfrontiert wird.

Mit Blick auf die Förderung des Lernens mit digitalen Medienverbünden lassen sich grundsätzlich zwei aufeinander bezogene Forschungsperspektiven unterscheiden: (1) die Perspektive der *Mediengestaltung* und (2) die Perspektive der *Mediennutzung*. Unter der Perspektive der Mediengestaltung ist es ein zentrales Ziel, un-

[1] Die Erstellung dieses Bandes wurde im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden“ vom Land Baden-Württemberg gefördert. Wir danken Bettina Kläsle für ihre Unterstützung bei der Erstellung des Bandes.

terschiedliche Medien unter Berücksichtigung semiotischer, linguistischer sowie wahrnehmungs- und lernpsychologischer Erkenntnisse so zu gestalten, zu kombinieren und zu integrieren, dass den Lernenden die Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung möglichst leicht fällt. Diese Forschungsperspektive hat in den letzten zehn Jahren zu zahlreichen Prinzipien der Gestaltung von digitalen Medien und Medienverbünden geführt, deren lernförderliche Wirkung empirisch nachgewiesen werden konnte (für Beispiele siehe die Aufsatzsammlungen von Clark & Mayer, 2008; Mayer, 2005; Lowe & Schnotz, 2008). Allerdings muss festgehalten werden, dass Maßnahmen zur Mediengestaltung das Lernen mit Medien zwar unterstützen, den Lernerfolg aber niemals gewährleisten können. Ursächlich für Lernen sind letztlich immer die gedanklichen Auseinandersetzungen der Lernenden mit den medial vermittelten Informationen. Dabei können solche Auseinandersetzungen gegebenenfalls wiederum mit Hilfe von Medien angeregt und unterstützt werden.

Im Mittelpunkt der Perspektive der Mediennutzung steht die Frage, über welche Fähigkeiten und Fertigkeiten Lernende verfügen müssen, um sich gewinnbringend mit digitalen Medien und Medienverbünden auseinandersetzen zu können. Dabei kann die Rezeption von Medien und Medienkombinationen genauso angesprochen sein wie die Transformation und eigenständige Produktion von Medien. Während zur Perspektive der Mediennutzung aus den Bereichen des Textverstehens und der Textproduktion bereits umfangreiche Erkenntnisse vorliegen, sind Formen erfolgreicher gedanklicher Auseinandersetzungen mit Kombinationen aus Texten und Bildern, Animationen, Simulationen und dynamisch-interaktiven Modellierungswerkzeugen bisher vergleichsweise wenig erforscht.

Mandl und Friedrich (2006) haben in einem Handbuch den Stand der Forschung zu Lernstrategien zusammengefasst (vgl. auch Artelt, 2000; Artelt & Moschner, 2005). Im Vordergrund steht das Lernen aus Texten, das vor allem aus lernpsychologischer Perspektive beleuchtet wird. Andere Medien und Medienverbünde, wie statische und dynamische Bilder, Simulationen und dynamische Modellierungswerkzeuge, werden eher am Rande behandelt.

Da Lernen in zunehmendem Maße auf der Grundlage multimedialer sowie dynamischer und interaktiver Darstellungen erfolgt, möchten wir mit dem vorliegenden Band eine Ergänzung zum Handbuch von Mandl und Friedrich (2006) anbieten. Im Zentrum des Bandes stehen daher Forschungsarbeiten zum Lernen mit verschiedenen statischen und dynamisch-interaktiven Medienverbünden wie zum Beispiel mit Kombinationen aus Texten und Bildern, Animationen, Simulationen und dynamisch-interaktiven Modellierungswerkzeugen. Darüber hinaus wird eine interdisziplinäre Perspektive eingenommen: Neben einer lernpsychologischen Perspektive finden auch fachdidaktische und mediendidaktische Sichtweisen Berücksichtigung.

Anknüpfend an die Forschung zum Lernen aus Texten sowie an Erkenntnissen zum Lernen mit multiplen Repräsentationen wird ein konzeptuelles Modell vorgeschlagen, das als Grundlage für die Entwicklung von Strategien für das Lernen mit den genannten Medienverbünden dienen kann. Für verschiedene statische und dynamische Medienverbünde werden im Rahmen des Bandes konkrete Lernstrategien vorgeschlagen, die einer empirischen Prüfung unterzogen wurden. Durch die Darstellung weiterer Forschungsarbeiten, die für das strategische Lernen mit digitalen Medienverbünden von zentraler Bedeutung sind, wird der vorliegende Band abgerundet: die Rolle von Metakognitionen und Selbstregulationsprozessen sowie die Perspektiven kooperativer und gestaltungsorientierter Herangehensweisen.

2 Medienverbünde

Ausgangspunkt des Begriffs Medienverbund stellt der Begriff *Medium* dar, für den eine Vielzahl an Beschreibungen und Klassifikationen vorliegt. Zum Beispiel schlägt Weidenmann (2002) vor, Medien entlang dreier Dimensionen zu ordnen: (1) dem verwendeten Zeichensystem bzw. der verwendeten Kodierung (z.B. symbolisch, ikonisch, indexikalisch), (2) dem angesprochenen Sinneskanal (z.B. visuell, auditiv, taktil) und (3) dem physikalischen Träger (z.B. Papier, Computer).

Auch zum Begriff *Medienverbund* liegen zahlreiche Formulierungen vor. So wurde die Bezeichnung Medienverbund in der Vergangenheit oft zur Beschreibung von Anordnungen verwendet, in denen Informationen auf mehreren Medien verteilt, aber nicht in integrierter Form dargeboten wurden (vgl. Weidenmann, 2002). Demgegenüber wird der Begriff in neuerer Zeit auch verwendet, um Anordnungen zu charakterisieren, in denen verschiedene Einzelmedien intermedial verschränkt und integriert präsentiert werden (z.B. Faulstich, 2004). Galten in der Vergangenheit Film und Fernsehen als herausragende Beispiele für Medienverbünde in diesem Sinne, so müssen diese heute um verschiedene digitale Medien ergänzt werden, die integriert auf dem Computer präsentiert werden.

Die in diesem Band behandelten Medienverbünde enthalten in der Regel sowohl textliche als auch bildliche Elemente. Die Textanteile können dabei informative oder regulative Funktionen besitzen, das heißt, sie können einerseits inhaltliche Bedeutung tragen oder andererseits den Umgang mit dem Medienverbund regulieren, etwa in Form von Bedienungshilfen oder Verarbeitungsaufforderungen. Dabei kann ein so beschriebener Textanteil auch als „Sprachtext“ bezeichnet werden, denn im Rahmen eines erweiterten Textbegriffes können multimediale Strukturen als Texte im weiteren Sinne aufgefasst werden (z.B. Doelcker, 1997; Titzmann, 1990).

Zu den grundlegenden Medienverbünden zählen Kombinationen aus Sprachtexten und Bildern. Darin begegnet die/der Lernende visuellen Informationen, die als Sprachtext und als Bild kodiert sind, was mit dem für diesen Medienverbund geprägten Begriff der „Lesefläche“ zum Ausdruck gebracht wird (vgl. Gross, 1994). Die Anforderungen an die/den Lernenden bestehen hier sowohl im Dekodieren jeder einzelnen Repräsentation als auch darin, die verschiedenen Informationen angemessen aufeinander zu beziehen und mental zu integrieren. Die mit Blick auf diesen Medienverbund vorgenommenen Überlegungen zur Unterstützung des Lernens sind daher für alle Medienverbünde von Bedeutung, in denen sprachliche und bildliche Repräsentationen zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Mit Hilfe des Computers können nicht nur statische, sondern auch dynamische Bilder präsentiert werden, wie zum Beispiel Filme und Animationen. Schnotz und Lowe (2008) definieren Animationen als visuelle Repräsentationen, deren Eigenschaften sich so über die Zeit verändern, dass sie als – mehr oder weniger – kontinuierliche Veränderungen wahrgenommen werden. In didaktischen Zusammenhängen werden Animationen oft verwendet, um Prozessabläufe dynamisch darzustellen. Dabei können sowohl abstrakte (z.B. die Umformung einer Gleichung) als auch reale Prozesse (z.B. die Metamorphose eines Schmetterlings) in ihrer Struktur, Kausalität und/oder Chronologie veranschaulicht werden. Den Lernenden kann in begrenztem Umfang die Möglichkeit zur Steuerung der ansonsten linearen Abläufe eingeräumt werden.

In vielen Fällen sind Animationen mit geschriebenen oder gesprochenen Textelementen angereichert, so dass sie ähnliche Anforderungen an die Lernenden stellen wie Kombinationen aus Sprachtexten und Bildern (vgl. Lowe & Schnotz, 2008). Darüber hinaus müssen die Lernenden aber in der Lage sein, die sich kontinuierlich verändernden Repräsentationen zeitlich wie räumlich aufzulösen, um für die Lernsituation bedeutsame Elemente zu erkennen und in Beziehung zu setzen.

Einen höheren Grad an Beeinflussbarkeit als Bilder und Animationen bieten zum Beispiel Simulationen. Während Lernende höchstens den zeitlichen Ablauf von Animationen beeinflussen können, können in Simulationen in der Regel mehrere Variablen verändert werden. Einerseits bieten viele Simulationen damit die Möglichkeit, funktionale Zusammenhänge zwischen Variablen interaktiv zu erkunden. Andererseits gehen mit dieser Möglichkeit hohe Anforderungen an die Lernenden einher. Zum einen müssen die Lernenden eigene Erkenntnisziele entwickeln und ihre Interaktionen mit Blick auf diese Ziele planen, überwachen, bewerten und regulieren. Zum anderen müssen die Lernenden durch entsprechend strukturierte Interaktionen erst die Informationen und Darstellungen erzeugen, die für anschließende Informationsverarbeitungsprozesse zur Verfügung stehen (vgl. Wirth & Leutner, 2006).

Während eine Simulation zumeist ein bestimmtes Modell repräsentiert, das mehr oder weniger festliegt und dessen Variablen durch die Lernenden lediglich verändert werden können, stellen Modellierungswerkzeuge den Lernenden Mittel bereit, mit denen ein solches Modell erst konstruiert werden kann. Sie stellen die potenziell höchsten Anforderungen an die Lernenden, die den jeweils modellierten Weltausschnitt zumindest in Ansätzen begrifflich durchdringen müssen, da sie von Beginn an eigene Konstruktionsleistungen erbringen müssen. Die Lerntätigkeit besteht dabei zumeist in einem Zyklus aus theoriegeleitetem und/oder erkundendem Konstruieren von Modellen, die dann in ihren Eigenschaften untersucht werden. Die Untersuchung erfolgt oft analog zum Umgang mit einer Simulation oder Animation. Sie führt ggf. zurück zu einer Modifikation, Erweiterung oder Ausdifferenzierung des Ausgangsmodells. Um die Anforderungen an die Lernenden schrittweise zu erhöhen, kann die Verwendung von Modellierungswerkzeugen von der angeleiteten Nachahmung der Modellkonstruktion, über die Modifikation von vorgefertigten Modellen bis hin zu einer vollständig eigenständigen und problemlösenden Konstruktion reichen. Zu unterscheiden ist auch, ob Lernarrangements eine gewisse Fähigkeit im Umgang mit den Werkzeugen vor der eigentlichen Lernsituation vermitteln oder einen schrittweisen Erwerb von „Werkzeugkompetenz“ in die Lernsituation integrieren.

In komplexen und vernetzten Lernumgebungen können die beschriebenen Medienverbünde wiederum kombiniert werden, ergänzt um verschiedene Möglichkeiten der rechnervermittelten Kommunikation. Darüber hinaus ermöglicht der Computer nicht nur die Repräsentation von realen Objekten (z.B. Stromkreisen), sondern auch von mentalen Konzepten (z.B. Feldlinien) sowie von Lernstrategien (z.B. Visualisierung mit Hilfe einer MindMap) und Problemlösestrategien (z.B. Zeichnen einer Hilfslinie). Damit wird er schließlich zu einem Denkwerkzeug, das darauf zielt, die kognitiven Fähigkeiten der Lernenden zu erweitern (vgl. Jonassen, 2000).

3 Lernstrategien

Im Mittelpunkt dieses Bandes stehen Fragen der Konzipierung und empirischen Überprüfung von Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden. Mit Streblow und Schiefele (2006) kann unter einer Lernstrategie „(a) … eine Abfolge von effizienten Lerntechniken, die (b) zielführend und flexibel eingesetzt werden, (c) zunehmend automatisiert ablaufen, aber (d) bewusstseinsfähig bleiben“ (S. 353) verstanden werden. Dabei wird häufig zwischen kognitiven Strategien, metakognitiven Strategien, kooperativen Strategien sowie Stützstrategien unterschieden (z.B. Friedrich & Mandl, 2006; Wild, Hofer & Pekrun, 2006). Während kognitive Strategien auf die unmittelbare Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung zielen, dienen metakognitive Strategien der Selbstregulation und Selbstüberwa-

chung. Für kooperative Strategien ist nicht nur die Anregung und Unterstützung kognitiver Prozesse kennzeichnend, sondern auch die Unterstützung motivationaler und emotionaler Prozesse. Stützstrategien betreffen schließlich Fragen der Gestaltung der Lernsituation einschließlich der zur Verfügung stehenden zeitlichen, materiellen und sozialen Ressourcen. Im vorliegenden Band werden vor allem kognitive Strategien, aber auch metakognitive und kooperative Strategien beleuchtet.

Lerntechniken bezeichnen in dieser Definition einzelne Lernhandlungen. Diese können sowohl interne, nicht beobachtbare Aktivitäten, als auch externe, beobachtbare Aktivitäten umfassen. Zum Beispiel stellt das Memorieren eines Wortes oder einer Zahl eine Lerntechnik dar, die in vielen Fällen ausschließlich intern ausgeführt wird. Bekannte Beispiele für Lerntechniken, die neben internen auch externe Lernhandlungen umfassen, sind das Unterstreichen von Textausschnitten, das Markieren von Bildbereichen und das Annotieren von Text- oder Bildstellen. Zu einer Lernstrategie wird eine Sammlung von Lerntechniken erst dann, wenn die verschiedenen Lerntechniken systematisch, zielorientiert und koordiniert eingesetzt werden.

Je nach Art des vorliegenden Medienverbundes können Lernstrategien nicht betrachtet werden, ohne auch Problemlösestrategien in den Blick zu nehmen. Während beim Lernen mit Kombinationen aus Texten und Bildern sowie Animationen in vielen Fällen der Wissenserwerb im engeren Sinne im Vordergrund stehen kann, wird beim Lernen mit Simulationen und Modellierungswerkzeugen deutlich, dass Lernaktivitäten und Problemlöseaktivitäten wechselseitig aufeinander bezogen sind.

In der Forschung zu Lernstrategien können zumindest drei Forschungslinien unterschieden werden. In einer Forschungslinie stehen die Fragen im Mittelpunkt, welche Strategien Lernende spontan nutzen und worin sich erfolgreiche und weniger erfolgreiche Lernende mit Blick auf die Nutzung von Lernstrategien unterscheiden. Diese Forschungslinie wurde bisher vor allem im Bereich des Lernens aus Texten verfolgt. Zum Beispiel untersuchten Marton und Säljö (1997), wie sich Lernende ein Verständnis eines Textes erarbeiten. Sie unterschieden zwei Herangehensweisen: Eine oberflächenorientierte Arbeitsweise, die in erster Linie auf Reproduktionsleistungen zielt, und eine tiefenorientierte Arbeitsweise, die vor allem auf Verständnisleistungen zielt. Beispiele für entsprechende Untersuchungen zum Lernen mit Animationen sind die Arbeiten von Lowe (2003) sowie Bétrancourt und Chassot (2008). Auf der Grundlage dieser Forschungslinie lassen sich empirisch Lerntechniken und Lernstrategien identifizieren, die weniger erfolgreich Lernende ggf. unterstützen können, ihre Lernergebnisse zu verbessern.

Im Mittelpunkt einer zweiten Forschungslinie steht die Frage, wie Lernstrategien analytisch konzipiert werden können, so dass die gewünschten kognitiven und metakognitiven Prozesse auf Seiten der Lernenden möglichst optimal angeregt und

aufrechterhalten werden. Auch diese Forschungslinie wurde bisher vor allem im Bereich des Lernens aus Texten verfolgt. Ausgangspunkt sind zumeist Prozessmodelle wie zum Beispiel das Modell des Textverstehens von Kintsch (1998). Anknüpfend an die in solchen Modellen angenommenen Informationsverarbeitungsprozesse werden Lerntechniken und Lernstrategien formuliert, welche die korrespondierenden Prozesse auf Seiten der Lernenden induzieren sollen. Bekannte Beispiele für Strategien, die das Textverständnis fördern sollen, sind die PQ4R-Methode von Thomas und Robinson (1972), die MURDER-Strategie von Dansereau et al. (1979) und die REDUTEX-Strategie von Friedrich (1995). Auch für den Bereich des kooperativen Lernens wurden in den letzten Jahren zahlreiche Vorschläge formuliert, wie kooperative Wissenserwerbsprozesse gezielt unterstützt und gefördert werden können (für eine Übersicht vgl. z.B. Fischer, Kollar, Mandl & Haake, 2007).

Im Mittelpunkt einer dritten Forschungslinie steht schließlich die Frage, wie Lernenden sowohl empirisch identifizierte als auch analytisch konzipierte Lernstrategien erfolgreich vermittelt werden können. Entsprechend der Definition von Streblow und Schiefele (2006) ist es Ziel einer solchen Vermittlung, dass die Lernenden eine Strategie Schritt für Schritt verinnerlichen und zunehmend automatisiert in neuen Lernsituationen anwenden. Empirische Untersuchungen deuten jedoch darauf hin, dass die Vermittlung von Lernstrategien in diesem Sinne eine Herausforderung darstellt (vgl. Wild, Hofer & Pekrun, 2006). In vielen Fällen gelingt den Lernenden die eigenständige Übertragung einer zuvor geübten Strategie auf neue Lernsituationen nicht ohne Unterstützung. Erhöht werden kann die Wirksamkeit der Vermittlung kognitiver Strategien dadurch, dass die Strategien zunächst eng auf den Lerngegenstand bezogen und um metakognitive Aktivitäten ergänzt werden.

Mit Blick auf das strategische Lernen mit digitalen Medienverbünden kann der Computer grundsätzlich zwei Aufgaben übernehmen: Zum einen werden den Lernenden digitale Medienverbünde auf dem Computer dargeboten, zum anderen kann der Computer die Anwendung von Lernstrategien unterstützen. Dazu kann den Lernenden im einfachsten Fall eine Lernstrategie in Form einer Abfolge auszuführender Lerntechniken statisch dargeboten werden. Dynamische Darbietungen setzen Verknüpfungen von Medienverbund und Lernstrategie voraus: Lernende können genau dann aufgefordert werden eine Lerntechnik auszuführen, wenn diese für ein Verständnis der jeweils dargebotenen medialen Konstellation förderlich ist. Ist es den Lernenden möglich, interaktiv Eingaben und Konstruktionen vorzunehmen, so ist schließlich die Verwendung von Verfahren vorstellbar, welche die Eingaben und Konstruktionen der Lernenden mit Blick auf eine Lernstrategie analysieren und den Lernenden eine auf die jeweilige Situation bezogene Rückmeldung oder Aufforderung präsentieren (vgl. Woolf, 2008).

4 Grundlagenforschung und Anwendung im Fachunterricht

In mehreren Beiträgen dieses Bandes werden empirische Untersuchungen zu Themen und Materialien berichtet, die sich einzelnen Unterrichtsfächern zuordnen lassen. Dennoch sind die in diesen Beiträgen berichteten Arbeiten als Grundlagenforschung zu verstehen. Der Weg zur Umsetzung der Forschungsergebnisse im Fachunterricht ist noch weit. Unstrittig dürfte die medienpädagogische Aufgabe der Schule sein, Schülerinnen und Schüler im Unterricht auf den Umgang mit den Medien vorzubereiten, die ihnen im privaten und beruflichen Alltag begegnen (vgl. z.B. Lieber, 2008). Den mit diesem Argument verbundenen Initiativen „Informationstechnische Grundbildung“ und „Schulen ans Netz“ sollte ein Konzept des Lernens mit Medienverbünden folgen, ohne alte Fehler zu wiederholen: zum einen den Fehler, „computer literacy“, „internet literacy“ und „multimedia literacy“ als lediglich technische Fähigkeit zu begreifen, mit Geräten und Programmen umgehen zu können, zum anderen, sie nur auf der normativen Grundlage eines „man müsste…“ in den Unterricht zu integrieren, anstatt sie auf Ergebnissen empirischer Unterrichtsforschung aufzubauen.

Nimmt man den Begriff „literacy“ ernst und reflektiert ihn aus der Perspektive der Schule, dann tritt der technische Aspekt des Mediums in den Hintergrund und der Aspekt der spezifischen Lernweisen mit unterschiedlichen Repräsentationsformen in Medien und Medienverbünden in den Vordergrund. Schule vermittelt und übt vorrangig den Umgang mit Schrift, vor allem Produktion und Rezeption mehr oder weniger in sich geschlossener Ganztexte. Der Umgang mit diskontinuierlichen und fragmentarischen Texten sowie mit nicht sprachlichen Zeichenformen wird kaum systematisch geschult, noch weniger wird der Umgang mit Bildern systematisch behandelt (Schmitz, 2003). So kommt Kremling (2008) auf der Grundlage einer schriftlichen Befragung von Lehramtsstudierenden sowie Lehrerinnen und Lehrern zu der Feststellung, „… dass neue Medien, Bilder, Bildbearbeitung und Bildkompetenzen weder in Schule noch in der universitären Lehrerausbildung einen bedeutsamen Stellenwert einnehmen. Zwar wird der Umgang mit Bildern, in der Universität mehr als in der Schule, vorausgesetzt, fundiertes Wissen über den Einsatz von Bildern und nötige Kompetenzen werden jedoch weder im Studium noch in der Schule ausreichend erworben“ (S. 122). Unsere Kultur und unser Schulsystem werden weiterhin schriftzentriert bleiben. Die „… Scheuklappen gegenüber anderen Zeichenformen …“ (Schmitz, 2003) müssen aber abgelegt werden. „Hatte die Erfindung des Buchdrucks ein paar Jahrhunderte lang alle Vorzüge der Schrift die Gesellschaft durchdringen lassen, so erlauben es Massenmedien und neuerdings digitale Medien, eben diese spezifischen Vorzüge mit denjenigen anderer Zeichenformen zu verbinden“ (ebd.). Das gilt nicht nur für das Bild, sondern ebenso für Film und Animation, für Simulation und Modellierungswerkzeuge.

Was Medienverbünde und ihr Potenzial für die Gegenstände der Fachdisziplinen angeht, ist deshalb das Interesse der Fachdidaktiken an grundlegenden Studien groß. Die hier vorgelegten Studien müssen aber noch viele Fragen unbeantwortet lassen. Dazu gehören zum Beispiel Fragen nach der fachlichen und ästhetischen Qualität der medialen Darstellungen, aber auch Fragen nach der Formulierung, Begründung und Reflexion geeigneter Lernziele. Im Mittelpunkt der vorgestellten Projekte stehen kognitive Lernziele, vor allem zum Erwerb von Detail- und Zusammenhangswissen. Hermeneutische Ziele, wie sie für die Kulturwissenschaften und ihre Fachdidaktiken von zentraler Bedeutung sind, also Fragen nach den Vorstellungen und Absichten der Autorin oder des Autors, Fragen nach Strategien, diese zu verstehen, Fragen nach den subjektiven Erlebnissen und Verarbeitungsprozessen des Rezipienten beim Umgang mit dem Medienangebot, Fragen nach der Anschlusskommunikation über das Medienangebot und nach Strategien, diese zu fördern, Fragen, die sich nicht nur mit den Inhalten von Texten bzw. von Repräsentationen befassen, sondern primär mit deren Textualität bzw. Repräsentationsoberfläche, mit der Wechselwirkung zwischen Gestalt und Inhalt, Stil und Aussage, können das Lernen mit Multimedien ebenfalls beeinflussen und müssten daher ebenfalls Gegenstand fachdidaktischer Studien zum Lernen mit Medienverbünden sein.

In den vorliegenden empirischen Studien wurden die Anwendungen der Lernstrategien kontrolliert: Ein Nichtanwenden, das Modifizieren und das selbstständige „Dosieren“ von Strategien wurden so weit wie möglich ausgeschlossen. In unterrichtlichen Lernprozessen gestaltet sich die Anwendung von Strategien jedoch komplexer. Zukünftige Studien werden daher auch zu klären haben, inwieweit die Vermittlung und das Training spezifischer Strategien tatsächlich zur Grundlage selbstständigen Lernens werden können.

5 Überblick der Beiträge

Beiträge 1–4. Dier ersten vier Beiträge des Bandes beleuchten grundlegende Prozesse des mediengestützten Lernens: (1) Das Lernen aus Texten, (2) das Lernen mit multiplen Repräsentationen, (3) die Bedeutung metakognitiver Prozesse für das mediengestützte Lernen und (4) die Rolle von Selbstregulationen insbesondere mit Blick auf interaktive Darstellungen.

Kaum ein Bereich des mediengestützten Lernens ist so gut erforscht wie das Lernen aus Texten. Die in diesem Bereich erzielten Forschungsergebnisse stellen einen wichtigen Ausgangspunkt für die Forschung zum Lernen mit digitalen Medienverbünden dar. *Helmut Felix Friedrich* fasst den Stand der Forschung zum Lernen aus Texten in seinem Beitrag zusammen. Besondere Aufmerksamkeit kommt dabei den Möglichkeiten zur Anregung von Lernprozessen durch Textgestaltungsmaßnah-

men, strategieaktivierenden Aneignungsaufgaben und Strategietrainings zu. Darüber hinaus wird beleuchtet, wie sich das Lernen aus Texten im Kontext digitaler Medienverbünde verändert.

Welche Potenziale und Risiken das Lernen mit digitalen Medienverbünden birgt, wird von *Tina Seufert* dargestellt. Dazu werden zunächst kognitionspsychologische Modellvorstellungen der Verarbeitung multipler Repräsentationen beschrieben. Auf der Basis dieser kognitionspsychologischen Modelle werden zwei Ansatzpunkte zur Förderung des Wissenserwerbs mit multiplen Repräsentationen vorgestellt: zum einen die Gestaltung von Lernumgebungen und zum anderen die Förderung effektiver Strategien auf der Seite der Lernenden.

In vielen Fällen erweisen sich lernstrategische Fördermaßnahmen vor allem dann als lernwirksam, wenn durch sie auch metakognitive Aktivitäten angeregt werden. *Maria Bannert* und *Peter Reimann* stellen verschiedene Möglichkeiten zur Anregung metakognitiver Aktivitäten vor. Zunächst werden Konzepte und Befunde der Forschung zu Trainings von Lernstrategien skizziert und Gestaltungsprinzipien für wirksame metakognitive Fördermaßnahmen abgeleitet. Vor diesem Hintergrund werden anschließend empirische Untersuchungen beschrieben, die darauf abzielen, das Lernen mit digitalen Medien durch metakognitive Interventionen zu fördern. Im Fokus stehen dabei die Gestaltung und Evaluation von Prompting-Maßnahmen, welche die Qualität metakognitiver Prozesse verbessern.

Digitale Medienverbünde stellen erhöhte Anforderungen an die Fähigkeit zur Selbstregulation der Lernenden. *Hubertina Thillmann*, *Jill Gößling*, *Joachim Wirth* und *Detlev Leutner* analysieren diese Anforderungen mit Blick auf verschiedene Medienverbünde. und schlagen Maßnahmen vor, wie die Lernenden unterstützt werden können, die an sie gestellten Anforderungen erfolgreich zu bewältigen: Einerseits werden Prompts vorgestellt, die den Einsatz der richtigen Strategie zum richtigen Zeitpunkt anregen, andererseits werden Empfehlungen zur Gestaltung digitaler Medienverbünde sowie der Instruktion zum Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden gegeben.

Beiträge 5–10. Im Mittelpunkt dieser sechs Beiträge steht die Frage, wie Erkenntnisse aus den zuvor beleuchteten Forschungsbereichen genutzt werden können, um Strategien für das Lernen mit verschiedenen digitalen Medienverbünden zu entwickeln. Dazu wird zunächst ein Rahmenmodell für die Entwicklung solcher Strategien beschrieben. Anschließend werden konkrete Strategien für das Lernen mit Kombinationen aus Texten und Bildern, Animationen, Simulationen und dynamisch-interaktiven Modellierungswerkzeugen vorgestellt und Ergebnisse empirischer Untersuchungen zu ihrer Lernwirksamkeit berichtet.

Uwe Kombartzky, *Berthold Metz*, *Rolf Plötzner* und *Sabine Schlag* stellen ein konzeptuelles Rahmenmodell vor, das darstellt, wie Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden entwickelt werden können. Ausgangspunkt des Modells sind aktuelle Theorien und Modelle zum multimedialen Lernen. Es werden Lernstrategien aus dem Bereich des Lernens mit Texten sowie Lerntechniken aus dem Bereich des Lernens mit Bildern zusammenfassend dargestellt. Daran anknüpfend werden grundlegende Arten kognitiver Lernprozesse identifiziert und dargelegt, wie Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden konstruiert werden können, die diese Lernprozesse systematisch anregen.

Unter Verwendung dieses Rahmenmodells entwickeln *Sabine Schlag* und *Rolf Plötzner* sowie *Berthold Metz* und *Adalbert Wichert* in ihren Beiträgen konkrete Strategien für das Lernen mit bebilderten Texten und überprüfen, inwieweit diese Strategien geeignet sind, das Lernen von Schülerinnen und Schülern zu fördern. Während im Mittelpunkt des Beitrages von *Sabine Schlag* und *Rolf Plötzner* Sachtexte und informierende Bilder stehen, die sowohl realistische als auch schematische Komponenten umfassen, stehen im Zentrum des Beitrages von *Berthold Metz* und *Adalbert Wichert* Sprachtexte und Illustrationen, die den Abbildern zuzuordnen sind.

Uwe Kombartzky und *Rolf Plötzner* zeigen, dass das vorgeschlagene Rahmenmodell auch erfolgreich genutzt werden kann, um Strategien für das Lernen mit Animationen zu konstruieren. Untersucht wird das Lernen mit einer Animation, die mit gesprochener Sprache kombiniert ist. Es zeigt sich, dass die besten Lernergebnisse dann erzielt werden, wenn die entwickelte Lernstrategie nicht nur zur Verfügung gestellt wird, sondern darüber hinaus ihre Anwendung kontrolliert wird.

Auch den vielseitigen Anforderungen interaktiver digitaler Medienverbünde kann durch die Anregung und Vermittlung von Lernstrategien erfolgreich begegnet werden. *Bernd Borgenheimer* und *Gerhard Weber* untersuchen dies am Beispiel des computersimulierten Experimentierens. Da sich das strategische Lernen nicht automatisch einstellt, muss der Einsatz von Strategien gezielt angeregt werden. Dies kann durch Prompting-Maßnahmen erreicht werden. Dazu wurde die Wirksamkeit zweier Arten von Prompts untersucht: zum einen Prompts die zu bestimmten Handlungen während des computersimulierten Experimentierens auffordern, zum anderen Prompts die zur Verarbeitung der durch die Handlungen gewonnenen Informationen anregen.

Reinhold Haug und *Timo Leuders* nehmen das Lernen und Problemlösen mit Modellierungswerkzeugen in den Blick. Das Lernen mit Modellierungswerkzeugen zielt sowohl auf den Wissensaufbau als auch auf den Erwerb heuristischer Kompetenzen. Allerdings erweisen sich solche Werkzeuge im Rahmen des Lernens oft als schwierig, weil den Schülerinnen und Schülern durch die Werkzeuge nicht genügend Orientierung, Strukturierung und Unterstützung geboten wird. Es wird daher

der Frage nachgegangen, inwieweit ein Modellierungswerkzeug in Verbindung mit einer vorstrukturierenden und zugleich Reflexionen anregenden Lernumgebung den selbstständigen Erwerb grundlegender Problemlösetechniken im Bereich der Mathematik fördern kann.

Beiträge 11–13. In den abschließenden drei Beiträgen werden neuere Forschungsperspektiven auf das Lernen mit digitalen Medienverbünden vorgestellt. Einerseits wird das Potenzial dieser Perspektiven für ein strategisches Lernen mit digitalen Medienverbünden verdeutlicht, andererseits werden bestehende Forschungslücken identifiziert und wünschenswerte Entwicklungen vorgeschlagen.

In vielen Fällen findet Lernen in sozialen Kontexten statt. Was dies für das Lernen mit digitalen Medienverbünden bedeuten kann, wird von *Nikol Rummel* und *Isabel Braun* dargestellt. Die Frage, welche Möglichkeiten bestehen kooperatives Lernen durch geeignete Medienverbünde zu unterstützen, ist bereits vielfach erforscht worden. Demgegenüber steht die Forschung zu der Frage wie die Potenziale kooperativer Anordnungen systematisch genutzt werden können, um eine vertiefte Auseinandersetzung mit Medienverbünden zu fördern, noch am Anfang.

Nicht nur die Rezeption digitaler Medienverbünde birgt Chancen und Risiken für das Lernen, sondern auch deren Produktion und Gestaltung. *Elmar Stahl* stellt ein Konzept vor, wie durch eine strukturierte Produktion und Gestaltung digitaler Medienverbünde gleichzeitig inhaltliche Kompetenzen, methodische Kompetenzen und medienbezogene Kompetenzen erworben werden können. Das Konzept basiert auf Modellen der Textproduktionsforschung und des selbstregulierten Lernens und wurde anhand von Unterrichtsprojekten in Schulen und Hochschulen sowie begleitenden empirischen Untersuchungen (weiter-)entwickelt. Es umfasst fünf aufeinanderfolgende Phasen, die am Beispiel der Produktion von Hypermedia erläutert werden.

Verfügen Lernende bereits über Lernstrategien, wenden diese aber nicht spontan an, so kann ihre Nutzung auf verschiedene Arten und Weisen angeregt werden. *Alwine Lenzner* und *Wolfgang Schnotz* stellen abschließend einen konzeptuellen Rahmen vor, wie Bilder in digitalen Medienverbünden Lernende zur Ausführung von Lernstrategien anregen können. Unter kognitivem Aspekt können Bilder Einfluss darauf haben, auf welche Weise Lernende die dargebotenen Informationen verarbeiten. Ästhetisch ansprechende Bilder können motivationale Prozesse unterstützen und so die energetischen Ressourcen, die für einen Lernprozess nötig sind, bereitstellen bzw. erweitern.

Literatur

Artelt, C. (2000). *Strategisches Lernen*. Münster: Waxmann Verlag.

Artelt, C. & Moschner, B. (Hrsg). (2005). *Lernstrategien und Metakognition*. Münster: Waxmann Verlag.

Bétrancourt, M. & Chassot, A. (2008). Making sense of animation: How do children explore multimedia instruction? In R. K. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 141-164). New York: Cambridge University Press.

Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2008). *E-Learning and the science of instruction* (2nd ed.). San Francisco, CA: Pfeiffer.

Dansereau, D. F., Collins, K. W., McDonald, B. A., Holley, C. D., Garland, J. C., Diekhoff, G., et al. (1979). Development and evaluation of a learning strategy training program. *Journal of Educational Psychology, 71*, 64-73.

Doelcker, C. (1997). *Ein Bild ist mehr als ein Bild – Visuelle Kompetenz in der Multimedia-Gesellschaft.* Stuttgart: Klett-Cotta.

Faulstich, W. (2004). *Grundwissen Medien* (5. Aufl.). München: Fink Verlag.

Fischer, F., Kollar, I., Mandl, H. & Haake, J. M. (Eds.). (2007). *Scripting computer-supported collaborative learning – Cognitive, Computational and educational perspectives*. New York: Springer Publishers.

Friedrich, H. F. (1995). *Training und Transfer reduktiver-organisierender Strategien für das Lernen mit Texten*. Münster: Aschendorff.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (2006). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 1-23). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Gross, S. (1994). *Lese-Zeichen, Kognition, Medium und Materialität im Leseprozeß.* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension: a paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.

Kremling, C. (2008). „Lehren und Lernen mit Bildern“ – Erste Ergebnisse der Eingangserhebung des Forschungsprojektes „Bildliteralität und ästhetische Alphabetisierung“. In G. Lieber (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit Bildern* (S. 115-123). Hohengehren: Schneider Verlag.

Lieber, G. (Hrsg). (2008). *Lehren und Lernen mit Bildern*. Hohengehren: Schneider Verlag.

Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction, 13*, 157-176.

Lowe, R. K. & Schnotz, W. (Eds.). (2008). *Learning with animation: Research implications for design*. New York: Cambridge University Press.

Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.). (2006). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe Verlag.

Marton, F. & Säljö, R. (1997). Approaches to learning. In F. Marton, D. J. Hounsell & N. Entwistle (Eds.), *The experience of learning* (2nd ed.). Edinburgh: Scottish Academic Press.

Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Niegemann, H. M., Hessel, S., Hochscheid-Mauel, D., Aslanski, K., Deimann, M. & Kreuzberger, G. (2004). *Kompendium E-Learning*. Berlin: Springer Verlag.

Schmitz, U. (2003). *Sommer liegt in der Luft. Text-Bild-Lektüre im Deutschunterricht.* ULR: www.linse.uni-due.de/linse/publikationen/sommer_luft.html, Zugriff: 31.07.2008.

Schnotz, W. & Lowe, R. K. (2008). A unified view of learning from animated and static graphics. In R. K. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 304-356). New York: Cambridge University Press.

Streblow, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 352-364). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Thomas, E. L. & Robinson, H. A. (1972). *Improving reading in every class: A sourcebook for teachers*. Boston, MA: Allyn and Bacon.

Titzmann, M. (1990). Theoretisch-methodologische Probleme einer Semiotik der Text-Bild-Relation. In W. Harms (Hrsg.), *Text und Bild, Bild und Text* (S. 368-385). Stuttgart: Metzler Verlag.

Weidenmann, B. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (3. Aufl., S. 45-62). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Wild, E., Hofer, M. & Pekrun, R. (2006). Psychologie des Lernens. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (5. Aufl., S. 203-267). Weinheim: Beltz Verlag.

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 Verlag.

Woolf, B. (2008). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning.* San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

Helmut Felix Friedrich

Lernen mit Texten

Zusammenfassung

Als Ausgangspunkt für die Auseinandersetzung mit dem Thema „Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden“ werden in diesem Beitrag Ergebnisse der kognitionspsychologischen Forschung zum Lernen mit Texten dargestellt. Es werden Möglichkeiten zur Anregung/Unterstützung der entsprechenden Lernprozesse durch Textgestaltung, durch strategieaktivierende Aneignungsaufgaben sowie durch Strategietraining diskutiert. Im abschließenden Teil wird erörtert, wie sich Lernen mit Texten unter den Rahmenbedingungen multimedialen und netzbasierten Lernens verändert und ausdifferenziert.

1 Einleitung

Texte treten beim Lernen in vielfältigen Erscheinungsformen auf, z.B. als Trägermedium nur für sprachliche Zeichen, aber auch als Trägermedium für andere Zeichensysteme – realistische Bilder, logische Bilder, mathematische Formeln usw. Auch kommen beim Lernen ganz unterschiedliche Textsorten zum Einsatz (Ballstaedt, 1997): expositorische Texte, in denen Sachverhalte und Zusammenhänge dargestellt werden, anleitende Texte, die dem Erwerb prozeduralen Wissens dienen, didaktische Zusatztexte wie z.B. Lernzielangaben, Selbstkontrollaufgaben usw. sowie schließlich erzählende (narrative) fiktive Texte, etwa wenn im Unterricht die Lektüre von Romanen, Erzählungen usw. ansteht.

Dies macht deutlich: Texte sind eine wichtige Ressource mit Blick auf ganz unterschiedliche Lernziele – für den Erwerb deklarativen und prozeduralen Wissens, für den Erwerb kognitiver Strategien sowie für die Veränderung von Einstellungen. Und schließlich: Texte können in ganz unterschiedlichen Lernsituationen zum Einsatz kommen: in klassischen Selbstlernsituationen – eine Person setzt sich individuell mit dem Inhalt eines Textes auseinander – sowie in Situationen, in denen die Textrezeption in hohem Maße durch Lehrende oder Mitlernende beeinflusst wird wie z.B. bei verschiedenen Varianten des kooperativen Lernens (Dansereau, 1988; Huber, 2006; Palincsar & Brown, 1984), auch des medienbasierten kooperativen Lernens (Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994).

Nicht alle der hier angedeuteten Varianten von Texten können in diesem Beitrag behandelt werden. Er konzentriert sich auf das Lernen mit expositorischen Texten und hier auf das Lernen mit Texten, in denen das Sprachverstehen (und nicht das Verstehen von Bildern und Grafiken) im Vordergrund steht. Vor dem Hintergrund der Verstehenstheorie von Kintsch (1998) werden zunächst einige grundlegende Prozesse des Textverstehens dargestellt, um dann Ansatzpunkte für die Unterstützung des Lernens mit Texten zu diskutieren. Abschließend wird skizziert, welche zusätzlichen Anforderungen das Lernen mit Multimedia stellt.

2 Kognitive Prozesse beim Lernen mit Texten

Die Auseinandersetzung mit einem Text führt in unserem Gedächtnis zu folgenden Ergebnissen (Kintsch, 1998): Es wird zunächst eine Repräsentation der *Textoberfläche* aufgebaut, d.h. wir merken uns (zumindest teilweise) den genauen Wortlaut, die sprachliche Oberfläche des Textes. Diese zerfällt – zu einem großen Teil – recht bald, übrig bleibt eine konzeptuelle (begriffliche) Repräsentation des Textes, auch *Textbasis* genannt. Diese umfasst nicht mehr den genauen Wortlaut, nur noch den Sinn, die Bedeutung des Gelesenen/Gehörten. Bei einer tiefer gehenden Auseinandersetzung mit dem Text wird die Textbasis mit dem Vorwissen des Lesers zu einem *Situationsmodell* verknüpft. Dieses umfasst nicht mehr nur begriffliches Wissen, sondern auch bildliche Vorstellungen, seien diese vom Text ausgelöst oder aus dem Vorwissen des Lesers hinzugefügt. Das Situationsmodell repräsentiert „was der Text über eine gewisse Situation aussagt, welche Schlüsse daraus folgen, wie die Textinformationen sich zum Vorwissen verhalten“ (Kintsch, 1994, S. 41).

Am Aufbau dieser mentalen Repräsentationen – Textoberfläche, Textbasis, Situationsmodell – sind verschiedene Arten von Prozessen beteiligt (vgl. Ballstaedt, 1997; Schnotz, 2006).

Basale Verarbeitungsprozesse: Auf dieser Ebene spielt das Verstehen noch eine untergeordnete Rolle. Im Vordergrund stehen weitgehend automatisch ablaufende Wahrnehmungsprozesse. Dazu gehören zum Beispiel die Blickbewegungen, die Sakkaden, mit denen das Auge von einem Fixationspunkt im Text zum nächsten springt, um diese genauer auszuwerten, d.h. um Buchstaben zu Silben und Silben zu Wörtern zusammenzufügen und die zu den Wörtern gehörenden Konzepte zu aktivieren. Dabei zeichnen sich weniger geübte Leser dadurch aus, dass sie alle Einzelschritte ausführen, z.B. Buchstaben zu Silben und diese zu Wörtern zusammenfügen, während geübte Leser gleich ganze Wörter erkennen.

Kohärenzbildungsprozesse: Hat man das Stadium des Lesen Lernens hinter sich und liest, um zu lernen, so verbleibt man nicht auf der Ebene der Worterkennung. Es werden Wörter zu Sätzen und Sätze zu größeren Sinneinheiten zusammenge-

fügt. Dabei unterscheidet man lokale von globalen Kohärenzbildungsprozessen. *Lokale Kohärenzbildungsprozesse* betreffen i.d.R. die Aufrechterhaltung des Sinnflusses über nur wenige Sätze hinweg. Dieser Prozess kann zum einen durch Merkmale des jeweiligen Textes unterstützt werden, z.B. durch angemessene syntaktische Bindemittel (Proformen, Konjunktionen, Wortaufnahmen). Im folgenden Beispiel (aus einem Lehrtext) wird der Sinnfluss während des Lesens hingegen durch eine unklare Proform (hier das Relativpronomen „der“) erschwert.

> Beispiel 1: „Wie ist eine solche Schreibgeschwindigkeit für eine routinierte Schreibkraft möglich, der doch scheinbar natürlich gesetzte Grenzen vorgegeben sind ...“ (Friedrich, Fischer, Mandl & Weis, 1987, S. 23).

Kohärenzstiftung kann auch den Rückgriff auf das Vorwissen erfordern. Um im nächsten Beispiel den Sinnfluss vom ersten zum zweiten Satz aufrecht zu erhalten, muss der Leser erschließen bzw. aus seinem Vorwissen ergänzen, dass „Zersetzung abgestorbener Pflanzenreste“ dasselbe bedeutet wie „Mineralisierung organischer Substanz“.

> Beispiel 2: „In Verein mit den Bodentieren besorgen Bodenmikroorganismen die Zersetzung abgestorbener Pflanzenreste. Bei der Mineralisierung organischer Substanz wird im stabilen Ökosystem die gleiche Ionenmenge frei, die in der neu gebildeten Pflanzensubstanz erhalten ist ...“ (Friedrich, Fischer, Mandl & Weis, 1987, S. 45).

Durch globale Kohärenzbildungsprozesse werden umfangreichere Textsegmente, z.B. mehrere Textabschnitte, ganze Kapitel oder gar ganze Texte, auf Kernaussagen, auf das Wesentliche reduziert. Deshalb spricht man auch von reduktiven Verarbeitungsprozessen (Friedrich, 1995; Ballstaedt, 1997). Beim Lesen eines längeren Textes wird bereits während des Lesens der Text zu größeren Sinneinheiten zusammengefasst, an denen dann die Lektüre des weiteren Texts anknüpfen kann. Dies ist deshalb erforderlich, weil die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist und bei der Lektüre eines längeren Textes nicht alles bisher Gelesene im Fokus der Aufmerksamkeit gehalten werden kann. Beispielsweise könnte eine Leserin oder ein Leser die in diesem Texte bisher behandelten Details folgendermaßen zusammenfassen: „Bis jetzt sind drei Klassen von Prozessen genannt worden: Basale Prozesse, lokale und globale Kohärenzstiftung. Mal sehen, was als Nächstes kommt?“ Die Ergebnisse reduktiver Textverarbeitung, die Kernaussagen eines Textes, so genannte semantische Makrostrukturen, werden in der Regel besser behalten als Detailinformationen, weil sie als Anknüpfungspunkte für den weiteren Verstehensprozess länger im Arbeitsgedächtnis verbleiben und in dieser Funktion auch häufiger aus dem Langzeitgedächtnis reaktiviert werden als Detailinformationen (Kintsch & van Dijk, 1978).

Elaborative Verarbeitungsprozesse: Beim Lernen wird neues, durch den Text vermitteltes Wissen auch mit dem Vorwissen des Lesers verknüpft. Dem dienen elaborative Verarbeitungsprozesse, beispielsweise wenn neu Gelerntes in eigenen Worten ausgedrückt wird. Oder wenn man sich konkrete Beispiele zu einem abstrakten Sachverhalt überlegt, wenn man aus seinem Gedächtnis biographische Erfahrungen aufruft, die das Gelesene bestätigen oder widerlegen, wenn man sich an andere Texte erinnert, in denen Ähnliches oder Abweichendes gesagt wurde usw. Auf dieser Ebene der Auseinandersetzung mit einem Text „ ... geht das Lesen in ein durch den Text angeleitetes Denken über“ (Ballstaedt, 1997, S. 36).

Enthält ein Text nicht nur sprachliche Symbole, sondern auch Bilder – logische Bilder (Charts, Maps usw.) und/oder analoge Bilder (Abbildungen) – so sind zusätzliche Verarbeitungsschritte zur Integration der verschiedenen Zeichensysteme erforderlich, sei es dass Textinformation in bildliche Vorstellungen, sei es, dass extern repräsentierte Bilder, Grafiken usw. in Sprache „übersetzt“ werden (zur Integration von Text- und Bildinformation vgl. Bannert & Schnotz, 2006; Schnotz & Bannert, 1999; siehe auch die Beiträge von Lenzner und Schnotz sowie von Seufert in diesem Band).

Mit Blick auf das Zusammenspiel dieser Verarbeitungsprozesse gilt, dass sie nicht in einer festen Sequenz nacheinander – zuerst basale Prozesse, dann lokale, dann globale Kohärenzstiftung und schließlich elaborative Prozesse –, sondern eher parallel ablaufen. Darüber hinaus ist festzuhalten, dass – je nach Leseziel – nicht alle genannten Verarbeitungsprozesse erforderlich sind. Um eine konzeptuelle Repräsentation des Textes, die Textbasis, aufzubauen, mögen basale Verarbeitungsprozesse sowie lokale und globale Kohärenzstiftungsprozesse ausreichen. Geht es jedoch darum, ein Situationsmodell aufzubauen, sind elaborative Prozesse erforderlich.

Neben diesen kognitiven Verarbeitungsprozessen spielt auch die *metakognitive Kontrolle* des Verstehensprozesses eine wesentliche Rolle für das Lernen mit Texten (z.B. Brown, 1984; Schreblowski & Hasselhorn, 2006; Weinstein & Mayer, 1986; siehe auch den Beitrag von Bannert und Reimann in diesem Band). Ihre Funktion besteht darin, die für das Verstehen erforderlichen Prozesse zu planen, zu überwachen, zu bewerten und dann ggf. angemessen zu regulieren („Moment, da war doch ein Widerspruch ... diese Stelle muss ich nochmals lesen ... jetzt hab ich es verstanden.“). Verschiedene Studien zeigen die positive Wirkung dieser Art von Selbstkontrollstrategien auf Verstehen und Behalten (z.B. Leutner & Leopold, 2006; Paris, Lipson & Wixson, 1983), die deshalb auch häufig Bestandteil von Trainings- und Fördermaßen zum Textlernen sind (siehe Abschnitt 3.3).

2.1 Die Rolle von Vorwissen und Motivation

Für die hier skizzierten Prozesse des Textverstehens spielen insbesondere zwei Arten von Vorwissen eine wichtige Rolle. Das inhaltliche Vorwissen, welches ein Leser, eine Leserin mitbringt sowie eine spezifische Form des sprachlichen Vorwissens, das Wissen über Textstrukturen (Superstrukturen: van Dijk; 1980; Prose Structures: Cook & Mayer, 1988). Verfügt jemand z.B. über ein stabiles und ausdifferenziertes *Vorwissen* zum Thema Stromkreislauf, so wird die Lektüre eines Textes zu diesem Thema weniger Probleme bereiten, da die neuen Informationen an das vorhandene Wissen anknüpfen können. Wer über viel inhaltliches Vorwissen verfügt, lernt viel dazu. Dies ist die Grundlage des in der Lernforschung häufig bestätigten positiven Effekts inhaltlichen Vorwissens auf den weiteren Wissenserwerb. Ausgeprägtes inhaltliches Vorwissen kann ungünstige bzw. fehlende Lesestrategien kompensieren (Schneider, Körkel & Weinert, 1989).

Wissen über Textstrukturen erwirbt man in der Auseinandersetzung mit Texten. So lernt man als Leserin bzw. Leser, dass in Texten häufig allgemeine Behauptung durch Begründungen untermauert werden, dass eine am Anfang aufgeworfene Frage irgendwann auch beantwortet wird usw. Dieses Wissen steuert zum einen die Erwartungen über den Fortgang eines Textes, zum anderen lässt sich mit seiner Hilfe der Textinhalt organisieren. Die dabei entstehenden Ordnungsstrukturen sind zugleich wirksame Hilfen für den Abruf des Wissens aus dem Langzeitgedächtnis. Die positive Wirkung des Wissens über Textstrukturen auf Verstehen und Behalten wurde in vielen Studien nachgewiesen (z.B. Cook & Mayer, 1988).

Untersucht man Textverstehen in realitätsnahen Lernarrangements, in denen die Lernenden mehr Freiheitsgrade für eigene Entscheidungen als in einem Laborexperiment haben, so zeigt sich, dass auch *motivationale Faktoren* für das Textverstehen eine wesentliche Rolle spielen. Motivationale Faktoren spielen als Stützstrategien, welche die Ausführung kognitiver Verarbeitungsprozesse „absichern“, eine zentrale Rolle. Viele Befunde sprechen dafür, dass Personen mit ausgeprägtem Interesse am jeweiligen Gegenstand des Textes tiefer gehende Verarbeitungsstrategien bei der Textlektüre einsetzen als Personen mit geringem Sachinteresse (z.B. Schiefele, 1996).

2.2 Verstehen gleich Behalten?

In der Forschung zum Textverstehen wird betont, dass Prozesse des Textverstehens sich günstig auf Behalten auswirken. Diesen Zusammenhang formulierten bereits Rumelhart und Ortony (1977, S. 116): „In a sense, our memories are natural side effects of the comprehension process“ (vgl. auch van Dijk & Kintsch, 1983).

Diese Sichtweise hat insofern ihre Berechtigung, als die tiefgehende Auseinandersetzung mit einem Text, bei welcher dieser mit dem Vorwissen verknüpft wird, im Gedächtnis sehr viele und miteinander vernetzte Spuren aufbaut, die später den Abruf aus dem Gedächtnis erleichtern: „Elaborate, semantic, meaningful encoding and the embedding of experiences in a rich, accessible matrix ensure memorability“ (van Dijk & Kintsch 1983, S. 335).

Allerdings, und diese Erfahrung dürfte den meisten Menschen vertraut sein, ist Verstehen keine Garantie dafür, dass etwas langfristig behalten wird. Auch der umgekehrte Fall – Behalten ohne Verstehen – dürfte vielen vertraut sein. So zeigten Moravscik und Kintsch (1993), dass auch ohne Vorwissen eine Textbasis aufgebaut und Textinformation wörtlich behalten und wiedergegeben, nicht aber ein angemessenes Situationsmodell (Verstehen) erzeugt werden kann.

Verstehen ist zwar mit Blick auf längerfristiges Behalten eine sehr günstige, aber nicht immer hinreichende Voraussetzung. Lernen mit Texten geht über das Verstehen hinaus, es erfordert zusätzlich eine nachhaltige Veränderung des Wissens im Langzeitgedächtnis. Diese wird nach den Erkenntnissen der Gedächtnisforschung (z.B. Anderson, 1995) dadurch erreicht, dass das durch Verstehen angeeignete Wissen wiederholt und abwechslungsreich reaktiviert wird, z.B. unter neuen Fragestellungen, in Anwendungssituationen usw.

2.3 Texte verstehen – ein automatischer Prozess?

Wenn es um das Lesen einfacher Texte geht, also Texte, deren Syntax und Wortwahl keine Probleme bereiten und für deren Verständnis Lernende das erforderliche Vorwissen mitbringen, so laufen die oben angesprochenen Prozesse weitgehend automatisch ab (z.B. Guindon & Kintsch, 1984). In Situationen jedoch, in denen die Textlektüre die Auseinandersetzung mit schwierigen, unvertrauten Sachverhalten erfordert – und dies ist beim Lernen häufig der Fall –, erfordert Textverstehen erhöhte Aufmerksamkeit und den Einsatz aller kognitiven Ressourcen. Unter diesen Bedingungen verschiebt sich das Verstehen von Texten in Richtung Problemlösen. So stellten z.B. Schnotz, Ballstaedt und Mandl (1981) Studierenden der Rechtswissenschaft eine reduktive Textverarbeitungsaufgabe. Sie sollten einen schwierigen studienfachfernen Text wiederholt lesen, mehrmals zusammenfassen und zum Schluss frei wiedergeben. Es zeigte sich, dass die erste Zusammenfassung mehr einer Nacherzählung denn einer kohärenten Wiedergabe der wichtigsten Gedanken glich.

Auch die im Vergleich zu narrativen (erzählenden) Texten höhere Schwierigkeit expositorischer (darstellender) Texte (Coiro & Dobler, 2007) spricht dafür, dass Lernen mit Texten kein automatischer Prozess ist, sondern Aufmerksamkeit und

Einsatz aller kognitiver Ressourcen erfordert. So werden narrative Segmente, die in expositorische Texte integriert sind, besser behalten als expositorische Textteile (Hidi & Anderson, 1986). Kieras (1985) führt die größere Schwierigkeit expositorischer Texte darauf zurück, dass sie – zumindest von Lesern, die kein oder wenig inhaltliches Vorwissen mitbringen – in viel stärkerem Maße als narrative Texte eine aufsteigende, textgeleitete Verarbeitung erfordern.

2.4 Interindividuelle Unterschiede beim Lernen mit Texten

Die Erkenntnisse zu den hier diskutierten kognitiven Prozessen des Textverstehens wurden zumeist unter allgemeinpsychologischer Perspektive gewonnen. Hierbei spielt die Frage nach interindividuellen Unterschieden eine untergeordnete Bedeutung. Eine ergänzende Forschungsrichtung befasst sich dagegen vorrangig mit interindividuellen Unterschieden in der Anwendung unterschiedlicher Lern- und Verstehensstrategien.

In einer einflussreichen Studie haben Marton und Säljö (1976) gezeigt, dass Studierende unterschiedlich an die Lektüre von Texten herangehen, wenn die Aufgabe lautet, einen Text so zu lesen, dass er hinterher in ein bis zwei Sätzen zusammengefasst werden kann. Eine Gruppe von Studierenden orientierte sich vorrangig am Wortlaut des Textes und versuchte, diesen so genau wie möglich zu behalten. Eine zweite Gruppe interpretierte die Situation eher als eine Verständnisaufgabe, bei der es nicht um das wörtliche Behalten, sondern eher um die Bedeutung des Textes geht. Studierende, die diesen Zugang wählten, erzielten qualitativ bessere Ergebnisse bei der Beantwortung der Fragen. Die beiden Zugänge zu dieser Lernaufgabe bezeichneten die Autoren in Anlehnung an die Theorie der Verarbeitungstiefe (Craik & Lockhart, 1972) als Surface Approach und als Deep Approach. Beide „Approaches“ lassen sich auch in dem oben skizzierten Modell von Kintsch (1998) verorten. Der Surface Approach entspricht einer an der Wiedergabe der Textoberfläche, der Deep Approach einer am Aufbau eines Situationsmodells orientierten Herangehensweise an die Lektüre von Texten. Die von Marton und Saljö beobachteten interindividuellen Unterschiede wurden von anderen Autoren im Wesentlichen bestätigt und ausdifferenziert (für Zusammenfassungen vgl. Cress, 2006; Wild, 1998).

Als besonderer Verdienst dieser Ansätze sollen zwei Ergebnisse hervorgehoben werden: Zum einen der Nachweis einer engen Verknüpfung kognitiver und motivationaler Faktoren. So geht Tiefenorientierung häufig einher mit Merkmalen intrinsischer Lernmotivation (z.B. Biggs, 1987). Zum anderen der Befund, dass es sich bei den Lernorientierungen nicht um habituelle Persönlichkeitsmerkmale, sondern um kontextabhängige Orientierungen handelt (z.B. Ramsden, Beswick & Bowden, 1986).

Ein stärker kognitionspsychologisch orientiertes Konzept zur Erfassung interindividueller Unterscheide beim (Text-)Lernen wurde von Weinstein und Mayer (1986) vorgelegt. Sie unterscheiden u.a. zwischen Wiederholungs-, Elaborations- und Organisationsstrategien. Letztere entsprechen weitgehend den Strategien zur globalen Kohärenzbildung (s. Abschnitt 2), welche dazu beitragen, die in längeren Texten enthaltenen Informationen zu organisieren und auf das Wesentliche zu reduzieren.

Die genannten Kategorien wurden von mehreren Forschergruppen für die Konstruktion von Fragebögen zur Diagnose von Lernstrategien genutzt (z.B. Pintrich, Smith, Garcia & McKeachie, 1994; Wild & Schiefele, 1993). Diese Messinstrumente wurden dann in verschiedenen Feldern – Schule, Hochschule – eingesetzt, um den Strategieeinsatz und insbesondere dessen Zusammenhang mit dem Lernerfolg zu erfassen (vgl. Abschnitt 4). Es zeigten sich dabei oft nur geringe Beziehungen zwischen berichtetem Strategieeinsatz und Lernerfolg, im Unterschied etwa zu experimentellen Studien oder zu Trainingsstudien (vgl. Abschnitt 3.3), in denen zumeist ein deutlicher Effekt des Strategieeinsatzes (als unabhängiger Variable) auf die jeweiligen abhängigen Variablen (Behalten, Verstehen) berichtet wird.

Die Diskussion um diese diskrepanten Befunde (z.B. Artelt, 2000) hat erbracht, dass die Beziehung zwischen Strategieeinsatz und Lernerfolg davon abhängt wie Lernstrategien und Lernerfolg erfasst werden. So stimmen die vor der Lernsituation mittels Fragebogen erhobenen Angaben häufig nicht mit dem tatsächlichen Verhalten in der Lernsituation überein. Erfasst man die tatsächlich realisierten Strategien, z.B. mit der Methode des Lauten Denkens, so ergeben sich deutliche Korrelationen zwischen Strategieeinsatz und Lernerfolg. Die Beziehung zwischen Lernstrategieeinsatz und Lernerfolg hängt schließlich auch davon ab, welches Lernerfolgskriterium verwendet wird. So gibt es Hinweise darauf (Souvignier & Gold, 2004), dass anspruchsvolle Lernstrategien wie Elaborieren positiv mit anspruchsvollen Lernerfolgskriterien (Beantworten offener Fragen, Qualität von Referaten) korrelieren, nicht aber mit basalen Lernerfolgskriterien (Erwerb von Faktenwissen).

3 Unterstützungsmaßnahmen für das Lernen mit Texten

In Anlehnung an die Cognitive Load-Theorie (Sweller, 2005) kann man die Ziele der verschiedenen Maßnahmen zu Unterstützung des Lernens mit Texten folgendermaßen formulieren: (1) Kognitive Belastung, die durch ungünstige (mediale) Präsentation der Lerninhalte bedingt ist, soll vermieden werden. (2) Kognitive Belastung, die durch konstruktive Verarbeitungsprozesse (elaborative und reduktive Prozesse) ausgelöst wird, soll erhöht werden, weil diese Prozesse zum Verstehen und Behalten beitragen. (3.) Kognitive Belastung, welche durch die intrinsische Schwierigkeit des jeweiligen Lehrstoffs bedingt ist, soll – soweit möglich – reduziert werden. Diese Ziele können auf verschiedenen Wegen erreicht werden. Durch

Maßnahmen der Mediengestaltung, hier Textgestaltung (Abschnitt 3.1), sowie durch die Beeinflussung der Mediennutzung, z.B. durch strategieaktivierende Aneignungsaufgaben (Abschnitt 3.2) oder durch die Vermittlung angemessener Lesestrategien (Abschnitt 3.3).

3.1 Textgestaltung

Eine umfassende Darstellung der vielfältigen Optionen bei der Gestaltung gedruckter und digitalisierter Lernmaterialien (z.B. Texte, Charts, Tabellen, Piktogramme) sowie deren vermuteter und teilweise auch empirisch belegter Wirkung findet man bei Ballstaedt (1997). An diesem Werk orientiert sich auch die folgende Darstellung.

Die weitgehend automatisch ablaufenden *basalen Prozesse* beim Lesen (sakkadische Augenbewegungen, Worterkennung) werden durch eine angemessene typografische Gestaltung des Textes, etwa durch lesefreundliche Schriften, geeignete Schriftgrößen, Zeilenlängen und Zeilenabstände sowie Zeilenausrichtung (Flattersatz, Blocksatz usw.) unterstützt.

Lokale Kohärenzbildungsprozesse werden durch Maßnahmen der folgenden Art erleichtert: Entflechten unüblicher bzw. komplizierter Sätze, Herstellen eindeutiger Bezüge durch Proformen (vgl. Beispiel 1) und Konzeptaufnahmen, explizite Erklärung von Synonymen (vgl. Beispiel 2).

Globale Kohärenzbildungsprozesse können durch eine Vielzahl von Maßnahmen angeregt werden. Bei längeren Texten etwa durch eine klare Gesamtorganisation/ Gliederung des Textes, die sich an Begriffshierarchien (vom Allgemeinen zum Spezifischen, vom Wichtigen zum weniger Wichtigen), an Sachstrukturen (zeitliche Abfolge von Prozessen, Ereignissen, Handlungen) oder auch an didaktischen Prinzipien (Problemorientierung, vom Einfachen zum Komplexen) orientieren kann. Solche Strukturen liefern den Lernenden Ordnungsschemata, welche sie für die Organisation des Wissens beim erstmaligen Lernen und beim späteren Abruf aus dem Gedächtnis nutzen können. Auch verbale Zusammenfassungen der zentralen Textinhalte oder deren Visualisierung in Form von Charts, z.B. Flowcharts, Concept Maps und Mindmaps, sind geeignete Gestaltungsmittel, um Lernende bei der globalen Kohärenzbildung zu unterstützen.

Auch elaborative Prozesse lassen sich durch verschiedene Maßnahmen der Textgestaltung anregen. Zum Beispiel durch kognitive Vorstrukturierung (Advance Organizer: vgl. Ausubel, 1974; Groeben, 1982). Es handelt sich dabei um einführende Texte, in welchen Konzepte aus dem Vorwissen der Leser mit zentralen Konzepten aus dem zu erarbeitenden Inhaltsbereich verknüpft werden. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist für Lernende mit weniger günstigen Lernvoraussetzungen sowie bei

schwierigen Texten durch verschiedene Studien belegt (Ballstaedt, 1997; Krause & Stark, 2006). Weitere Maßnahmen zur Anregung elaborativer Prozesse sind z.B. die Konkretisierung abstrakter Sachverhalte durch Beispiele (Beishuizen, Asscher, Prinsen & Elshout-Mohr, 2003), eine anregende stilistische Gestaltung des Textes, z.B. durch die Verwendung von Analogien und Metaphern, in denen Neues mit Bekanntem verknüpft wird oder durch die Aktivierung kognitiver Konflikte durch Präsentation und Aufklärung von Widersprüchen.

Allerdings bergen die vielfältigen Möglichkeiten der Textgestaltung auch die Gefahr, dass des Guten zu viel getan wird. Ein Übermaß an sprachlicher und typografischer Textoptimierung kann lernerseitig konstruktive kognitive Selbststeuerungs- und Verarbeitungsprozesse auch als überflüssig erscheinen lassen. So berichtet Reder (1985), dass von Lernenden generierte Elaborationen wirkungsvoller sind als vom Textautor generierte. E. Kintsch (1990) fand, dass Studierende beim Zusammenfassen schwach strukturierter Texte die ungünstige Textstruktur durch eigene Verarbeitungsprozesse kompensieren, diese Prozesse aber bei gut strukturierten Texten nicht aktivieren. W. Kintsch (1998) verweist darauf, dass bei Personen mit hohem Vorwissen die Verarbeitungsprozesse durch maximal kohärente Texte eher beeinträchtigt werden. Die Wirksamkeit von Textmerkmalen scheint damit im hohem Maße von den jeweiligen Lernermerkmalen bzw. Lernvoraussetzungen abhängig zu ein.

Befunde dieser Art scheinen sich nicht auf das Lernen mit gedruckten Texten zu beschränken. Shapiro und Niederhauser (2004) verweisen auf verschiedene Studien zum Lernen mit Hypertexten, in denen sich schwach strukturierte Hypertexte mit Blick auf anspruchsvolle Lernkriterien stark strukturierten Hypertexten als überlegen erwiesen haben. Hieraus folgern die Autoren, dass tiefer gehendes Lernen eher durch Hypertexte unterstützt wird, die „a bit of intellectual wrestling“ erfordern (Shapiro & Niederhauser, S. 612).

3.2 Strategieanregende Aneignungsaufgaben

Man kann nicht davon ausgehen, dass man es immer mit optimal gestalteten Texten zu tun hat. Hinzu kommt, dass das, was für Personen mit guten Vorkenntnissen und hoher Selbststeuerungskompetenz optimal ist, nicht unbedingt auch für Lernende mit weniger günstigen Voraussetzungen optimal sein muss. Es liegt deshalb nahe, zu versuchen, Aufmerksamkeit und kognitive Prozesse, die für den Aufbau einer angemessenen mentalen Repräsentation des Lehrstoffs erforderlich sind, über das Nutzungsverhalten in der jeweiligen Lernsituation zu steuern. Diesem Zweck dienen strategieanregende Aneignungsaufgaben.

Die Bandbreite der Komplexität solcher Aneignungsaufgaben reicht von gering bis hoch. Zu den weniger komplexen Aneignungsaufgaben zählen solche, die sich relativ eindeutig einer bestimmten Klasse kognitiver Prozesse zuordnen lassen. So zielt die Aufgabe, in einem Text zentrale Aussagen zu unterstreichen, auf die Aktivierung reduktiver Verarbeitungsprozesse. An der Ausführung komplexer Aneignungsaufgeben ist dagegen eine Vielzahl kognitiver Prozesse beteiligt. Die Umsetzung eines Textes in ein Concept Map erfordert z.B. außer tiefgehenden elaborativen und reduktiven Verarbeitungsprozessen zusätzlich die Transformation sprachlich codierten in grafisch codiertes Wissen. Komplexitätssteigernd können sich zudem die Kontextbedingungen auswirken, in denen Aneignungsaufgaben auszuführen sind, z.B. bei ihrer Einbettung in kooperative Lernszenarien und/oder technologiebasierte Lernumgebungen (vgl. Abschnitt 4).

Von bestimmten Aneignungsaufgaben, z.B. während des Lesens wichtige Aussagen im Text unterstreichen, während des Lesens Notizen machen, zentrale Punkte eines Textes mündlich oder schriftlich zusammenfassen, nimmt man an, dass sie globale Kohärenzbildungsprozesse anregen und damit Verstehen und Behalten von Textinformation positiv beeinflussen. Allerdings sind die empirischen Befunde hierzu recht uneinheitlich (für eine Zusammenfassung siehe Friedrich, 1995; zum Notizenmachen vgl. Straub, 2006). Dies hängt damit zusammen, dass die Ausführung von „Oberflächenhandlungen“ wie Unterstreichen, Notizen machen usw., nicht gewährleistet, dass dadurch die angestrebten kognitiven Prozesse aktiviert und effektiv ausgeführt werden. Besonders deutlich demonstrierten dies Brown und Smiley (1978) in einer Studie zum Unterstreichen von Textinformation während des Lesens. Kinder, die von sich aus diese Arbeitstechnik spontan anwandten, erzielten auch bessere Behaltensergebnisse als jene Kinder, die sie nicht spontan anwandten. Auch wenn man Letztere ermunterte, diese Technik anzuwenden, verbesserte sich dadurch das Behalten von Textinformation nicht.

Ergebnisse dieser Art korrespondieren mit dem Befund von Kardash und Amlund (1991), dass ein Fragebogenmaß für die Nutzung offen beobachtbare Lernaktivitäten (Unterstreichen etc.) weder mit der Durchschnittsnote noch mit dem Behalten von Textinformation in einer Leseaufgabe korrelierte. Dagegen ergaben sich für ein Fragebogenmaß für kognitive Verarbeitungsprozesse („Covert Cognitive Processes Scale“) deutliche Korrelationen mit beiden Kriterienvariablen. Diese Befunde zeigen insgesamt, dass „... eine isolierte Anwendung bestimmter Lerntechniken bzw. bestimmter exekutiver Prozeduren ohne Einbindung in ein entsprechendes regulatives System nicht hinreicht, um einen höheren Lernerfolg zu gewährleisten“ (Schnotz, 1994, S. 294).

Für die Aktivierung elaborativer Verarbeitungsprozesse sind verschiedene Aneignungsaufgaben in der Diskussion und zum Teil auch empirisch erforscht, z.B. der Einsatz von Beispielen und Falldarstellungen, die an den Vorerfahrungen der Lernenden anknüpfen (für eine Zusammenfassung siehe Krause & Stark, 2006). Auch

vorgegebene Fragen (Adjunct Questions), welche vor, während oder nach der Lektüre eines Textes zu beantworten sind, haben eine wichtige Funktion für die Anregung elaborativer Prozesse (Hamaker, 1986; National Institute of Child Health and Human Development, 2000).

Die Vorteile kooperativer Lernszenarien in Kombination mit Vorgaben zur Anregung angemessener Verarbeitungsprozesse sind durch mehrere Studien belegt (Ertl & Mandl, 2006; National Institute of Child Health and Human Development, 2000; siehe auch den Beitrag von Rummel und Braun in diesem Band). So berichten Schmidt, De Volder, De Grave, Moust und Patel (1989, Experiment 2), dass sich die Aktivierung von Vorwissen durch Gruppendiskussion positiv auf die freie Wiedergabe von Textinformation auswirkt. Auch Studien zur Methode der Scripted Cooperation (O'Donnell & Dansereau, 2000), bei der Paare von Lernenden sich einen Text in mehreren Schritten erarbeiten, in denen sie wechselnde Rollen (Lehrender, Rückfragender) übernehmen, sprechen für die Vorteile kooperativer Szenarien. Diese komplexe Variante einer Aneignungsaufgabe zielt nicht mehr nur auf einen oder wenige Aspekte, sondern auf den Gesamtprozess der Textverarbeitung. Gerade der Rollenwechsel ist in derartigen Kooperationsskripts von zentraler Bedeutung: Werden die Rollen nicht gewechselt, so profitiert nur die Person von dieser Methode, welche die aktiv lehrende Rolle übernimmt (Dansereau, 1988).

Die bisher diskutierten Aneignungsaufgaben zielen auf die Anregung kognitiver Prozesse bei der Verarbeitung sprachliche codierter Informationen ab. Bei der Visualisierung von Textinformation, z.B. in Form von Concept Maps, wird dagegen (zumindest teilweise) Sprache in ein grafisches Symbolsystem transformiert. Dabei müssen die Lernenden „... Zusammenhänge zwischen Begriffen konstruieren und deren logisch-semantische Bedeutung explizieren" (Renkl & Nükles, 2006, S. 139). Studien zur Lernwirksamkeit von Concept Maps zeigen, dass sich diese Art von Aneignungsaufgaben positiv auf das Textverständnis, auf den Wissenserwerb und auch auf die Wissensanwendung auswirken kann (Renkel & Nückles, 2006). Dies jedoch nicht unter allen Bedingungen, so ist z.B. wichtig, dass die Lernenden die Mapping-Technik gut beherrschen, damit im Anwendungsfall die Verarbeitung des Inhalts nicht durch die Ausführung der Technik beeinträchtigt wird.

Eine ebenfalls sehr komplexe Aneignungsaufgabe ist das epistemische (wissensgenerierende) Schreiben. Bereiter und Scardamalia (1987) haben schon früh nicht nur auf die Bedeutung des Wissens für das Schreiben (Schreiben als Knowledge-Telling), sondern auch auf die Bedeutung des Schreibens für das Wissen (Schreiben als Knowledge-Transformation) hingewiesen: „... students are not asked to write information ... only in order to develop their writing skills. The writing is expected to help them develop and organize their knowledge ..." (Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994, S. 205). Wissen wird beim Schreiben mehrfachen Schreib-Lese-Zyklen ausgesetzt, in deren Verlauf es sich zusehends verändern kann (Eigler, 2006; Molitor-Lübbert, 1989). Dementsprechend gewinnt das Thema „Writing as a

Learning Tool“ (Tynjälä, Mason & Lonka, 2001) in der Schreibforschung an Bedeutung. Allerdings liegen zu diesen Ansätzen erst wenige empirische Studien vor, so Eigler (2006), in denen die Rückwirkung des Schreibens auf den Wissenserwerb aus Texten im Detail untersucht wird. Neue Impulse gewinnt das Konzept des epistemischen Schreibens derzeit durch seine Einbettung in netzbasierte Kollaborationsszenarien (z.B. Cress & Kimmerle, 2008: Schreiben von Wikis; Nückles, Schwonke, Berthold & Renkl, 2004: Schreiben von Public Learning Diaries).

3.3 Strategietraining

Weder Maßnahmen der Textgestaltung noch die Beeinflussung der Mediennutzung durch Aneignungsaufgaben garantieren, dass Lernende die jeweils angemessenen Verarbeitungsstrategien aktivieren. So führt z.B. die Aufgabenstellung, in einem Text die wichtigsten Aussagen zu unterstreichen nicht zum Ziel, wenn die Lernenden nicht wissen, wie diese Aussagen zu identifizieren sind (Brown & Smiley, 1978). Es ist deshalb nahe liegend, zu versuchen, die kritischen Prozesse und Strategien für das Lernen mit Texten direkt zu trainieren. Ziel von Trainingsmaßnahmen ist dabei, Lernenden ein Repertoire an verstehens- und behaltensfördernden Strategien zu vermitteln, welches sie bewusst, aufgaben- und situationsangemessen einsetzen können.

Anspruch und Umfang der bislang vorliegenden Trainings- und Förderstudien sind recht unterschiedlich. Manche Studien beschränken sich auf einzelne Komponenten der Textverarbeitung, etwa elaborative (King, 1991) oder reduktive (Friedrich, 1995) Strategien, andere zielen auf alle oder doch mehrere relevante Komponenten des Textverstehens (z.B. Dansereau, 1978; Klauer, 1996). Schließlich gibt es längerfristig angelegte „Lernen des Lernens“-Förderprogramme für Schule und Hochschule (Weinstein, Husman & Dierking, 2000), in denen neben kognitiven Primärstrategien auch Stützstrategien emotional-motivationaler Art vermittelt werden. Auf diese umfangreicheren Fördermaßnahmen wird hier nicht näher eingegangen (vgl. Weinstein, Husman & Dierking, 2000; Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2007).

Elaborative Prozesse lassen sich nicht nur durch das Beantworten vorgegebener Fragen aktivieren, sondern in höherem Maße noch durch das eigenständige Stellen und Beantworten von Fragen. Ein Trainingsprogramm, welches sich hierfür als wirksam erwiesen hat, ist das von King (1991). In der Trainingsphase wurde anhand vorgegebener Fragenstämme (z.B. Wie wird ... durch ... beeinflusst?) das Stellen und Beantworten inhaltsbezogener sowie prozessregulierender Fragen (z.B. Was habe ich noch nicht verstanden?) zum vorhergehenden Unterricht geübt. In der Anwendungssituation waren während und nach dem Unterricht Fragen zum Unterricht zu generieren und nach dem Unterricht individuell oder in Kleingruppen zu

beantworten. Diese Strategie wirkte sich positiv auf den Lernerfolg aus. Es zeigte sich auch, dass spezifische Fragen (z.B. Was würde passieren, wenn ...?) günstiger sind als unspezifische Fragen (Wie? Was? Warum? King & Rosenshine, 1993), dass selbst generierte Fragenstämme wirksamer sind als vorgegebene (King, 1994) und dass Partner-/Gruppenarbeit dabei wirkungsvoller ist als Einzelarbeit (vgl. auch Neber, 2006).

In Programmen zur Förderung des Zusammenfassens von Texten fließt häufig eine Kombination folgender Trainingselemente ein (Friedrich, 1995): (a) Techniken zur Verdichtung des Textinhalts, sog. Makrooperatoren (z.B. Generalisieren, Tilgen unwichtiger Information, Auswahl sowie Formulieren zusammenfassender Aussagen, vgl. van Dijk & Kintsch, 1983), (b) Organisationsstrategien zur Strukturierung des Textinhalts und (c) Kontrollstrategien zur Überwachung und Regulation der Strategieanwendung. Die Ergebnisse der Studien bestätigen den positiven Einfluss dieser Strategien auf das Behalten relevanter Aussagen in Texten. Es gibt allerdings auch Hinweise darauf, dass sie nur bei unvertrauten Inhalten nützlich sind, nicht aber bei Inhalten, zu denen die Lernenden Vorwissen besitzen (Friedrich, 1995; Taylor & Beach, 1984). Dies bestätigt die auch in anderen Trainingsstudien (z.B. Schneider, Körkel & Weinert, 1989) gefundene kompensatorische Beziehung zwischen Vorwissen und Strategieeinsatz. Neuere Studien zeigen, dass insbesondere der Kontrolle und Regulation der Qualität der Strategieausführung für den Lernerfolg große Bedeutung zukommt (Leutner & Leopold, 2006).

Ein Beispiel für ein Trainingsprogramm, welches mehrere Teilprozesse des Lernens mit Texten integriert, ist eine von Klauer (1996) für die 5. und 6. Klassenstufe der Hauptschule entwickelte Fördermaßnahme. Sie umfasst folgende Trainingskomponenten: (1) Formale Analyse von Sätzen zur Unterstützung lokaler Kohärenzbildung, (2) Verknüpfen des Textinhalts mit dem Vorwissen zur Unterstützung elaborativer Prozesse, (3) Identifizieren von Hauptgedanken in Texten und Analyse des formalen Aufbaus von Texten zur Unterstützung reduktiv-organisierender Prozesse, (4) Wiedergabe von Texten, (5) Selbststeuerung vor, während und nach dem Lesen. Bei Verwendung eines Leseverständnistests als abhängige Variable ergaben sich für dieses Training signifikante und praktisch bedeutsame Effekte sowohl direkt im Anschluss an das Training als auch noch sechs Monate nach dem Training.

Die insgesamt positiven empirischen Befunde zum Training von Lesestrategien werden in einem Bericht des US-amerikanischen Reading Panels bestätigt (National Institute of Child Health and Human Development, 2000). Dabei werden neben dem Training im Fragenstellen und im Zusammenfassen von Texten auch den folgenden Strategien eine solide wissenschaftliche Basis attestiert:

- Kontrolle und Regulation des Verstehensprozesses („... where readers learn how to be aware of their understanding of the material ...“, dieses und die folgenden Zitate: vgl. www.nichd.nih.gov/publications/nrp/findings.cfm);

- Nutzung grafischer und semantischer Organizer („... where readers make graphic representations of the material to assist comprehension ...“);
- Nutzung von Textstrukturen („... where students are taught to use the structure of the story as a means of helping them recall story content ...“).

Neben der Frage des Trainingsinhalts stellt sich bei solchen Studien auch die Frage nach den *Trainingsmethoden*. Die Ergebnisse der kognitiven Trainingsforschung sprechen dafür, bei der Konzeption von Trainingsmaßnahmen u.a. folgende methodischen Aspekte zu berücksichtigen (Hasselhorn, 1987; Winograd & Hare, 1988): angemessene Formen der Modellierung kognitiver Prozesse, informiertes Training, bei dem die Lernenden Wissen über Vor- und Nachteile sowie spezifische Anwendungsbedingungen der Strategien erwerben, Erlernen der Strategien in einem authentischen Anwendungskontext, Üben unter variierten Aufgabenbedingungen, um Strategietransfer zu unterstützen, Abbau externer Unterstützung mit zunehmendem Trainingsfortschritt sowie Lernen in der Gruppe.

Die bisherigen Erkenntnisse zum Strategietraining bieten damit eine gute Basis für die Vermittlung von Lernstrategien: Wirksame Strategien für das Lernen mit Texten sind beschreibbar, sie können an Lernende vermittelt werden und diese können ihr Lernen damit günstig beeinflussen.

4 Ausblick: Lernen mit Texten unter den Bedingungen von Multimedia

In Folgenden wird die Frage aufgegriffen, wie sich Lernen mit Texten unter den Bedingungen von Multimedia und Internet verändert. Eine Variante medienbasierten Lesens bzw. Lernens, die sich noch vergleichsweise wenig von der linearen Lektüre eines gedruckten Textes unterscheidet, ist die *lineare Lektüre eines Textes am Bildschirm*. Auch auf Bildschirmen präsentierte Texte bestehen aus Wörtern, Phrasen und Sätzen, die ihrerseits durch geeignete Bindemittel (Proformen, Konjunktionen, Wortaufnahmen) zu größeren Sinneinheiten verschmelzen usw. Die grundlegenden Lese- und Verstehensprozesse laufen hier nicht anders ab als beim Lesen von Printtexten (Shapiro & Niederhauser, 2004). Allerdings ist die Lesegeschwindigkeit am Bildschirm in Vergleich zu Printtexten um 20 bis 30% reduziert (Ballstaedt, 1997). Dies hängt u.a. mit der häufig beschränkten Größe von Bildschirmen zusammen, die ihrerseits dazu führt, dass Texte gescrollt werden müssen. Dabei verschwindet ein Teil des Textes aus dem Blickfeld und muss damit im Falle von Rücksprüngen beim Lesen erst wieder ins Blickfeld zurückgeholt werden. Auch spielt hier eine Rolle, dass auf dem Bildschirm präsentierte Texte zumeist von einer Vielzahl von Zusatzinformationen mit großem Ablenkungspotenzial, Symbolleisten, graphische Elemente usw., umgeben sind.

Eine deutlich komplexere Situation ergibt sich beim Lernen mit *Hypertexten*. Zwar handelt es sich im Wesentlichen auch um Texte, aber die Möglichkeit Links anzuklicken legt ein anderes Nutzungsverhalten, ein nicht-lineares Lesen nahe. Wer sich ein Sachgebiet mit einem Hypertext erarbeitet, sieht sich (in Rahmen der vom Autor vorgegeben Linkstruktur) folgenden Anforderungen ausgesetzt: „Der Lernende muss nicht nur ständig entscheiden, ob die gefundene mit der gesuchten Information übereinstimmt und wiederholt festlegen, nach welcher Information er als Nächstes suchen will, sondern sich auch überlegen, welche Vorgehensweise die jeweils beste für den nächsten Schritt ist“ (Schreblowski & Hasselhorn, 2006, S. 158). Im Vergleich zum linearen Lesen eines Printtextes erfordert dies einen höheren kognitiven Aufwand: Zum eigentlichen Lesen und Verstehen kommt noch die Navigation durch den Hypertext, die ihrerseits das kognitive System beansprucht (Shapiro & Niederhauser, 2004; Tergan 1997).

Noch einen Schritt komplexer wird das Geschehen beim Lernen mit Hypermedien, also mit vernetzten Informationsstrukturen, die neben schriftlichen Textelementen auch statische (logische und natürliche Bilder) sowie dynamische Visualisierungen (Filme, Animationen) enthalten, die ihrerseits dann noch häufig mit gesprochenem Text verbunden sind (Mayer, 2001; Zahn, Barquero & Schwan, 2004; siehe auch den Beitrag von Seufert in diesem Band). Hypermediale Lernumgebungen ermöglichen zwar ausgesprochen anspruchsvolle und authentische Lernaufgaben, sie stellen jedoch auch zusätzliche Anforderungen an die Lernenden. Zur Notwendigkeit der Selbststeuerung kommt die Notwendigkeit, Wissen, welches in unterschiedlichen Zeichensystemen (Sprache, Bild, Grafik) codiert ist, und Information, welche das Gehirn über verschiedene Sinneskanäle (Auge, Ohr) erreicht, zu integrieren. Demnach überrascht auch nicht, dass z.B. in Studien, in denen der Lernerfolg mit Hypermedien genau analysiert wurde, die dieser Form des Lernens zugeschriebenen vorteilhaften Lernergebnisse – mehrperspektivisches Wissen, Problemlösen, Transfer – nur unter ganz spezifischen Bedingungen erzielt werden. So zeigen verschiedene Studien (Shapiro & Niederhauser, 2004; Mandl, Schnotz, Picard & Henninger, 1992) denn auch, dass vorwiegend Lernende mit günstigen Lernvoraussetzungen (hohes Vorwissen, gute Fähigkeit zur Selbststeuerung) von dieser Art des Lernens profitieren und Lernende mit weniger günstigen Voraussetzungen zusätzlicher unterstützender Maßnahmen bedürfen, z.B. klare Zielvorgaben und Strategietraining.

Auch wenn Hypertexte und Hypermedien, die speziell für Lehren und Lernen entwickelt wurden, hohe Anforderung an Selbststeuerung und kognitive Verarbeitung stellen, so zeichnen sie sich doch i.d.R. dadurch aus, dass sie seriöse und sinnvoll verlinkte Sachinformation ohne Werbung und ablenkende „pop ups“ anbieten und zumeist auch ein einigermaßen konsistentes Design der Nutzerschnittstelle aufweisen. Bewegt man sich dagegen lesend auf der Suche nach Sachinformation im offenen Informationsraum des Internets, so kommen weitere Anforderungen an die Le-

sekompetenz hinzu, wie z.B. Einschätzung der Seriosität der jeweiligen Texte, Einschätzung der Relevanz des Informationsangebots für die jeweiligen Lernziele und schließlich Integration des aus heterogenen Texten extrahierten Wissens (Weidenmann, 1997). Verschiedene Studien zeigen, dass das suchende Online-Lesen im offenen Informationsraum des Internet Schülerinnen und Schülern denn auch Probleme der folgenden Art bereitet (Coiro & Dobler, 2007): Beeinträchtigung durch ineffektive Suchstrategien, kognitive Überlastung und Desorientierung, Tendenz, die ursprüngliche Suchfrage aufzugeben sowie Probleme bei der Nutzung und Integration der schließlich gefundenen Informationen.

Sind die Rechner zusätzlich noch vernetzt, so kommt zu Multimedialität, Multikodalität und Multimodalität noch eine weitere Rahmenbedingung hinzu, welche das Lernen mit Texten beeinflusst: die soziale Interaktion unter den Bedingungen synchroner und/oder asynchroner Kommunikation. Vernetzte Rechner ermöglichen die unterschiedlichsten Varianten kooperativen und kollaborativen Lernens (Dennis & Valacich, 1999; Hesse, Garsoffky & Hron, 2002; siehe auch den Beitrag von Rummel und Braun in diesem Band). Sei es, dass Formen kooperativen Lernens, die sich im Klassenzimmer bewährt haben, in die virtuelle Welt übertragen werden (z.B. Kollar, Fischer & Hesse, 2006; Rinn et al., 2003), sei es, dass Potenziale vernetzten Lernens genutzt werden, die kein direktes Pendant in herkömmlichen Lernszenarien haben wie etwa die Unterstützung virtueller Gruppen durch Group Awareness Tools (Buder & Bodemer, 2008), das Schreiben von öffentlichen Lerntagebüchern (Nückles, Schwonke, Berthold & Renkl, 2004) oder das kollaborative Schreiben von Wikis (z.B. Cress & Kimmerle, 2008).

Welcher Stellenwert kommt dem Lernen mit Texten in den hier skizzierten Szenarien medienbasierten Lernens zu? Soweit es um Verstehen, also den Aufbau eines Situationsmodells geht, stellt sich das grundlegende Problem ähnlich wie beim Lernen mit Printtexten: „... Wichtige Information muss selegiert, dann organisiert und schließlich integriert werden ...“ (Leutner & Leopold, 2006, S. 169). Dies allerdings unter zumeist schwierigeren Rahmenbedingungen: Hypermediale Lernumgebungen stellen höhere Anforderungen an die Technologiebedienung, an die Selbststeuerung sowie an die mentale Integration von Information, die in verschiedenen Zeichensystemen codiert ist und das Gedächtnis auf verschiedenen Sinneskanälen (Auge, Ohr) erreicht. Hinzu kommt, dass multimediale Lernumgebungen häufig Handlungsformen erfordern, z.B. Visualisieren, Konstruieren, Simulieren, Problemlösen, Kommunizieren, die zwar Verstehen und Behalten von Texten voraussetzen, sich aber nicht darauf beschränken lassen. Effektives Lernen mit Texten ist unter diesen Rahmenbedingungen zwar noch eine notwendige Voraussetzung für die Bearbeitung anspruchsvoller Aufgaben, es ist aber sicher keine hinreichende Voraussetzung mehr, um die Anforderungen multimedialen Lernens zu bewältigen.

Literatur

Anderson, J. R. (1995). *Learning and memory.* New York: John Wiley & Sons.

Artelt, C. (2000). *Strategisches Lernen*. Münster: Waxmann.

Ausubel, D. P. (1974). *Psychologie des Unterrichts (Bd.1 und 2)*. Weinheim: Beltz.

Bannert, M. & Schnotz, W. (2006). Vorstellungsbilder und Imagery-Strategien. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 72-88). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung: Gestaltung von Lernmaterial.* Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Beishuizen, J., Asscher, J., Prinsen, F. & Elshout-Mohr, M. (2003). Presence and place of main ideas and examples in study texts. *British Journal of Educational Psychology, 73*(3), 291-316.

Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Biggs, J. B. (1987). *Students approaches to learning and studying.* Hawthorn, Victoria: Australian Council for Educational Research.

Brown, A. L. (1984). Metakognition, Handlungskontrolle, Selbststeuerung und andere noch geheimnisvollere Mechanismen. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Hrsg.), *Metakognition, Motivation und Lernen* (S. 60-108). Stuttgart: Kohlhammer.

Brown, A. L. & Smiley, S. (1978). The development of strategies for studying texts. *Child Development, 49*, 1076-1088.

Buder, J., & Bodemer, D. (2008). Supporting controversial CSCL discussions with augmented group awareness tools. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 3*, 123-139.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). (2007). *Förderung von Lesekompetenz. Expertise.* Bildungsforschung, Band 17. Bonn, Berlin.

Coiro, J. & Dobler, E. (2007). Exploring the online reading comprehension strategies used by sixth-grade skilled readers to search for and locate information on the Internet. *Reading Research Quarterly , 42*(2), 214-257.

Cook, L. K. & Mayer, R. E. (1988). Teaching readers about the structure of scientific text. *Journal of Educational Psychology, 80*, 448-456.

Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework of memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11*, 671-684.

Cress, U. (2006). Lernorientierungen, Lernstile, Lerntypen und kognitive Stiele. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 365-377). Göttingen: Hogrefe.

Cress, U. & Kimmerle, J. (2008). A Systemic and cognitive view on collaborative knowledge building with Wikis. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 3*(2), 105-122.

Dansereau, D. F. (1978). The development of a learning strategy curriculum. In H. F. O'Neill (Ed.), *Learning strategies* (pp.1-29). New York: Academic Press.

Dansereau, D. F. (1988). Cooperative learning strategies. In C. E. Weinstein, E. T. Goetz & P. A. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction, and evaluation* (pp. 103-120). San Diego, CA: Academic Press.

Dennis, A. & Valacich, J. (1999). Rethinking media richness: Towards a theory of media synchronicity. In R. Sprague (Ed.), *Proceedings of the 32th Hawaii International Conference of Systems Scienes* (HICSS-32), IEEE Computer Society. Los Alamitos, California, [CD-ROM of Full Papers, 10 pages].

Eigler, G. (2006). Textproduktion als Wissensnutzungs- und Wissenserwerbsstrategie. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 187-205). Göttingen: Hogrefe.

Ertl, B. & Mandl, H. (2006). Kooperationsskripts. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 273-281). Göttingen: Hogrefe.

Friedrich, H. F. (1995). *Training und Transfer reduktiv-organisierender Strategien für das Lernen mit Texten.* Münster: Aschendorff.

Friedrich, H. F., Fischer, P. M., Mandl, H. & Weis, T. (1987). *Vom Umgang mit Lehrtexten – Ein Lern- und Lesestrategieprogramm.* Tübingen: Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen.

Groeben, N. (1982). *Leserpsychologie I: Textverständnis – Textverständlichkeit.* Münster: Aschendorff.

Guindon, R. & Kintsch, W. (1984). Priming macropropositions: Evidence for the primacy of macropropositions in the memory for text. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 23*, 508-518.

Hamaker, C. (1986). The effects of adjunct questions on prose learning. *Review of Educational Research, 56*, 212-242.

Hasselhorn, M. (1987). Lern- und Gedächtnisförderung bei Kindern: Ein systematischer Überblick über die experimentelle Trainingsforschung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 19,* 116-142.

Hesse, F. W., Garsoffky, B. & Hron, A. (2002). Interfacedesign für computerunterstütztes kooperatives Lernen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia* (3. Aufl., S. 283-300). Weinheim: Psychologie-Verlags-Union.

Hidi, S. & Anderson, V. (1986). Producing written summaries: Task demands, cognitive operations, and implications for instruction. *Review of Educational Research, 56*, 473-493.

Huber, G. L. (2006). Lernen in Gruppen/Kooperatives Lernen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 261-271). Göttingen: Hogrefe.

Kardash, C. A. M. & Amlund, J. T. (1991). Self-reported learning strategies and learning from expository text. *Contemporary Educational Psychology, 16*, 117-138.

Kieras, D. E. (1985). Thematic processes in the comprehension of technical prose. In B. K. Britton & J. B. Black (Eds.), *Understanding expository text* (pp. 89-107). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

King, A. (1991). Improving lecture comprehension: Effects of a metacognitive strategy. *Applied Cognitive Psychology, 5*, 331-346.

King, A. (1994). Autonomy and question asking: The role of personal control in guided student-generated questioning. *Learning and Individual Differences, 9*(2), 164-185.

King, A. & Rosenshine, B. (1993). Effects of guided cooperative questioning on children's knowledge construction. *Journal of Experimental Education, 61*(2), 127-148.

Kintsch, E. (1990). Macroprocesses and microprocesses in the development of summarization skill. *Cognition and Instruction, 7*, 161-195.

Kintsch, W. (1994). Kognitionspsychologische Modelle des Textverstehens: Literarische Texte. In K. Reusser & M. Reusser-Weyeneth (Hrsg.), *Verstehen. Psychologischer Prozeß und didaktische Aufgabe* (S. 39-53). Bern: Huber.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension. A paradigm for cognition.* Cambridge (UK): Cambridge University Press.

Kintsch, W. & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review, 85*, 363-394.

Klauer, K. J. (1996). Denktraining oder Lesetraining? Über die Auswirkungen eines Trainings zum induktiven Denken sowie eines Lesetrainings auf Leseverständnis und induktives Denken. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 28*, 67-89.

Kollar, I., Fischer, F. & Hesse, F. W. (2006). Collaboration scripts – a conceptual analysis. *Educational Psychology Review, 18*(2), 159-185.

Krause, U.-M. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 38-49). Göttingen: Hogrefe.

Leutner, D. & Leopold, C. (2006). Selbstregulation beim Lernen aus Sachtexten. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 162-171). Göttingen: Hogrefe.

Mandl, H., Schnotz, W., Picard, E. & Henninger, M. (1992). Knowledge acquisition with texts by means of flexible computer-assisted information access. In A. Olivera (Ed.), *Hypermedia courseware: Structures of communicational intelligent help* (pp. 70-76). New York: Springer.

Marton, F. R. & Säljö, R. (1976). On qualitative differences in learning: I – outcome and process. *British Journal of Educational Psychology, 46*, 4-11.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning.* New York: Cambridge University Press.

Molitor-Lübbert, S. (1989). Schreiben und Kognition. In G. Antos & H. P. Krings (Hrsg.), *Textproduktion: Ein interdisziplinärer Forschungsüberblick* (S. 278-296). Tübingen: Niemeyer.

Moravscik, J. E. & Kintsch, W. (1993). Writing quality, reading skills, and domain knowledge as factors in text comprehension. *Canadian Journal of Experiemntal Psychology, 47*, 360-374.

National Institute of Child Health and Human Development (2000). *Report of the National Reading Panel: Teaching children to read. Findings and Determinations of the National Reading Panel by Topic Areas* (Download am 5.2.2009 von http://www.nichd.nih.gov/publications/nrp/findings.cfm).

Neber, H. (2006). Fragenstellen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.) *Handbuch Lernstrategien* (S. 50-58). Göttingen: Hogrefe.

Nückles, M., Schwonke, R., Berthold, K. & Renkl, A. (2004). The use of public learning diaries in blended learning. *Journal of Educational Media, 29*(1), 49-66.

O'Donnell, A. M. & Dansereau, D. F. (2000). Interactive effects of prior knowledge and material format on cooperative teaching. *Journal of Experimental Education, 68*, 101-118.

Palincsar, A. S. & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction, 1*(2), 117-175.

Paris, S. G., Lipson, M. Y. & Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary Educational Psychology, 8*, 293-316.

Pintrich, P., Smith, D. A. F., Garcia, T. & McKeachie, W. J. (1993). Reliability and predictive validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). *Educational and Psychological Measurement, 53*, 801-813.

Ramsden, P., Beswick, D. G. & Bowden, J. A. (1986). Effects of learning skills intervention on first year university students' learning. *Human Learning, 5*, 151-164.

Reder, L. M. (1985). Techniques available to author, teacher, and reader to improve retention of main ideas of a chapter. In S. F. Chipman, J. W. Segal & R. Glaser (Eds.), *Teaching and thinking skills* (Vol. 2, pp. 37-64). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Renkl, A. & Nückles, M. (2006). Lernstrategien der externen Visualisierung. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 135-147). Göttingen: Hogrefe.

Rinn, U., Bett, K., Hron, A., Friedrich, H. F. & Mayer-Picard, E. (2003). How to adapt the Jigsaw method for online learning. In J. Cook & D. McConnell (Eds.), *Communities of practice. Research Proceedings of the 10th Association for Learning Technology Conference* (ALT-C 2003, pp. 285-297). The University of Sheffield and Sheffield Hallam University, UK.

Rumelhart, D. E. & Ortony, A. (1977). The representation of knowledge in memory. In R. C. Anderson, R. J. Spiro & W. E. Montague (Eds.), *Schooling and the acquisition of knowledge* (pp. 99-135). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1986). Research on written composition. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 778-803). New York: Macmillan.

Scardamalia, M., Bereiter, C. & Lamon, M. (1994). The CSILE-Project: Trying to bring the classroom into World 3. In K. McKilly (Ed.), *Classroom Lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 202-228). Cambridge, MA: The MIT Press.

Schiefele, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen: Hogrefe.

Schmidt, H. G., De Volder, M. L., De Grave, W. S., Moust, J. H. C. & Patel, V. L. (1989). Explanatory models in the processing of science text: The role of prior knowledge activation through small-group discussion. *Journal of Educational Psychology, 81*, 610-619.

Schneider, W., Körkel, J. & Weinert, F. E. (1989). Domain-specific knowledge and memory performance: A comparison of high- and low-aptitude children. *Journal of Educational Psychology, 81*, 306-312.

Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Schnotz, W. (2006). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Psychologische Verlags Union.

Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Bild- und Textverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie, 46*(3), 216-235.

Schnotz, W., Ballstaedt, S.-P. & Mandl, H. (1981). Kognitive Prozesse beim Zusammenfassen von Lehrtexten. In H. Mandl (Hrsg.), *Zur Psychologie der Textverarbeitung. Ansätze, Befunde, Probleme* (S. 108-167). München: Urban & Schwarzenberg.

Schreblowski, S. & Hasselhorn, M. (2006). Selbstkontrollstrategien: Planen, Überwachen, Bewerten. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 151-161). Göttingen: Hogrefe.

Shapiro, A. & Niederhauser, D. (2004). Learning from hypertext: Research issues and findings. In D. Jonasson (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (2nd ed., pp. 605–620). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Souvignier, E. & Gold, A. (2004). Lernstrategien und Lernerfolg bei einfachen und *komplexen* Leistungsanforderungen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 51*, 308-318.

Straub, F. C. (2006). Notizenmachen: Funktionen, Formen und Werkzeugcharakter von Notizen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 59-71). Göttingen: Hogrefe.

Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19-30). New York: Cambridge University Press.

Taylor, B. M. & Beach, R. W. (1984). The effects of text structure instruction on middle-grade students´ comprehension and production of expository text. *Reading Research Quartely, 19*, 134-146.

Tergan, S.-O. (1997). Multiple views, contexts and symbol systems in learning with hypertext/hypermedia: A critical review of research. *Educational Technology, 37*(4), 5-18.

Tynjälä, P., Mason, L. & Lonka, K. (Eds.). (2001). *Writing as a learning tool: Integrating theory and practice. Studies in Writing, Vol. 7.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

van Dijk, T. A. (1980). *Macrostructures. An interdisciplinary study of global structures in discourse, interaction, and cognition.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

van Dijk, T. A. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension.* New York: Academic Press.

Weidenmann, B. (1997). Verlangen die neuen Medien ein neues Lesen? In S. Höfling & H. Mandl (Hrsg.), *Lernen für die Zukunft – Lernen in der Zukunft* (S. 88-96). München: Hanns-Seidel-Stiftung.

Weinstein, C. E. & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 315-327). New York: Macmillan.

Weinstein, C. E., Husman, J. & Dierking, D. R. (2000). Self-regulation interventions with a focus on learning strategies. In M. Boekaerts, P. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 727-747). San Diego, CA: Academic Press.

Wild, K.-P. (1998). Lernstrategien und Lernstile. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 309-312). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium: Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 15*(4), 185-200.

Winograd, P. N. & Hare, V. C. (1988). Direct instruction of reading comprehension strategies: The nature of teacher explanation. In C. E. Weinstein, E. T. Goetz & P. A. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction, and evaluation* (pp. 121-139). San Diego, CA: Academic Press.

Zahn, C., Barquero, B. & Schwan, S. (2004). Learning with hyperlinked videos - design criteria and efficient strategies of using audiovisual hypermedia. *Learning and Instruction, 14*, 275-291.

Tina Seufert

Lernen mit multiplen Repräsentationen – Gestaltungs- und Verarbeitungsstrategien

Zusammenfassung

Um Lern- und Verstehensprozesse zu fördern ist es sinnvoll, Lernende zur aktiven kognitiven Verarbeitung anzuregen und ihnen neue Sachverhalte aus unterschiedlichen Perspektiven nahe zu bringen. Moderne Lehrmaterialien und nicht zuletzt multimediale Lehrangebote bieten solche Anregungen in hohem Maße: Es werden unterschiedliche Darstellungsformen verwendet, wie Texte, Bilder, Grafiken, Tabellen, Formeln usw., und es werden zudem unterschiedliche Sinne angesprochen, zumeist Auge und Ohr. Im vorliegenden Beitrag soll zunächst einführend erläutert werden, worin die Vor- und Nachteile des Einsatzes solcher multipler externer Repräsentationen bestehen. Um diese Befunde einordnen zu können, werden kognitionspsychologische Modelle der Verarbeitung multipler Repräsentationen diskutiert. Auf Basis dieser kognitionspsychologischen Analyse lassen sich zwei Ansatzpunkte zur Förderung des Wissenserwerbs mit multiplen Repräsentationen ableiten: zum einen die Gestaltung von Lernumgebungen und zum anderen die Förderung effektiver Strategien auf der Lernerseite. Abschließend werden aktuelle Fragen des praktischen Einsatzes multipler Repräsentationen sowie forschungsbezogene Perspektiven diskutiert.

1 Chancen und Risiken des Lernens mit multiplen externen Repräsentationen

Für die Vermittlung von Informationen haben digitale Medien in den letzten Jahren rasant an Bedeutung gewonnen. Aber auch zum Zweck des Lehrens und Lernens werden computerbasierte Systeme immer häufiger eingesetzt. Aus diesem Grund haben sich zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten aus dem Bereich der Lehr-Lernforschung diesem Thema gewidmet. Denn neben der unbestrittenen Attraktivität dieser Lehrmaterialien stellt sich die Frage nach deren Lernwirksamkeit. Können digitale Medien tatsächlich das Lernen fördern oder bringen sie selbst neue Anforderungen mit sich, die dem Lernen abträglich sein könnten? Bevor mögliche Vor- und Nachteile des Einsatzes digitaler Medien diskutiert werden, soll zunächst präzisiert werden, wodurch sich multimediale Lernumgebungen auszeichnen.

Ein besonderes Kennzeichen multimedialer Lernumgebungen ist die Verwendung *multipler* externer Repräsentationen zur Darstellung von Sachverhalten. Dabei werden Repräsentationen unterschiedlichen Zeichenformats (z.B. Text und Bild) eingesetzt oder auch verschiedene Sinne, zumeist Auge und Ohr, angesprochen. Werden mehrere Zeichenformate, so genannte Zeichencodes kombiniert, spricht man von *multikodalen* Lernumgebungen, werden hingegen mehrere Sinnesmodalitäten angesprochen, bezeichnet man die Lernumgebung als *multimodal* (Mayer, 2001; Seufert, 2003a; Weidenmann, 1996).

Ist es sinnvoll, Texte mit Bildern einzusetzen oder eine Kombination auditiver und visueller Informationen anzubieten? Zahlreiche empirische Arbeiten machen deutlich, dass eine Kombination mehrerer Repräsentationen den Lernerfolg verbessern kann. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn komplexere Zusammenhänge verstanden werden sollen oder gar Anwendungs- oder Transferleistungen gefordert werden (z.B. Ainsworth, Wood & O'Malley, 1998; Cox & Brna, 1995; White, 1993; Wiley & Voss, 1999). In diesem Zusammenhang sind Arbeiten zu nennen, die belegen, dass eine Kombination aus Text und Bild einem unbebilderten Text überlegen ist (zu diesem so genannten *Multimediaprinzip* siehe auch Abschnitt 3.1; zusammenfassend siehe Fletcher & Tobias, 2005; Mayer, 2001). Auch für den Einsatz multimodaler, d.h. audiovisueller im Vergleich zu rein visuellen Darbietungen, konnten solche Lernvorteile nachgewiesen werden (zu diesem *Modalitätsprinzip* siehe ebenfalls Abschnitt 3.1; zusammenfassend siehe Ginns, 2005; Low & Sweller, 2005). Zur Erklärung dieser Befunde wird argumentiert, dass die Lernenden nicht nur jede einzelne Repräsentation verstehen, sondern auch Verbindungen zwischen den Repräsentationen knüpfen müssen, um eine global kohärente Wissensstruktur aufzubauen und dabei ein vertieftes Verständnis des Lerninhalts zu erarbeiten (z.B. Tergan, 1997).

Lernende müssen jedoch zum einen in der Lage sein, die einzelnen Repräsentationen zu verknüpfen, und darüber hinaus bereit sein, die dafür notwendigen kognitiven Ressourcen einzusetzen. Nur dann kann das Potenzial multimedialer Lernumgebungen ausgeschöpft werden. Dass dies nicht immer der Fall ist, konnte in mehreren wissenschaftlichen Arbeiten nachgewiesen werden (zusammenfassend siehe Ainsworth, 1999; Seufert, 2003a). Worauf sind diese negativen Befunde zurückzuführen? Denkbar sind folgende Erklärungen: Lernende konzentrieren sich in der Regel auf eine einzelne Repräsentation. Sie wählen dabei die Darstellungsform, die ihnen am vertrautesten ist. Damit vermeiden sie den hohen kognitiven Aufwand der Integration verschiedener Repräsentationen (z.B. Piez & Voxman, 1997). Zudem ist die Koordination verschiedener Repräsentationen – wenn sie in Angriff genommen wird – oft nicht erfolgreich, was vorwiegend auf Übersetzungsschwierigkeiten zwischen verschiedenen Zeichenformaten zurückgeführt werden kann (z.B. Kozma & Russell, 1997).

Die bisherigen Ausführungen machen deutlich, dass die Verarbeitung multipler Repräsentationen viele Lernende schnell an die Grenzen ihrer kognitiven Leistungsfähigkeit bringt. Als aktive, selbstorganisierte Lernende entscheiden sie sich oftmals für einen weniger aufwändigen Lernweg und vernachlässigen einzelne Repräsentationen. Aber selbst wenn Lernende nicht derart ökonomisch entscheiden und die Integration der verschiedenen Repräsentationen tatsächlich in Angriff nehmen, fehlen ihnen oftmals die entsprechenden Fähigkeiten zur Integration und damit zur Kohärenzbildung. Die logische Schlussfolgerung für Lehrende bzw. Lernprogrammentwickler ist es demnach, die „Kosten" der (Informations-)Verarbeitung zu reduzieren und Lernende gezielt bei der Kohärenzbildung und insbesondere bei der Übersetzung zwischen verschiedenen Zeichenformaten zu unterstützen. Wo man sowohl beim Mediendesign als auch bei der Förderung von Lernenden ansetzen kann, zeigen kognitionspsychologische Modelle zum Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen.

2 Wissenserwerb mit multiplen externen Repräsentationen

In den letzten Jahren wurden mehrere theoretische Modelle entwickelt, die beschreiben, wie multiple Repräsentationen verarbeitet werden. Hier ist zunächst die duale Kodierungstheorie von Paivio (1986) zu nennen. Eine ihrer Grundannahmen ist, dass Text und Bild in unterschiedlichen mentalen Systemen verarbeitet werden. Diese Grundidee wurde von den beiden einflussreichsten Theorien zum Wissenserwerb mit Text und Bild aufgegriffen, der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* von Mayer (2001) sowie dem *Modell der integrativen Text-Bild-Verarbeitung* von Schnotz und Bannert (1999). Beide Modelle beschreiben, wie Texte und Bilder zunächst einzeln verarbeitet werden, bevor sie dann in einer integrierten mentalen Wissensstruktur verknüpft werden. Ihr Fokus liegt auf der Beschreibung der Prozesse der Verarbeitung sowie den dabei entstehenden mentalen Wissensstrukturen. Eine dritte bedeutsame Theorie im Bereich des multimedialen Lernens ist die *Cognitive Load Theory* (Chandler & Sweller, 1991; Sweller, 2005; Sweller, van Merrienboer & Paas, 1998). Sie beschreibt die be- und überlastenden Bedingungen, die den Wissenserwerb positiv oder negativ beeinflussen können. An dieser Stelle sollen jedoch nicht die einzelnen Theorien im Detail vorgestellt werden. Ziel ist es vielmehr, die zentralen Verarbeitungsprozesse beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen zu skizzieren. Ein tieferes Verständnis der notwendigen Verarbeitungsprozesse kann als Ansatzpunkt dienen, um den Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen entsprechend zu fördern und zu unterstützen.

2.1 Die Verarbeitung von Text und Bild

Wie bereits erwähnt werden Text und Bild zunächst in unterschiedlichen, getrennten mentalen Systemen verarbeitet. Bietet man Lernenden demnach einen bebilderten Text an, müssen sie zunächst Text und Bild unabhängig voneinander verstehen (siehe den Beitrag von Lenzner und Schnotz in diesem Band). Beim *Lesen des Textes* werden zunächst die syntaktischen Merkmale – auch Oberflächenstruktur genannt – erfasst (Schnotz & Bannert, 1999). Man erkennt beispielsweise Abschnitte und Überschriften oder erfasst Satzstrukturen, wie Haupt- oder Nebensätze. Diese syntaktische Analyse führt dazu, dass Lernende sich zwar einzelne Textelemente oder auch ganze Texte merken können, diese jedoch nicht verstanden haben. Ein Beispiel wäre ein Gedicht, dessen Worte man zwar aufsagen kann, ohne aber die Bedeutung zu verstehen. Beim Wissenserwerb steht jedoch meistens eben dieser Verstehensprozess im Vordergrund. Dieser folgt in einem zweiten Schritt, den Schnotz und Bannert (1999) als semantische Analyse bezeichnen. Die Lernenden erfassen, was gemeint ist – die so genannte Tiefenstruktur – und organisieren die einzelnen Aussagen. Somit können sie die Textaussage als kohärentes Ganzes mental abbilden.

Um ein *Bild zu verarbeiten,* muss man ebenfalls zunächst dessen Oberflächenmerkmale erfassen (Schnotz & Bannert, 1999). Dies geschieht weitgehend präattentiv, d.h. ohne bewusste Aufmerksamkeit. Lernende erkennen Formen und Hintergrund, gruppieren und trennen grafische Strukturen. Im Fall logischer Bilder, wie z.B. Diagramme, werden beispielsweise Achsen und Linien, Punkte oder Flächen erfasst. Auch bei der Bildverarbeitung wäre man bereits nach einem kurzen Blick auf die Bildoberfläche in der Lage ein Bild nachzuskizzieren, ohne jedoch zu verstehen, was die Aussage des Bildes ist. Um die Bildaussage zu verstehen, bedarf es wie beim Textverstehen einer semantischen Analyse, die der bewussten Aufmerksamkeit bedarf (Schnotz & Bannert, 1999). Welche grafischen Strukturen sind zentral, was bedeuten sie und wie lassen sie sich zu einer Gesamtbildaussage zusammensetzen? Auch beim Bildverstehen ist demnach ein Organisationsprozess notwendig, der die einzelnen Bildteile in Beziehung setzt und es den Lernenden ermöglicht, die Bildaussage kohärent mental abzubilden. Das dabei entstehende mentale Abbild wird als mentales Modell bezeichnet (z.B. Johnson-Laird, 1983).

Die Verarbeitung von Texten sowie von Bildern findet demnach in *mehreren Stufen* statt. Während Schnotz und Bannert (1999) wie hier beschrieben unterschiedliche Prozesse für Text und Bild annehmen (syntaktische und semantische Verarbeitung für Texte bzw. präattentive Wahrnehmungsprozesse und Bildanalyse durch Selektion und Gruppierung für Bilder), beschreibt Mayer (2001) die Verarbeitungsstufen für Text und Bild gleichförmig. Er bezeichnet mit Bezug auf Wittrock (1989) die Verarbeitung der Oberflächenmerkmale jeweils als Selektion, die darauf folgende Verarbeitung der Tiefenstruktur als Organisation. Da Text und

Bild jedoch wie oben erwähnt unterschiedliche Zeichenformate verwenden (Symbolzeichen versus analoge Bildzeichen) ist es sicher sinnvoll anzunehmen, dass diese auch unterschiedliche Verarbeitungsprozesse erfordern.

2.2 Die Integration von Text und Bild

Eine zentrale Frage beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen ist jedoch, wie die einzelnen Repräsentationen – nachdem sie jeweils für sich verstanden wurden – in ihrem Zusammenhang verarbeitet werden. Wie können Lernende den Bezug zwischen Text und Bild erfassen und damit eine kohärente Wissensstruktur des gesamten Sachverhalts, der in Text *und* Bild dargestellt ist, konstruieren? Der Begriff der Kohärenz, der bereits mehrfach verwendet wurde, bezieht sich darauf, dass bei der Verarbeitung zusammengehörige Informationen stimmig in Beziehung gesetzt werden und als schlüssiges Ganzes mental repräsentiert werden. Der Bereich der Informationen, die in die kohärente Struktur integriert werden müssen, kann dabei in seinem Umfang variieren: Kohärenz muss bereits beim Verstehen eines Satzes, Bildteiles, eines Textabschnittes, beim gesamten Text oder Bild aber eben auch bei der integrativen Verarbeitung von Text und Bild hergestellt werden. Die *Kohärenzbildung* kann entsprechend bei geringerer Reichweite als *lokal*, bei größerem Integrationsbereich als *global* bezeichnet werden.

Wie diese Kohärenzbildung auf globaler Ebene, also zwischen Text und Bild im Einzelnen abläuft, beschreibt jedoch weder das Modell von Mayer (2001) noch das von Schnotz und Bannert (1999). Hierzu gibt es neuere Ansätze, die sich auf die *Structure Mapping Theory* von Gentner (1983) stützen (z.B. Seufert, 2003a). Gentners (1983) Theorie, die aus dem Bereich des Lernens mit Analogien stammt, beschreibt das „Structure Mapping“ als mehrstufigen Prozess. Zunächst werden in den einzelnen Repräsentationen zentrale Elemente und deren Relationen zueinander und damit die Strukturen identifiziert. In einem nächsten Schritt können diese Strukturen zwischen den Repräsentationen abgeglichen und aufeinander bezogen werden, ein Prozess den Gentner (1983) als Mapping bezeichnet. Zuletzt können alle Informationen aus Text und Bild und deren Beziehungen zueinander in einem mentalen Modell gemeinsam abgebildet werden.

Wie findet aber das Mapping statt? Hierbei können sich Lernende zum einen auf Oberflächenmerkmale wie Farbe oder Form konzentrieren. Sind in Text und Bild beispielsweise korrespondierende Elemente oder Relationen in roter Farbe markiert, kann dies den Lernenden als Hinweis dienen, die Informationen aufeinander zu beziehen. Da das Mapping in diesem Fall auf rein oberflächlicher bzw. syntaktischer Information beruht, wird es als *syntaktisches Mapping* bezeichnet. Sinnvoller wäre es natürlich, wenn Lernende Zusammenhänge zwischen Text- und Bildele-

menten aufgrund ihrer Bedeutung erkennen, das Mapping demnach auf einer semantischen Analyse beruht, dem so genannten *semantischen Mapping*.

Sowohl beim Verstehen der einzelnen Repräsentationen (der lokalen Kohärenzbildung) wie auch bei der Integration mehrerer Repräsentationen (der globalen Kohärenzbildung) kommt dem *Vorwissen der Lernenden* eine zentrale Bedeutung zu. Das Zusammenspiel zwischen aktueller Verarbeitung und bereits vorhandenen Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis hat erheblichen Einfluss auf die semantische Verarbeitung der einzelnen Repräsentationen und insbesondere auf das semantische Mapping zwischen den Repräsentationen (siehe z.B. Kalyuga, 2005, 2007; Seufert, 2003b; Seufert, Jänen & Brünken, 2007; mehr zur Wechselwirkung zwischen Lernermerkmalen und Verarbeitung in Abschnitt 3.3). Bereits vorhandenes Wissen kann beispielsweise die Selektion relevanter Informationen erleichtern oder bei der Interpretation der Information helfen, einem zentralen Aspekt der semantischen Analyse. Auch die Organisation der Information wird durch Vorwissen erleichtert, wenn die neuen Informationen beispielsweise in bereits bekannte Kategorien eingeordnet werden können.

2.3 Kognitive Belastung bei der Verarbeitung von Text und Bild

Alle bislang geschilderten Verarbeitungsprozesse finden im Arbeitsgedächtnis statt. An dieser Stelle liefert die *Cognitive Load Theory* (z.B. Sweller, van Merrienboer & Paas, 1998) wichtige Annahmen über die Bedingungen einer erfolgreichen Verarbeitung. Die zentrale Grundannahme ist, dass alle Verarbeitungsprozesse kognitive Ressourcen im Arbeitsgedächtnis benötigen. Diese Ressourcen sind jedoch begrenzt, so dass es bei ungünstigen Bedingungen zur kognitiven Überlastung kommen kann. Die Autoren beschreiben unterschiedliche Belastungsquellen, die sich bei der Verarbeitung ergeben können.

Dies ist zum einen der *intrinsic cognitive load*. Dieser ist abhängig von der so genannten *element interactivity*, dem Ausmaß in dem die zu lernenden Informationen miteinander interagieren. Etwas verkürzt wird diese Eigenschaft des Lernmaterials oftmals als „Komplexität“ bezeichnet. Dabei können bereits einzelne Repräsentationen hohen instrinsic load verursachen, wenn sie komplex sind (z.B. wenn in einer Landkarte – einem Bild – sehr viele Standortfaktoren, die alle miteinander in Beziehung stehen, auf einmal gezeigt werden). Vor allem aber bei multiplen Repräsentationen kann oftmals hoher intrinsic load entstehen, wenn die einzelnen Repräsentationen viele Schnittbereiche aufweisen, d.h. viele Elemente interagieren und entsprechend aufeinander bezogen werden müssen (Mapping).

Eine weitere mögliche Belastungsquelle, der *extraneous cognitive load* geht auf die Art der instruktionalen Gestaltung zurück. Dies lässt sich am einfachsten an einem

Beispiel erläutern: Wird in einem Text auf ein erläuterndes Bild verwiesen, dann sollte das Bild möglichst benachbart abgedruckt werden. Müssen Lernende das Bild zunächst suchen (z.B. auf der folgenden Buchseite), benötigen sie dafür kognitive Ressourcen, die der eigentlichen Verarbeitung nicht mehr zur Verfügung stehen. Bei der Gestaltung von Lehrmaterialien ist demnach darauf zu achten, dass die Lernenden die Informationen, die sie gerade für die aktuelle Verarbeitung benötigen, möglichst einfach entnehmen können, ohne dafür unnötige Ressourcen zu benötigen.

Die dritte Belastungsquelle, die die Cognitive Load Theory beschreibt, ist der *germane cognitive load*. Er umfasst alle kognitiven Ressourcen, die für die tatsächliche Verarbeitung der Lerninhalte notwendig sind. Strengt ein Lernender sich beispielsweise beim Lesen eines Textes an und geht langsam und konzentriert vor, schreibt vielleicht wichtige Begriffe heraus, dann wäre die dabei entstehende Belastung oder Anstrengung als germane load zu bezeichnen. Die Investition dieser Ressourcen belastet zwar das Arbeitsgedächtnis, wirkt sich jedoch positiv auf das Lernergebnis aus. Der germane load wird deshalb oftmals als „positive“ Form der Belastung bezeichnet.

3 Förderung des Wissenserwerbs mit multiplen externen Repräsentationen

Basierend auf den theoretischen Überlegungen ergeben sich zwei Ansatzpunkte zur Förderung des Wissenserwerbs mit multiplen Repräsentationen. Zum einen kann das Design der Lernumgebung optimiert werden, so dass Lernende die notwendigen Prozesse ohne kognitive Überlastung ausführen können. Ziel dieser Maßnahmen wäre somit eine *Reduktion des extraneous cognitive load*. Zum anderen könnten jedoch auch Maßnahmen zur *Förderung des germane cognitive load* die Verarbeitung intensivieren. Letztere setzen demnach auf eine verbesserte Mediennutzung, unabhängig von der Qualität des Mediendesigns. Ein Beispiel für eine Maßnahme zur Förderung des germane loads wäre ein Training, in dem Lernenden Strategien zur Kohärenzbildung vermittelt würden. Damit wären sie unabhängig von der Qualität des Mediendesigns in der Lage, zentrale Informationen zu extrahieren und sie in ein kohärentes mentales Modell zu integrieren. Beide Förderansätze werden in den nachfolgenden Abschnitten vorgestellt. In welcher Weise die Wirksamkeit von sowohl designbezogenen als auch lernstrategischen Fördermaßnahmen von Lernermerkmalen abhängig ist, wird im letzten Abschnitt diskutiert.

3.1 Designbezogene Fördermaßnahmen

Die nachfolgend vorgestellten Maßnahmen haben zum Ziel, das Design multimedialer Lernumgebungen so zu verbessern, dass Lernende die notwendigen kognitiven Verarbeitungsprozesse ohne Schwierigkeiten ausführen können. Die Liste solcher Gestaltungsprinzipien ist lang und wurde vielfach publiziert (z.B. Clark & Mayer, 2008; Mayer, 2001, 2005). Die Gestaltungsprinzipien, von denen nachfolgend einige kurz skizziert werden, lassen sich den beiden oben genannten zentralen Merkmalen multimedialer Lernumgebungen, der Multikodalität und Multimodalität zuordnen.

3.1.1 Gestaltung multikodaler Lernumgebungen

In der pädagogisch-psychologischen Forschung konnte mehrfach empirisch nachgewiesen werden, dass bebilderte Lerntexte gegenüber unbebilderten Texten Lernvorteile mit sich bringen (zu diesem *Multimediaprinzip* siehe zusammenfassend Fletcher & Tobias, 2005). Fällt es einem beispielsweise schwer, sich die Funktionsweise eines Otto-Motors auf Basis eines Textes vorzustellen, so gelingt dies viel leichter, wenn zum Text ein Bild dargeboten wird. Das Bild kann aufgrund seiner Anschaulichkeit die Konstruktion eines mentalen Modells erleichtern. Die Textinformation, die zum Bild geliefert wird, kann durch die beschriebenen Mappingprozesse in dieses mentale Abbild schrittweise eingefügt werden. Somit kann durch die grafische Vorlage des Bildes ein mentales Modell konstruiert werden, das durch die Textinformation ergänzt wird – es entsteht eine kohärente Wissensstruktur der Text- und Bildinformation. Die gemeinsame Verwendung von Text und Bild kann also Vorteile bringen, allerdings müssen hierfür bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein, die im Folgenden beschrieben werden.

Prinzip der Kontiguität. Die Integration von Text und Bild wird erheblich erschwert, wenn Text und Bild nicht in unmittelbarer räumlicher Nähe zueinander stehen, also z.B. auf verschiedenen Seiten eines Buches platziert sind. Wenn Lernende die jeweiligen Quellen nicht auf einen Blick erfassen können, müssen sie ihre Aufmerksamkeit aufteilen, was eine vermeidbare Form der kognitiven Belastung darstellt. Die räumlich getrennte Darbietung erschwert es den Lernenden Text- und Bildinformationen gleichzeitig im Gedächtnis zu behalten und somit zu integrieren. Chandler und Sweller (1992) bezeichnen diesen Effekt im Rahmen der Cognitive Load Theory als *split-attention effect*. Um die Aufteilung der Aufmerksamkeit zu vermeiden, schlagen sie so genannte *integrierte Text-Bild-Darstellungen* vor, in denen einzelne Textsegmente innerhalb des Bildes platziert sind und zwar jeweils im Bereich der Bildentität, auf die sich der Textabschnitt bezieht (Chandler & Sweller, 1991, 1992, 1996; Purnell, Solman & Sweller, 1991). Kom-

biniert man dynamische Bilder, d.h. Animationen mit Text, so kommt neben der räumlichen Kontiguität zusätzlich die zeitliche Kontiguität zum Tragen. Auch in diesem Fall wird die integrative Verarbeitung dadurch erleichtert, dass Animation und Text gleichzeitig oder zumindest in zeitlicher Nähe dargeboten werden (z.B. Moreno & Mayer, 1999).

Prinzip der Kohärenz. Bei der Entwicklung von Lernumgebungen sollten nur solche Informationen aufgenommen werden, die zum Verstehen des zu lernenden Sachverhalts notwendig sind, d.h. alle enthaltenen Informationen sollten sich zu einem kohärenten Ganzen zusammenfügen lassen. Sehr häufig werden Bilder jedoch nur aus dekorativen Gründen eingesetzt, um möglicherweise zunächst das Interesse zu wecken. Die in den Bildern enthaltene Information ist für den Lerninhalt dabei oft nicht relevant. Das Hinzufügen rein dekorativer Bilder führt entsprechend nicht zu einer verbesserten Lernleistung (Mayer, 2001; Moreno & Mayer, 1999). Sie beanspruchen zusätzliche Aufmerksamkeit, die von der Verarbeitung der relevanten Information abgezogen wird, stören den Organisationsprozess und können den Lernenden, wenn sie nicht als irrelevant erkannt werden, in die Irre führen. Neben irrelevanten Bildern können auch ungeeignete Bilder den Lernprozess behindern. Eine Studie von Schnotz, Bannert und Seufert (2002) konnte zeigen, dass nicht jede Form der Visualisierung für jedes Lernziel geeignet ist. Kommt es beispielsweise darauf an, sich die Erdrotation vorzustellen, dann ist hierfür eine kugelförmige Darstellung der Erde sinnvoll, während eine flächige Darstellung diese mentale Operation nicht unterstützt und sogar zu schlechteren Lernleistungen führen kann als eine reine Textpräsentation. Es kommt also bei der Wahl einer Illustration für einen Text darauf an, je nach Aufgabenstellung das „richtige“ Bild zu finden, das den Lernenden die Konstruktion einer kohärenten und funktionalen Wissensstruktur erleichtert.

Prinzip der Redundanz. Im Rahmen der Cognitive Load Theory wurden zahlreiche Studien zum Prinzip der Redundanz durchgeführt (Bobis, Sweller & Cooper, 1993; Chandler & Sweller, 1991, 1996; Mayer, Heiser & Lonn, 2001). Sie zeigen, dass eine Informationsquelle, die eigenständig den vollständigen Sachverhalt erklärt, keine Ergänzung benötigt. Werden dennoch solche redundanten Informationen angeboten, können sie sogar störend wirken, wie eine Studie von Kalyuga, Chandler und Sweller (1998) zeigt: Lernende, die zu einem Bild redundante Textinformationen in integriertem Format erhielten, zeigten schlechtere Leistungen als Lernende, die nur mit dem Bild lernten. Das Prinzip der Redundanz lässt sich wiederum mithilfe der begrenzten Arbeitsgedächtniskapazität erklären. Um zu erkennen, dass Informationen redundant sind, benötigen Lernende kognitive Kapazität, die dann der eigentlichen Verarbeitung nicht mehr zur Verfügung steht. Reduziert man das Lernmaterial hingegen auf relevante Informationen, schafft man bei den Lernenden Ressourcen für die Kohärenzbildung.

3.1.2 Gestaltung multimodaler Lernumgebungen

Moderne Lerntechnologien erlauben es ohne großen Aufwand mehrere Sinneskanäle, vor allem Auge und Ohr anzusprechen. Die Frage, ob und unter welchen Bedingungen eine solche multimodale Darstellung im Vergleich zur monomodalen – in der Regel ist das eine rein visuelle Darstellung – überlegen ist, stand im Mittelpunkt zahlreicher pädagogisch-psychologischer Forschungsarbeiten. Hierbei wurde mehrfach nachgewiesen, dass eine multimodale Darbietung zu positiven Lerneffekten führt (siehe zusammenfassend Ginns, 2005; Low & Sweller, 2005). Dieser als *Modalitätseffekt* bezeichnete Befund konnte allerdings nur unter der Voraussetzung nachgewiesen werden, dass den Lernenden zwei verschiedene Zeichenformate, also z. B. ein Text und ein Bild dargeboten werden.

Eine Erklärung, warum der Modalitätseffekt gerade unter diesen Voraussetzungen auftritt, bietet das Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley (1992): Um die beiden Repräsentationen unterschiedlichen Zeichenformates zu integrieren, müssen sie beide gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis bearbeitet werden. Dabei werden die Repräsentationen je nachdem ob sie visuell oder auditiv dargeboten werden in unterschiedlichen, voneinander getrennten Arbeitsgedächtnissystemen verarbeitet. Werden Bild und Text visuell – der Text demnach in geschriebener Form – dargeboten, müssen Lernende ihre visuelle Aufmerksamkeit auf beide Informationsquellen aufteilen, was eine Belastung des visuellen Arbeitsgedächtnisses darstellt. Während der Bildbetrachtung gehen möglicherweise bereits gelesene Textinhalte verloren und während der Text weiterverfolgt wird, können bereits wieder Bildinformationen vergessen werden. Dies ist umso mehr von Nachteil, wenn Text und Bildinformationen integriert werden sollen und demnach gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis verfügbar sein müssen.

Wie oben beschrieben, können integrierte Text-Bild-Darstellungen das Problem der Aufmerksamkeitsverteilung entschärfen. Eine Überlastung des visuellen Systems kann aber auch vermieden werden, indem der Text auditiv dargeboten wird. Dadurch steht der visuelle Teil des Arbeitsgedächtnisses ausschließlich für das Bild und der auditive Teil ausschließlich für den Text zur Verfügung, so dass durch die effizientere Nutzung der kognitiven Ressourcen beide Informationen gleichzeitig zur Verfügung stehen und leichter integriert werden können.

Dennoch lässt sich aus diesen Befunden nicht schlussfolgern, dass eine multimodale Darbietung immer zu besseren Lernleistungen führt (Rinck & Glowalla, 1996). Einige Forschungsarbeiten weisen vielmehr darauf hin, dass bei der Verwendung multimodaler Lernmaterialien einige zentrale Bedingungen berücksichtigt werden müssen, damit der arbeitsgedächtnisentlastende Effekt tatsächlich zum Tragen kommen kann. Analog zu den eben beschriebenen Gestaltungsprinzipien für multikodale Lernumgebungen lassen sich auch für die Gestaltung multimodaler Lernumgebungen Gestaltungsregeln ableiten.

Prinzip der Kontiguität. Der Vorteil bei der Verarbeitung multimodaler Information liegt in der Nutzung zweier verschiedener Gedächtnissysteme, wodurch die Überlastung eines einzelnen Systems vermieden werden kann. Baggett (1994) und Mayer (2001) weisen jedoch darauf hin, dass ein solcher Vorteil nur dann zum Tragen kommen kann, wenn visuelle und auditive Informationen gleichzeitig dargeboten werden und somit gleichzeitig verarbeitet werden können. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, weil auditive Informationen aufgrund ihrer Flüchtigkeit direkt verarbeitet werden müssen und oftmals nicht selbstgesteuert mehrfach abrufbar sind. Würde die visuelle Information, die mit dem Gehörten in Verbindung gebracht werden soll, erst später erscheinen, müssten die Lernenden den Inhalt der auditiven Sequenz weitgehend memorieren, was das Arbeitsgedächtnis wiederum stark belasten würde.

Prinzip der Kohärenz. Tindall-Ford, Chandler und Sweller (1997) verdeutlichen, dass der Modalitätseffekt nur bei hohem *intrinsic load* auftritt. Wenn die Darstellungen inhaltlich eng verzahnt sind und entsprechend viele Informationen gleichzeitig im Gedächtnis behalten werden müssen, steigt der kognitive Aufwand. Somit kann eine Entlastung durch die Nutzung zweier Arbeitsgedächtnissysteme statt einem einzelnen zu den genannten positiven Effekten multimodaler Darbietung führen. Weisen die Repräsentationen nur wenige inhaltliche Bezüge auf und erfordern demnach weniger kognitiven Integrationsaufwand, können Lernende beide Informationsquellen sequentiell verarbeiten und müssen ihre visuelle Aufmerksamkeit demnach nicht aufteilen. In diesem Fall kommt der Modalitätseffekt nicht zum Tragen (Tindall-Ford et al., 1997).

Prinzip der Redundanz. Die meisten Forschungsarbeiten, die negative Effekte einer multimodalen Darbietung nachweisen, beschäftigen sich mit redundanten audiovisuellen Darstellungen. Wird dem Leser beispielsweise ein Text vorgelegt, den er gleichzeitig auch vorgelesen bekommt, stellt die zusätzliche Modalität keine Entlastung, sondern vielmehr eine Ablenkung dar (z.B. Moreno & Mayer, 2000). Dies ist vor allem damit zu erklären, dass das eigene Lesetempo in der Regel deutlich höher ist als das Vorlesetempo eines anderen Sprechers, wodurch der Leser im eigenen Lesefluss gestört wird bzw. zur gleichen Zeit unterschiedliche Textstellen des gleichen Textes liest und hört, was zu Verwirrung führen kann. Es ist jedoch wichtig darauf hinzuweisen, dass die belastenden Effekte durch die auditive Information nur dann auftreten, wenn zwei verbale Informationsquellen miteinander konkurrieren. Wird ein Bild von einem auditiven Text begleitet, der im Wesentlichen redundante Informationen bietet, wurden bislang keine Störeffekte nachgewiesen.

3.2 Lernstrategische Fördermaßnahmen

Nur selten haben Lehrende oder Lernende Einfluss auf die Gestaltung von Medien. Demnach stellt sich die Frage, wie Medien unabhängig vom Design effektiv genutzt werden können. Dieser Frage wurde in den letzten Jahren vielfach nachgegangen; es wurden zahlreiche Ansätze entwickelt, die der Förderung der Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen dienen. Diese Ansätze lassen sich prinzipiell zwei Typen zuordnen. (1) Zum einen können Lernende innerhalb der Lernsituation unterstützt werden (situative Hilfen, z.B. Bartholomé, 2007; Bodemer, Plötzner, Feuerlein & Spada, 2004; Brünken, Seufert & Zander, 2005; Kalyuga, Chandler & Sweller, 1999; Seufert, 2003b). (2) Eine zweite Möglichkeit der Unterstützung besteht in der Förderung der integrativen Fähigkeiten der Lernenden *vor* der eigentlichen Lernsituation im Sinne eines Kohärenzbildungstrainings.

Die Umsetzung situativer Hilfen ist naturgemäß relativ schwierig, da sie zumeist inhaltsbezogen sind. Eine Mappinghilfe beispielsweise, bei der korrespondierende Elemente grafisch hervorgehoben werden oder Zusammenhänge explizit erläutert werden, bezieht sich naturgemäß auf die zu verknüpfenden Inhalte. Sie muss also für jede Lernumgebung spezifisch entwickelt und implementiert werden. Sinnvoll wäre demnach eine Unterstützungsmaßnahme, die universell ist und im Sinne einer Strategie zur Kohärenzbildung vermittelt werden kann. Ein entsprechendes Training könnte somit langfristige Effekte haben, da die Lernenden zukünftig im Umgang mit jeglichen multimedialen Lernumgebungen über die notwendige Kohärenzbildungsfähigkeit verfügen würden.

3.2.1 Training zur Kohärenzbildung

Um die Kohärenzbildungsleistung effektiv zu fördern, sollten in einem Training sowohl Strategien zum Verstehen einzelner Repräsentationen (Text oder Bild) und damit der lokalen Kohärenzbildung als auch zur Integration mehrerer Repräsentationen (Text und Bild) und damit der globalen Kohärenzbildung gefördert werden. Während Ansätze zur Förderung lokaler Kohärenzbildung wie Text- oder Bildverstehensstrategien vielfach untersucht wurden (z.B. Robinson, 1961, Souvignier, 2000), liegen Studien zum Training globaler Kohärenzbildung bislang kaum vor. Strategieförderprogramme zum Umgang mit Texten werden bereits seit den 60er Jahren untersucht (z.B. Gold, Mokhlesgerami, Rühl, Schreblowski & Souvignier, 2005; Klauer, 1997; Moore & Scevak, 1995; Robinson, 1961; Schöffl, 2006). Souvignier und Mokhlesgerami (2006) konnten beispielsweise zeigen, dass insbesondere ein kombiniertes Training, bei dem Lesestrategien wie Unterstreichungen oder Zusammenfassungen in Verbindung mit Selbstregulations-

strategien vermittelt wurden, besonders wirksam war. Weniger zahlreich sind empirische Untersuchungen zum Umgang mit Bildmaterial. Ein Ansatzpunkt besteht hier in der Förderung der räumlichen Vorstellungsfähigkeiten als einer zentralen kognitiven Fähigkeit zur Verarbeitung bildhafter Information (Souvignier, 2000). Eine weitere Möglichkeit besteht in konkreten Bild-Lese-Hinweisen, die, wie Weidenmann (1988) zeigen konnte, zur intensiveren Verarbeitung von Bildern führen. Wie man jedoch das „Lesen" von Bildern oder Grafiken durch ein längerfristiges Training unterstützen kann, wurde bislang nicht untersucht.

Ein Kohärenzbildungstraining für den Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen zielt jedoch nicht nur auf das Verstehen einzelner Repräsentationen, sondern hat zum Ziel, Strategien der Integration und damit der globalen Kohärenzbildung zu vermitteln. Die Grundvoraussetzung der globalen Kohärenzbildung ist die lokale Kohärenzbildung, d.h. die Lernenden werden trainiert, zunächst in den einzelnen Repräsentationen systematisch zentrale Elemente und Relationen zu identifizieren. Im nächsten Schritt müssen diese dann aufeinander bezogen werden. Dabei werden systematisch für alle zentralen Elemente in Text und Bild korrespondierende sowie komplementäre Informationen gesucht und abgeglichen. Dieses Vorgehen wäre nach der Taxonomie für Lernstrategien von Weinstein und Mayer (1986) den Organisationsstrategien zuzuordnen. Fragen, die sich die Lernenden dabei stellen können, sind beispielsweise „Finde ich im Bild Informationen, die diese Textaussage näher erläutern oder ergänzen?", „Werden im Text einzelne Bildteile beschrieben oder werden neue Informationen zu diesen Bildteilen geliefert?", „Was sagt der Text, was das Bild nicht darstellt und umgekehrt?". Diese systematischen Schritte der Identifikation und des Abgleichs von Elementen können anhand einer mentalen Liste abgearbeitet werden und leiten so den gesamten Verarbeitungsprozess an.

Ein Kohärenzbildungstraining sollte Wissen über verschiedene Aspekte der Strategien vermitteln. Den Lernenden sollte verdeutlicht werden, was Ziel und Zweck der Strategie ist, für welche Aufgabentypen sie sich eignet und mit welchen Kosten und Nutzen im Vergleich zum unsystematischen Abgleich multipler Repräsentationen zu rechnen ist. Neben diesem Wissen über das *Was* und *Warum*, sollten Lernende auch wissen, *wie* die Strategie im Einzelnen umgesetzt wird. Dabei kann eine Liste der einzelnen Verarbeitungsschritte hilfreich sein, die bei ausreichender Routine weggelassen werden kann. Wichtig ist auch zu beachten, dass die Strategie in verschiedenen Lernsituationen und an verschiedenen Lerngegenständen geübt wird, um den Transfer auf weitere Sachgebiete und Aufgaben zu erleichtern. Insofern bietet sich für ein Kohärenzbildungstraining eine Mischform aus direktem und indirektem Training an (Friedrich & Mandl, 1992). Beim direkten Training können zunächst die zentralen Informationen zur Strategie vermittelt werden und es können erste Übungen stattfinden. In einer indirekten Trainingsphase können die einzelnen Strategieelemente dann auch in anderen Inhalts- und Aufgabenbereichen eingesetzt

werden ohne die Strategie wieder explizit zum Gegenstand zu machen. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit des Transfers und der Routinisierung.

Neben der Vermittlung von Wissen über die Kohärenzbildungsstrategien ist die Förderung der metakognitiven Regulationsfähigkeit der Lernenden sinnvoll (z.B. Leutner, Barthel & Schreiber, 2001; Palinscar & Brown, 1984; Schreblowski, 2004). Ziel ist es, die Kohärenzbildungsschritte planen, überwachen und gegebenenfalls regulieren zu können. Dies kann beispielsweise durch metakognitive Zusatzfragen angeregt werden (siehe den Beitrag von Bannert und Reimann in diesem Band). Eine andere Möglichkeit wären kooperative Lernformen, bei denen der jeweils andere Partner den Lernenden bei der Überwachung und Regulation unterstützen kann (siehe den Beitrag von Rummel und Braun in diesem Band).

3.2.2 Erste Befunde zur Effektivität von Kohärenzbildungstrainings

In drei eigenen empirischen Studien wurde die Effektivität von Kohärenzbildungstrainings überprüft. Die Zielgruppe sowie die konkrete Umsetzung des Trainings variierten jedoch.

In einer ersten Studie (Seufert & Brünken, 2006) mit Studierenden wurde ein 90-minütiges Training angeboten, bei dem die Lernenden die einzelnen Aspekte der Kohärenzbildung (Textverstehen, Bildverstehen, Mapping, metakognitive Regulation) erlernen und üben konnten. Direkt im Anschluss wurde ein Lerntest durchgeführt, bei dem die trainierte Gruppe mit einer untrainierten Kontrollgruppe verglichen wurde. Es zeigte sich hier nur für Lernende mit hohem Vorwissen in Bezug auf das im Lerntest geprüfte Thema ein Vorteil des Trainings, während Lernende mit geringem Vorwissen sogar schlechtere Lernleistungen zeigten. Lernende mit höherem Vorwissen verfügen über ausreichend kognitive Schemata in der zu lernenden Domäne, so dass sie in der Lage sind, die zentralen Elemente und Relationen zu identifizieren und diese inter-repräsentational aufeinander zu beziehen. Demnach sind sie in der Lage, das Mapping auf semantischer Ebene umzusetzen. Bei den Lernenden mit geringem Vorwissen hingegen scheint die vermittelte Kohärenzbildungsstrategie mit vorhandenen Strategien oder Handlungsmustern zu interferieren. Diesen Effekt kennt man aus der Lernstrategie-Trainingsforschung als so genannten mathemathantischen Effekt (Clark, 1990; Friedrich, 1992). Die Anwendung der alten Strategie gelingt nicht mehr, während die neue Strategie noch nicht ausreichend prozeduralisiert ist, so dass es letztlich zu einem Strategiedefizit kommt.

In einer zweiten Studie mit Studierenden wurde versucht, die Trainingsintensität zu erhöhen, um die vermuteten mathemathantischen Effekte zu verhindern (Biermann, Seufert & Brünken, 2008). Nach einem ebenfalls 90-minütigen Training wurde drei Wochen lang je ein Baustein des Trainings an Lernmaterialien (Texten, Bildern,

Text-Bild-Kombinationen) geübt, die die Studierenden aus den Unterlagen ihrer Lehrveranstaltungen selbst wählen konnten. Ob die Strategien auch tatsächlich umgesetzt wurden, konnte anhand der Notizen oder weiterer Bearbeitungsspuren ermittelt werden. Das Ergebnis war zufrieden stellend. Dennoch zeigte sich auch nach diesem Training in einer Vergleichsmessung mit untrainierten Probanden kein genereller positiver Effekt des Trainings. Wie in der ersten Studie war der Erfolg des Trainings vom Vorwissen der Lernenden abhängig. Wiederum zeigten Lernende mit höherem Vorwissen bessere Leistungen in der trainierten Gruppe, während Lernende mit geringem Vorwissen mit dem Training zwar nicht schlechter, aber genauso (schlecht) abschnitten wie die Kontrollgruppe. Die verlängerte Trainingszeit hat offenbar dazu geführt, dass die Strategien keine Interferenzen mehr hervorrufen. Dennoch waren die vorhandenen Vorkenntnisse zu gering, um die Kohärenzbildungsstrategie effektiv umzusetzen und die Inhalte einzelner Repräsentationen verstehensorientiert aufeinander zu beziehen.

Diese Vorwissenseinflüsse haben uns dazu veranlasst in einer dritten Studie mit Fünftklässlern ebenfalls ein verlängertes – in den Unterricht integriertes – Training von acht Wochen umzusetzen. Zudem wurde mit der Strategievermittlung erst begonnen, nachdem erste Grundkenntnisse des Sachgebiets im Unterricht vermittelt worden waren. Somit wurde ein annähernd vergleichbares Vorwissen in den Untersuchungsgruppen sichergestellt, das die Basis für erfolgreiche Kohärenzbildungsprozesse darzustellen scheint. Um die Effekte des Trainings zu erfassen, wurden zwei Schulklassen parallel mit denselben Unterrichtsinhalten und -materialen unterrichtet. Nur in einer der Klassen wurden jedoch zusätzlich die oben genannten Kohärenzbildungsstrategien trainiert. Mithilfe eines abschließenden Tests wurde das Verständnis des vermittelten Stoffs in beiden Klassen überprüft. Die Kinder der trainierten Klasse zeigten unabhängig von ihrem Vorwissen bessere Leistungen als die Kontrollgruppe. Sie berichteten zudem vermehrt den Einsatz der vermittelten Strategien. Diese positiven Effekte deuten darauf hin, dass längerfristige, in den Unterricht integrierte und auf das Vorwissen der Lernenden abgestimmte Trainingsprogramme die Kohärenzbildung wirksam unterstützen können.

3.3 Einfluss von Lernermerkmalen auf die Wirksamkeit von Fördermaßnahmen

Die genannten Befunde machen deutlich, dass gerade bei der Vermittlung von Lernstrategien sowie hinsichtlich der Wirkung designbezogener Maßnahmen Merkmale der Lernenden, wie beispielsweise deren Vorwissen im Sachgebiet, eine zentrale Rolle spielen. Generell können in Bezug auf die Wechselwirkungen zwischen Lernermerkmalen und Eigenschaften der Lernumgebung zwei Hypothesen formuliert werden (siehe Mayer, 2001).

Die *ability as enhancer-Hypothese* besagt, dass positive Wirkungen instruktionaler Unterstützung sich erst oder besonders dann entfalten, wenn Lernende über ausreichende Fähigkeiten verfügen. Diese befähigen die Lernenden, aufgabenadäquat mit der Instruktion umzugehen und Hilfestellungen gegebenenfalls sinnvoll zu nutzen. Danach sollten lernförderliche Instruktionen insbesondere für Lernende mit besseren Lernvoraussetzungen wirksam sein.

Laut der *ability as compensator-Hypothese* wirken die Fähigkeiten der Lernenden kompensierend. Wenn beispielsweise das instruktionale Design ungünstig ist, sind Lerner mit ausgeprägten Fähigkeiten in der Lage, diese Schwäche auszugleichen. Lernförderliche Instruktionen sollten danach besonders für Lernende mit schlechteren Lernvoraussetzungen (z.B. geringem Vorwissen) wirksam sein, während Lernende mit besseren Lernvoraussetzungen diese instruktionale Unterstützung nicht benötigen.

Mit steigenden Lernvoraussetzungen wie z.B. Vorwissen oder allgemein verbesserten kognitiven Fähigkeiten nimmt auch die Fähigkeit zu, instruktionale Unterstützung zu nutzen, während die Notwendigkeit für eine solche Unterstützung abnimmt. Daraus ergibt sich für Lernende mit geringen Fähigkeiten eine geringe Wirksamkeit instruktionaler Unterstützung, da sie die Hilfen zwar benötigen, aber noch nicht nutzen können. Die größte Wirksamkeit ergibt sich für Lernende im mittleren Fähigkeitsbereich, die instruktionale Hilfen effektiv nutzen können und (noch) benötigen. Für Lernende mit höheren Fähigkeiten sinkt die Wirksamkeit wiederum, da diese die Unterstützung nicht mehr benötigen.

Es kann sogar zu Leistungseinbußen kommen, dem so genannten *expertise reversal effect* (Kalyuga, 2005, 2007). Danach können instruktionale Maßnahmen nicht nur nicht wirksam sein, sondern aufgrund von Interferenzeffekten oder auch Redundanzeffekten den Verarbeitungsprozess stören. In Bezug auf die beiden von Mayer (2001) formulierten Hypothesen wären diese Befunde folgendermaßen einzuordnen: Es bedarf eines Mindestmaßes an Fähigkeiten, um Hilfen zu nutzen. Sind diese gegeben, können sie zur effektiven Nutzung der Hilfen beitragen und deren Wirkung ermöglichen bzw. *verstärken* (ability as enhancer*)*. Mit zunehmenden Fähigkeiten können diese jedoch auch *kompensierend* wirken, was dazu führt, dass die Hilfen nicht mehr benötigt werden (ability as compensator).

Neben dem Vorwissen wurden in einigen Arbeiten weitere Lernermerkmale hinsichtlich ihres Einflusses auf den Wissenserwerb analysiert. Beispielsweise erwiesen sich die räumlichen Vorstellungsfähigkeiten der Lernenden oftmals als moderierender Faktor (zusammenfassend s. Mayer, 2001). In einer Studie von Seufert, Schütze und Brünken (2009) wurden zudem zwei Gedächtniseigenschaften untersucht: Erstens die Arbeitsgedächtniskapazität und zweitens die strategische Fähigkeit, Informationen während der Verarbeitung kurzfristig im Langzeitgedächtnis zu speichern und sie bei Bedarf schnell wieder abzurufen. Es konnte auch hier ein

kompensierender Effekt nachgewiesen werden: Mit ausreichender Arbeitsgedächtniskapazität oder ausreichend guten Speicher- und Abrufstrategien sind Lernende in der Lage, eine ungünstige Mediengestaltung, zum Beispiel eine rein visuelle multimediale Darstellung, auszugleichen.

4 Forschungs- und Anwendungsperspektiven zum Wissenserwerb mit multiplen externen Repräsentationen

In Abschnitt 2 wurden die für die Kohärenzbildung notwendigen Mappingprozesse beschrieben. Es bleibt jedoch offen, wie die Lernenden das Mapping im Einzelnen vollziehen. Einer der Prozesse, die für das Mapping von Repräsentationen unterschiedlichen Zeichenformates notwendig sind, ist die Übersetzung. Die unterschiedlichen Zeichenformate, wie Textzeichen und Bildzeichen, können nur dann als korrespondierend erkannt werden, wenn ein Textelement in Bildsprache übersetzt werden kann oder umgekehrt. Es scheint demnach lohnenswert, diesen Prozess näher zu analysieren, um mögliche Probleme detailliert beschreiben und entsprechende Fördermaßnahmen entwickeln zu können. In einer aktuellen Studie wurde untersucht, wie Lernende im Bereich der Mathematik diese Übersetzungen vornehmen (Seufert, Vogel & Brünken, 2008). Lernende sollten dabei beispielsweise bei der Transformation eines linearen Graphen in eine lineare Gleichung ihre Gedanken laut äußern. Die Analyse der Gedankenprotokolle kann Aufschluss über mögliche Probleme bei der Übersetzung geben, während die Produkte Informationen über die Güte der Übersetzung liefern. Damit soll ein Einblick in die Mikroprozesse der Kohärenzbildung ermöglicht werden, um einerseits zur Theoriebildung beizutragen und andererseits neue Fördermaßnahmen entwickeln zu können.

Aus methodischer Sicht stellt die Messung der kognitiven Belastung eines der auffälligsten Probleme im Forschungsfeld Multimedia dar. Will man beispielsweise die Effekte von Mediendesigns detailliert beschreiben, wäre es sinnvoll, be- und entlastende Aspekte dieser Maßnahmen differenziert messen zu können. Eine differenzierte Messung der Komplexität der Aufgabe, des Einflusses der Expertise, von Designeinflüssen (Kodalität, Modalität, Interaktivität, Dynamik etc.) und nicht zuletzt die Erfassung der mentalen Anstrengung eines Lernenden wären hierzu erforderlich. Damit könnten Leistungsvariationen eindeutig einzelnen Belastungsfaktoren (lernhinderlicher oder -förderlicher Art) und Entlastungsfaktoren zugeordnet werden. Erste Bemühungen in dieser Richtung wurden von DeLeeuw und Mayer (2008) vorgestellt. Diese werfen jedoch aus theoretischer Sicht neue Fragen auf. Da die kognitive Belastung während des Lernprozesses variiert, wäre darüber hinaus eine prozessbegleitende Erfassung aufschlussreich. Ein Verfahren, das eine solche online-Erfassung ermöglichen würde und darüber hinaus objektiv wäre, wurde beispielsweise von Brünken, Plass und Leutner (2003) vorgeschlagen. Mit Hilfe einer

Dual-Task-Messung wurde auf Basis von Reaktionszeitverzögerungen auf die aktuelle mentale Belastung geschlossen. Ein Nachteil dieser Methode ist jedoch, dass die Zweitaufgabe zusätzliche kognitive Ressourcen bindet und so die ökologische Validität eingeschränkt ist. Eine umfassende Diskussion dieser Messproblematik findet sich bei Brünken, Seufert und Paas (in press). Diese kann als Ausgangspunkt für die konkrete Weiterentwicklung valider Messinstrumente dienen.

Eines der anwendungsbezogenen Ziele neben der Erforschung weiterer Gestaltungsprinzipien ist die Umsetzung der bislang im Labor erforschten Fördermaßnahmen in die Praxis. Hierzu wäre es erforderlich, im Rahmen von Feldstudien Kohärenzbildungshilfen oder Kohärenzbildungstrainings in den Unterricht zu integrieren und zu analysieren. Ein erster Schritt hierzu wurde bereits in der oben genannten Studie unternommen. Zudem wurde bereits eine Lehrerfortbildung durchgeführt, in der lokale und globale Kohärenzbildungsstrategien vermittelt wurden. Im Rahmen eines aktuellen Projektes sollen nun gemeinsam mit den Lehrern Unterrichtsbausteine Erlernen und Üben dieser Strategien entwickelt und in den Unterricht implementiert werden. Die Erkenntnisse aus Labor- und Feldstudien können dann wiederum genutzt werden, um die Lernprozesse beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen noch besser zu verstehen und sie damit noch gezielter fördern zu können.

Literatur

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education, 33*, 131-152.

Ainsworth, S., Wood, D. J. & O'Malley, C. (1998). There's more than one way to solve a problem: Evaluating a learning environment to support the development of children's multiplication skills. *Learning and Instruction, 8*, 141-157.

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science, 255*, 556-559.

Baggett, W. B. (1994). *Question answering and illustrated expository text* (Unpublished master's thesis). Memphis, TN: University of Memphis.

Bartholomé, T. (2007). *Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Text und Bild. Wie können Lerner unterstützt werden?* Berlin: Logos.

Biermann, A., Seufert, T. & Brünken, R. (2008). *Welchen Einfluss hat das Vorwissen auf ein Training zur Kohärenzbildung*. Tagungsband der 71. Tagung der AEPF: Kompetenz; Modellierung, Diagnostik, Entwicklung, Förderung (S. 159). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Bobis, J., Sweller, J. & Cooper, M. (1993). Cognitive load effects in a primary school geometry task. *Learning and Instruction, 3*, 1-21.

Bodemer, D., Plötzner, R., Feuerlein, I. & Spada, H. (2004). The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction, 14*, 325-341.

Brünken, R., Plass, J. L. & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist, 38*, 53-61.

Brünken, R., Seufert, T. & Paas, F. (in press). Measuring cognitive load. In J. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Eds.), *Cognitive load: Theory and application*. New York: Cambridge University Press.

Brünken, R., Seufert, T. & Zander, S. (2005). Förderung der Kohärenzbildung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 19*, 61-75.

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction, 8*, 293-332.

Chandler, P. & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology, 62*, 233-246.

Chandler, P. & Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied Cognitive Psychology, 10*, 151-170.

Clark, R. E. (1990). When teaching kills learning: Studies of mathemathantics. In H. Mandl, E. De Corte, N. S. Bennet & H. F. Friedrich (Eds.), *Learning and instruction: European research in an international context* (pp. 1-22). Oxford: Pergamon Press.

Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2008). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning.* San Francisco, CA: Pfeiffer.

Cox, R. & Brna, P. (1995). Supporting the use of external representations in problem solving. *Journal of Artificial Intelligence in Education, 6*, 239-302.

DeLeeuw, K. E. & Mayer, R. E. (2008). A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous and germane load. *Journal of Educational Psychology, 100*, 223-234.

Fletcher, J. D. & Tobias, S. (2005). The multimedia principle. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 117-133). New York: Cambridge University Press.

Friedrich, H. F. (1992). Die Vermittlung von reduktiven Textverarbeitungsstrategien durch Selbstinstruktion. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien. Analyse und Intervention* (S. 193-212). Göttingen: Hogrefe.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriss. In H. F. Friedrich & H. Mandl (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien. Analyse und Intervention* (S. 3-54). Göttingen: Hogrefe.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science, 7*, 155-170.

Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction, 15*, 313-331.

Gold, A., Mokhlesgerami, J., Rühl, K., Schreblowski, S. & Souvignier, E. (2005). *Wir werden Textdetektive*. Arbeitsheft (2. Aufl.). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Kalyuga, S. (2005). Prior knowledge principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 325-337). New York: Cambridge University Press.

Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychological Review, 19*, 509-539.

Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human factors, 40*, 1-17.

Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology, 13*, 351-371.

Klauer, K. J. (1997). Denktraining oder Lesetraining? Über die Auswirkungen eines Trainings zum induktiven Denken sowie eines Lesetrainings auf Leseverständnis und induktives Denken. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 28*, 67-89.

Kozma, R. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(9), 949-968.

Leutner, D., Barthel, A. & Schreiber, B. (2001). Studierende können lernen, sich selbst zum Lernen zu motivieren: Ein Trainingsexperiment. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 15*, 155-167.

Low, R. & Sweller, J. (2005). The modality principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 147-158). New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E., Heiser, J. & Lonn, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. *Journal of Educational Psychology, 93*, 187-198.

Moore, P. J. & Scevak, J. J. (1995). The effects of strategy training on high school students' learning from science texts. *European Journal of Psychology of Education, 10*, 401-409.

Moreno, R. & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: the role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology, 91*, 358-368.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. New York: Oxford University Press.

Palinscar, A. S. & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and monitoring activities. *Cognition and Instruction, 1*, 117-175.

Piez, C. M. & Voxman, M. H. (1997). Multiple representations – Using different perspectives to form a clearer picture. *The Mathematics Teacher, 90*, 164-166.

Purnell, K. N., Solman, R. T. & Sweller, J. (1991). The effects of technical illustrations on cognitive load. *Instructional Science, 20*, 443-462.

Rinck, M. & Glowolla, U. (1996). Die multimediale Darstellung quantitativer Daten. *Zeitschrift für Psychologie, 204*, 383-399.

Robinson, F. P. (1961). *Effective study*. New York: Harper & Row.

Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Bild- und Textverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie, 46*, 217-236.

Schnotz, W., Bannert, M. & Seufert, T. (2002). Towards an integrative view of text and picture comprehension: Visualization effects on the construction of mental models. In J. Otero, A. Graesser & J. A. Leon (Eds.), *The psychology of science text comprehension* (pp. 385-416). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Schöffl, S. (2006). *Fördert der Einsatz von Lernstrategien das Verstehen epischer Texte? Eine Trainingsstudie am Beispiel von Kurzgeschichten* (Unveröffentlichte Dissertationsschrift). Erfurt: Universität Erfurt.

Schreblowski, S. (2004). *Training von Lesekompetenz*. Münster: Waxmann.

Seufert, T. (2003a). *Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen. Wirksamkeit von Kohärenzbildungshilfen*. Berlin: Logos.

Seufert, T. (2003b). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction, 13*, 227-237.

Seufert, T. & Brünken, R. (2006). When training needs expertise. *Proceedings of the EARLI SIG 2 meeting "Learning by interpreting and constructing educational representations"* (pp. 79-80). Nottingham: University of Nottingham.

Seufert, T., Jänen, I. & Brünken, R. (2007). The impact of intrinsic cognitive load on the effectiveness of graphical help for coherence formation. *Computers in Human Behavior, 23*, 1055-1071.

Seufert, T., Schütze, M. & Brünken, R. (2009). Modality and memory characteristics in multimedia learning – an ATI-study. *Learning and Instruction, 19,* 28-42.

Seufert, T., Vogel, M. & Brünken, R. (2008). *Transformationsprozesse beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen. Eine Problemanalyse aus dem Bereich der Mathematik.* Tagungsband der 71. Tagung der AEPF: Kompetenz; Modellierung, Diagnostik, Entwicklung, Förderung (S. 158). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Souvignier, E. (2000). *Förderung räumlicher Fähigkeiten*. Münster: Waxmann.

Souvignier, E. & Mokhlesgerami, J. (2006). Using self-regulation as a framework for implementing strategy-instruction to foster reading comprehension. *Learning and Instruction, 16,* 57-71

Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19-30). New York: Cambridge University Press.

Sweller, J., van Merrienboer, J. & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review, 10*, 251-296.

Tergan, S. O. (1997). Multiple views, contexts and symbol system in learning with hypertext multimedia: A critical review of research. *Educational Technology*, 5-18.

Tindall-Ford, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 3*, 257-287.

Weidenmann, B. (1988). When good pictures fail. An information processing approach to the effect of illustrations. In M. H & J. R. Levin (Eds.), *Knowledge acquisition from text and pictures* (pp. 157-171). Amsterdam: Elsevier.

Weidenmann, B. (1996). Instruktionsmedien. In N. Birbaumer (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Band 7* (S. 319-363). Göttingen: Hogrefe.

Weinstein, C. E. & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In C. M. Wittrock (Ed.), *Handbook of research in teaching* (pp. 315-327). New York: Macmillan Publishing Company.

White, B. (1993). Thinker tools: Causal models, conceptual change and science education. *Cognition and Instruction, 10*, 1-100.

Wiley, J. & Voss, J. (1999). Constructing arguments from multiple sources. *Journal of Educational Psychology, 91*, 301-311.

Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist, 24*, 345-376.

Maria Bannert, Peter Reimann

Metakognitives Fördern des Lernens mit digitalen Medien durch Prompting-Maßnahmen[1]

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, inwieweit sich metakognitive Prozesse und Strategien beim Lernen mit digitalen Medienverbünden instruktional fördern lassen. Zunächst werden die grundlegenden Konzepte und Befunde der Forschung zu Trainings von Lernstrategien skizziert und hieraus Designprinzipien für wirksame metakognitive Fördermaßnahmen abgeleitet. Vor diesem Hintergrund werden anschließend aktuelle empirische Untersuchungen näher erörtert, die darauf abzielen, das selbstregulierte Lernen mit digitalen Medien durch metakognitive Interventionen effektiv zu fördern. Im Fokus stehen dabei die Gestaltung und Evaluation wirksamer Prompting-Maßnahmen, welche die Qualität metakognitiv-strategischer Lernprozesse verbessern und infolgedessen die Lernleistungen erhöhen. Mit diesen Darlegungen soll die zentrale Frage beantwortet werden, ob und wie der Einsatz metakognitiver Strategien beim Lernen mit digitalen Medienverbünden Erfolg versprechend unterstützt werden kann.

1 Einleitung

Digitale Medienverbünde ermöglichen einen weitgehend selbst gesteuerten Informationszugriff. Lernende können zum Beispiel zwischen unterschiedlich codal (Text, Bild, Animation) und modal (visuell, auditiv) dargestellten Informationseinheiten auswählen. Dieses Ausmaß an Lernerkontrolle wurde in den Anfängen der Hypermediaforschung als besonders lernförderlich betrachtet. Empirische Studien deckten jedoch auf, dass viele Lernende das hohe interaktive Potenzial digitaler Lernumgebungen nicht oder nur unzureichend nutzen; stattdessen fühlen sie sich häufig desorientiert und im Informationsnetz verloren. Aus pädagogisch-psychologischer Sicht stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, wie Lernende

[1] Dieser Beitrag wurde während eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten Forschungsaufenthalts am Centre for Research on Computer-Supported Learning and Cognition (CoCo), Faculty of Education and Social Work, University of Sydney, Australien, erstellt.

beim Umgang mit digitalen Lernumgebungen erfolgreich unterstützt werden können.

Theoretische Ansätze der menschlichen Informationsverarbeitung pointieren die zentrale Stellung von Lernstrategien und Metakognition für den Lernprozess (z.B. Weinstein, Husman & Dierking, 2000). Dabei wird *Lernen* als ein aktiver und konstruktiver Informationsverarbeitungsprozess charakterisiert, bei dem neue Informationen auf der Basis vorhandener Wissensstrukturen aufgenommen, verarbeitet und gespeichert werden. Wissenserwerb und -abruf werden hier entscheidend durch die kognitiven Prozesse der Wiederholung, Elaboration, Organisation und Transformation beeinflusst. Diese Prozesse sind im Idealfall als kognitive Lernstrategien mental repräsentiert und werden wiederum von den metakognitiven Prozeduren kontrolliert und gesteuert.

Lernstrategien werden in diesem Beitrag als mentale Prozesse aufgefasst, die auf die Lernzielerreichung ausgerichtet sind und nicht lediglich obligatorische Konsequenzen der Aufgabenbearbeitung darstellen. Sie sind intentional, potenziell bewusstseinsfähig, spontan, unter Kontrolle der Person, kapazitätsbelastend sowie flexibel und selektiv (Artelt, 2000; Hasselhorn, 1995). Sie zielen auf die Optimierung menschlicher Informationsverarbeitung und werden hinsichtlich ihres Funktionsbereichs als kognitive, metakognitive oder ressourcenorientierte Strategien klassifiziert.

Es existiert keine einheitlich akzeptierte Definition des Konstrukts *Metakognition*. Ganz allgemein wird in der Forschung zwischen Wissen über Kognition (sensu Flavell, 1971) und Kontrolle der Kognition (sensu Brown, 1978) unterschieden (z.B. Schneider & Pressley, 1998; Schraw, 2001). Das deklarative Wissen über die Kognition ist relativ stabil, in der Regel bewusst und leicht mitteilbar (Brown, 1984). Dagegen ist das prozedurale Wissen der Kontrolle und Steuerung vergleichsweise instabil, aufgaben- und situationsbedingt und nicht notwendigerweise mitteilbar, da es sich häufig dem Bewusstsein entzieht (Schneider & Pressley, 1998).

Die zentralen Ansätze der Metakognitionsforschung sehen metakognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten als notwendige Voraussetzungen für den Lernerfolg. Ihre Lerneffektivität ist nicht allein auf die stabilen Fähigkeitsunterschiede im deklarativen Strategiewissen der Lernenden zurückzuführen, sondern vor allem auf die dynamische exekutive Metakognitionskomponente. Wegen dieser herausragenden Bedeutung stehen die exekutive Lernkontrolle und -regulation sowie deren Förderung im Mittelpunkt des vorliegenden Beitrags. Im Folgenden werden hierunter Prozesse der Orientierung, Zielspezifikation und Planung, Überwachung und Regulation sowie der Endkontrolle gefasst (Bannert, 2007).

2 Metakognitives Fördern – grundlegende Konzepte und Befunde der Forschung zu Trainings von Lernstrategien

Metakognitive Fördermaßnahmen basieren auf der grundlegenden Annahme, dass der Strategieeinsatz vermittelbar ist und hierdurch die Lernleistungen maßgeblich verbessert werden (Schraw, 2001; Weinstein, Husman & Dierking, 2000). Diesbezüglich berichten Hattie, Biggs und Purdie (1996) in ihrer Metaanalyse über mehr als 50 empirisch überprüften Strategieinterventionen einen mittleren Effekt von $d = 0.45$.

Die folgende Darstellung orientiert sich an den von Friedrich und Mandl (1992) aufgestellten Leitfragen, die bei jeder Konzeption von strategischen Fördermaßnahmen zu beantworten sind: (1) Was soll verändert bzw. welche Strategien sollen gefördert und vermittelt werden? (2) Wie soll die Fördermaßnahme realisiert werden? (3) Wie sollen das Was und Wie von Fördermaßnahmen auf die jeweiligen individuellen und situativen Voraussetzungen abgestimmt werden bzw. wie sind Fördermaßnahmen zu gestalten?

2.1 Welche Strategien sollen gefördert werden?

Die traditionelle Forschung zu Lernstrategien klassifiziert idealtypisch drei Strategiebereiche (Weinstein, Husman & Dierking, 2000), die auch für das Lernen mit digitalen Medien und dessen Unterstützung bedeutsam sind: *Kognitive Strategie*n, die der Informationsverarbeitung dienen, etwa durch Wiederholungs- und Elaborationsprozesse, *metakognitive Strategien*, die der Überwachung und Regulation des eigenen Lernprozesses dienen und Strategien des *Ressourcenmanagements,* wobei diesbezüglich zwischen internem (z.B. Konzentration und Anstrengungsbereitschaft) und externem (z.B. Gestaltung des Lernortes und der Lerngruppe) Management differenziert wird.

Neben der Auswahl des Strategiebereiches ist zudem der Allgemeinheitsgrad bzw. die Bereichsspezifität der zu fördernden Strategien zu beachten. Damit wird die Frage aufgeworfen, ob eher allgemeine, inhaltsübergreifende Strategien oder aber spezifische, nicht auf andere Inhalte übertragbare Strategien unterstützt werden sollen. Diese Entscheidung hat maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung von Fördermaßnahmen. In der Literatur werden die metakognitiven Strategien meist zu den situationsübergreifenden, allgemeinen Strategien gezählt (vgl. z.B. Klauer, 1988; Schraw, 2001; Veenman, Elshout & Meijer, 1997), die sich über verschiedene Inhaltsbereiche hinweg wirksam einsetzen lassen. Dennoch kann aus der neueren Forschung zu Strategietrainings abgeleitet werden, dass unabhängig vom Allgemeinheitsgrad der zu vermittelten Strategien die Intervention generell bereichsspe-

zifisch gestaltet und in den Lernkontext integriert sein sollte (Weinert & Schrader, 1997; Weinstein, Husman & Dierking, 2000).

Des Weiteren ist zu klären, ob eher einzelne Strategien unterstützt und vermittelt werden sollen oder aber eine Kombination verschiedener Strategien. Einheitlich wird in der aktuellen Forschung die Empfehlung ausgesprochen, nicht nur einzelne Strategien separat zu vermitteln, sondern grundsätzlich auch deren Überwachung und Regulation (Hartley, 2001; Hattie et al., 1996; Schreiber, 1998). In empirischen Evaluationsstudien konnte gezeigt werden, dass die vermittelten Strategien nach dem Training nur dann spontan eingesetzt werden, wenn die Regulation der jeweiligen Strategien im Training ausreichend gefördert wurde. Darüber hinaus sind neben der reinen Strategievermittlung unbedingt auch die konkrete Anwendung, die potenziellen Einsatzfelder und der spezifische Nutzen des jeweiligen Strategieeinsatzes explizit zu vermitteln, um deren nachhaltige Nutzung zu gewährleisten (Schneider & Lockl, 2002; Schnotz, 1994).

Aktuelle Modelle des kompetenten Lernens empfehlen neben der Vermittlung metakognitiver Strategien gleichzeitig die Integration motivationaler, volitionaler und emotionaler Strategien in die Fördermaßnahme (z.B. Pressley, Harries & Guthrie, 1992; Schmitz, 2001; Schreblowski & Hasselhorn, 2001). Denn der metakognitive Strategieeinsatz stellt zwar eine notwendige, jedoch keine hinreichende Voraussetzung für den Lernerfolg dar. So erzielten viele Trainingsmaßnahmen zwar Effekte, aber das Ausmaß und die Stabilität der ermittelten Veränderungen blieben eher bescheiden. Geringe Transferdistanz und sogar negative Trainingseffekte werden häufig auf motivationale und emotionale Voraussetzungen, wie etwa mangelnde Selbstwirksamkeitsüberzeugung, zurückgeführt (Schunk & Ertmer, 2000). So konnten etwa Fries, Lund und Rheinberg (1999) die Wirksamkeit eines Denktrainings aufgrund einer zusätzlichen Motivförderung intensivieren.

2.2 Wie soll gefördert werden?

Friedrich und Mandl (1992, 1997) unterscheiden grundsätzlich zwei Arten von strategischen Fördermaßnahmen, die sich prinzipiell auch kombinieren lassen: In *direkten Fördermaßnahmen* werden die Strategien, deren Einsatzmöglichkeiten und spezifischer Nutzen explizit gelehrt und trainiert. Dagegen werden mit *indirekten Fördermaßnahmen* die strategischen Lernprozesse anhand in der Lernumgebung integrierter Lernhilfen, wie etwa Lernskripts, Lernheuristiken und Lernfragen, initiiert und gefördert, ohne dass den Lernenden die Strategievermittlung besonders deutlich wird – vielmehr steht die Inhaltsvermittlung im Mittelpunkt.

In Anlehnung daran werden im vorliegenden Beitrag Prompting-Maßnahmen als indirekte Fördermaßnahme klassifiziert. Dabei spielt die Art und Weise, in wel-

chem Ausmaß bzw. wie direktiv die expliziten Aufforderungen erfolgen und wieweit diese Maßnahmen das als wünschenswert definierte Lernverhalten tatsächlich herzustellen vermögen, eine untergeordnete Rolle. Allein das Kriterium, ob der Einsatz der im Fokus stehenden Strategien explizit bzw. direkt vermittelt wird, bestimmt diese begriffliche Unterscheidung. Welche der beiden Fördermaßnahmen erfolgreicher ist, lässt sich beim heutigen Stand der Forschung nicht eindeutig klären (vgl. Friedrich & Mandl, 1997; Mandl & Friedrich, 2006). Beide Methoden weisen spezifische Vor- und Nachteile auf, so dass es eigentlich nicht verwundert, dass es kaum vergleichende Untersuchungen gibt. Letztlich können daher Empfehlungen nur unter genauer Berücksichtigung der jeweiligen internen und externen Lernvoraussetzungen gegeben werden (Friedrich & Mandl, 1992; Hasselhorn, 1995).

2.3 Gestaltung von metakognitiven Fördermaßnahmen

Bezogen auf die internen Lernvoraussetzungen, die bei der spezifischen Gestaltung zu beachten sind, ist die strategische Kompetenz der Zielgruppe von größter Bedeutung. Verfügen die Lernenden bereits über das notwendige metakognitive Strategiewissen und die erforderlichen Regulationsfertigkeiten, setzen diese aber nicht beim Lernen ein bzw. produzieren diese nicht spontan, liegt ein *Produktionsdefizit* vor (Hasselhorn, 1995; Weinert, 1984). Im Gegensatz dazu zeichnet sich ein *Mediationsdefizit* dadurch aus, dass die Lernenden nicht über die nötigen Grundvoraussetzungen, wie etwa ausreichendes metakognitives Strategiewissen, verfügen. Diese Unterscheidung hat wichtige Konsequenzen für die Gestaltung metakognitiver Unterstützungsmaßnahmen, da im Falle eines Produktionsdefizits bereits eine kurzfristige, indirekte Fördermaßnahme genügen müsste, um das Lernen zu verbessern. Im Falle eines Mediationsdefizites sind dagegen direkte Trainingsmaßnahmen angebracht, welche die Kompetenzsteigerung durch langfristige Fördermaßnahmen beabsichtigen (Drewniak, 1992; Hasselhorn & Hager, 1998).

Neben der Direktivität der Unterstützung sind weitere Gestaltungsdimensionen metakognitiver Förderung zu berücksichtigen. Gemäß der aktuellen Literatur sind metakognitive Interventionen dann erfolgreich, wenn sie den folgenden Prinzipien entsprechen (vgl. Guldimann, 1996; Hasselhorn & Hager, 1998; Rosenshine, Meister & Chapman, 1996; Weinert & Schrader, 1997; Weinstein, Husman & Dierking, 2000):

- bereichsspezifische und integrierte Gestaltung der Intervention,
- Vermittlung des spezifischen Nutzens und der Einsatzmöglichkeiten,
- zusätzlich Vermittlung von allgemeinen Strategien der Kontrolle und Regulation,

- Rückmeldung und Reflexion über jeweilige Lernhandlungen und deren Effekte,
- Unterstützung des Strategietransfers anhand der Variation der Aufgabenstellungen,
- Erhöhung der Motivation durch Einbezug der persönlichen Ziele der Lernenden und
- soziale Einbettung der Intervention und Interaktion zwischen den Lernenden.

Die Umsetzung dieser Prinzipien hängt stark von den spezifischen Lernvoraussetzungen der Zielgruppe ab. So wurden in der strategischen Trainingsforschung häufig so genannte Aptitude-Treatment-Interaction-Effekte im Sinne von Cronbach und Snow (1977) beobachtet. Das heißt, die metakognitiven Interventionen waren nicht für alle Lernenden gleichermaßen wirksam. Beispielsweise sind direkte Fördermaßnahmen für Kinder und lernschwache Lernende sehr wirksam, weniger jedoch für Erwachsene (Drewniak, 1992; Friedrich & Mandl, 1992). Wie bereits erörtert, kann dies vor allem auf die unterschiedlichen *strategischen Fähigkeiten und Fertigkeiten* dieser Lernergruppen zurückgeführt werden bzw. auf die Ausprägung vorliegender Produktions- und Mediationsdefizite. Generell sollte – wie bei jeder anderen Instruktionsmaßnahme auch – das Ausmaß der direkten Anleitung umso höher sein, je jünger die Lernenden sind, d.h. je geringer ihr strategischer Entwicklungsstand ist und je lernschwächer sie sind (Brown, Campione & Day, 1981; Weinert, 1994; Weinstein, Husman & Dierking, 2000). Zudem ist für erfolgreiche Trainingsmaßnahmen ein Minimum an bereichsspezifischem Vorwissen und intellektuellen Fähigkeiten notwendig (Simons & De Jong, 1992). Die Bedeutung dieser beiden Variablen lässt sich insbesondere auf die damit verbundenen mentalen Kapazitätsentlastungen zurückführen, womit genügend Ressourcen für die metakognitiven Trainingsinhalte zur Verfügung stehen.

Aber auch ungünstige Lernvoraussetzungen lassen sich durch entsprechend aufwendig gestaltete Strategie-Instruktionen mit mehr Übungszeit und direkter Anleitung bis zu einem gewissen Grad kompensieren (Klauer, 1993; Lauth, 1996; Weinstein et al., 2000). Das Prinzip besteht dabei darin, durch die Instruktionsgestaltung die kognitiven Anforderungen möglichst zu minimieren, um kognitive Überforderungen weitgehend zu vermeiden. Gerade hierfür lassen sich digitale Medien wegen ihrer Interaktivität und Adaptivität vielversprechend verwenden.

3 Förderung des strategischen Lernens mit digitalen Medien durch Prompting-Maßnahmen

In diesem Beitrag werden unter *Prompts* ganz allgemein Abruf- und Ausführungshilfen verstanden, die von generellen Fragen („Was ist dein Plan?“) bis hin zu di-

rekten Ausführungsvorschriften („Addiere erst 2 + 2“) variieren können. Sie basieren auf der zentralen Annahme, dass die Lernenden bereits über die geforderten Konzepte und Prozesse verfügen, diese jedoch nicht spontan abrufen und ausführen.

Die Prompting-Methode gibt es schon seit den Anfängen der wissenschaftlichen Psychologie. So wurden Prompts etwa in der Psychoanalyse von Jung als Abrufhilfe und -manipulation bei der Anfertigung von Gedächtnisprotokollen genutzt, in der klassischen Gedächtnispsychologie als so genannte „cues“, in behavioristischen Lerntheorien als diskriminative Reize zur Optimierung der Verhaltensausführung, in der Kognitiven Psychologie als Abrufstrategie, so genanntes „cued recall“ und „priming“, und in den neueren konstruktivistischen Lehr-Lerntheorien als so genannte „scaffolds“. Je nach theoretischem Paradigma werden daher auch ganz unterschiedliche Gründe für das Ausbleiben des Abrufs und des Ausführens der jeweiligen Prozesse angeführt, wie etwa verdrängte Inhalte, mangelnde Verstärkung, fehlendes konditionales Wissen oder aber Interferenzen mit anderen Prozessen. Eine Literaturrecherche in Online-Datenbanken mit den Suchbegriffen „prompts“ und „prompting“ ergab die häufigsten Treffer im Bereich der Klinischen Psychologie, bei der Prompts in der Therapie von Kinder mit Verhaltensauffälligkeiten eingesetzt werden.

Von daher sind Prompting-Maßnahmen für die Instruktionspsychologie weiter zu spezifizieren: Unter *instruktionalen Prompts* und *instruktionalem Prompting* werden Maßnahmen zur Anregung kognitiver, metakognitiver, motivational-volitionaler und/oder kooperativer Aktivitäten während des Lernens gefasst. Sie können den Abruf von Begriffen und Konzepten betreffen, aber auch die Ausführung von Prozeduren, Techniken und Taktiken und darüber hinaus die Anwendung von kognitiven und metakognitiven Lernstrategien sowie Stützstrategien.

Unter *metakognitiven Prompts* werden Lernhilfen zur Unterstützung des metakognitiven Strategieeinsatzes beim selbstregulierten Lernen spezifiziert. Sie stimulieren und unterstützen metakognitive Lernaktivitäten, indem sie beispielsweise dazu auffordern, Gründe für die jeweilige Lernaktion anzugeben, Hypothesen zu generieren und aufzuschreiben oder mit Leitfragen zu lernen. Es ist davon auszugehen, dass Prompting-Maßnahmen zusätzliche mentale Ressourcen beanspruchen. Die Höhe der damit verbundenen kognitiven Belastung ist jedoch abhängig von den jeweiligen Lernvoraussetzungen (z.B. ob ein Produktionsdefizit oder ein Mediationsdefizit vorliegt) und der jeweiligen Gestaltung der Prompts (Bannert, 2007).

Obschon in der Forschung Prompts unterschiedlich realisiert und auch unterschiedlich bezeichnet werden (etwa „procedural prompts“ bei Rosenshine et al., 1996), verfolgen all diese Maßnahmen das gemeinsame Ziel, die Aufmerksamkeit der Lernenden auf bestimmte Aspekte des Lernprozesses zu lenken und sie damit anzuregen, über das eigene Lernen zu reflektieren (Lin & Lehman, 1999).

In der Regel laufen viele Regulationsaktivitäten während des Lernens unbewusst ab und die bewusste Kontrolle und Steuerung tritt erst dann ein, wenn Lernschwierigkeiten – wie etwa Verstehensprobleme – auftauchen, die nicht automatisiert gelöst werden können (Schnotz, 1994). Metakognitive Prompts machen dem Lernenden die weitgehend unreflektierte Verarbeitung bewusst und bewirken damit ein strategischeres und selbstregulierteres Lernen (Rosenshine et al., 1996).

Gewöhnlich werden Prompts in Form von Verbalisationsinstruktionen operationalisiert. Das heißt, die Lernenden werden zu bestimmten Zeitpunkten aufgefordert, innezuhalten und gewisse Aspekte des Lerngegenstands oder ihrer mentalen Aktivitäten mündlich oder schriftlich näher zu erläutern. Beispielsweise sollen sie domänenspezifische Sachverhalte näher darlegen, sich die Zusammenhänge selbst erklären oder aber ihr jeweiliges Vorgehen begründen und rechtfertigen. Dies kann entweder durch unspezifische, meist visuelle Hinweise geschehen oder aber durch die Vorgabe von instruktionalen Fragen, die an bestimmten Stellen des Lernprozesses mündlich oder aber schriftlich zu beantworten sind.

In Anlehnung an den theoretischen Ansatz zur menschlichen Informationsverarbeitung von Ericsson und Simon (1993) unterscheiden sich die Effekte der Prompting-Methode maßgeblich von der Methode des Lauten Denkens. Letztere wird bisweilen auch in Instruktionsmaßnahmen eingesetzt (z.B. Hogan, 1999), um die Konzentration auf das Lernen zu erhöhen oder Lernschwierigkeiten zu diagnostizieren. Beide Maßnahmen erfordern allerdings Artikulationen auf unterschiedlichen Verbalisationsebenen (Ericsson & Simon, 1993; Bannert, 2007). Demnach beeinflussen die Prompts die Qualität der Aufgabenbearbeitung, während das Laute Denken prinzipiell keine Effekte auf die Lernleistung zeigt, sondern durch die Artikulation lediglich zu längerer Lernzeit führt (Bannert & Mengelkamp, 2008; Veenman, 1993).

Veenman (1993) folgert hieraus, dass das Laute Denken die metakognitiven Prozesse weder in ihrer Abfolge noch ihrer Qualität beeinflusst. Demnach kann eine Veränderung der metakognitiven Prozesse nur durch eine ganz bestimmte Form der Verbalisationsinstruktion erreicht werden, bei der die Lernenden explizit aufgefordert werden, ihre momentan ablaufenden mentalen Aktivitäten zu unterbrechen und bestimmte Aspekte im Lernprozess zu erörtern. Genau dies soll aber mit den Prompts erreicht werden. Durch die spezielle Instruktion zur Verbalisation spezifischer Informationen initiieren sie Veränderungen der zugrundeliegenden mentalen Verarbeitungsprozesse (Lin et al., 1999).

Insgesamt soll als Fazit aus diesen Überlegungen festgehalten werden, dass Prompting-Maßnahmen eine geeignete metakognitive Intervention darstellen, um Lernende auf ihre Kontroll- und Steuerprozesse beim Lernen aufmerksam zu machen und hiermit die Qualität des Lernprozesses zu verbessern und infolgedessen die Lernleistungen. Die durch Prompts geforderten Erklärungen, Beschreibungen,

Interpretationen und Rechtfertigungen beeinflussen erwartungsgemäß die Abfolge und Qualität der (meta-)kognitiven Informationsverarbeitungsprozesse. In Anlehnung an Ertmer und Newby (1996) ist davon auszugehen, dass hiermit nicht nur der aktuelle metakognitive Strategieeinsatz angeregt, sondern letztlich auch metakognitive Erfahrungen und metakognitives Wissen erworben werden, die dann in neuen Anforderungssituationen genutzt werden können.

Metakognitive Förderung lässt sich prinzipiell durch solche Prompting-Maßnahmen realisieren, welche den Lernenden entweder konstant über den ganzen Lernprozess hinweg oder aber zeitweilig, wie etwa zu Beginn eines neuen Lernabschnittes, mit schrittweiser Ausblendung (engl. fading) unterstützen. Generell scheinen sich Prompting-Maßnahmen insbesondere für computerunterstützte Lernumgebungen zu eignen, welche im Gegensatz zum traditionellen Lernmaterial die hierfür notwendige flexible und adaptive Informationspräsentation ermöglichen.

3.1 Empirische Studien zur Wirksamkeit metakognitiver Prompting-Maßnahmen

Die Wirksamkeit von metakognitiven Prompting-Maßnahmen wurde in empirischen Studien zum überwiegenden Teil bestätigt. Dabei werden ganz allgemein die Lernenden zu bestimmten Zeitpunkten anhand computergestützter Prompts aufgefordert, spezifische kognitive und metakognitive Lernaktivitäten durchzuführen, mit dem Ziel, hierdurch die Lernperformanz zu verbessern.

So variierten Lin und Lehman (1999) bei Untersuchungen zum Lernen mit einem Simulationsprogramm zur Biologie drei Arten von Lernprompts. Eine Gruppe erhielt metakognitive Prompts, d.h. die Aufforderung, ihre Lernaktivitäten zu begründen und zu überwachen. Eine andere Gruppe wurde mit aufgabenspezifischen Prompts aufgefordert, sich während des Lernens die Regeln und Prozeduren der Wissensdomäne zu erklären, und eine dritte Gruppe wurde mittels emotional-motivationaler Prompts angeregt, ihren emotional-motivationalen Zustand zu überwachen. Bei allen drei Arten handelt es sich laut Lin und Lehman (1999) um eine metakognitive Unterstützungsform, die allerdings verschiedene Bereiche betrifft: die exekutiven Kontrollprozesse, das aufgabenspezifische Strategiewissen und den motivational-emotionalen Zustand.

Die Aufforderungen wurden in der computerunterstützten Lernumgebung jeweils zu drei Zeitpunkten vorgegeben, nämlich zu Beginn des Lernens, nach der Materialsammlung und gegen Ende des Lernens. Die Vorgabe der Prompts verbesserte tendenziell die Lernperformanz der drei Gruppen gegenüber der Kontrollgruppe bei nahen Transferaufgaben. Am meisten profitierte die metakognitive Prompting-Gruppe mit signifikant besseren Leistungen in den weiten Transferaufgaben, deren

erfolgreiche Bearbeitung laut Lin und Lehman (1999) ein tieferes Verständnis der Wissensdomäne erforderte. Zusätzliche qualitative Analysen ließen erkennen, dass die Lernenden der metakognitiven Prompting-Gruppe im Vergleich zu den anderen Versuchsgruppen bei der Planung und Ausführung der Versuchsaufgaben strategischer vorgingen. Sie berücksichtigten ihr bereichsspezifisches Vorwissen und überwachten und evaluierten ihr Vorgehen stärker. Durch die metakognitiven Prompts werden also verstärkt metakognitive Prozesse angeregt, die zu einem tieferen konzeptuellen Verständnis des Lerngegenstandes führen. Ein besseres Verständnis der grundlegenden Strukturen und Prinzipien ist jedoch notwendige Voraussetzung für die Lösung weiter Transferaufgaben. Daher sind derartige metakognitive Interventionsmaßnahmen besonders bei weiten Transferleistungen wirksam.

In einer experimentellen Studie von Veenman (1993) wurden die Lernenden der Experimentalgruppe anhand metakognitiver Prompts beim Lernen mit einer Simulation im Bereich Elektrik aufgefordert, ihre Aufgabenstellung in eigene Worte zu fassen, Hypothesen zu generieren, einen detaillierten Aktionsplan zu erstellen und nach der Durchführung des Experimentes die ermittelten Ergebnisse zu evaluieren. All diese Aktivitäten sollten sie schriftlich festhalten, während die Lernenden der Kontrollgruppe ohne diese Lernaufforderungen die Versuchsaufgaben durchführten. Beide Gruppen wurden instruiert, während des Versuchs laut zu denken. Die Analyse der Protokolle des lauten Denkens ergab ein strategischeres Vorgehen in Bezug auf die artikulierten bzw. durchgeführten Orientierungs-, Elaborations- und Evaluationsaktivitäten in der Experimentalgruppe.

Neben dieser Verbesserung der Arbeitsmethode bewirkten die metakognitiven Lernaufforderungen ebenfalls höhere Lernleistungen; allerdings zeigte sich ein signifikanter Lernvorteil nur bei den intelligenteren Teilnehmern. Veenman (1993) folgert, dass die Lernenden mit geringeren intellektuellen Fähigkeiten vermutlich durch die metakognitiven Prompts überlastet waren und sich daher keine bedeutsame Leistungssteigerungen erzielen ließen. Auch in der Untersuchung von Puntambekar und Du Boulay (1997) gingen nur die intelligenteren Lernenden mit den über ein Interface vorgegebenen Prompts in der intendierten Weise um und zeigten folglich ein strategischeres Verhalten. Ob dies zu unterschiedlichen Lernleistungen führte, wurde nicht ermittelt; es ist aber davon auszugehen, da das Prompting-Programm sehr komplex war und weit stärkere Anforderungen an die Nutzerinnen und Nutzer stellte als die von Veenman (1993) verwendeten Prompts.

Entsprechend resümieren Simons und De Jong (1992) über ihre Studien zum Einsatz computergestützter Lernprompts für das Textlesen im Bereich Biologie und Geschichte, dass die Lernaufforderungen nur bei älteren und intelligenteren Schülern effektiv waren und zudem ihre Wirksamkeit vom bereichsspezifischen Vorwissen der Lernenden abhing (vgl. Rosenshine et al., 1996). Damit wird auf die weiter oben bereits erörterte Rolle interner Lernvoraussetzungen hingewiesen, welche die Wirksamkeit metakognitiver Prompts offensichtlich moderieren.

Eigene Forschungsbefunde (vgl. Bannert, 2007) belegen gleichfalls die positive Wirksamkeit von metakognitiven Prompting-Maßnahmen im Bereich des Lernens mit Hypermedien. In einer Versuchsreihe mit qualitativen Prozessanalysen hatten Studierende grundlegende Themen der Pädagogischen Psychologie (Operante Konditionierung, Motivation) in einer hypermedialen Lernumgebung zu bearbeiten. Dabei sollten sie – der Methode des lauten Lesens und Denkens folgend – alle Gedanken während des Lernens laut aussprechen. Unmittelbar im Anschluss wurde die aktuelle Motivation und wahrgenommene Desorientierung, der Lernerfolg und das strategisches Vorgehen beim Lernen durch Fragebogen erfasst. Relevante Lernermerkmale wie bereichsspezifisches Vorwissen, verbale Intelligenz, metakognitives Strategiewissen, Motivation und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen wurden zuvor in einer separaten Sitzung mittels Fragebogen erhoben.

Zunächst konnte anhand einer Explorationsstudie gezeigt werden, dass die Lernenden mit mehr metakognitiven Aktivitäten wie erwartet bessere Transferleistungen erzielten. Demnach gingen in dieser Studie die erfolgreichen Lernenden strategisch und regulierend vor. Bei Lernenden mit geringen Leistungen war der spontane metakognitive Strategieeinsatz erwartungsgemäß gering (Bannert, 2005).

In einer experimentellen Interventionsstudie wurden die Lernenden der Experimentalgruppe instruiert, die Gründe eines jeden Navigationsschrittes laut zu äußern, während die Lernenden der Kontrollgruppe ohne diese Instruktion lernten (Bannert, 2006). Hypothesenkonform bewirkte das stetige Reflektieren eine strategischere Navigation und zudem bessere Transferleistungen. Allerdings war die Akzeptanz dieser Maßnahme insofern eingeschränkt, als sich die Lernenden durch die permanent geforderten Begründungen bei der semantischen Verarbeitung und der Orientierung im Hypermedia-System gestört fühlten. Davon abgesehen ist aber diese äußerst ökonomische strategische Intervention, bei der die Lernenden völlig beliebige Begründungen angeben können, in der Tat lernwirksam.

In einer anderen Untersuchung (Bannert, 2004) wurde der Frage nachgegangen, ob sich die Lernleistungen durch stärkere metakognitiv-strategische Vorgaben weiter erhöhen lassen. Demzufolge wurden die Lernenden der Experimentalgruppe computergestützt über ein Dialogfenster insgesamt dreimal während des Lernens aufgefordert, spezifische metakognitive Aktivitäten durchzuführen, während die Lernenden der Kontrollgruppe ohne diese metakognitive Prompting-Maßnahme lernten. Der erste Prompt wurde gleich zu Beginn des Lernens, nämlich nach dem ersten Mausklick der Lernenden, auf dem Computer-Bildschirm eingeblendet und forderte die Studierenden auf, sich vor dem weiteren Lernen zunächst zu orientieren, die eigenen Lernziele zu spezifizieren und das weitere Vorgehen zu planen (*Orientierung, Zielbildung, Planung*). Der zweite Prompt erfolgte nach 15 Minuten und forderte die Lernenden auf, regelmäßig ihr Verständnis zu kontrollieren und zu prüfen, ob die vorgefundene Information tatsächlich lernzielrelevant ist (*Überwachung, Regulation*). Mit dem dritten Prompt sieben Minuten vor Ende der gesamten Lern-

zeit wurden die Lernenden angeregt, nochmals das Wesentliche zusammenzufassen und zu prüfen, ob alle Lernziele erreicht wurden (*Endkontrolle*). Erwartungsgemäß konnte damit der Strategieeinsatz signifikant, die Transferleistungen aber nur marginal erhöht werden. Umfassende Prozessanalysen deckten jedoch auf, dass die metakognitiven Prompts beim Lernen häufig nicht adäquat beachtet wurden. Vor allem Lernende mit geringem bereichsspezifischem Vorwissen hatten Probleme bei ihrer Umsetzung. Dies ist vermutlich auf die mit der Intervention einhergehende zusätzliche mentale Belastung zurückzuführen.

Dem Problem der zusätzlichen mentalen Kapazitätsbelastung wurde in einer anderen Studie (Bannert, 2003) zu begegnen versucht, indem die Lernenden der Experimentalgruppe unmittelbar vor der Lernphase ein Training zum Umgang mit den metakognitiven Prompts erhielten, während die Lernenden der Kontrollgruppe keiner Intervention unterzogen wurden. Hypothesenkonform zeigte diese direkte Intervention – gegenüber der indirekten aus der vorangegangenen Studie – signifikante Effekte, sowohl hinsichtlich des metakognitiven Strategieeinsatzes als auch der Transferleistungen. Da im Gegensatz zur vorangegangenen Studie die Wirksamkeit der Intervention nicht vom bereichsspezifischen Vorwissen der Lernenden abhing, kann vermutet werden, dass das vorgeschaltete Training zu einer Kapazitätsentlastung in der sich anschließenden Lernphase führt, so dass diese Strategie-Intervention grundsätzlich auch für Lernende mit geringerem Vorwissen lernwirksam ist.

Diese Vermutung konnte in einer neuen Studie mit völlig neuem Lernmaterial bestätigt werden (Bannert, Hildebrand & Mengelkamp, 2009). Hier erhielten die Studierenden der Experimentalgruppe vor dem Lernen ein webbasiertes metakognitives Strategietraining und arbeiteten während des Lernens mit einem Arbeitsblatt, welches einen Überblick über die vermittelten Strategien darstellte. Insgesamt bewirkte diese Intervention signifikant höhere Transferleistungen gegenüber der Kontrollgruppe, die keine strategische Förderung erhielt.

Auch die Untersuchung von Borgenheimer und Weber (siehe Beitrag in diesem Band) bestätigt die Wirksamkeit von metakognitiven Prompting-Maßnahmen beim computersimulierten Experimentieren von Hauptschülerinnen und Hauptschülern der Klassenstufe 9.

Im weiteren Sinne kann auch die Vorgabe von Leitfragen unter Prompts subsumiert werden. Sie sollen gleichfalls die Aufmerksamkeit auf bestimmte kognitive und metakognitive Aktivitäten lenken, allerdings werden diese Aufforderungen im Gegensatz zu „klassischen“ Prompts nicht zu bestimmten Zeitpunkten der Lernphase extern vorgegeben, sondern zu Anfang des Lernens erläutert und dann den Lernenden während des Lernens als begleitende Maßnahme beigelegt. So gab Unz (2000) einer Versuchsgruppe eine so genannte Arbeitshilfe vor, welche die Aufmerksamkeit auf bestimmte Komponenten der hypertextgestützten Informationssuche

lenkte und damit die Verarbeitungssequenzen unterstützen sollte. Sie wurde in Form eines Flussdiagrammes, welches die wichtigsten Lernphasen anhand von Leitfragen und hierfür typischen Hilfsmitteln darstellte, auf Papier vorgegeben. Die Probanden waren angehalten, diese beim Lernen anzuwenden, indem sie beispielsweise Notizen darauf anfertigten; jedoch wurde ihnen die Nutzung nicht aufgezwungen. Erwartungsgemäß hatten die Arbeitshilfen einen Effekt auf die aufgabenadäquate Navigation, doch bewirkten sie keine Leistungssteigerung. Unz (2000) erklärt diesen ausbleibenden lernförderlichen Effekt damit, dass die Arbeitshilfen weder die Nutzung der Orientierungstools noch das Anfertigen von Notizen beeinflussten. In einer explorativen Analyse konnte die Autorin aufzeigen, dass ca. 1/3 der Lernenden die Arbeitshilfen nicht nutzte. Sie zeigten erwartungsgemäß unzureichendes Lernverhalten und schlechtere Lernleistungen. Vermutlich benötigte die Anwendung dieser Arbeitshilfen zusätzliche Ressourcen, welche manche Lernenden angesichts der hohen Anforderungen der eigentlichen Informationssuche überforderte.

Vielleicht hätten sich die lernförderlichen Effekte der Arbeitshilfen eingestellt, wenn sie im Sinne der „klassischen“ Prompts in den entsprechenden Lernphasen an relevanten Lernstellen extern eingeblendet worden wären. Hiermit wird nicht nur das Lernen mit einer Reflexionsphase ausdrücklich unterbrochen (Davis & Linn, 2000), die klassische Implementation kann die Lernenden zudem mental entlasten, indem nicht alle Aufforderungen zu Beginn gezeigt werden, sondern nur bei Bedarf. Das heißt, die Lernenden werden nur mit jenen anforderungsspezifischen Prompts konfrontiert, die in der jeweiligen Lernphase relevant sind. Des Weiteren entlasten die temporär vorgegebenen Prompts aufgrund ihrer Erinnerungsfunktion (vgl. Swanson, 1999).

Diese Erklärung kann auch für die ausbleibenden Effekte des Fragestellens bei Astleitner (1997) angeführt werden. Auch er gab in einer Studie bestimmten Versuchsgruppen Lernfragen für das Hypertextlernen auf einer schriftlichen Unterlage vor. Diese Fragen bezogen sich ebenfalls auf verschiedene Lernphasen – nämlich Planungs-, Durchführungs- und Evaluationsphase – und wurden vor dem Lernen ausführlich erläutert und eingeübt. Allerdings bewirkte ihre Vorgabe nicht die erwartete Leistungssteigerung. Leider werden zum Navigationsverhalten sowie zur Nutzung der Lernfragen keine Prozessdaten berichtet, die für eine tiefergehende Erklärung der Befunde notwendig wären. Generell scheint es jedoch vorteilhafter zu sein, Hilfsfunktionen beim Lernen mit digitalen Medien von einem System aus zu initiieren, da viele Nutzerinnen und Nutzer Schwierigkeiten haben zu erkennen, wann und welche Hilfe sie benötigen (Vath, Hasselhorn & Lüer, 2001).

3.2 Unterschiede zwischen metakognitiven und kognitiven Prompting-Maßnahmen

Analysiert man die vorhandenen Prompting-Studien darauf, ob die Wirksamkeit von kognitiven gegenüber metakognitiven Prompts differiert, so zeigt sich insgesamt ein größerer Effekt der metakognitiven Aufforderungen. Beispielsweise untersuchten Davis und Linn (2000) in einer Versuchsreihe die unterschiedliche Wirksamkeit von kognitiven und metakognitiven Prompts. Die kognitiven Aufforderungen umfassten die Erläuterung inhaltsspezifischer Aspekte des Lernthemas, die metakognitiven dagegen die Planung und Überwachung des Vorgehens. In allen Studien wurden die Prompts computergesteuert in Form von Satzanfängen vorgegeben, welche die Probanden schriftlich beantworten mussten. Insgesamt wurden die metakognitiven Prompts differenzierter und strategischer unter Einbezug des Vorwissens beantwortet. Je elaborierter die metakognitiven Prompts beantwortet wurden, desto höher war der erzielte Lernerfolg. Zwar konnte auch mit den kognitiven Prompts die Vorgehensweise der Lernenden partiell unterstützt werden, jedoch vermochten sie nicht, die Planung und Überwachung des gesamten Lernprozesses anzuregen. Die Autoren schlussfolgern aus ihren Befunden, dass die metakognitiven Prompts die Lernenden bei der Konstruktion und Integration von Wissensstrukturen besser unterstützen, da ihnen hierdurch das eigene Denken bewusster wird und nicht zuletzt Verständnislücken leichter identifiziert und behoben werden können.

Ähnliche Befunde erzielten Plötzner und Härder (2001) bei der Untersuchung der Bedeutung von Verarbeitungshilfen. Auch wenn die untersuchten Hilfen von den Autoren nicht explizit als Prompting-Maßnahme erörtert werden, können sie durchaus darunter subsumiert werden. Um die konzeptuelle Orientierung zu unterstützen, wurden beim Lernen mit Hypertext entweder Kohärenzhilfen oder Faktenlernhilfen vorgegeben. Beide Hilfen wurden als kurze, vollständig formulierte Fragen vorgegeben (z.B. für die Kohärenzbildung: „Welcher Knotentitel interessiert mich als nächstes und warum?“; für das Faktenlernen: „Welche Informationen sind in diesem Knoten wesentlich?“), die für jeden Seitenwechsel im Stillen zu beantworten waren. Die Kohärenzbildungshilfen können im Grunde den metakognitiven Prompts zugeordnet werden, da sie vermutlich die Aufmerksamkeit stärker auf Kontroll- und Überwachungsprozesse lenken. Die Faktenlernhilfen entsprechen dagegen den inhaltsspezifischen bzw. kognitiven Prompts. Konform mit den obigen Befunden waren die metakognitiven Prompts gegenüber den kognitiven lernwirksamer und zwar sowohl hinsichtlich der Faktenwiedergabe- als auch der Integrationstestleistungen. Interessanterweise waren die Effekte der metakognitiven Prompts bei den Integrationstestleistungen bedeutsam größer und belegen damit die weiter oben erörterte Annahme von Lin und Lehman (1999), wonach sich die lern-

förderlichen Effekte der metakognitiven Prompts besonders bei weiten Transferaufgaben einstellen.

Die Frage nach der unterschiedlichen Wirksamkeit kognitiver vs. metakognitiver Prompts soll mit der Studie von Biemans und Simons (1991) abschließend beantwortet werden, die ebenfalls computergesteuerte metakognitive Lernaufforderungen und inhaltliche Hilfen experimentell variierten. Die Gruppe mit den inhaltlichen Hilfen erzielte die geringsten Lernleistungen. Interessant an dieser Studie ist der Befund, dass die Integration von metakognitiven Fragen für eine Leistungssteigerung allein nicht ausreichte. Zusätzlich waren Regulationshinweise notwendig, um die Lernleistung signifikant zu erhöhen.

3.3 Effektiver Einsatz metakognitiver Prompts

Anhand der vorliegenden Forschungsergebnisse lassen sich folgende Merkmale effektiver metakognitiver Prompting-Maßnahmen ableiten. Diese stimmen auch gut mit den in Abschnitt 2 genannten allgemeinen Gestaltungsprinzipen metakognitiver Förderung überein (vgl. Rosenshine et al., 1996). Demnach sollten folgende Aspekte beim Einsatz metakognitiver Prompts berücksichtigt werden:

- Die vorgegebenen Prompts sollen den Einsatz *spezifischer Strategien* induzieren bzw. unterstützen.
- Sie sollen dem Lernenden helfen, *potenzielle Schwierigkeiten zu antizipieren* und die *erreichten (Lern-)Ziele zu evaluieren*.
- Vor dem Lernen muss der *Umgang mit den Prompts modelliert* und ihr *Nutzen verdeutlicht* werden.
- Zudem müssen die *Übungen angeleitet* und ggf. *Rückmeldung mit Korrektur von fehlerhaftem Verhalten* gegeben werden.
- Der Schwierigkeitsgrad der Lernaufgaben soll von *leichten zu schwierigeren Aufgaben* ansteigen.
- Zur Gedächtnisentlastung sollen während des Lernens *visuelle Hinweise* – evtl. auch zuvor besprochene *Checklisten* – vorgegeben werden.

Eine genaue Inspektion der Instruktionsmerkmale der in diesem Beitrag referierten empirischen Arbeiten zeigt, dass sie auf diesen Elementen basieren. Allerdings werden nicht alle Merkmale gleichermaßen berücksichtigt. So mangelt es in den vorliegenden Studien besonders an Rückmeldung und Korrektur eines fehlerhaften Umgangs mit den Prompts. Diesbezüglich besteht weiterhin Forschungsbedarf, um die unterschiedliche Wirkung dieser Merkmale systematisch untersuchen zu können.

4 Diskussion und Ausblick

Die Wirksamkeit der metakognitiven Prompting-Intervention wurde überwiegend experimentell, basierend auf einem Vortest-Nachtest-Design und unter Heranziehung einer Kontrollgruppe, evaluiert. Diese isolierten Evaluationen erlauben die Kalkulation der so genannten Nettowirkung (Hager & Hasselhorn, 2000), das heißt die Ermittlung aller Wirkungen, die auf das Interventionsprogramm zurückzuführen sind. Kritisch zu bewerten ist jedoch das Ausbleiben von Follow-up-Studien, um langfristige Trainingseffekte zu untersuchen (Patry & Perrez, 2000). Dies sollte in künftigen Forschungsarbeiten berücksichtigt werden. So wurde in einer aktuellen Studie von Nückles, Hübner und Renkl (2006) aufgezeigt, dass hypothesenkonforme positive Lerneffekte von Prompting sich nur am Anfang einer längerfristigen Interventionsmaßnahme einstellten, mit der Zeit aber ausblieben und dass gegen Ende sogar die Lernenden aus der nicht geförderten Kontrollgruppe strategischere Lernaktivitäten zeigten.

Anhand längerfristiger Maßnahmen und Prozessanalysen ließen sich auch schneller so genannte mathematantische Effekte diagnostizieren und auf diese mit entsprechenden Maßnahmen frühzeitig reagieren. *Mathematantische Effekte* liegen dann vor, wenn die Interventionsmaßnahme entgegen der Erwartung negative Effekte zeigt, d.h. wenn die trainierten Personen sogar schlechtere Leistungen erzielen als die nicht trainierten Personen (Clark, 1990; Rothkopf, 1970). Diese leistungsmindernde Wirksamkeit wird in der Forschung auf Interferenzprozesse zurückgeführt (Friedrich & Mandl, 1992; Hasselhorn, 1995), wobei die neu zu lernenden, anforderungsadäquaten Strategien mit den zwar unzureichenden, aber dennoch funktionierenden Strategien interferieren. Insbesondere Erwachsenen muss daher ausreichend Lernzeit gegeben werden, um inadäquate Strategien quasi „verlernen“ zu können und adäquate aufzubauen. Damit sind kognitive Kosten verbunden, die nur unter einer bestimmten Nutzenerwartung investiert werden.

Auch wenn sich die Prompts überwiegend als (kurzfristig) lernförderlich erwiesen haben, sollen abschließend potenzielle Probleme erörtert werden, welche die Wirksamkeit metakognitiver Prompts einschränken, ja sogar zu lernhemmenden Effekten führen können (vgl. Drewniak, 1992). Die bedeutsamste Schwierigkeit stellen die mit dem Prompting einhergehenden Störungen im routinierten Lernverlauf dar. Einerseits können die Lernenden darauf ablehnend reagieren, mit der Konsequenz, dass sie die Prompts nicht befolgen und zudem weniger in das Lernen investieren als ohne Prompts. Abgesehen von diesen motivational-affektiven Problemen können die Prompts andererseits tatsächlich zur mentalen Überforderung der Lernenden führen.

Für die Überlastungshypothese sprechen auch die Befunde von Rosenshine et al. (1996), nach denen diejenigen Prompt-Arten wenig effektiv waren, die hohe kog-

nitive Anforderungen an die Lernenden stellten und schwieriger zu vermitteln waren. Auch die weiter oben erörterten Befunde zu Aptitude-Treatment-Interaktionen (z.B. Simons & De Jong, 1992; Puntambekar & Du Boulay, 1997; Veenman, 1993) unterstützen diese Überlastungsannahme. Lernende mit ungünstigeren Lernvoraussetzungen können vermutlich die zusätzliche Kapazitätsbelastung nicht ausreichend kompensieren. Zudem reagieren die Lernenden ganz unterschiedlich in Bezug auf das Ausmaß und die Qualität der geforderten Aktivitäten (z.B. Bannert, 2007; Davis & Linn, 2000). Während manche diese Aktivitäten lediglich beschreiben, elaborieren andere diese sorgfältig. Dieses unterschiedliche Verhalten kann dahingehend interpretiert werden, dass ein und derselbe Prompt ganz unterschiedliche Prozesse auslösen kann, die wiederum den Lernenden unterschiedlich stark beanspruchen.

Des Weiteren scheint die Wahl des Prompting-Zeitpunkts entscheidend für den Erfolg der Intervention. Per Aufgabenanalysen sind geeignete Zeitpunkte und kritische Lernphasen zu identifizieren, die einerseits geeignet sind, das routinierte Lernen zu unterbrechen und über bestimmte Lernaktivitäten zu reflektieren (Davis & Linn, 2000). Andererseits muss der jeweilige Prompt auch den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Lernphase entsprechen. Überspitzt betrachtet wird eine gegen Ende des Lernens platzierte Aufforderung zur Lernplanung wenig lernzuträglich sein. Ferner sollten die Lernenden nicht zu viele Prompts erhalten, so dass ausreichend Zeit für die semantische Verarbeitung bleibt.

In diesem Zusammenhang verweisen Rosenshine et al. (1996) auf das Problem des „overpromptings“. Darunter verstehen sie ein zu hohes Ausmaß an vorgegebener Unterstützung, welche, anstatt den Lernenden zu (meta-)kognitiven Aktivitäten anzuregen, deren Ausführung eher behindern, was letztlich zu geringeren Lernleistungen führt.

Zur Behebung dieser genannten Schwierigkeiten ist es unerlässlich, die Lernenden vor der Prompting-Maßnahme über den spezifischen Nutzen der über die Prompts angeregten Aktivitäten explizit zu informieren und den adäquaten Umgang ausführlich einzuüben. So haben Lin und Lehman (1999) sieben Wochen lang mit ihren Probanden den Umgang der jeweiligen Prompts trainiert. Dabei ist nicht die Trainingsdauer per se entscheidend (Rosenshine et al., 1996), sondern der trainierte Inhalt, d.h. ob das notwendige konditionale Strategiewissen (Paris, Lipson & Wixson, 1983) auch vermittelt wird. Nur dann scheinen sich die gewünschten Interventionseffekte einzustellen und nur dann werden gemäß den allgemeinen Prinzipien metakognitiver Förderung (vgl. Abschnitt 2) die metakognitiven Strategien nach der Intervention auch spontan genutzt.

Literatur

Artelt, C. (2000). *Strategisches Lernen*. Münster: Waxmann.

Astleitner, H. (1997). *Lernen in Informationsnetzen. Theoretische Aspekte und empirische Analysen des Umgangs mit neuen Informationstechnologien aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive*. Frankfurt: Europäischer Verlag der Wissenschaften.

Bannert, M. (2003). Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 17*, 13-25.

Bannert, M. (2004). *Designing metacognitive support for hypermedia learning*. In H. Niegemann, D. Leutner & R. Brünken (eds.). Instructional design for multimedia-learning (pp. 19-30). Münster: Waxmann.

Bannert, M. (2005). Explorationsstudie zum spontanen metakognitiven Strategie-Einsatz in hypermedialen Lernumgebungen. In C. Artelt & B. Moschner (Hrsg.). *Lernstrategien und Metakognition: Implikationen für Forschung und Praxis* (S. 127-151). Münster: Waxmann.

Bannert, M. (2006). Effects of reflection prompts when learning with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research, 4,* 359-375.

Bannert, M. (2007). *Metakognition beim Lernen mit Hypermedien*. Münster: Waxmann.

Bannert, M., Hildebrand, M. & Mengelkamp, C. (2009). Effects of metacognitive support device in learning environments. *Computers in Human Behavior, 25*, 829-835.

Bannert, M. & Mengelkamp, C. (2008). Assessment of metacognitive skills by means of instruction to think aloud and reflect when prompted. Does the verbalisation method affect learning? *Metacognition and Learning, 3*, 39-58.

Biemans, H. J. A. & Simons, P. R. J. (1991). Effekte der Einbettung von metakognitiven Fragen und Regulationshinweisen in ein computerunterstütztes Lernprogramm zur Textverarbeitung auf die Lernleistungen. *Empirische Pädagogik,* 5 (Beiheft 2), 1-17.

Brown, A. L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In R. Glaser (Ed.). *Advances in Instructional Psychology* (Vol. 1, pp. 165-177). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Brown, A. L. (1984). Metakognition, Handlungskontrolle, Selbststeuerung und andere, noch geheimnisvollere Mechanismen. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Hrsg.), *Metakognition, Motivation und Lernen* (S. 60-109). Stuttgart: Kohlhammer.

Brown, A. L., Campione, J. C. & Day, J. D. (1981). Learning to learn: On training students to learn form texts. *Educational Researcher, 10*, 14-21.

Clark, R. E. (1990). When teaching kills learning: Research on mathemathantics. In H. Mandl, E. De Corte, S. N. Bennett & H. F. Friedrich (Eds.), *Learning and instruction: European research in an international context* (Vol. 2.2, pp. 1-22). Oxford: Pergamon Press.

Cronbach, L. J. & Snow, R. E. (1977). *Aptitudes and instructional methods.* New York: Irvington Publishers.

Davis, E. A. & Linn, M. C. (2000). Scaffolding students' knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education, 22*, 819-837.

Drewniak, U. (1992). *Lernen mit Bildern in Texten. Untersuchung zur Optimierung des Lernerfolgs bei Benutzung computerpräsentierter Texte und Bilder*. Münster: Waxmann.

Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. Cambridge, MA: MIT Press.

Ertmer, P. A. & Newby, T. J. (1996). The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflected. *Instructional Science, 24*, 1-24.

Flavell, J. H. (1971). First discussant's comments: What is memory development the development of? *Human development, 14*, 272-278.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriß. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien* (S. 3-54). Göttingen: Hogrefe.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung* (Vol. 4, S. 237-295). Göttingen: Hogrefe.

Fries, S., Lund, B. & Rheinberg, F. (1999). Läßt sich durch gleichzeitige Motivförderung das Training des induktiven Denkens optimieren? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 13*, 37-49.

Guldimann, T. (1996). *Eigenständiger Lernen durch metakognitive Bewusstheit und Erweiterung des kognitiven und metakognitiven Strategierepertoires*. Bern: Haupt.

Hager, W. & Hasselhorn, M. (2000). Psychologische Interventionsmaßnahmen: Was sollen sie bewirken können? In W. Hager, J.-L. Patry & H. Brezing, (Hrsg.), *Evaluation psychologischer Interventionsprogramme: Standards und Kriterien* (S. 41-85). Bern: Huber.

Hartley, K. (2001). Learning strategies and hypermedia instruction. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 10*, 285-305.

Hasselhorn, M. (1995). Kognitive Trainings: Grundlagen, Begrifflichkeiten und Desiderate. In W. Hager (Hrsg.), *Programme zur Förderung des Denkens bei Kindern. Konstruktion, Evaluation und Metaevaluation* (S. 41-85). Göttingen: Hogrefe.

Hasselhorn, M. & Hager, W. (1998). Kognitive Trainings auf dem Prüfstand: Welche Komponenten charakterisieren erfolgreiche Fördermaßnahmen? In M. Beck (Hrsg.), *Evaluation als Maßnahme der Qualitätssicherung. Pädagogisch-psychologische Interventionen auf dem Prüfstand* (S. 85-98). Tübingen: Deutsche Gesellschaft für Verhaltenstherapie.

Hattie, J., Biggs, J. & Purdie, N. (1996). Effects of learning skills interventions on student learning: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 66*, 99-136.

Hogan, K. (1999). Thinking aloud together: A test of an intervention to foster student's collaborative scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 36*, 1085-1109.

Klauer, K. J. (1988). Teaching for learning-to-learn: a critical appraisal with some proposals. *Instructional Science, 17*, 351-367.

Klauer, K. J. (1993). Trainingsforschung: Ansätze, Theorien, Ergebnisse. In K. J. Klauer (Hrsg.), *Kognitives Training* (S. 15-63). Göttingen: Hogrefe.

Lauth, G. (1996). Effizienz eines metakognitiv-strategischen Trainings bei lern- und aufmerksamkeitsbeeinträchtigten Grundschülern. *Zeitschrift für Klinische Psychologie, 25*, 21-32.

Lin, X., Hmelo, C., Kinzer, C. K. & Secules, T. (1999). Designing technology to support reflection. *Educational Technology Research and Development, 47*, 43-62.

Lin, X. & Lehman, J. D. (1999). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching, 36*, 837-858.

Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.). (2006). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe.

Nückles, M., Hübner, S. & Renkl, A. (2006). The pitfalls of overprompting in writing-to-learn. In R. Sun, N. Miyake & C. Schunn (Eds.), *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (p. 2575). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Paris, S. G., Lipson, M. Y. & Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary Educational Psychology*, *8*, 293-316.

Patry, J.-L. & Perrez, M. (2000). Theorie-Praxis-Probleme und die Evaluation von Interventionsprogrammen. In W. Hager, J.-L. Patry & H. Brezing (Hrsg.), *Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen* (S. 19-40). Bern: Huber.

Plötzner, R., & Härder, J. (2001). Unterstützung der Verarbeitung externer Repräsentationen am Beispiel des Lernens mit Hypertexten. *Unterrichtswissenschaft, 29*, 367-384.

Pressley, M., Harris, K. R. & Guthrie, J. T. (Eds.). (1992). *Promoting academic competence and literacy in school*. San Diego, CA: Academic Press.

Puntambekar, S. & du Boulay, B. (1997). Design and development of MIST - A system to help students develop metacognition. *Journal of Educational Computing Research, 16*, 1-35.

Rosenshine, B., Meister, C. & Chapman, S. (1996). Teaching students to generate questions: A review of the intervention studies. *Review of Educational Research, 66*, 181-221.

Rothkopf, E. Z. (1970). The concept of mathemagentic activities. *Review of Educational Research, 40*, 325-336.

Schmitz, B. (2001). Neue Trainingsansätze in der Pädagogischen Psychologie: Schwerpunkt Motivation. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 15*, 127-129.

Schneider, W. & Lockl, K. (2002). The development of metacognitive knowledge in children and adolescents. In T. Perfect & B. L. Schwartz (Eds.), *Applied metacognition* (pp. 224-257). New York: Cambridge University Press.

Schneider, W. & Pressley, M. (1998). Introduction to the special issue: The development of metacognition. *European Journal of Psychology of Education, 13*, 3-8.

Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchung zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten.* Weinheim: Beltz.

Schraw, G. (2001). Promoting general metacognitive awareness. In H. Hartman (Ed.), *Metacognition in learning and instruction. Theory, research and practice* (pp. 3-16). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Schreblowski, S. & Hasselhorn, M. (2001). Zur Wirkung zusätzlicher Motivänderungskomponenten bei einem metakognitiven Textverarbeitungstraining. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 15*, 145-154.

Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen. Entwicklung und Evaluation von Trainingsansätzen für Berufstätige*. Münster: Waxmann.

Schunk, D. H. & Ertmer, P. A. (2000). Self-regulation and academic learning: Self-efficacy enhancing interventions. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 631-650). San Diego, CA: Academic Press.

Simons, P. R. J. & De Jong, F. P. (1992). Self-regulation and computer-aided instruction. *Applied Psychology, 41*, 333-346.

Swanson, H. L. (1999). Instructional components that predict treatment outcomes for students with learning disabilities: Support for a combined strategy and direct instruction model. *Learning Disabilities Research and Practice, 14*, 129-140.

Unz, D. (2000). *Lernen mit Hypertext. Informationssuche und Navigation*. Münster: Waxmann.

Vath, N., Hasselhorn, M. & Lüer, G. (2001). *Multimedia-Produkte für das Internet. Psychologische Gestaltungsgrundlagen*. München: Oldenbourg.

Veenman, M. V. J. (1993). *Intellectual ability and metacognitive skill: Determinants of discovery learning in computerized learning environments*. Amsterdam: University of Amsterdam.

Veenman, M. V. J., Elshout, J. J. & Meijer, J. (1997). The generality vs. domain-specificity of metacognitve skills in novice learning across domains. *Learning and Instruction, 7*, 187-209.

Weinert, F. E. (1984). Metakognition und Motivation als Determinanten der Lerneffektivität: Einführung und Überblick. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Hrsg.), *Metakognition, Motivation und Lernen* (S. 9-23). Stuttgart: Kohlhammer.

Weinert, F. E. (1994). Lernen lernen und das eigene Lernen verstehen. In K. Reusser & M. Reusser-Weyeneth (Hrsg.), *Verstehen – Psychologischer Prozeß und didaktische Aufgabe* (S. 183-205). Bern: Huber.

Weinert, F. E. & Schrader, F. (1997). Lernen lernen als psychologisches Problem. In F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung.* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. 4, S. 296-335). Göttingen: Hogrefe.

Weinstein, C. E., Husman, J. & Dierking, D. R. (2000). Self-regulation interventions with a focus on learning strategies. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 727-747). San Diego, CA: Academic Press.

Hubertina Thillmann, Jill Gößling, Joachim Wirth, Detlev Leutner

Strategisches Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden

Zusammenfassung

Interaktive digitale Medienverbünde stellen eine spezifische Unterkategorie digitaler Medienverbünde dar. Ihr besonderes Merkmal ist die Interaktion zwischen Mediennutzern und Medienverbund, durch die Informationen zunächst generiert werden müssen, um sie anschließend verarbeiten und lernen zu können. Die Interaktivität stellt besondere Anforderungen an Lernende: Auf strategischer Ebene müssen sie über Strategien zum Generieren von Informationen und Strategien zum Verarbeiten von Informationen verfügen, deren Anwendung sie auf regulativer Ebene miteinander koordinieren müssen. Dabei hat es sich als lernförderlich erwiesen, von einem intensiven Generieren relativ schnell zum Verarbeiten der Informationen überzugehen. Eine solche optimale Regulation ist jedoch nur selten spontan bei Lernenden zu beobachten und kann durch eine ungünstige Gestaltung des Medienverbunds oder ungünstige Instruktionen weiter erschwert werden. Vor diesem Hintergrund werden verschiedene Möglichkeiten der Unterstützung der Selbstregulation beschrieben: Einerseits werden zeitlich optimierte Regulationsprompts vorgestellt, die den Einsatz der richtigen Strategie zum richtigen Zeitpunkt anregen, andererseits werden Empfehlungen zur Optimierung der Gestaltung digitaler Medienverbünde sowie der Instruktion zum Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden gegeben.

1 Interaktive digitale Medienverbünde

Interaktive digitale Medienverbünde stellen eine spezifische Unterkategorie digitaler Medienverbünde dar. Ihr kennzeichnendes Merkmal ist die notwendige Interaktion zwischen dem Mediennutzer und dem Medium. Diese Interaktion besteht aus (Re-)Aktionen des Mediennutzers, meist in Form von Eingriffen in den Medienverbund und (Re-)Aktionen des Mediums, meist in Form der Darbietung von Informationen, die durch einen Algorithmus erzeugt wurden. Das Ausmaß der Interaktivität, welches durch die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten zwischen Medium und Mediennutzer begrenzt wird, kann jedoch zwischen verschiedenen interaktiven Medienverbünden variieren. Dabei hat das Ausmaß der Interaktivität

direkte Auswirkungen auf das Lernen mit diesen Medienverbünden (vgl. Wirth & Leutner, 2006). Während das Lernen bei minimalem Ausmaß an Interaktivität stärker „mediengesteuert“ verläuft, wird es mit zunehmender Interaktivität auch zunehmend „lernergesteuert“. Dies soll im Folgenden anhand von (Extrem-) Beispielen veranschaulicht werden, die sich jeweils an einem der beiden Pole der Dimension „Ausmaß an Interaktivität“ befinden. Dabei bezieht sich die Hälfte der Beispiele auf Medienverbünde mit vornehmlich piktorial präsentierten Informationen und die andere Hälfte der Beispiele auf Medienverbünde mit vornehmlich schriftlich präsentierten verbalen Informationen (siehe Tabelle 1). Dabei beschränken wir uns in diesem Beitrag auf interaktive Medienverbünde mit visuell wahrnehmbaren Informationen. Zum Umgang mit multimodalen Informationen siehe z.B. Mayer (2001).

Tab. 1: Ausmaß der Interaktivität digitaler Medienverbünde

		Art der Informationsdarbietung	
		piktorial	verbal
Ausmaß der Interaktivität	gering	Animationen	Lineare Bildschirmtexte
	hoch	Simulationen	Internet-Suchmaschinen

Ein Beispiel für interaktive digitale Medienverbünde mit keiner bis sehr geringer Interaktivität stellen Animationen wie z.B. die Animation zur Entstehung von Blitzen (Mayer, 2001) dar. Durch die ‚Nutzerkontrolle‘ wird den Mediennutzern hierbei maximal ermöglicht, den Start, das Ende und gegebenenfalls die Geschwindigkeit der Darbietung der Animation zu steuern (vgl. Plötzner & Lowe, 2004). Zudem werden die in Animationen dargebotenen Informationen nicht in Abhängigkeit von den Eingaben der Mediennutzer algorithmusbasiert erzeugt, sondern für jeden Mediennutzer gleichermaßen in zuvor definierter Reihenfolge präsentiert.

Ein Beispiel für interaktive digitale Medienverbünde mit hoher Interaktivität stellen Simulationen des Typs computersimulierte Planspiele (vgl. Leutner, 2006) wie z.B. die Simulation „Lohhausen“ (Dörner, Reither & Kreuzig, 1983) oder „Hunger in Nordafrika“ (Leutner & Schrettenbrunner, 1989) dar, da alle für die Simulation notwendigen Steuerungsparameter durch die Mediennutzer selbst eingegeben wer-

den müssen (vgl. Niegemann et al., 2008) und das System die darzustellenden Informationen zunächst in Abhängigkeit von den Eingaben des Mediennutzers algorithmusbasiert erzeugen muss (siehe auch den Beitrag von Borgenheimer und Weber in diesem Band).

Während sich die ersten beiden Beispiele auf Medienverbünde mit vornehmlich piktorial dargebotenen Informationen beziehen, werden im Folgenden zwei weitere Beispiele vorgestellt, die sich auf Medienverbünde mit vornehmlich schriftlich dargebotenen, verbalen Informationen beziehen. In diesem Fall stellen lineare Bildschirmtexte wie z.B. im Intranet von Hochschulen zur Verfügung gestellte Vorlesungsskripte ein Beispiel für digitale Medienverbünde mit keiner bis sehr geringer Interaktivität dar, da die Mediennutzer in der Regel lediglich vor- und zurückblättern können. Zudem werden auch hierbei die dargebotenen Informationen nicht in Abhängigkeit von den Eingaben der Mediennutzer algorithmusbasiert erzeugt, sondern für jeden Mediennutzer gleichermaßen in zuvor definierter Reihenfolge präsentiert. Dagegen stellen nicht-lineare algorithmusbasierte Suchmaschinen wie z.B. Google ein Beispiel für digitale Medienverbünde mit hoher Interaktivität dar, da die Mediennutzer selbst eine Auswahl aus allen möglichen Suchbegriffen sowie Suchergebnissen treffen müssen (Gerjets & Hellenthal-Schorr, 2008; Stadtler & Bromme, 2008) und das System die darzustellenden Informationen zunächst in Abhängigkeit von den Eingaben des Mediennutzers algorithmusbasiert erzeugen muss.

Vor dem Hintergrund der dargestellten Beispiele wird deutlich, dass der Lernprozess mit zunehmender Interaktivität auch zunehmend lernergesteuert wird. Um im Folgenden die Anforderungen zu analysieren, die das Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden an die Lernenden stellt, soll der Fokus auf Medienverbünde mit hoher Interaktivität gelegt werden.

2 Selbstregulation des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden

Werden interaktive digitale Medienverbünde genutzt, um damit selbstreguliert zu lernen, so muss der Mediennutzer bestimmte Anforderungen erfüllen, damit Lernen tatsächlich stattfinden kann. Allgemein werden diese Anforderungen in den Modellen des selbstregulierten Lernens als Auswahl, Anwendung und Regulation jeweils anforderungsadäquater Strategien beschrieben (Boekaerts, 1997; Pressley, Borkowski & Schneider, 1987; Schmitz, 2001; Schreiber, 1998; Winne & Hadwin, 1998; Zimmerman, 2000). Diese Anforderungen sind für jede spezifische Lernsituation, d.h. auch für jede Art von Lernmaterial, näher zu spezifizieren. Bislang lag der Fokus der Forschung zum selbstregulierten Lernen jedoch hauptsächlich auf den Anforderungen, die das selbstregulierte Lernen mit nicht-interaktiven Medienverbünden, wie z.B. Texten auf Papier, an Lernende stellt. Die hierzu notwendigen

untergeordneten Strategien kognitiver und motivationaler Art sowie übergeordneten Regulationsstrategien metakognitiver Art sind Gegenstand einschlägiger (Überblicks-)Arbeiten (vgl. Mandl & Friedrich, 2006; Mayer, 2001; Weinstein & Mayer, 1986).

Nach Wirth und Leutner (2006) unterscheiden sich die Anforderungen der Selbstregulation beim Lernen mit interaktiven Medienverbünden maßgeblich von den Anforderungen der Selbstregulation beim Lernen mit nicht-interaktiven Medienverbünden. Dies gilt sowohl für interaktive Medienverbünde in digitaler Form, wie z.B. Simulationen und Suchmaschinen, als auch für interaktive Medienverbünde in analoger Form, wie z.B. reale Experimentierumgebungen. Durch die notwendige Interaktion der Lernenden mit dem Medium entstehen zusätzliche Anforderungen, sowohl auf strategischer als auch auf regulativer Ebene.

2.1 Strategische Anforderungen des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden

Während die zu lernenden Informationen beim Lernen mit nicht-interaktiven Medienverbünden automatisch durch das Medium dargeboten werden, müssen sie beim Lernen mit interaktiven Medienverbünden zunächst durch die Interaktion zwischen Lernenden und Medium generiert werden. Für diese Anforderung benötigen Lernende spezifische Strategien, nämlich Strategien zum Generieren neuer Informationen.

Im Bereich des Lernens mit Simulationen sind insbesondere Strategien zum Generieren vornehmlich piktorialer Informationen gefragt. Diese Strategien sind Gegenstand der Forschung zum *scientific discovery learning* bzw. *inquiry learning* (de Jong & van Joolingen, 1998; Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn, Black, Keselman & Kaplan, 2000), die sich mit dem systematischen Explorieren und Manipulieren komplexer Systeme beschäftigt. Eine prominente Strategie in diesem Bereich ist die Strategie der „Isolierenden Variablenkontrolle“ (vgl. Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn et al., 2000). Um den Effekt einer unabhängigen Variable auf eine abhängige Variable zu überprüfen, müssen Lernende die Werte aller unabhängigen Variablen außer der zu testenden unabhängigen Variable konstant halten. So kann der Effekt der interessierenden unabhängigen Variable auf die abhängige Variable systematisch überprüft werden. Weitere Strategien zum Generieren neuer Informationen, wie z.B. das Zuweisen von Extremwerten, sind bei Klahr, Dunbar und Fay (1991) beschrieben.

Dagegen werden im Bereich des Lernens mit internetbasierten Suchmaschinen Strategien zum Generieren vornehmlich verbaler Informationen benötigt. Dabei lässt sich das Generieren von Informationen durch eine Sequenz von Auswahlpro-

zessen beschreiben. So müssen Lernende zunächst vor dem Hintergrund ihres Lernzieles Suchbegriffe auswählen. Da die optimale Auswahl und Kombination von Suchbegriffen jeweils vom Inhalt des Lernziels abhängig ist und die Eingabe der Suchbegriffe von den Voraussetzungen der jeweiligen Suchmaschine abhängt, existiert bislang in der Literatur keine einheitliche Beschreibung der dazu benötigten Strategien. Stattdessen beschränkt sich die Forschung in diesem Bereich auf Fallstudien (vgl. Hill & Hannafin, 1997). Um die erlernbaren Informationen aufzurufen, müssen Lernende nach der Eingabe von Suchbegriffen in einem nächsten Schritt eine Auswahl aus den generierten Suchergebnissen treffen. Nach Lazonder (2000) unterscheiden sich Experten und Novizen in der Nutzung von Strategien zur Auswahl von Suchergebnissen. Eine prominente Strategie in diesem Bereich ist die Evaluation der Qualität und Vertrauenswürdigkeit von Informationen (vgl. Gerjets & Hellenthal-Schorr, 2008; Stadtler & Bromme, 2008; vgl. auch Astleitner & Leutner, 1995). Um die Vertrauenswürdigkeit und damit die Verwendbarkeit von Informationen zu bewerten, müssen Lernende z.B. zusätzliche Informationen über den Autor der Internetseite beschaffen oder die Inhalte verschiedener Internetseiten miteinander vergleichen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Art des interaktiven digitalen Medienverbundes bestimmt, welche Strategien zum Generieren von Informationen benötigt werden. Verfügen Lernende über die jeweiligen Strategien und wenden diese auch an, dann können damit systematisch neue Informationen über den im Medienverbund dargebotenen Inhaltsbereich generiert werden.

Verfolgen Lernende darüber hinaus das Ziel, anhand der generierten Informationen etwas über den dargebotenen Inhaltsbereich zu lernen, benötigen sie Strategien, um die neuen Informationen weiter zu verarbeiten und dadurch zu lernen. Diese Strategien zum Verarbeiten piktorialer wie auch verbaler Informationen sind Gegenstand der traditionellen Lernstrategieforschung (Weinstein & Mayer, 1986), die sich ursprünglich mit dem Lernen aus Texten und Grafiken, d.h. nicht-interaktiven Medien, befasste. Nach Mayer (2001) müssen Lernende zur Verarbeitung der dargebotenen Informationen zunächst die relevanten Informationen selegieren, um sie dann in Verbindung mit dem Vorwissen zu organisieren und in semantischer Tiefe zu elaborieren.

Eine prominente Strategie zur Verarbeitung von Informationen ist die *concept mapping*-Strategie (Novak, 1990). Um Beziehungen zwischen bestehendem Wissen und neuen (generierten und selegierten) Informationen zu organisieren und zu elaborieren, werden diese Beziehungen auf spezifische Weise räumlich visualisiert. Mit Hilfe von *links* werden die Konzepte *(nodes)* miteinander verbunden. Die Art der Beziehung kann durch *labels* näher spezifiziert werden. Weitere Strategien zum Verarbeiten von Informationen, wie z.B. weitere Visualisierungsstrategien, werden unter den Stichpunkten Organisations- und Elaborationsstrategien bei Weinstein und Mayer (1986) sowie bei Mandl und Friedrich (2006) beschrieben. Für die

Selbstregulation beim Lernen mit interaktiven Medienverbünden bedeutet dies, dass Lernende neben den Strategien zum Generieren von Informationen auch Strategien zum Verarbeiten der generierten Informationen benötigen, um so die neuen Information zu lernen und zu späteren Gelegenheiten wieder abrufen und anwenden zu können.

2.2 Regulative Anforderungen des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden

Bezogen auf die strategischen Anforderungen des selbstregulierten Lernens mit interaktiven Medienverbünden zeigt sich, dass sowohl Strategien zum Generieren von Informationen benötigt werden als auch Strategien zum Verarbeiten von Informationen. Da das Generieren von Informationen den Einsatz anderer Strategien und Verhaltensweisen erfordert als ihre Verarbeitung, müssen sich Lernende zusätzlich zu jedem Zeitpunkt des Lernprozesses zwischen dem Generieren und dem Verarbeiten entscheiden. Die Koordination des Einsatzes unterschiedlicher Strategien stellt somit eine zusätzliche Anforderung auf regulativer Ebene dar. Um diese regulative Anforderung optimal zu erfüllen, müssen Lernende wissen, zu welchem Zeitpunkt des Lernprozesses sie welches Ziel – Generieren oder Verarbeiten von Informationen – strategisch verfolgen sollten, um ein optimales Lernergebnis zu erzielen. Mittlerweile wurden einige Untersuchungen durchgeführt, die einen optimalen zeitlichen Verlauf des Einsatzes von Strategien des Generierens und des Verarbeitens von Informationen beim Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden zeigen (Wirth, 2004, 2005).

Um zu überprüfen, welcher zeitliche Verlauf der Selbstregulation des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden im Hinblick auf das Lernergebnis optimal ist, werden Maße benötigt, die die Selbstregulation des Lernprozesses objektiv, reliabel und valide erfassen. Hier bieten digitale Medienverbünde, wie z.B. computergestützte Medienverbünde, den Vorteil der Erfassung verhaltensbasierter Maße des Lernprozesses. Dazu wird jede Aktion des Lernenden im Medienverbund in sogenannten Logfile-Dateien protokolliert (vgl. Veenman, 2005; Winne & Perry, 2000). Diese hoch aufgelösten Verhaltensdaten können dann in einem weiteren Schritt im Hinblick auf stärker aggregierte Verhaltenssequenzen ausgewertet werden. Die Vorteile einer solchen Logfile-basierten Erfassung der Selbstregulation des Lernprozesses, beispielsweise gegenüber einer selbstauskunftbasierten Erfassung, liegen sowohl in der zeitlichen Kontinuität der Messung als auch in ihrer Nonreaktivität (vgl. Veenman, 2005; Winne & Perry, 2000; Wirth, 2004, 2008).

Logfile-basierte Maße zur Erfassung der Selbstregulation beim Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden wurden beispielsweise von Wirth (2004, 2005) entwickelt und von Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer und Leutner (2008) adap-

tiert. Gemeinsam ist diesen Maßen die Erfassung des zeitlichen Verlaufs des strategischen Generierens und Verarbeitens von Informationen über den Lernprozess. Notwendige Voraussetzung für die Bildung eines solchen Regulationsmaßes stellen eine klare Definition und darauf aufbauende Operationalisierung von Strategien des Generierens und Verarbeitens von Informationen in dem jeweiligen interaktiven digitalen Medienverbund dar.

Ein Beispiel für einen interaktiven digitalen Medienverbund, in dem die Selbstregulation des Lernens erfasst wurde, ist der computerbasierte „Heidelberger Finite Automat" (HEIFI; Wirth & Funke, 2005), in dem die Steuerung von Raumfahrzeugen den Inhaltsbereich darstellt. Hierin können Lernende agieren, indem sie Input-Schalter drücken. Daraufhin werden Informationen anhand von Output-Schaltern dargeboten. In diesem Medium wurde das Generieren von Informationen anhand des *erstmaligen* Drückens eines Input-Schalters in der jeweiligen Systemkonfiguration operationalisiert, da dies die Darbietung neuer Informationen anhand der Output-Schalter hervorruft. Das Verarbeiten von Informationen wurde anhand des *wiederholten* Drückens eines Input-Schalters in der gleichen Systemkonfiguration operationalisiert, da dies die wiederholte Darbietung von Informationen anhand des Output-Schalters hervorruft und somit dem Einprägen der Informationen dient.

Eine deutlich andere Operationalisierung von generierenden und verarbeitenden Strategien wurde im Rahmen eines Projektes zum selbstregulierten Lernen durch Experimentieren verwendet (Thillmann, 2008; Wirth et al., 2008). Untersucht wurde hier das selbstregulierte Lernen in einer interaktiven digitalen Simulation zum Experimentieren für den Inhaltsbereich „Auftrieb in Flüssigkeiten". Basierend auf dem *Scientific Discovery as Dual Search*-Modell von Klahr und Dunbar (1988) enthält dieser Medienverbund ein kognitives Werkzeug zum Durchführen simulierter Experimente *(experiment space*) sowie ein kognitives Werkzeug zum Notieren von Hypothesen und Schlussfolgerungen *(hypothesis space)*. Aufgabe der Lernenden war es, so viel wie möglich über den Auftrieb in Flüssigkeiten zu lernen. Das Generieren von Informationen wurde hier anhand des erstmaligen Durchführens simulierter Experimente (und des Aufstellens von Hypothesen) operationalisiert. Das Verarbeiten von Informationen wurde anhand des wiederholten Durchführens simulierter Experimente (und des Aufstellens von Schlussfolgerungen) operationalisiert.

Für beide interaktiven digitalen Medienverbünde wurde der Verlauf der Selbstregulation anhand des zeitlichen Verlaufs von generierenden und verarbeitenden Aktionen über den Lernprozess erfasst. Um eine Aussage über einen optimalen Verlauf der Selbstregulation zu treffen, wurde der Zusammenhang zwischen Merkmalen des Selbstregulationsverlaufs und dem Lernerfolg ermittelt. Auf der Basis latenter Wachstumskurven zeigte sich für die beiden recht unterschiedlichen interaktiven digitalen Medienverbünden derselbe optimale Verlauf der Selbstregulation über die Zeit: Der Lernerfolg ist dann maximal, wenn Lernende zunächst insbesondere ver-

suchen, Informationen zu generieren, dann aber sehr bald und intensiv dazu übergehen, Informationen zu verarbeiten (Wirth, 2004, 2005; Wirth et al., 2008). Ein solcher optimaler Regulationsverlauf – vom Generieren zum Verarbeiten – ist allerdings nur selten spontan bei Lernenden zu beobachten (Thillmann, 2008).

Statt eines optimalen Regulationsverlaufs zeigen Lernende ohne strategische Anleitung häufig ein eher zufälliges Verhalten, oder aber sie beschränken sich überwiegend entweder auf das Generieren von Informationen oder auf das Verarbeiten von Informationen (vgl. Klahr & Dunbar, 1988). Im Fall des einseitigen Generierens werden zwar viele Informationen über den Lerninhalt erzeugt, jedoch aufgrund des fehlenden Verarbeitens schnell wieder vergessen. Umgekehrt führt das einseitige bzw. zu frühe Verarbeiten zwar zum intensiven Auseinandersetzen mit jedoch nur wenigen zuvor generierten Informationen. In beiden Fällen wird ein geringerer Lernerfolg erzielt als bei einem optimalen Verlauf vom Generieren zum Verarbeiten von Informationen.

3 Einfluss der Mediengestaltung auf die Selbstregulation des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden

Der Einfluss der Gestaltung interaktiver digitaler Medienverbünde auf die Selbstregulation des Lernens wurde bislang erst nur vereinzelt experimentell untersucht (z.B. Möller & Müller-Kalthoff, 2000). Dies liegt sowohl an einem Mangel an adäquaten Maßen zur Erfassung der Selbstregulation des Lernens (Winne, 2006; Winne & Perry, 2000; Wirth, 2004) als auch an einer fehlenden Auflistung relevanter Unterscheidungsmerkmale interaktiver digitaler Medienverbünde. Aus diesem Grund wird im Folgenden der Versuch unternommen, einzelne, für die Selbstregulation relevante Gestaltungsmerkmale interaktiver digitaler Medienverbünde herauszugreifen und deren Einfluss auf die Selbstregulation genauer zu analysieren.

Ausgehend von den Modellen des selbstregulierten Lernens (Winne & Hadwin, 1998; Zimmerman, 2000) wird angenommen, dass die Selbstregulationsanforderungen durch die Anzahl der in dem Medienverbund zur Verfügung stehenden Handlungsoptionen, d.h. durch das Ausmaß der Interaktivität, beeinflusst werden. Das Ausmaß an Interaktivität wird wiederum beeinflusst durch die Komplexität des Medienverbundes. Dabei sind verschiedene Komplexitätsdimensionen zu unterscheiden.

3.1 Inhaltliche Komplexität und *intrinsic cognitive load*

In Anlehnung an Sweller (1988) lässt sich die inhaltliche Komplexität eines Lerngegenstands durch das Ausmaß der miteinander interagierenden Informationselemente (Elemente-Interaktivität) definieren. Überträgt man diese Definition auf interaktive digitale Medienverbünde, so lässt sich ihre inhaltliche Komplexität durch die Anzahl der im jeweiligen Medienverbund erlernbaren Informationseinheiten definieren, die für ein verstehendes Lernen gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis gehalten und verarbeitet werden müssen. Im Hinblick auf die Regulationsanforderungen nimmt mit steigender inhaltlicher Komplexität auch die Anzahl der Handlungsoptionen zu, *welche* Information als nächstes generiert oder verarbeitet werden soll. Das bedeutet, dass Lernende aus einem umso größeren Informationsangebot entscheiden müssen, welche Information sie noch generieren können bzw. welche Information sie schon verarbeiten sollten, je höher die inhaltliche Komplexität eines interaktiven digitalen Medienverbundes ist.

Vor dem Hintergrund einer begrenzten Arbeitsgedächtniskapazität, eines begrenzten inhaltlichen Vorwissens sowie einer begrenzten Lernzeit werden folgende Annahmen formuliert: Im Hinblick auf die kognitive Belastung kann eine erhöhte inhaltliche Komplexität zu einem erhöhten *intrinsic cognitive load* der Lernaufgabe führen (vgl. Sweller, 1988). Im Hinblick auf die Belastung auf regulativer Ebene kann eine zu hohe inhaltliche Komplexität eines interaktiven digitalen Medienverbundes die Selbstregulation des Lernprozesses erschweren, da weder alle Informationen generiert noch verarbeitet werden können.

3.2 Formale Komplexität und *extraneous cognitive load*

Die formale Komplexität wird hier durch die Anzahl der in einem Medienverbund integrierten Interaktionsmöglichkeiten, d.h. durch die Anzahl der so genannten kognitiven Werkzeuge (Jonassen & Reeves, 1996; Lajoie & Derry, 1993; van Joolingen, 1999), definiert. Dabei nimmt mit steigender formaler Komplexität die Anzahl der Handlungsoptionen, *wie* Informationen generiert oder verarbeitet werden können, zu. Im Hinblick auf die Regulationsanforderungen bedeutet dies, dass Lernende aus umso mehr Interaktionsmöglichkeiten die für ihr Ziel angemessene auswählen müssen, je höher die formale Komplexität eines interaktiven digitalen Medienverbundes ist, d.h. je mehr kognitive Werkzeuge in dem Medienverbund enthalten sind. Dass ein Mehr an kognitiven Werkzeugen nicht immer zu einem Mehr an strategischem Lernen führt, zeigen zahlreiche Studien (z.B. Land, 2000; Liu & Bera, 2005; Oliver & Hannafin, 2000; van Joolingen & de Jong, 1991) sowie eine Metaanalyse von Clarebout und Elen (2006).

Als ein Beispiel für einen interaktiven digitalen Medienverbund mit hoher formaler Komplexität, insbesondere auch aufgrund der Möglichkeit zum kollaborativen Lernen, soll der Medienverbund *Co-Lab* aus der Gruppe um de Jong und van Joolingen näher betrachtet werden (vgl. van Joolingen, de Jong, Lazonder, Savelsbergh & Manlove, 2005). So können in *Co-Lab* bis zu vier verschiedene ‚Räume' integriert werden *(hall, lab, theory room, meeting room)*. In jedem dieser Räume können wiederum spezifische kognitive Werkzeuge aufgerufen werden, anhand derer bestimmte Informationen erzeugt und Aktionen ermöglicht werden. So bietet ein *help*-Tool zusätzliche Hilfestellungen an, wohingegen der *process coordinator* die Möglichkeit zum Einsatz metakognitiver Strategien des Planens, Überwachens und der Evaluation bietet. Weiterhin können in einem *model editor* dynamische Modelle aufgestellt werden, die dann in einem *simulation*-Tool anhand simulierter Experimente mit einem Wassertank überprüft werden können. Ein *table*-Tool und ein *graph*-Tool bieten die Möglichkeit zur Verarbeitung der durch die Simulation erzeugten Informationen. Darüber hinaus bieten ein *report editor* sowie ein *whiteboard* verschiedene Möglichkeiten zur Kommunikation mit anderen Lernenden.

Während diese kognitiven Werkzeuge es den Lernenden einerseits ermöglichen, Informationen über den Lerngegenstand auf vielfältige Weise zu generieren und zu verarbeiten, erfordern sie andererseits eine jeweils spezifische strategische Kompetenz, um davon überhaupt profitieren zu können. So müssen Lernende sowohl über das notwendige Strategiewissen verfügen, um die in dem Tool angebotene Strategie anwenden zu können als auch über das notwendige regulative Wissen, welche Funktion diese Strategie im Lernprozess erfüllt. Ist die im jeweiligen Tool anzuwendende Strategie nicht im Strategierepertoire der Lernenden vorhanden, so ist es erforderlich, zusätzlich zum Inhalt des Medienverbundes auch die neue Strategie zu erwerben. In diesem Fall sind zwei Schwierigkeiten zu überwinden: Erstens besteht die Gefahr, dass bei gleichzeitig hoher inhaltlicher und strategischer Anforderung einer Lernaufgabe das Erlernen der Strategie Zeit und Kapazität vom Erlernen des Inhalts abfordert (vgl. Winne, 1995). Zweitens besteht die Gefahr, dass trotz zusätzlich investierter Zeit zum Erlernen einer neuen Strategie die Zeit nicht ausreicht, um die Anwendung dieser Strategie zu automatisieren, so dass ein mathematantischer Effekt auftreten kann (vgl. Clark, 1990).

Aber auch wenn die kognitiven und metakognitiven Voraussetzungen zur Anwendung einer Strategie erfüllt sind, besteht schließlich noch die Gefahr, dass die Lernenden eine potenziell verfügbare Strategie z.B. aufgrund zu geringer Motivation nicht einsetzen (vgl. Pressley et al., 1987; O'Sullivan & Pressley, 1984; Thillmann, 2008). Somit werden vor dem Hintergrund eines begrenzten Repertoires aktuell verfügbarer Strategien zum Generieren und Verarbeiten von Informationen, einer begrenzten Kapazität, neue Strategien zu erwerben sowie einer begrenzten Lernzeit folgende Annahmen formuliert: Im Hinblick auf die kognitive Belastung kann eine

erhöhte formale Komplexität zu einem erhöhten *extraneous cognitive load* der Lernaufgabe führen (vgl. Sweller, 1988). Im Hinblick auf die Belastung auf regulativer Ebene kann eine zu hohe formale Komplexität eines interaktiven digitalen Medienverbundes die Selbstregulation des Lernprozesses erschweren, da die Lernenden die zur Verfügung gestellten kognitiven Werkzeuge nicht, wie vom Autor des Medienverbundes intendiert, nutzen können.

4 Einfluss instruktionaler Maßnahmen auf die Selbstregulation des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden

Zusätzlich zu einer optimalen Gestaltung zur Gewährleistung geringer inhaltlicher und formaler Komplexität kann die Selbstregulation des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden auch durch verschiedene instruktionale Maßnahmen unterstützt werden. Dazu werden im Folgenden zwei mögliche Ansatzpunkte für instruktionale Unterstützungsmaßnahmen vorgestellt. Den ersten Ansatzpunkt stellt die Zielsetzung *vor* dem Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden dar, den zweiten Ansatzpunkt stellt die Anregung der Strategienutzung *während* des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden dar.

4.1 Instruktionale Maßnahmen vor dem Lernen

Ausgehend von dem geringen Lernerfolg, der im naturwissenschaftlichen Unterricht durch Schülerexperimente erzielt wird (Hofstein & Lunetta, 1982; Hucke & Fischer, 2002), gingen Wirth, Künsting und Leutner (2009) der Frage nach, inwiefern die Zielvorgabe das Lernen durch Experimentieren in computerbasierten Simulationen beeinflusst. Am Beispiel des in Abschnitt 2.2 beschriebenen interaktiven digitalen Medienverbunds zum computersimulierten Experimentieren ‚Auftrieb in Flüssigkeiten' wurde der Einfluss der Spezifität und der Qualität der Zielvorgabe auf das nachfolgende Lernen untersucht. Basierend auf der *Cognitive Load Theory* nach Sweller (1988) wurde erwartet, dass unspezifische Ziele einen geringeren *cognitive load* erzeugen und lernförderlicher sind als spezifische Ziele. Basierend auf der Unterscheidung zwischen Problemlösen und Lernen nach Klauer (1988; s.a. Bereiter & Scardamalia, 1989) wurde die Annahme abgeleitet, dass Lernziele, die auf das Erreichen eines internen Wissensstandes gerichtet sind, sowohl für die Selbstregulation als auch für den Lernerfolg förderlicher sind als Problemlöseziele, die auf das Erreichen eines externen Zielzustandes gerichtet sind. Vor diesem theoretischen Hintergrund wurde eine experimentelle Studie durchgeführt, in der in einem 2x2-faktoriellen Design sowohl die Zielspezifität (spezifisch vs. nicht-

spezifisch) als auch die Zielqualität (Problemlöseziel vs. Lernziel) der Instruktion systematisch variiert wurde. Dabei lernten 233 Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I selbstreguliert mit dem interaktiven digitalen Medienverbund ‚Auftrieb in Flüssigkeiten' und erhielten eine von vier Instruktionen (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Klassifikation von Zielvorgaben (nach Wirth, Künsting & Leutner, 2009)

		Zielspezifität	
		spezifisch	unspezifisch
Ziel-qualität	Problem-löseziel	„Wirf ins Wasser: Einen Körper mit dem Volumen, bei dem die Auftriebskraft maximal ist."	„Wirf nacheinander ins Wasser: Neun Körper, die alle sinken."
	Lernziel	„Finde heraus, wie das Volumen eines Körpers mit seiner Auftriebskraft zusammenhängt und merke es dir."	„Finde heraus, warum manche Körper im Wasser sinken und merke es dir."

In Übereinstimmung mit Sweller (1988) konnte der Einfluss der Zielspezifität auf den Lernerfolg bestätigt werden; demnach wurde ein höherer Lernerfolg durch unspezifische Zielvorgaben erzielt als durch spezifische. Darüber hinaus hatten unspezifische Zielvorgaben auch einen positiven Effekt auf die Strategienutzung während des Lernens. Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass auch die Zielqualität einen Einfluss auf den Lernerfolg hat; demnach wurde ein höherer Lernerfolg durch Lernziele erzielt als durch Problemlöseziele, und zwar unabhängig von der Zielspezifität. Zusammenfassend konnte in dieser Studie am Beispiel des Lernens mit einem interaktiven digitalen Medienverbund zum computersimulierten Experimentieren gezeigt werden, dass Merkmale der Instruktion vor dem Lernen den Prozess und das Ergebnis des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden beeinflussen können.

Eine weitere Möglichkeit zur instruktionalen Förderung der Selbstregulation vor dem Lernen stellen Strategie- und Regulationstrainings dar (z.B. Hattie, Biggs & Purdie, 1996; Gerjets & Hellenthal-Schor, 2008; Leopold, den Elzen-Rump & Leutner, 2007; Leutner, Leopold & den Elzen-Rump, 2007). Der Kern solcher Strategietrainings beinhaltet die Vermittlung von Strategiewissen sowie die Einübung der Anwendung der jeweiligen Strategien. Darüber hinaus thematisieren kombinierte Strategietrainings auch die Regulation des Einsatzes dieser Strategien (Leopold, den Elzen-Rump & Leutner, 2007; Leutner, Leopold & den Elzen-Rump, 2007).

Bei einer ausreichenden Regulationskompetenz auf Seiten der Lernenden erscheint es jedoch nicht effizient, zeitlich aufwändige Trainingsmaßnahmen einzusetzen. Vielmehr werden in diesem Fall Maßnahmen zur Unterstützung der Regulationsperformanz während des Lernens, wie z.B. Prompts, benötigt (Bannert, 2003; Thillmann, 2008; Thillmann, Künsting, Wirth & Leutner, 2009).

4.2 Instruktionale Maßnahmen während des Lernens

Prompts (Anregungen) werden während des Lernens eingesetzt, um bestimmte Kenntnisse und Kompetenzen, über die die Lernenden bereits verfügen, in der konkreten Lernsituation anzuregen (siehe auch den Beitrag von Bannert und Reimann in diesem Band).

Ausgehend von der Beobachtung, dass Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I über Strategiewissen zum Experimentieren verfügen, dieses jedoch nicht immer einsetzen (Thillmann, 2008), untersuchten Thillmann et al. (2009) die Wirksamkeit von Prompts zur Anregung der Regulation während des Lernens mit einem interaktiven digitalen Medienverbund. Den theoretischen Ausgangspunkt bildete der in Abschnitt 2 geschilderte optimale Verlauf der Regulation des Lernens mit interaktivem digitalem Medienverbund. Darauf aufbauend wurde überprüft, inwiefern die Selbstregulation des Lernens anhand von zeitlich optimierten Regulationsprompts angeregt und der Lernerfolg dadurch erhöht werden kann. Dazu lernten 95 Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I mit dem oben beschriebenen interaktiven digitalen Medienverbund ‚Auftrieb in Flüssigkeiten'. Um den Effekt des Darbietungszeitpunktes der Prompts zu überprüfen, wurden die Schülerinnen und Schüler jeder Klasse zufällig einer der drei experimentellen Gruppen zugeordnet. Die Experimentalgruppe erhielt zu Beginn des Lernprozesses Prompts, die das Generieren neuer Informationen anregen und im weiteren Verlauf des Lernprozesses Prompts, die das Verarbeiten von Informationen anregen (siehe Tabelle 3).

Tab. 3: Regulationsprompts (nach Thillmann, Künsting, Wirth & Leutner, 2009)

Prompt zum Generieren von Informationen	Prompt zum Verarbeiten von Informationen
„Finde heraus, wovon es abhängt, ob ein Körper im Wasser sinkt, schwebt oder steigt. Am besten machst du dazu Experimente, bei denen du immer nur eine Variable veränderst."	„Merke dir, wovon es abhängt, ob ein Körper im Wasser sinkt, schwebt oder steigt. Am besten machst du dazu Notizen, bei denen du Beziehungen zwischen den Variablen abbildest."

Die erste Kontrollgruppe erhielt dieselben Prompts, jedoch dem optimalen Regulationsverlauf zeitlich entgegengesetzt, d.h. zu Beginn Prompts zum Verarbeiten von Informationen und im weiteren Verlauf Prompts zum Generieren von Informationen. Die zweite Kontrollgruppe erhielt dieselben Prompts direkt vor Beginn des Lernprozesses. Die Ergebnisse bestätigen, dass zeitlich optimal präsentierte Prompts einen positiven Effekt auf den Lernerfolg haben. Darüber hinaus führte generell eine Darbietung der Prompts *während* des Lernprozesses zu einem höheren Lernerfolg als eine Darbietung *vor* dem Lernen. Weitere Analysen zeigen, dass dieser Effekt der prozessbasierten Darbietung der Prompts auf den Lernerfolg über eine zeitlich optimale Strategienutzung vermittelt wird (Thillmann et al., 2009). Zusammenfassend konnte in dieser Studie am Beispiel des Lernens mit einem interaktiven digitalen Medienverbund zum computersimulierten Experimentieren gezeigt werden, dass während des Lernens präsentierte Prompts eine effektive und effiziente Unterstützung der Selbstregulation darstellen, da sie die Nutzung des vorhandenen Strategiewissens anregen und somit den Lernerfolg erhöhen.

5 Diskussion und Ausblick

Wie im vorliegenden Beitrag dargelegt wurde, stellt das selbstregulierte Lernen mit interaktiven digitalen Medienverbünden besondere strategische und regulative Anforderungen an Lernende (Wirth & Leutner, 2006). Da die zu lernenden Informationen durch die Interaktion zwischen Mediennutzer und Medium zunächst generiert und anschließend verarbeitet werden müssen, benötigen Lernende Strategien des Generierens von Informationen und Strategien des Verarbeitens von Informationen, deren Einsatz sie im Verlauf des Lernprozesses regulieren müssen. Aufbauend auf korrelativen Studien, die den Zusammenhang zwischen der Regulation des Einsatzes von Strategien des Generierens und des Verarbeitens von Informationen und dem erzielten Lernerfolg untersuchten, konnte ein optimaler Verlauf der Regulation dieser Strategien theoretisch identifiziert und empirisch bestätigt werden (Wirth, 2004, 2005).

Vor dem Hintergrund, dass ein solcher optimaler Verlauf der Regulation jedoch nur selten spontan bei Lernenden zu beobachten ist, wurde zunächst der Einfluss der Gestaltung von Medienverbünden auf die Selbstregulation des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden analysiert. Hier wurde argumentiert, dass eine erhöhte inhaltliche bzw. formale Komplexität von Medienverbünden, vermittelt über einen erhöhten *intrinsic* bzw. *extraneous cognitive load*, zu Einbußen in der Regulation des Lernprozesses führen kann. Da diese Annahmen bislang jedoch auf unsystematischen und konfundierten Vergleichen unterschiedlicher interaktiver digitaler Medienverbünde aus unterschiedlichen Arbeitsgruppen basieren, steht eine empirische Überprüfung noch aus. Eine experimentelle Untersuchung dieser

Annahmen würde somit den Effekt einer systematischen Variation der inhaltlichen bzw. der formalen Komplexität desselben interaktiven digitalen Medienverbundes auf den *cognitive load*, die Regulation des Lernprozesses und den Lernerfolg testen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wäre es dann möglich, empirisch abgesicherte Empfehlungen für eine optimale Gestaltung interaktiver digitaler Medienverbünde zu formulieren.

Abschließend wurde der Einfluss instruktionaler Unterstützungsmaßnahmen auf die Selbstregulation des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden analysiert. Dabei wurde zum einen der Einfluss der Instruktion zur Zielsetzung vor dem Lernen betrachtet. Basierend auf einer experimentellen Studie konnte hier gezeigt werden, dass neben der Spezifität der vorgegebenen Ziele auch die Qualität der vorgegebenen Ziele einen Einfluss auf den Lernerfolg hat; dabei haben sich Lernziele, die auf eine Veränderung des Wissens gerichtet sind, im Vergleich zu Problemlösezielen, die auf eine Veränderung situationaler Zustände gerichtet sind, als lernförderlich erwiesen (vgl. Wirth et al., 2009). Hierzu bedarf es weiterer empirischer Überprüfung der Generalisierbarkeit der gefundenen Ergebnisse auf andere Medienverbünde und Lerninhalte. Zum anderen wurde der Einfluss der Instruktion zur Regulation während des Lernens betrachtet. Basierend auf einer experimentellen Studie konnte hier gezeigt werden, dass die Selbstregulation des Lernens mit interaktiven digitalen Medienverbünden anhand von Regulationsprompts, die während des Lernens dargeboten werden, unterstützt und somit ein höherer Lernerfolg erzielt werden kann (vgl. Thillmann, 2008; Thillmann et al., 2009). Auch hierzu bedarf es weiterer empirischer Studien, um die Bedingungen der Wirksamkeit von Prompts sowie die Generalisierbarkeit der gefundenen Ergebnisse auf andere Medienverbünde und Lerninhalte zu überprüfen.

Literatur

Astleitner, H. & Leutner, D. (1995). Learning strategies for unstructured hypermedia - a framework for theory, research, and practice. *Journal of Educational Computing Research, 13*, 387-400.

Bannert, M. (2003). Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 17,* 13-25.

Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1989). Intentional learning as a goal of instruction. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction* (pp. 361-392). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and Instruction, 7,* 161-186.

Clark, R. E. (1990). When teaching kills learning: Studies of mathematantics. In H. Mandl, E. De Corte, N. S. Bennet & H. F. Friedrich (Eds.), *Learning and instruction: European research in an international context* (pp. 1-22). Oxford, UK: Pergamon Press.

Clarebout, G. & Elen, J. (2006). Tool use in computer-based learning environments: Towards a research framework. *Computers in Human Behavior, 22*, 389-411.

Dörner, D., Reither, F. & Kreuzig, H. W. (Hrsg.). (1983). *Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität.* Bern: Huber.

De Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research, 68,* 179-201.

Gerjets, P. & Hellenthal-Schorr, T. (2008). Competent information search in the World Wide Web: Development and evaluation of a web training for pupils. *Computers in Human Behavior, 24*, 693-715.

Hattie, J., Biggs, J. & Purdie, N. (1996). Effects of learning skills interventions on student learning: A meta analysis. *Review of Educational Research, 66*, 99-136.

Hill, J. R. & Hannafin, M. J (1997). Cognitive strategies and learning from the World Wide Web. *Educational Technology Research and Development, 45*, 37-64.

Hofstein, A. & Lunetta, V. M. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research, 52*, 201-217.

Hucke, L. & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory – A look on the European project ‚Labwork in Science Education'* (pp. 205-218). Dordrecht: Kluwe Academic Press.

Jonassen, D. H. & Reeves, T. C. (1996). Learning with technology: Using computers as cognitive tools. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 693-719). New York: Macmillan.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science, 12,* 1-48.

Klahr, D. Dunbar, K. & Fay, A. L. (1991). Designing experiments to test ‚bad' hypotheses. In J. Shrager & P. Langley (Eds.), *Computational models of discovery and theory formation* (pp. 355-401). San Mateo, CA: Morgan-Kaufman.

Klauer, K. J. (1988). Teaching for learning-to-learn: A critical appraisal with some proposals. *Instructional Science*, *17*, 351-367.

Kuhn, D., Black, J., Keselman, A. & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction, 18*, 495-523.

Lajoie, S. & Derry, S. (1993). *Computers as cognitive tools.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Land, S. (2000). Cognitive requirements for learning with open-ended learning environments. *Educational Technology Research and Development, 48*, 61-78.

Lazonder, A. W. (2000). Exploring novice users' training needs in searching information on the World Wide Web. *Journal of Computer Assisted Learning, 16*, 326-335.

Leopold, C., Den Elzen-Rump, V. & Leutner, D. (2007). Self-regulated learning from science texts. In M. Prenzel (Ed.), *Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme* (pp. 221-238). Münster: Waxmann.

Leutner, D. (2006). Programmierter und computerunterstützter Unterricht. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 595-602). Weinheim: Beltz/PVU.

Leutner, D., Leopold, C. & den Elzen-Rump, V. (2007). Self-regulated learning with a text-highlighting strategy: A training experiment. *Zeitschrift für Psychologie/ Journal of Psychology, 215*, 174-182.

Leutner, D. & Schrettenbrunner, H. (1989). Entdeckendes Lernen in komplexen Realitätsbereichen: Evaluation des Computer-Simulationsspiels „Hunger in Nordafrika". *Unterrichtswissenschaft, 17*, 327-341.

Liu, M. & Bera, S. (2005). An analysis of cognitive tool use patterns in a hypermedia learning environment. *Educational Technology Research and Development, 53*, 5-21.

Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.). (2006). *Handbuch Lernstrategien.* Göttingen: Hogrefe.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Möller, J. & Müller-Kalthoff, T. (2000). Lernen mit Hypertext: Effekte von Navigationshilfen und Vorwissen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 14*, 116-123.

Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompendium multimediales Lernen.* Berlin: Springer.

Novak, J. D. (1990). Concept mapping: a useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching, 27,* 937-949.

Oliver, K. & Hannafin, M. (2000). Student management of web-based hypermedia resources during open-ended problem solving. *Journal of Educational Research, 94*, 75-92.

O'Sullivan, J. T. & Pressley, M. (1984). Completeness of instruction and strategy transfer. *Journal of Experimental Child Psychology, 38*, 275-288.

Plötzner, R. & Lowe, R. K. (2004). Dynamic visualisation and learning. *Learning and Instruction. 14*, 235-240.

Pressley, M., Borkowski, J. G. & Schneider, W. (1987). Cognitive strategies: Good strategy users coordinate metacognition and knowledge. In R. Vasta, & G. Whilehurst (Eds.), *Annals of child development* (Vol. 4, pp. 80-129). Greenwich, CT: JAI Press.

Schmitz, B. (2001). Self-Monitoring zur Unterstützung des Transfers einer Schulung in Selbstregulation für Studierende. Eine prozessanalytische Untersuchung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 15*, 181-197.

Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen.* Münster: Waxmann.

Stadtler, M. & Bromme, R. (2008). Effects of the metacognitive tool met.a.ware on the web search of laypersons. *Computers in Human Behavior, 24,* 716-737.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effect on learning. *Cognitive Science*, *12*, 257-285.

Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.

Thillmann, H., Künsting, J., Wirth, J. & Leutner, D. (2009). Is it merely a question of 'what' to prompt or also 'when' to prompt? The role of point of presentation time of prompts in self-regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *23*, 105-115.

Van Joolingen, W. R. (1999). Cognitive tools for discovery learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 10*, 385-397.

Van Joolingen, W. R. & de Jong, T. (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science, 20*, 389-404.

Van Joolingen, W. R., de Jong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R. & Manlove, S. A. (2005). Co-Lab: research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior*, *21*, 671-688.

Veenman, M. V. J. (2005). The assessment of metacognitive skills: What can be learned from multi-method designs. In C. Artelt & B. Moschner (Hrsg.), *Lernstrategien und Metakognition: Implikationen für Forschung und Praxis* (S. 77-99). Münster: Waxmann.

Weinstein, C. E. & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 315-327). New York: Macmillan.

Winne, P. H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. *Educational Psychologist, 30*, 173-187.

Winne, P. H. (2006). How software technologies can improve research on learning and bolster school reform. *Educational Psychologist, 41*, 5-17.

Winne, P. H. & Hadwin, A. F. (1998). Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky & A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in education – theory and practice* (pp. 277-304). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Winne, P. H. & Perry, N. E. (2000). Measuring self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 531-566). Orlando, FL: Academic Press.

Wirth, J. (2004). *Selbstregulation von Lernprozessen*. Münster: Waxmann.

Wirth, J. (2005). Selbstreguliertes Lernen in komplexen und dynamischen Situationen. Die Nutzung von Handlungsdaten zur Erfassung verschiedener Aspekte der Lernprozessregulation. In C. Artelt & B. Moschner (Hrsg.), *Lernstrategien und Metakognition: Implikationen für Forschung und Praxis* (S. 101-127). Münster: Waxmann.

Wirth, J. (2008). Computer-based tests: Alternatives for test- and item-design. In J. Hartig, E. Klieme & D. Leutner (Eds.), *Assessment of competencies in educational contexts* (pp. 219-235). Göttingen: Hogrefe.

Wirth, J. & Funke, J. (2005). Dynamisches Problemlösen: Entwicklung und Evaluation eines neuen Messverfahrens zum Steuern komplexer Systeme. In E. Klieme, D. Leutner & J. Wirth (Hrsg.), *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern. Diagnostische Ansätze, theoretische Grundlagen und empirische Befunde der deutschen PISA-2000-Studie* (S. 55-72). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Wirth, J., Künsting, J. & Leutner, D. (2009). The impact of goal specificity and goal quality on learning outcome and cognitive load. *Computers in Human Behavior, 25*, 299-305.

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.

Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht - Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik, 54,* 361-375.

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In: M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13-39). San Diego, CA: Academic Press.

Uwe Kombartzky, Berthold Metz, Rolf Plötzner, Sabine Schlag

Entwickeln von Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden: Ein konzeptuelles Rahmenmodell[1]

Zusammenfassung

Lernmaterialien bestehen in vielen Fällen nicht nur aus Texten, sondern auch aus Bildern. In rechnergestützten Lernmaterialien werden dabei neben geschriebenen Texten und statischen Bildern auch immer öfter gesprochene Texte und dynamische Bilder verwendet. Text und Bild werden mit der Zielsetzung kombiniert, die Lernleistungen zu verbessern. Jedoch zeigt sich, dass es Lernenden häufig schwer fällt, Kombinationen aus Texten und Bildern angemessen zu verarbeiten. Viele Lernende verfügen über keine oder lediglich unangemessene Strategien zur Verarbeitung von Texten und Bildern. Während die Entwicklung von Lernstrategien eine lange Tradition in der Forschung zum Textverstehen hat, finden sich nur wenige Forschungsarbeiten im Bereich des strategischen Lernens mit statischen und dynamischen Bildern. In diesem Beitrag schlagen wir ein konzeptuelles Rahmenmodell vor, welches zur Entwicklung von Strategien für das Lernen mit Texten und Bildern herangezogen werden kann. Im Mittelpunkt dieses Modells stehen kognitive Prozesse, von denen angenommen wird, dass sie für das Lernen mit Texten und Bildern von zentraler Bedeutung sind.

1 Einleitung

Unter Medienverbünden verstehen wir mit Faulstich (2004) Anordnungen verschiedener Einzelmedien, die intermedial verschränkt sind und integriert präsentiert werden. Beispiele für Medienverbünde sind Film und Fernsehen. Medienverbünde werden heute um digitale Medien ergänzt, die integriert auf dem Rechner präsentiert werden. In rechnergestützten Lernumgebungen werden Texte und Bilder oft mit der Zielsetzung kombiniert, das Lernen zu unterstützen. Durch die Kombination von Texten und Bildern können Sachverhalte gegebenenfalls vollständiger be-

[1] Die vorgestellten Forschungsarbeiten wurden vom Land Baden-Württemberg im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden“ sowie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Virtuellen Graduiertenkollegs „Wissenserwerb und Wissensaustausch mit neuen Medien“ gefördert.

schrieben werden, als dies mit Einzelmedien möglich wäre. Während des Lernens können so umfassendere mentale Repräsentationen entstehen (vgl. Ainsworth, 2006). Rechnergestützte Lernumgebungen bieten darüber hinaus die Möglichkeit, zeitliche und räumliche Prozesse dynamisch darzustellen (vgl. Ainsworth & Van Labeke, 2004).

Mit digitalen Medienverbünden sind jedoch nicht nur Potenziale für das Lernen verbunden, sondern sie stellen auch ihre eigenen Anforderungen an die Lernenden. So konnte in der pädagogischen und psychologischen Forschung gezeigt werden, dass Lernende häufig Schwierigkeiten haben, aus Texten und Bildern zu lernen (z.B. Lowe, 2003; Weidenmann, 1988). Viele Lernende sind nicht in der Lage, die jeweils spezifischen Repräsentationen zu dekodieren, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Repräsentationen zu erfassen, Informationen einer Repräsentation auf eine andere zu beziehen oder Informationen einer Repräsentation in eine andere Repräsentation zu transformieren (vgl. Ainsworth, 2006; Anzai, 1991; Kaput, 1987; siehe auch den Beitrag von Seufert in diesem Band).

Um das Lernen mit digitalen Medienverbünden zu unterstützen, hat sich die Forschung im Bereich des multimedialen Lernens in den vergangenen Jahren auf die Frage konzentriert, wie den Lernenden Informationsverarbeitung durch gestalterische Maßnahmen erleichtert werden kann. In diesem Zusammenhang wurden zahlreiche Prinzipien der Gestaltung multimedialer Lernmaterialien vorgeschlagen und empirischen Prüfungen unterzogen (für eine Übersicht vgl. Clark & Mayer, 2008; Mayer, 2005). So schlägt zum Beispiel Bétrancourt (2005) vor, Redundanzen zwischen Einzelmedien zu vermeiden, die Lerninhalte realitätsnah, aber auf das Wesentliche reduziert darzustellen, und den Lernprozess durch Hervorhebungen und Markierungen zu steuern. In vielen Situationen werden Lernende jedoch mit Lernmaterialien konfrontiert, die nicht im Sinne dieser Prinzipien optimal gestaltet sind. Wie können Lernende dennoch befähigt werden, sich gewinnbringend mit solchen Materialien auseinanderzusetzen?

Maßnahmen, die auf der Grundlage von Lernstrategien die Kompetenzen der Lernenden fördern und so zu einer Verbesserung der Lernprozesse beitragen, wurden bisher vor allem in der Forschung zum Lernen aus Texten vorgeschlagen und erprobt (siehe den Beitrag von Friedrich in diesem Band). Umfassende Konzepte zu Lernstrategien für das Lernen mit Medienverbünden sowie zum Lernen mit statischen und dynamischen Bildern liegen bisher nicht vor. Die direkte Anwendung bereits vorhandener Strategien für das Lernen aus Texten während des Lernens mit Medienverbünden ist jedoch kaum möglich, weil jedes Einzelmedium Informationen auf spezifische Art und Weise kodiert bzw. repräsentiert. Lernen mit solchen Verbünden kann letztlich nur dann erfolgreich verlaufen, wenn die spezifischen Eigenschaften der jeweils verbundenen Einzelmedien angemessen berücksichtigt werden.

Im vorliegenden Beitrag schlagen wir ein konzeptuelles Rahmenmodell vor, das als Grundlage für die Entwicklung von Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden dienen kann. Im Mittelpunkt des Modells stehen kognitive Prozesse, von denen angenommen wird, dass sie für das Lernen mit Medienverbünden wie zum Beispiel Kombinationen aus Texten und Bildern von zentraler Bedeutung sind. Ausgangspunkt des Modells sind aktuelle Theorien und Modelle zum multimedialen Lernen (z.B. Mayer, 2001; Schnotz & Bannert, 1999, 2003). Diese werden im folgenden Abschnitt beschrieben. Daran anschließend werden Lernstrategien aus dem Bereich des Lernens mit Texten beleuchtet sowie Lerntechniken aus dem Bereich des Lernens mit Bildern zusammenfassend dargestellt. Schließlich wird dargelegt, wie diese zuvor beschriebenen Forschungsrichtungen fruchtbar gemacht werden können, um Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden zu entwickeln. Abschließend werden zwei konkrete Lernstrategien beschrieben, die auf der Grundlagen des konzeptuellen Rahmenmodells entwickelt wurden.

2 Ausgewählte Theorien und Modelle zum Lernen mit Multimedia

Welche kognitiven Prozesse zu einem erfolgreichen Lernen mit Multimedia beitragen können, hat Mayer (2001) in seiner *Theorie des multimedialen Lernens* beschrieben. Dabei geht Mayer (2001) von drei Grundannahmen aus. Erstens wird unter Bezug auf die duale Kodierungstheorie von Paivio (1986) angenommen, dass sprachliche und piktorielle Repräsentationen in verschiedenen Teilsystemen des Gedächtnisses verarbeitet werden. Zweitens wird in Anlehnung an die *Theorie des Arbeitsgedächtnisses* von Baddeley (1986) davon ausgegangen, dass die Verarbeitungskapazität sowohl im sprachlichen als auch im piktoriellen Teilsystem stark begrenzt ist. Drittens wird anknüpfend an *Theorien zur aktiven Informationsverarbeitung*, wie zum Beispiel die von Wittrock (1990), angenommen, dass Lernen mit Multimedia vor allem dann erfolgreich ist, wenn die Informationen im sprachlichen Teilsystem und im piktoriellen Teilsystem wechselseitig aufeinander bezogen und mental integriert werden.

Vor dem Hintergrund dieser Annahmen beschreibt Mayer (2001) drei Arten kognitiver Prozesse als wesentlich für das Lernen mit Multimedia:

1. das *Selektieren* wichtiger Aussagen aus geschriebener und gesprochener Sprache sowie wichtiger Bereiche aus Bildern;
2. das *Organisieren* und damit das Strukturieren und Ordnen der ausgewählten Aussagen zu einem verbalen Modell und das Organisieren der ausgewählten Bildbereiche zu einem piktoriellen Modell;

3. das *Integrieren* und damit das Aufeinanderbeziehen des verbalen und des piktoriellen Modells unter Nutzung von Vorwissen.

Darüber hinaus geht Mayer (2001) davon aus, dass verbale Repräsentationen in piktorielle *transformiert* werden können und umgekehrt. Ersteres ist zum Beispiel dann der Fall, wenn zu sprachlichen Aussagen ein Vorstellungsbild erzeugt wird, Letzteres dann, wenn piktorielle Repräsentationen mental versprachlicht werden. In Übereinstimmung mit der dualen Kodierungstheorie von Paivio (1986) können damit Informationen, die den Lernenden dargeboten werden, grundsätzlich sowohl im sprachlichen als auch im piktoriellen Teilsystem des Arbeitsgedächtnisses verarbeitet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass eine doppelte Kodierung der zu erlernenden Informationen zu besseren Gedächtnisleistungen führt als eine einfache Kodierung (vgl. Clark & Paivio, 1991).

Schnotz und Bannert (1999, 2003) gehen in ihrem „integrierten Modell des Text- und Bildverstehens“ ebenfalls davon aus, dass die Verarbeitung von Texten und Bildern zunächst in unterschiedlichen Teilsystemen stattfindet (siehe auch den Beitrag von Lenzner und Schnotz in diesem Band). Danach wird auf der Grundlage eines Textes zunächst durch subsemantische Verarbeitungsprozesse eine Textoberflächenrepräsentation und anschließend durch semantische Prozesse eine propositionale Repräsentation der im Text enthaltenen Informationen konstruiert. Bilder führen zunächst zu mentalen Vorstellungsbildern und anschließend zu einem mentalen Modell des dargestellten Sachverhaltes. In das mentale Modell können Informationen, die in einer propositionalen Repräsentation enthalten sind, integriert werden. Darüber hinaus wird angenommen, dass Informationen eines Teilsystems auf allen Verarbeitungsstufen in Informationen eines anderen Teilsystems transformiert werden können.

Wie in der Theorie von Mayer (2001) so wird auch im Modell von Schnotz und Bannert (1999, 2003) angenommen, dass die genannten Repräsentationen auf der Grundlage von Selektions-, Organisations-, Integrations- und Transformationsprozessen konstruiert werden. Vor allem zwei Aspekte unterscheiden das Modell von Schnotz und Bannert (1999, 2003) von der Theorie Mayers (2001). Erstens wird im Modell von Schnotz und Bannert (1999, 2003) viel expliziter davon ausgegangen, dass die verschiedenen Konstruktionsprozesse nicht nur datengesteuert, sondern auch konzept- bzw. vorwissensgesteuert ablaufen. Zweitens wird die Integration sprachlicher und piktorieller Informationen im Modell von Schnotz und Bannert (1999, 2003) überzeugender konzeptualisiert, im Sinne eines analogischen, aber modalitätsunspezifischen mentalen Modells.

3 Strategien für das Lernen aus Texten

Nach Streblow und Schiefele (2006) handelt es sich bei einer Lernstrategie „… a) um eine Abfolge von effizienten Lerntechniken, die (b) zielführend und flexibel eingesetzt werden, (c) zunehmend automatisiert ablaufen, aber (d) bewusstseinsfähig bleiben“ (S. 353). Lerntechniken bezeichnen einzelne Arbeitsmethoden wie zum Beispiel das Unterstreichen oder Annotieren von Aussagen in einem Text. Lerntechniken werden erst durch die koordinierte und zielgerichtete Anwendung im Lernprozess zu einer Lernstrategie. Lernstrategien dienen nach Bannert und Schnotz (2006) dazu, die zu lernenden Informationen effektiv aufzunehmen, angemessen zu verarbeiten, langfristig zu speichern und leicht abrufen zu können.

Untersuchungen des Lernverhaltens konnten zeigen, dass Lernende beim Lernen aus Texten sehr unterschiedliche Strategien anwenden. So konnten Marton und Säljö (1984) zwei Verhaltensweisen identifizieren. Ein Teil der Lernenden war in erster Linie darum bemüht, sich die zu erlernenden Informationen durch Wiederholen einzuprägen. Marton und Säljö (1984) bezeichneten die Strategie, die diesem Vorgehen zugrunde liegen könnte, als Oberflächenstrategie. Ein anderer Teil der Lernenden versuchte Zusammenhänge zu identifizieren, um so den Text besser zu verstehen. Dieses Vorgehen wurde von Marton und Säljö (1984) als das Ergebnis der Anwendung einer Tiefenstrategie beschrieben. Vergleichbare Vorgehensweisen konnten auch von anderen Forschern beobachtet werden (z.B. Biggs, 1993; Entwistle & Ramsden, 1983; Pask, 1976; Svensson, 1977).

Vor dem Hintergrund dieser Forschungsergebnisse sowie unter Berücksichtigung von Modellen des Textverstehens (z.B. Kintsch, 1998; van Dijk & Kintsch, 1983) wurden zahlreiche Lernstrategien vorgeschlagen, um auf Seiten der Lernenden die Nutzung von Tiefenstrategien systematisch anzuregen. Bekannte Beispiele sind das Trainingsprogramm MURDER (*M*ood, *U*nderstanding, *R*ecalling, *D*igesting, *E*xpanding, *R*eviewing) von Dansereau et al. (1979) und die PQ4R-Methode (*P*review, *Q*uestion, *R*ead, *R*eflect, *R*ecite, *R*eview) von Thomas und Robinson (1972). Zwei weitere Strategien sollen im Folgenden näher erläutert werden, um die Verwendung von Lerntechniken exemplarisch darzustellen.

Friedrich (1995) beschreibt die Strategie REDUTEX. Darin werden die Lernenden aufgefordert, sich zunächst durch orientierendes Lesen einen Überblick über den Inhalt und die formale Struktur des Textes zu verschaffen. Dabei sollen die Lernenden wichtige Informationen erkennen und deren Organisation erfassen. Im Weiteren verdichten sie durch so genannte Makroregeln wie *Tilgen*, *Auswählen* und *Generalisieren* die Textinformationen, indem sie den Text um weniger wichtige und/oder redundante Informationen reduzieren. Auf Grundlage der verbleibenden Informationen formulieren sie schließlich zusammenfassende Sätze. Dabei wählen

sie abermals Informationen aus und überführen diese in eigene Satzstrukturen, die in einen logischen Gesamtzusammenhang gebracht werden.

Ballstaedt (2006) schlägt eine Strategie vor, die aus vier Techniken besteht und dem Verständnis insbesondere längerer Texte dienen soll. Im ersten Schritt werden wichtige Informationen und Begriffe ausgewählt und durch Unterstreichung hervorgehoben. Anschließend wird der Text in Abschnitte gegliedert und mit Zwischenüberschriften versehen, damit der Text in seiner argumentativen Struktur besser erfasst werden kann. Während des nun folgenden Verdichtens wird der Text Schritt für Schritt komprimiert und in eigene Worte gefasst. Abschließend wird auf der Grundlage der vorherigen Arbeitsschritte ein Exzerpt angefertigt.

Beide Strategien weisen Parallelen in der Verwendung von Lerntechniken und ihrer zeitlichen Abfolge auf. Dabei stehen am Anfang zumeist Techniken, die der Gewinnung eines Überblicks sowie der Hervorhebung wichtiger Inhalte dienen. Darauf folgen Techniken, die die Organisation und damit die Strukturierung und Ordnung der Lerninhalte zum Ziel haben. Zum Schluss rücken Techniken in den Vordergrund, mit denen die Transformation und Integration von Informationen angeregt werden sollen. Auch in den oben genannten Strategien von Dansereau et al. (1979) sowie Thomas und Robinson (1972) lassen sich solche Techniken und Abfolgen identifizieren. Die in den Theorien und Modellen zum multimedialen Lernen angenommenen kognitiven Prozesse des Selektierens, Organisierens, Integrierens und Transformierens von Informationen werden somit auch in diesen Strategien angeregt (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Beispiele für Lerntechniken aus Strategien für das Lernen aus Texten und kognitive Prozesse, die durch sie angeregt werden sollen

Kognitive Prozesse	**Lerntechniken**
Selektion	Auswahl wichtiger Informationen Reduktion auf wichtige Informationen
Organisation	Gliedern Bezeichnen Generalisieren
Integration & Transformation	In eigene Worte fassen Zusammenfassen

4 Techniken für das Lernen aus Bildern

Für das Lernen aus statischen oder dynamischen Bildern liegen nach unserem Wissen bisher keine Lernstrategien im oben definierten Sinne vor. Allerdings wurden von verschiedenen Autorinnen und Autoren Vorschläge formuliert, wie mit Hilfe einzelner Lerntechniken das Lernen aus Bildern gefördert werden kann. Zum Beispiel schlagen Dean und Kulhavey (1981) vor, Lernende aufzufordern, Bilder zu beschriften und Eigenschaften von Bildern zu benennen. Peeck (1994) und Weidenmann (1994) schlagen vor, Fragen zu Bildern beantworten zu lassen. Werden Bilder mit Texten kombiniert dargeboten, so schlagen Ballstaedt (1997), Bodemer, Plötzner, Feuerlein und Spada (2004) sowie Brünken, Seufert und Zander (2005) vor, die Lernenden dazu anzuregen, Aussagen im Text und Bereiche im Bild systematisch aufeinander zu beziehen.

Mit Blick auf das Ziel der Konstruktion von Strategien für das Lernen aus Bildern liefern auch die Modelle zum Bildverstehen von Doelker (1997), Pinker (1990) und Weidenmann (1988) wertvolle Grundlagen. Exemplarisch wird im Folgenden das Modell von Weidenmann (1988) zusammenfassend dargestellt.

Erfolgreiches Lernen aus Bildern verläuft nach Weidenmann (1988) in fünf aufeinander aufbauenden Phasen. In einer Vorphase begegnen die Lernenden einem Bild in einer individuellen kognitiven, motivationalen und emotionalen Verfassung, die die weitere Verarbeitung des Bildes beeinflusst. In der Initialphase unternehmen die Lernenden erste Versuche, Strukturen im Bild zu erkennen. Die daran anschließende Progressionsphase besteht aus zwei Teilphasen, die die Auseinandersetzung mit dem Bild aufrechterhalten und vertiefen. In der Teilphase des ökologischen bzw. natürlichen Bildverstehens versuchen die Lernenden zu erfassen, was im Bild dargestellt ist. In der Teilphase des indikatorischen Bildverstehens versuchen die Lernenden die Beziehung zwischen Bildelementen sowie die von der Bildautorin bzw. dem Bildautor intendierte Argumentation des Bildes zu erfassen. Die Verarbeitung des Bildes schließt nach Weidenmann mit der Stabilisierungsphase ab. In dieser Phase nehmen die Lernenden keine neuen Bildinformationen mehr wahr und brechen den Bildkontakt ab. Nach Weidenmann (1988) ist es vor allem von der Intensität der Progressionsphase abhängig, welche Qualität das Ergebnis der Verarbeitung eines Bildes erreicht. Dabei stellt Weidenmann (2006) fest, dass Lernende oft im natürlichen Bildverstehen verhaftet bleiben, da sie indikatorisches Bildverstehen in Schule und Hochschule nicht gelernt haben (vgl. auch Kremling, 2008).

Vor dem Hintergrund dieses Modelles von Weidenmann (1988) muss es ein zentrales Ziel von Strategien für das Lernen aus Bildern sein, die Lernenden durch geeignete Anregungen dazu zu veranlassen, neben einem natürlichen auch ein indikatorisches Bildverstehen zu leisten. Dazu muss die Aufmerksamkeit der Ler-

nenden gezielt auf Bildstellen sowie auf Beziehungen zwischen denjenigen Bildstellen gelenkt werden, die Argumentationen repräsentieren.

5 Ein konzeptuelles Rahmenmodell

Bisher wurden vor allem Strategien für das Lernen aus Texten entwickelt und erprobt. Umfassende Konzepte zu Lernstrategien für das Lernen mit Medienverbünden sowie zum Lernen mit statischen und dynamischen Bildern liegen bisher nicht vor. Die direkte Anwendung bereits vorhandener Strategien für das Lernen aus Texten während des Lernens mit digitalen Medienverbünden ist jedoch nicht möglich, weil jedes Einzelmedium Informationen auf spezifische Art und Weise kodiert bzw. repräsentiert. Lernen mit solchen Verbünden kann letztlich nur dann erfolgreich verlaufen, wenn die spezifischen Eigenschaften der jeweils verbundenen Einzelmedien angemessen berücksichtigt werden.

Allerdings können sowohl die in Abschnitt 2 beschriebenen Theorien und Modelle zum Lernen mit Multimedia als auch die in den Abschnitten 3 und 4 dargestellten Strategien für das Lernen aus Texten und Techniken für das Lernen aus Bildern genutzt werden, um Strategien für das Lernen mit anderen medialen Anordnungen zu entwickeln. Dabei können die Prozesse der Selektion, Organisation, Transformation und Integration von Informationen als grundlegend für das Lernen mit digitalen Medienverbünden betrachtet werden.

Bei der *Selektion* wählen die Lernenden wichtige Informationen aus externen oder internen Repräsentationen aus (vgl. Schnotz, 2002). Durch die Fokussierung auf Ausschnitte des Lernmaterials sowie des Vorwissens wird eine vertiefte Verarbeitung von Informationen ermöglicht (vgl. Mayer, 2001). Dabei können Selektionsprozesse während des gesamten Lernprozesses stattfinden.

Organisationsprozesse zielen auf die Strukturierung ausgewählter Informationen. Zum Beispiel können Informationen im Rahmen von Organisationsprozessen sequentiell oder hierarchisch angeordnet werden. Werden Informationen in größere Sinneinheiten organisiert, so können diese Einheiten von den Lernenden leichter verarbeitet werden (vgl. Friedrich & Mandl, 1992). Die Organisation von Informationen kann dabei sowohl extern (z.B. durch das Anfertigen von Notizen) als auch intern (z.B. durch gedankliche Umstrukturierung) erfolgen.

Bei der *Transformation* werden externe oder interne Repräsentationen in andere Repräsentationen überführt. Zum Beispiel können Transformationen zwischen verschiedenen Zeichensystemen vorgenommen werden. So kann eine sprachliche Aussage in einen algebraischen Ausdruck überführt werden, der anschließend wiederum in ein Diagramm überführt werden kann (z.B. Kaput, 1987). Transformationen können auch innerhalb eines Zeichensystems vorgenommen werden. Dies kann

zum Beispiel dann der Fall sein, wenn sprachliche Äußerungen in eigenen Worten wiedergegeben werden. Durch Transformationen können nicht nur neue Verknüpfungs- und Abrufmöglichkeiten für Informationen geschaffen werden (z.B. Paivio, 1986), sondern es können auch neue und ggf. effizientere Möglichkeiten zur Verarbeitung von Informationen verfügbar werden (z.B. Larkin & Simon, 1987).

Im Rahmen der *Integration* werden verschiedene Repräsentationen, wie zum Beispiel sprachliche und bildhafte Repräsentationen, zueinander in Beziehung gesetzt und in einem mentalen Modell integriert (vgl. z.B. Mayer, 2001; Schnotz, 2005; Schnotz & Bannert, 1999, 2003). Werden mentale Modelle mit Schnotz und Bannert (1999, 2003) als analogische, aber modalitätsunspezifische Repräsentationen aufgefasst, so entstehen durch Integrationsprozesse Repräsentationen, die eine andere Qualität aufweisen als die jeweiligen Ausgangsrepräsentationen.

In der Forschung wird zumeist davon ausgegangen, dass die Ausführung aller vier Prozesse unter der Nutzung von Vorwissen erfolgt (z.B. Pinker, 1990; Schnotz, 1994; Schnotz & Bannert, 1999, 2003). Zum Beispiel kann das Vorwissen einen Einfluss darauf haben, auf welche Informationen in den vorgegebenen Materialien die Lernenden ihre Aufmerksamkeit richten und somit auch darauf, welche Informationen die Lernenden für die weitere Verarbeitung selektieren. Auf der Grundlage von Vorwissen bevorzugen die Lernenden mit Blick auf ihre Lernziele möglicherweise bestimmte Formen der Organisation zuvor ausgewählter Informationen. Vorwissen kann auch Transformationen in ganz bestimmte Richtungen lenken, so dass anschließend weiterführende Schlussfolgerungen vorgenommen werden können. Schließlich kann Vorwissen im Zusammenhang mit Integrationsprozessen fehlende Informationen ergänzen, um so zu möglichst vollständigen mentalen Modellen zu gelangen. Alle vier Prozesse können somit während des Lernens elaborative Funktionen erfüllen. Gleichzeitig wird aufgrund der verschiedenen Prozesse neues Wissen konstruiert. Dieses Wissen steht den beschriebenen Prozessen anschließend wieder als Vorwissen zur Verfügung.

Darüber hinaus wird in der Forschungsliteratur davon ausgegangen, dass sämtliche genannten Prozesse an allen Phasen des Lernens beteiligt sein können (z.B. Schnotz, 1994; Schnotz & Bannert, 1999, 2003). Mit Blick auf die Formulierung einer Lernstrategie müssen die verschiedenen Techniken, die die genannten Prozesse während des Lernens systematisch anregen sollen, jedoch in zeitlicher Hinsicht angeordnet werden. Eine Analyse von Strategien für das Lernen aus Texten lässt dabei deutlich werden, dass in den frühen Phasen des Lernens zumeist Selektions- und Organisationsprozesse angeregt werden, in den späten Phasen Transformations- und Integrationsprozesse (vgl. Abschnitt 3). Welche Lerntechniken in welcher Reihenfolge in einer Strategie für das Lernen mit digitalen Medienverbünden letztlich Berücksichtigung finden, hängt dabei von der jeweils verwendeten medialen Anordnung ab.

Wie die Konstruktion einer konkreten Strategie vorgenommen werden kann, wird im Folgenden am Beispiel des Lernens aus Bildern skizziert. Die Selektion von Informationen wird beim Lernen aus Texten häufig dadurch angeregt, dass die Lernenden aufgefordert werden, wichtige Begriffe und Aussagen zu identifizieren und zu unterstreichen (z.B. Ballstaedt, 2006; Friedrich, 1995). Analog dazu können die Lernenden gebeten werden, wichtige Stellen in Bildern zu identifizieren und zu markieren (vgl. Brünken, Seufert & Zander, 2005).

Um beim Lernen aus Texten Organisationsprozesse anzuregen, lässt man die Lernenden Texte oft gliedern und mit Überschriften versehen (z.B. Ballstaedt, 2006). Entsprechend können Lernende aufgefordert werden, Bereiche in Bildern zu differenzieren und Bildbereiche sowie Bildstellen zu beschriften. Transformations- und Integrationsprozesse versucht man beim Lernen aus Texten in vielen Fällen dadurch zu induzieren, dass den Lernenden die Aufgabe gestellt wird, die Bedeutung der Texte in eigenen Worten wiederzugeben (z.B. Ballstaedt, 2006; Friedrich, 1995) oder in einem eigenen Bild zum Ausdruck zu bringen (z.B. Leutner & Leopold, 2006). Beim Lernen aus Bildern kann der umgekehrte Weg eingeschlagen werden: Die Lernenden können dazu aufgefordert werden, die Bedeutung von Bildern mit Hilfe sprachlicher Beschreibungen auszudrücken. Tabelle 2 fasst die korrespondierenden Techniken für das Lernen aus Texten und das Lernen aus Bildern nochmals zusammen.

Tab. 2: Beispiele korrespondierender Techniken für das Lernen aus Texten und das Lernen aus Bildern

Kognitive Prozesse	**Lernen aus Texten**	**Lernen aus Bildern**
Selektion	Auswahl wichtiger Begriffe und Aussagen Unterstreichen	Auswahl wichtiger Bildstellen Markieren
Organisation	Gliedern Bezeichnen	Differenzieren Beschriften
Integration & Transformation	In eigene Worte fassen Visualisieren	 Verbalisieren

Ausführlichere Darstellungen, wie das vorgeschlagene Rahmenmodell für die Entwicklung konkreter Lernstrategien fruchtbar gemacht werden kann, finden sich in diesem Band in den Beiträgen von Metz und Wichert sowie Schlag und Plötzner für das Lernen mit Kombinationen aus Texten und Bildern und im Beitrag von Kombartzky und Plötzner für das Lernen mit Animationen. In allen Fällen wurden die vorgeschlagenen Strategien empirischen Prüfungen unterzogen.

6 Diskussion

Bezug nehmend auf aktuelle Theorien und Modelle zum Lernen mit Multimedia wird im vorliegenden Beitrag davon ausgegangen, dass die Prozesse der Selektion, Organisation, Transformation und Integration von Informationen zentral für das Lernen mit digitalen Medienverbünden sind. Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbünden sollten vor diesem Hintergrund so entwickelt werden, dass diese Prozesse durch die darin vorkommenden Lerntechniken systematisch angeregt werden. Dabei können die Entwicklung und Anordnung der dazu erforderlichen Lerntechniken zum Teil auf Ergebnisse gestützt werden, die in der Forschung zum Lernen aus Texten sowie zum Lernen aus anderen medialen Anordnungen gewonnen wurden.

Allerdings können die vorgestellten Theorien, Modelle und Forschungsergebnisse die Entwicklung einer konkreten Strategie für das Lernen mit digitalen Medienverbünden nicht vollständig informieren. Nach wie vor erfordert die Konstruktion einzelner Lerntechniken sowie die Zusammenstellung und Anordnung verschiedener Lerntechniken zu einer Lernstrategie didaktische Kreativität. Letztlich muss sich in empirischen Untersuchungen zeigen, inwieweit die resultierenden Strategien tatsächlich geeignet sind, das Lernen zu fördern. Erst wenn im Rahmen zukünftiger Forschung weitergehende Einsichten in die Prozesse des Lernens mit digitalen Medien und Medienverbünden gewonnen werden können, kann die Entwicklung entsprechender Lerntechniken und Lernstrategien auf soliderer Grundlage vorgenommen werden.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16,* 183-198.

Ainsworth, S. & Van Labeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction, 14,* 241-255.

Anzai, Y. (1991). Learning and use of representations for physics expertise. In K. A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits* (pp. 64-92). New York: Cambridge University Press.

Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.

Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung – Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Psychologische Verlags Union.

Ballstaedt, S.-P. (2006). Zusammenfassung von Textinformationen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 117-126). Göttingen: Hogrefe.

Bannert, M. & Schnotz, W. (2006). Vorstellungsbilder und Imagery-Strategien. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 72-88). Göttingen: Hogrefe.

Bétrancourt, M. (2005). The animation and intractivity priniciples in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 287-296). New York: Cambridge University Press.

Biggs, J. (1993). What do inventories of students' learning process really measure?: A theoretical review and clarification. *British Journal of Educational Psychology, 63*, 3-19.

Bodemer, D., Plötzner, R., Feuerlein, I. & Spada, H. (2004). The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction, 14*, 325-341.

Brünken, R., Seufert, T. & Zander, S. (2005). Förderung der Kohärenzbildung beim Lernen mit Multiplen Repräsentationen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie,19*, 61-75.

Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2008). *E-Learning and the science of instruction* (2nd ed.). San Francisco, CA: Pfeiffer.

Clark, J. M. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review, 3*(3), 149-210.

Dansereau, D. F., Collins, K. W., McDonald, B. A., Holley, C. D., Garland, J. C., Diekhoff, G. et al. (1979). Development and evaluation of a learning strategy training program. *Journal of Educational Psychology, 71*, 64-73.

Dean, R. S. & Kulhavy, R. W. (1981). Influence of spatial organization on prose learning. *Journal of Educational Psychology, 73,* 57-64.

Doelker, C. (1997). *Ein Bild ist mehr als ein Bild.* Stuttgart: Klett-Cotta.

Entwistle, N. J. & Ramsden, P. (1983). *Unterstanding student learning*. London: Croom Helm.

Faulstich, W. (2004). *Grundwissen Medien*. München: Fink Verlag.

Friedrich, H. F. (1995). *Training und Transfer reduktiver-organisierender Strategien für das Lernen mit Texten*. Münster: Aschendorff.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriss. In H. Mandl & H. F. Friedrich. *Lern- und Denkstrategien* (S. 3-54). Göttingen: Hogrefe.

Kaput, J. J. (1987). Translational processes in mathematics education. In C. Janvier, (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 19-26). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.

Kremling, C. (2008). „Lehren und Lernen mit Bildern“ – Erste Ergebnisse der Eingangserhebung des Forschungsprojektes „Bildliteralität und ästhetische Alphabetisierung“. In G. Lieber (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit Bildern* (S. 115-123). Hohengehren: Schneider Verlag.

Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousands words. *Cognitive Science, 11*, 65-99.

Leutner, D. & Leopold, C. (2006). Selbstregulation beim Lernen aus Sachtexten. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 162-171). Göttingen: Hogrefe.

Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction, 13*, 157-176.

Marton, F. & Säljö, R. (1984). Approaches to learning. In F. Marton, D. J. Hounsell & N. J. Entwistle (Eds.), *The experience of learning* (pp. 36-55). Edinburgh: Scottish Academic Press.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning.* Cambridge: Cambridge University Press.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. New York: Oxford University Press.

Pask, G. (1976). Styles and strategies of learning. *British Journal of Educational Psychology, 81*, 33-40.

Peeck, J. (1994). Wissenserwerb mit darstellenden Bildern. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen* (S. 59-94). Bern: Huber.

Pinker, S. (1990). A theory of graph comprehension. In R. Freedle (Ed.), *Artificial intelligence and the future of testing* (pp. 73-126). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. Weinheim: Beltz.

Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual display. *Educational Psychology Review, 14,* 101-120.

Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 49-69). New York: Cambridge University Press.

Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie, 46(3)*, 217-236.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representations. *Learning and Instruction, 13,* 141-156.

Streblow, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 352-364). Göttingen: Hogrefe.

Svensson, L. (1977). On qualitative differences in learning, III: Study skill and learning. *British Journal of Educational Psychology, 47*, 233-243.

Thomas, E. L. & Robinson, H. A. (1972). *Improving reading in every class: A sourcebook for teachers*. Boston, MA: Allyn and Bacon.

van Dijk, T. A. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. San Diego, CA: Academic Press.

Weidenmann, B. (1988). *Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern*. Bern: Huber.

Weidenmann, B. (1994). *Lernen mit Bildmedien*. Weinheim: Beltz.

Weidenmann, B. (2006). Lernen mit Medien. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (5. Aufl., S. 423-476). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Wittrock, M. C. (1990). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist, 24*, 345-376.

Sabine Schlag, Rolf Plötzner

Lernen mit informierenden Bildern in Texten[1]

Zusammenfassung

Werden Texte um Bilder ergänzt, führt dies nicht automatisch zu besseren Lernergebnissen. Lernende müssen häufig gezielt gefördert werden, um Kombinationen aus Bildern und Texten verstehen zu können. Auf der Grundlage eines konzeptuellen Rahmenmodells wurde eine Lernstrategie entwickelt, die Lernende dazu anregen soll, Bilder und Texte systematisch miteinander in Beziehung zu setzen. Die Strategie soll Prozesse der Selektion, Organisation, Integration und Transformation von Bild- und Textinformationen systematisch anstoßen. In einer (quasi-) experimentellen Studie wurde untersucht, inwieweit Schülerinnen und Schüler sechster Realschulklassen bessere Lernergebnisse erzielen, wenn sie während des Lernens die Strategie nutzen. Der Einsatz der Strategie führte zu signifikant besseren Lernergebnissen bezüglich dreier verschiedener Wissensarten.

1 Einleitung

Neben Texten sind Bilder vermutlich die am häufigsten verwendete Darstellungsform in Lernmaterialien. Zum Beispiel konnte Mayer (1993) in einer Analyse von Lehrbüchern zeigen, dass die Hälfte aller Seiten Bilder umfassen. Auch viele andere analoge und digitale Lernmaterialien in Schule und Hochschule bestehen aus Kombination von Bildern und Texten (vgl. z.B. Hamrodi & Lieber, 2008). Im Mittelpunkt des vorliegenden Beitrags steht das Lernen mit informierenden Bildern in Texten. Unter informierenden Bildern werden nach Weidenmann (1994a) Bilder verstanden, die der Informationsvermittlung dienen. Sie erfordern deshalb vom Lernenden besondere Aufmerksamkeit, da die Informationen aus dem Bild herausgelesen und mit dem Text in Verbindung gebracht werden müssen.

Betrachtet man den Forschungsstand zur Unterstützung des Lernens mit Bildern in Texten, so liegen vor allem Vorschläge zu Maßnahmen vor, die die Gestaltung des Lernmaterials betreffen (z.B. Ballstaedt, 1997). Eine lernförderliche Gestaltung von

[1] Die vorgestellten Forschungsarbeiten wurden im Rahmen des Virtuellen Graduiertenkollegs „Wissenserwerb und Wissensaustausch mit neuen Medien“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

Bildern und Texten ist in vielen Fällen jedoch nicht hinreichend, um erfolgreiches Lernen zu gewährleisten. Um die Potenziale von Text-Bild-Kombinationen optimal nutzen zu können, müssen sich Lernende aktiv mit den Bildern und Texten auseinandersetzen. In vielen Fällen muss die aktive Auseinandersetzung mit illustriertem Lernmaterial durch geeignete Fördermaßnahmen gezielt angeregt und aufrechterhalten werden. Darüber hinaus werden Lernende im Alltag häufig mit Lernmaterialien konfrontiert, die nicht lernförderlich gestaltet sind (vgl. Mayer, 1993). Wie können Lernende dazu befähigt werden, auch solche Bilder und Texte angemessen und kompetent zu verarbeiten?

Im Bereich des Lernens mit Texten liegen bereits zahlreiche Vorschläge dazu vor, wie das Verständnis mit Hilfe von Lernstrategien gefördert werden kann (z.B. Artelt, 2000; Mandl & Friedrich, 2006). Dagegen liegen bisher nur wenige Vorschläge dazu vor, wie das Lernen aus Bildern durch die Anwendung einzelner Lerntechniken verbessert werden kann. Die Konzeption einer umfassenden Strategie zur Förderung des Lernens mit Bildern in Texten steht noch aus. Ziel des vorliegenden Beitrages ist es daher aufzuzeigen, wie das Lernen mit informierenden Bildern in Texten durch Nutzung einer Lernstrategie gefördert werden kann.

Im Folgenden werden zunächst die Potenziale und die Schwierigkeiten des Lernens mit Bildern in Texten beleuchtet. Anschließend werden kognitionspsychologische Modelle der Verarbeitung von Bildern in Texten vorgestellt. Im Weiteren werden bereits vorgeschlagene und erprobte Maßnahmen zur Unterstützung und Förderung des Lernens mit Bildern in Texten zusammenfassend dargestellt. Darauf aufbauend wird eine Strategie für das Lernen mit informierenden Bildern in Texten entwickelt und einer empirischen Prüfung unterzogen. Eine Diskussion der beobachteten Ergebnisse sowie Vorschläge für weitere Forschung schließen den Beitrag ab.

2 Potenziale und Schwierigkeiten des Lernens mit Bildern in Texten

Durch die Ergänzung von Texten mit Bildern wird zumeist eine Verbesserung der Behaltens- und Verstehensleistungen angestrebt. In verschiedenen Studien konnte nachgewiesen werden, dass das Lernen mit illustrierten Texten zu besseren Behaltensleistungen führt als das Lernen mit Texten ohne Bilder (z.B. Clark & Paivio, 1991; Levin, Anglin & Carney, 1987; Paivio, 1983, 1986). Zur Erklärung dieser Beobachtungen wird häufig auf die *Theorie der dualen Kodierung* von Paivio (1986) zurückgegriffen. Darin wird davon ausgegangen, dass textuelle und piktorielle Informationen mental in unterschiedlichen Teilsystemen des Gedächtnisses repräsentiert und verarbeitet werden. Während textuelle Informationen in der Regel ausschließlich im verbalen System verarbeitet werden, werden piktorielle Informationen oft sowohl im visuellen als auch im verbalen System verarbeitet.

Dies liegt nach Paivio (1986) daran, dass piktorielle Informationen in vielen Fällen spontan innerlich versprachlicht werden. Piktorielle Informationen werden daher im Gedächtnis oft doppelt repräsentiert bzw. kodiert. Die doppelte Kodierung von piktoriellen Informationen erleichtert es, diese Informationen aus dem Gedächtnis wieder abzurufen. Dass Bilder in Texten zu besseren Verstehensleistungen führen können, wird zum Beispiel damit erklärt, dass sich Bilder und Texte in ihrem Informationsgehalt wechselseitig ergänzen können (z.B. Ainsworth, 1999, 2006), dass bestimmte Informationen in Bildern nahezu automatisch verarbeitet werden können (z.B. Larkin & Simon, 1987) und dass Informationen in Bildern helfen können, Texte angemessen zu interpretieren (z.B. Ainsworth, 1999, 2006).

Die Verwendung von Bildern in Texten führt jedoch nicht automatisch zu besseren Lernergebnissen. In vielen Fällen bleiben die Lernerfolge hinter dem zurück, was aufgrund der in den Bildern präsentierten Informationen erwartet worden war (z.B. Weidenmann, 1991; für eine Übersicht vgl. z.B. Levie & Lentz, 1982). Insbesondere dann, wenn Bilder und Texte aufeinander bezogen werden müssen, um ein Gesamtverständnis der Lernmaterialien zu erreichen, stehen viele Lernende vor großen Schwierigkeiten (z.B. Bodemer, Plötzner, Bruchmüller & Häcker, 2005; Bodemer, Plötzner, Feuerlein & Spada, 2004; Brünken, Seufert & Zander, 2005).

Viele Lernende benötigen Unterstützung und Förderung, um Bilder in Texten angemessen und erfolgreich verarbeiten zu können. Im Gegensatz zum Umgang mit Texten, wird der Umgang mit Bildern in Schule und Hochschule jedoch kaum systematisch erlernt und geübt (für eine Übersicht vgl. Lieber, 2008). Während viele Lernende in ihrer Schulzeit Strategien erwerben, um sich die Bedeutung von Texten systematisch erarbeiten zu können, trifft dies für das Lernen aus Bildern nicht zu. Ein Grund für diese Diskrepanz könnte darin liegen, dass die Verarbeitungsanforderungen, die Bilder an die Lernenden stellen, sowohl von den Lehrenden als auch von den Lernenden oft unterschätzt werden: Bilder werden oft als ein leicht verständliches Medium missverstanden (z.B. Salomon, 1984).

Weidenmann (1988, 1994a) untersucht, wie informierende Bilder in Texten verstanden werden können. Ausgangspunkt ist dabei die Gestaltung der Bilder. Informierende Bilder werden nach Weidenmann (1994a) immer mit der Absicht erstellt, bestimmte inhaltliche Aussagen zu vermitteln. Diese Aussagen werden in Form von *visuellen Argumenten* dargestellt. Sie sind folglich die vom Autor im Bild in visueller Form festgehaltenen inhaltlichen Aussagen bzw. Argumente, welche an den Lernenden vermittelt werden sollen. Visuelle Argumente umfassen zum einen Darstellungskodes, mit denen die Inhalte visualisiert werden, zum anderen Steuerungskodes, mit denen die Bildwahrnehmung und die Bildverarbeitung der Lernenden in bestimmte Richtungen gelenkt werden sollen. Um informierende Bilder verstehen zu können, müssen Lernende die im Bild enthaltenen visuellen Argumente erkennen und entschlüsseln. Weidenmann (1994a) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwei Verstehensmodi: das *natürliche Bildverstehen* und das *indika-*

torische Bildverstehen. Beim natürlichen Bildverstehen steht das Erkennen des Bildes und seiner Details im Vordergrund. Im Mittelpunkt des indikatorischen Bildverstehens steht hingegen die Entschlüsselung der visuellen Argumente. Viele Lernende beschränken sich beim Lernen mit informierenden Bildern auf ein natürliches Bildverstehen und schreiten, ausgehend von einem solchen Verständnis, nicht zum indikatorischen Bildverstehen fort.

In den Arbeiten von Weidenmann (1994a) bleibt jedoch offen, welche Lernhandlungen und Verarbeitungsprozesse das indikatorische Bildverstehen fördern könnten. Im nächsten Abschnitt werden daher aktuelle Theorien des Lernens mit Bildern und Texten vorgestellt und die darin angenommenen Verarbeitungsprozesse beschrieben.

3 Modelle der Verarbeitung von Bildern in Texten

Mayer (2001) beschreibt in seiner Theorie des multimedialen Lernens welche kognitiven Prozesse notwendig sind, um unterschiedliche Präsentationsformate zu verarbeiten und in eine Wissensstruktur zu integrieren. Ausgangspunkt ist die Vorstellung, dass das menschliche Gedächtnis aus drei Teilsystemen besteht: einem sensorischen Gedächtnis, einem Arbeitsgedächtnis und einem Langzeitgedächtnis (Atkinson & Shiffrin, 1971; Baddeley, 1986). Dabei wird angenommen, dass die entscheidenden Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis stattfinden. Mayer (2001) formuliert in seiner Theorie dazu drei Annahmen. Erstens, im Arbeitsgedächtnis können ein auditiv-verbaler und ein visuell-bildhafter Verarbeitungskanal unterschieden werden (vgl. Baddeley,1986; Paivio, 1986). Zweitens, die Informationsverarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses ist begrenzt (vgl. z.B. Atkinson & Shiffrin, 1971; Baddely, 1986). Drittens, multimediales Lernen setzt eine aktive Verarbeitung von Informationen im Arbeitsgedächtnis voraus (vgl. z.B. Wittrock, 1990).

Weiterhin sind für die Informationsverarbeitung nach Mayer (2001) vier Arten kognitiver Prozesse grundlegend: die *Selektion*, *Organisation*, *Transformation* und *Integration* von Informationen. Aufgrund der begrenzten Informationsverarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses müssen während des multimedialen Lernens zunächst textuelle und piktorielle Informationen selektiert werden. Um die selektierten Informationen langfristig speichern zu können, müssen diese anschließend organisiert werden. Dies geschieht zunächst getrennt für textuelle und piktorielle Informationen. Dabei können erste Transformationen zwischen textuellen und piktoriellen Informationen vorgenommen werden. Dies kann zum Beispiel dadurch geschehen, dass auf der Grundlage textueller Informationen Vorstellungsbilder erzeugt werden, oder dadurch, dass zu piktoriellen Informationen innerliche Versprachlichungen vorgenommen werden. Schließlich geht Mayer (2001) davon

aus, dass bei einem erfolgreichen multimedialen Lernen sowohl textuelle als auch piktorielle Informationen wechselseitig aufeinander bezogen und in eine Wissensstruktur integriert werden.

Schnotz und Bannert (1999, 2003) schlagen ein integriertes Modell des Text- und Bildverstehens vor, das verschiedene Parallelen zum Modell von Mayer (2001) aufweist (siehe auch den Beitrag von Lenzner und Schnotz in diesem Band). Darin wird angenommen, dass Texte zunächst subsemantisch verarbeitet werden und eine Textoberflächenrepräsentation konstruiert wird. Im Laufe der anschließenden semantischen Verarbeitung werden eine propositionale Repräsentation und/oder ein mentales Modell der präsentierten Inhalte konstruiert. Bei der Verarbeitung von Bildern werden zunächst grafische Einheiten identifiziert und voneinander abgegrenzt, woraus eine visuelle Vorstellung resultiert. Auf der Grundlage semantischer Verarbeitungsprozesse werden anschließend ein mentales Modell und/oder eine propositionale Repräsentation konstruiert, die ein Verständnis der im Bild präsentierten Informationen ermöglichen.

Obwohl der Theorie von Mayer (2001) und dem Modell von Schnotz und Bannert (1999, 2003) zum Teil unterschiedliche Annahmen zugrunde liegen, stehen in beiden Fällen Prozesse der Selektion, Organisation, Transformation und Integration von Informationen im Mittelpunkt. Diese vier Arten kognitiver Prozesse werden als entscheidend für die Verarbeitung von Bildern und Texten angesehen (siehe auch den Beitrag von Kombartzky, Metz, Plötzner und Schlag in diesem Band). Damit liefern diese Theorien bzw. Modelle einen wertvollen Beitrag zu der Frage, welche Verarbeitungsprozesse zu einem erfolgreichen multimedialen Lernen beitragen. Die Frage, wie diese Prozesse auf Seiten der Lernenden systematisch angeregt und unterstützt werden können, bleibt jedoch unbeantwortet. Im folgenden Abschnitt werden daher verschiedene Möglichkeiten zur Unterstützung und Förderung des Lernens mit Bildern und Texten vorgestellt.

4 Unterstützung und Förderung des Lernens mit Bildern in Texten

Möchte man das Lernen mit Bilden in Texten unterstützen und fördern, gibt es grundsätzlich zwei Ansatzpunkte: das Lernmaterial und die Lernenden. In den letzten Jahrzehnten wurde vergleichsweise viel dazu geforscht, wie der Lernerfolg über gestalterische Mittel verbessert werden kann. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene *Gestaltungsprinzipien* entwickelt, die den Lernenden die Informationsaufnahme und -verarbeitung erleichtern sollen. Beispiele für solchen Prinzipien im Bereich der Textgestaltung sind die Verwendung von Überschriften und Marginalien, die Gliederung von Sinneinheiten in Abschnitten und die Bereitstellung von Zusammenfassungen. Beispiele im Bereich der Bildgestaltung sind didak-

tische Vereinfachungen von grafischen Darstellungen sowie Markierungen und Beschriftungen von Bildbereichen. Ballstaedt (1997) gibt eine Übersicht über zahlreiche Gestaltungsmaßnahmen für Bilder und Texte.

Darüber hinaus wurden verschiedene Gestaltungsprinzipien formuliert, die zum Ziel haben, die Kombination von Texten und Bildern möglichst lernförderlich zu gestalten (für Übersichten vgl. Clark & Mayer, 2008; Mayer, 2005). Eines dieser Prinzipien ist das Prinzip der räumlichen Nähe. Danach werden Bilder und Texte erfolgreicher aufeinander bezogen, wenn sie räumlich nahe, anstatt räumlich entfernt präsentiert werden (vgl. Ayres & Sweller, 2005). Besonders hohe Lernerfolge lassen sich dann beobachten, wenn der Text in einzelne Teiltexte zerlegt wird und diese nahe an die Stellen im Bild platziert werden, auf die sie sich beziehen. Ob Lernmaterialen, die nach solchen Prinzipien gestaltet sind, zu besseren Lernergebnissen führen, hängt jedoch auch davon ab, über welches Vorwissen die Lernenden verfügen. In diesem Zusammenhang zeigt sich, dass vor allem Lernende mit geringem Vorwissen von der Anwendung solcher Gestaltungsprinzipien profitieren (vgl. Kalyuga, 2005). Darüber hinaus werden Lernende im Alltag oft mit Lernmaterialien konfrontiert, die gemäß solcher Prinzipien nicht optimal gestaltet sind. Wie können Lernende dennoch in die Lage versetzt werden, sich gewinnbringend mit diesen Lernmaterialien auseinanderzusetzen?

Anregungen zur Förderung von Verstehensprozessen kann die Forschung zu Lernstrategien geben. Unter dem Begriff der Lernstrategie verstehen wir mit Streblow und Schiefele (2006) „eine Abfolge von effizienten Lerntechniken, die zielführend und flexibel eingesetzt werden, zunehmend automatisiert ablaufen, aber bewusstseinsfähig bleiben“ (S. 353). Lerntechniken sind einzelne Arbeitsmethoden wie zum Beispiel das Annotieren eines Bildes oder das Unterstreichen von Aussagen in einem Text. Werden Lerntechniken zielgerichtet kombiniert, entsteht eine Lernstrategie. Lernstrategien sollen die Lernenden dabei unterstützen, den Lernprozess effektiver zu gestallten, um Informationen besser zu behalten, zu verstehen, langfristig zu speichern und leichter abzurufen (Bannert & Schnotz, 2006).

Die Lernstrategieforschung konzentrierte sich bisher jedoch auf das Lernen mit Texten (z.B. Leutner & Leopold, 2003; Marton & Säljö, 1984; Weinstein & Mayer, 1986; für einen Überblick vgl. Mandl & Friedrich, 1992, 2006). Abgesehen von einigen wenigen Ausnahmen wie zum Beispiel Drewniak (1992) und Lewalter (1997) wurden andere Darstellungsformate wie Bilder und Animationen bisher weitestgehend vernachlässigt. Auch wenn zurzeit noch keine Strategien zum Lernen mit Bildern in Texten vorliegen, kann bei der Konzeptionierung solcher Strategien dennoch an die Ergebnisse der bisherigen Lernstrategieforschung angeknüpft werden. Darüber hinaus liegen Forschungsergebnisse zu verschiedenen Techniken für das Lernen mit Bildern vor, die ebenfalls für eine solche Strategie fruchtbar gemacht werden können.

Zahlreiche Untersuchungen im Bereich des Textverstehens zeigen, dass sich erfolgreiche und weniger erfolgreiche Lernende darin unterscheiden, welche Strategien sie beim Lernen aus Texten einsetzen (z.B. Marton & Säljö, 1984; Pask, 1976; Svensson, 1977). Zum Beispiel identifizierten Marton und Säljö (1984) in empirischen Untersuchungen zwei Strategien. Eine Strategie, die als *Oberflächenstrategie* bezeichnet wurde, zeichnete sich dadurch aus, dass sich die Lernenden die Inhalte durch Wiederholung einprägten. Die andere Strategie, die als *Tiefenstrategie* bezeichnet wurde, war dadurch gekennzeichnet, dass die Lernenden versuchten Zusammenhänge zu erkennen, um so zu einem Verständnis des Textes zu gelangen. Während erfolgreich Lernende eher Tiefenstrategien anwandten, setzten weniger erfolgreich Lernende eher Oberflächenstrategien ein.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse wurde nach Methoden gesucht, die es ermöglichen, Lernenden Tiefenstrategien zu vermitteln. Zahlreiche Lese- und Lernstrategien wurden entwickelt und auf ihre Lernwirksamkeit geprüft. Weinstein und Mayer (1986) unterscheiden dabei unter anderem zwischen kognitiven Strategien (auswählen, organisieren, elaborieren), metakognitiven Strategien (überwachen, regulieren) und affektiv-motivationalen Strategien.

Eine besonders bekannt gewordene kognitive Strategie ist die PQ4R-Methode (*P*review, *Q*uestion, *R*ead, *R*eflect, *R*ecite, *R*eview) von Thomas und Robinson (1972). Sie wurde entwickelt, um Lernende beim Lesen und Verarbeiten von längeren Texten zu unterstützen. Dabei verschaffen sich die Lernenden zunächst einen Überblick über den Text (Preview). Anschließend werden Fragen an den Text formuliert, die für das weitere Lesen leitend sein sollen (Question). Der Text wird nun gelesen (Read), reflektiert (Reflect) und die gewonnen Einsichten werden in eigenen Worten wiedergegeben (Recite). Abschließend wird die Bedeutung des Textes nochmals zusammengefasst, um die neuen Informationen so in das bereits vorhandene Wissen integrieren zu können (Review). Einen vergleichbaren Ansatz verfolgt das Trainingsprogramm MURDER (*M*ood, *U*nderstanding, *R*ecalling, *D*igesting, *E*xpanding, *R*eviewing) von Dansereau et al. (1979). In einer von Ballstaedt (2006) vorgeschlagenen Strategie werden Lernende dazu aufgefordert, Unterstreichungen im Text vorzunehmen, den Text in Abschnitte zu gliedern, den Text zu verdichten und ein Exzerpt anzufertigen.

Hinsichtlich der Förderung des Bildverstehens liegen bisher verschiedene noch unverbundene Vorschläge dazu vor, wie Lernende zu einer vertieften Verarbeitung von Bildern angeregt werden können. Um zu vermeiden, dass Bilder im Lernprozess vernachlässigt werden, werden die Lernenden zum Beispiel aufgefordert, auf das Bild zu achten (Peeck, 1994), sich beim Lernen am Bild zu orientieren (Weidenmann, 1989), Fragen zum Bild zu beantworten (Peeck, 1994; Weidenmann, 1994b), verschiedene Bilder zu vergleichen (Weidenmann, 1988) und selber Bilder zu produzieren (Peeck, 1994).

Auch für das Lernen mit Kombinationen aus Bildern und Texten liegen Ergebnisse dazu vor, wie das Lernen gefördert werden kann. So konnten Dean und Kulhavy (1981) zeigen, dass Lernende Bilder und Texte besser verstehen, wenn sie dazu aufgefordert waren, die Bilder zu beschriften. Zu vergleichbaren Ergebnissen gelangten auch Brünken, Seufert und Zander (2005). Drewniak (1992), Seufert (2003) sowie Bodemer, Plötzner, Feuerlein und Spada (2004) unterstützten die Lernenden darin, Bilder und Texte systematisch aufeinander zu beziehen. Im Falle der Untersuchungen von Bodemer, Plötzner, Feuerlein und Spada (2004) wurden die Lernenden dazu aufgefordert, Textausschnitte Bildbereichen auf dem Rechnerbildschirm interaktiv zuzuordnen.

5 Konstruktion einer Strategie für das Lernen mit informierenden Bildern in Texten

Ausgehend von dem von Kombartzky, Metz, Plötzner und Schlag (siehe Beitrag in diesem Band) beschriebenen Rahmenvorstellungen zur Verarbeitung von Bildern und Texten wurden die Prozesse der Selektion, Organisation, Transformation und Integration von Informationen in den Mittelpunkt der Konstruktion der Strategie gerückt. Ziel war es, innerhalb einer solchen Strategie Lerntechniken zu formulieren, die geeignet sind, diese Prozesse beim Lernen mit informierenden Bildern in Texten systematisch anzuregen. Entsprechende Lerntechniken wurden aus den oben beschriebenen Ergebnissen der Bild- und Textverstehensforschung entnommen (vgl. Tabelle 1). Dabei mussten einzelne Techniken angepasst werden, um den Eigenschaften der hier verwendeten Darstellungsformen gerecht zu werden. Im Folgenden werden die einzelnen Lerntechniken beschrieben und begründet.

Tab. 1: Eine Strategie für das Lernen mit informierenden Bildern in Texten

Kognitive Prozesse	**Lerntechniken**
Selektion	Überblick verschaffen
	Unterstreichen von wichtigen Wörtern im Text
	Markieren wichtiger Stellen im Bild
Organisation	Bildstellen beschriften
Integration	Zusammenfassen in eigenen Worten
Transformation	Anfertigung einer zusammenfassenden Skizze

In Strategien für das Lernen aus Texten steht das *Verschaffen eines Überblicks* häufig am Anfang des Lernprozesses (z.B. Friedrich, 1995; Thomas & Robinson,

1979). Im Rahmen der hier vorgeschlagenen Strategie wird es als Teil des Selektionsprozesses aufgefasst. Eine erste Erfassung des zu erlernenden Inhaltes bildet die Grundlage dafür, anschließend einzelne Aussagen im Text und einzelne Stellen im Bild als wichtig selektieren zu können. Dabei wird der Selektionsprozess auch durch das Vorwissen der Lernenden sowie durch Gestaltungsmerkmale des Lernmaterials unterstützt.

Auf der Grundlage von Selektionsprozessen *unterstreichen* die Lernenden in weiteren Schritten wichtige Begriffe im Text und *markieren* Stellen im Bild. Die Technik des Unterstreichens von Aussagen in Texten (z.B. Hasselhorn & Schreblowski, 2002) wird damit auf das Markieren von Bildbereichen übertragen. Dabei werden die Lernenden dazu angeleitet, Satz für Satz vorzugehen, um den Selektionsprozess zu strukturieren sowie spätere Organisationsprozesse vorzubereiten.

Anschließend werden die Lernenden dazu aufgefordert, Zusammenhänge zwischen selektierten Begriffen und markierten Bildstellen herzustellen. Durch das *Beschriften* der Bildstellen mit den ausgewählten Begriffen wird der Inhalt neu organisiert. Dabei werden die Zusammenhänge zwischen Bild und Text nicht nur mental hergestellt, sondern auch extern repräsentiert.

Im Weiteren werden Integrations- und Transformationsprozesse angeregt. Dabei wird auf die zum Textverstehen häufig verwendete Technik zurückgegriffen, einen gelesenen Text in eigenen Worten zusammenzufassen (z.B. Ballstaedt, 2006). In diesem Fall umfasst das *Zusammenfassen* jedoch nicht nur die Informationen im Text, sondern auch die im Bild. Dabei werden Text- und Bildinhalte zum einen integriert und zum anderen in eine neue Repräsentation transformiert.

Ähnlich wie beim Zusammenfassen sollen abschließend auch beim *Anfertigen einer Skizze* nochmals Integrations- und Transformationsprozesse angeregt werden. Hierbei werden die in den Lernmaterialien enthaltenen Informationen jedoch nicht in Form eines eigenen Textes zusammengefasst, sondern in Form eines eigenen Bildes (z.B. Renkl & Nückles, 2006; Van Meter & Garner, 2005). Insgesamt transformieren die Lernenden damit die anfangs präsentierten Darstellungsformate Bild und Text in eigene textuelle und piktorielle Darstellungen und erzeugen so eine eigene doppelte Kodierung der Lerninhalte (vgl. Paivio, 1986).

Zahlreiche Studien belegen, dass Lernende häufig Schwierigkeiten haben neue Lernstrategien angemessen einzusetzen (z.B. Drewniak, 1992; Schlag, Florax, Plötzner, 2007). So lassen Lernende zum Beispiel einzelne Lerntechniken aus oder ersetzen sie durch bereits vertraute Techniken. Dabei ist es zumeist schwierig festzustellen, welche Techniken die Lernenden tatsächlich nutzen und welche nicht (für eine Übersicht vgl. Artelt & Moschner, 2005). Vor diesem Hintergrund wurden die Lerntechniken in der oben beschriebenen Lernstrategie so gewählt, dass mit ihrer Ausführung immer auch ein extern beobachtbares Produkt verbunden ist. Damit ist auch für die Lernenden selbst die Möglichkeit gegeben, die Ausführung

der Lernstrategie anhand der extern erzeugten Produkte in einem gewissen Rahmen zu überwachen. Ein Abgleich von mentalen Vorstellungen und extern erzeugten Repräsentationen wird erleichtert (Van Meter & Garner, 2005); einem „scheinbaren Verstehen“ (Illusion of Understanding, Salomon, 1983) wird vorgebeugt. Die Externalisierung mentaler Vorstellungen kann so dazu beitragen, den Verstehensprozess zu verbessern.

6 Empirische Untersuchung

Um zu prüfen, inwieweit die oben beschriebene Lernstrategie geeignet ist, das Lernen mit informierenden Bildern in Texten zu fördern, wurde eine erste empirische Untersuchung durchgeführt. Dazu wurden insgesamt 61 Schülerinnen und Schüler sechster Realschulklassen in zwei Gruppen untersucht. Einer Gruppe von 30 Schülerinnen und Schülern (15 Mädchen, 15 Jungen, Durchschnittsalter M = 12.10 Jahre, Standardabweichung SD = .48) wurde die Lernstrategie auf Arbeitsblättern zur Verfügung gestellt (vgl. Tabelle 2). Diese Gruppe wird im Folgenden als *Strategiegruppe* bezeichnet. Einer zweiten Gruppe von 31 Schülerinnen und Schülern (16 Mädchen, 15 Jungen, Durchschnittsalter M = 12.06, Standardabweichung SD = .44) wurde die Strategie vorenthalten. Jedoch war diese Gruppe aufgefordert, die Lerninhalte schriftlich zusammenzufassen, um zu gewährleisten, dass sich die Schülerinnen und Schüler beider Gruppen aktiv mit den Lernmaterialien auseinandersetzten. Die zweite Gruppe wird im Folgenden als *Kontrollgruppe* bezeichnet.

Das Lernmaterial behandelte die Prinzipien der Tanzsprache der Bienen. Auf insgesamt vier Seiten wurde mit Hilfe von Kombinationen aus informierenden Bildern und Texten beschrieben, wie sich Bienen die Standorte von Futterquellen mitteilen. Abbildung 1 zeigt eine Beispielseite. Die Darstellungen wurden auf Grundlage einer Animation aus der Microsoft Encarta (2002) entwickelt. Dabei stehen die Bilder im Vordergrund. Der Anteil des Textes variiert zwischen 24 und 77 Wörtern je Bild. Sowohl die Bilder als auch die Texte enthalten jeweils eigene wichtige Informationen zu den Prinzipien der Tanzsprache der Bienen, so dass beide Repräsentationsformen zu einem Verständnis des Inhaltes beitragen.

Um anzudeuten, dass sich die Nahrungsquelle in weiterer Entfernung befindet, führt die Biene einen Schwänzeltanz auf. Im Inneren des Bienenstockes tanzt die Biene eine Figur die einer 8 ähnelt und schwänzelt dabei auf der Längslinie.

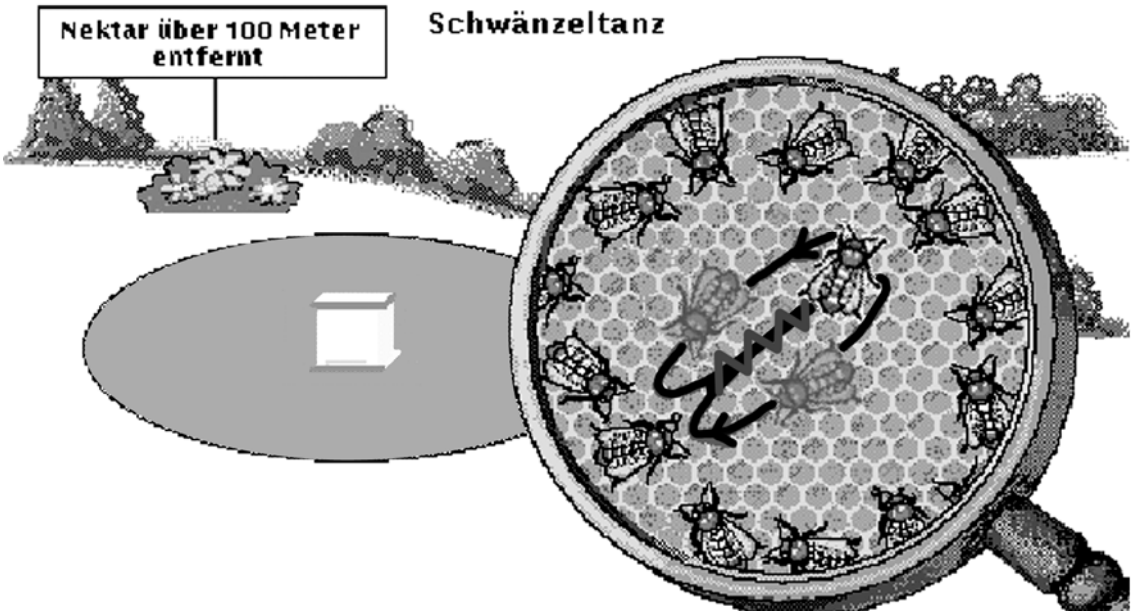


Abb. 1: Eine Beispielseite aus dem Lernmaterial (Bild aus Microsoft Encarta, 2002; Nachdruck des Screenshots mit freundlicher Erlaubnis der Microsoft Corporation)

Zu Beginn der Untersuchung erhielt die Strategiegruppe eine Einführung in die Lernstrategie von 10 Minuten Dauer. Dazu wurde den Schülerinnen und Schülern am Beispiel von informierenden Bildern und Texten zum Blutkreislauf des Menschen demonstriert, wie die einzelnen Techniken der Strategie angewendet werden können. Entsprechend erhielt die Kontrollgruppe eine Unterweisung, in der im Sinne einer Wiederholung beschrieben wurde, wie Zusammenfassungen erstellt werden können.

Nach den Einführungen bearbeiteten alle Schülerinnen und Schüler einen Vortest, mit dem anhand von sechs Fragen zum Faktenwissen die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler zur Tanzsprache der Bienen erfasst wurde. Anschließend wurde den Schülerinnen und Schülern eine kurze Einführung zur Erforschung der Tanzsprache der Bienen vorgelesen.

In der nun folgenden Lernphase erhielten beide Gruppen das gleiche Lernmaterial. Die Strategiegruppe erhielt zusätzlich vier Arbeitsblätter mit den in Tabelle 2 formulierten Arbeitsfragen, die auf jede der vier Seiten des Lernmaterials anzuwenden waren. Die Kontrollgruppe erhielt zusätzlich ein Arbeitsblatt, auf dem die Zusammenfassung zu erstellen war. Die Lernzeit war für alle Schülerinnen und Schüler auf 40 Minuten begrenzt.

Tab. 2: Die Lernstrategie, wie sie den Schülerinnen und Schülern in Form von Arbeitsfragen präsentiert wurde

1. *Überblick verschaffen:* Schau dir kurz das Bild an und lies den Text, um einen Überblick zu erhalten.
2. *Unterstreichen & Beschriften:* Lies den ersten Satz des Textes und unterstreiche die für dich wichtigen Begriffe. Suche dann die zum Begriff passende Stelle im Bild und markiere sie. Beschrifte jetzt noch die markierte Stelle mit dem Begriff. Mach das Gleiche jetzt auch mit den anderen Sätzen: Satz lesen → Begriffe unterstreichen → Bildstelle markieren → Bildstelle beschriften. Wenn es im Bild keine passende Stelle gibt, lässt du die Markierung und Beschriftung einfach weg.
3. *Beschreiben:* Beschreibe in eigenen Worten, was insgesamt in Text und Bild dargestellt wird.
4. *Zeichnen:* Mache eine Zeichnung, die die für dich wichtigste Information aus Text und Bild darstellt. Die Zeichnung soll dir helfen das Ganze besser verstehen und behalten zu können.

Direkt im Anschluss an die Lernphase bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler einen Nachtest, in dem drei Wissensarten mit jeweils acht Fragen erfasst wurden: Faktenwissen, Konzeptwissen und prozedural-regelhaftes Wissen (vgl. Anderson & Krathwohl, 2001; für Beispielfragen siehe auch den Beitrag von Kombartzky und Plötzner in diesem Band).

Die Leistungen im Vortest ließen sich keine signifikanten Unterschiede ($t(59) = -.42$, $p = .67$) zwischen der Strategiegruppe ($M = 1.90$ (24.17%), $SD = .30$) und der Kontrollgruppe ($M = 1.93$ (23.80%), $SD = .25$) erkennen.

Die Antworten der Schülerinnen und Schüler im Nachtest wurden von zwei unabhängigen Ratern beurteilt. Die Interraterreliabilität, die über eine Interklassenkorrelation (*ICC*) ermittelt wurde, betrug $ICC(3,k) = .94$. Im Falle von zunächst nicht übereinstimmenden Bewertungen wurden anschließend gemeinsame Bewertungen festgelegt. Die deskriptiven Ergebnisse des Nachtests finden sich in Tabelle 3.

Tab. 3: Die absoluten und relativen Mittelwerte (*M*) sowie die Standartabweichungen (*SD*) im Nachtest

	Strategiegruppe		**Kontrollgruppe**	
Wissensart	***M***	***SD***	***M***	***SD***
Faktenwissen	5.00 (62.50%)	1.68 (21.02%)	3.84 (47.98%)	1.73 (21.67%)
Konzeptwissen	3.67 (45.83%)	2.52 (31.54%)	1.94 (24.19%)	1.57 (19.61%)
Prozedural-regelhaftes Wissen	3.40 (42.50%)	1.83 (22.88%)	1.39 (17.34%)	1.17 (14.68%)

Die Strategiegruppe erzielte bezüglich aller drei Wissensarten bessere Lernergebnisse als die Kontrollgruppe. Dabei waren die Unterschiede zwischen den Gruppen umso größer, je anspruchsvoller die Wissensart ist. Um die Ergebnisse im Nachtest inferenzstatistisch zu analysieren, wurde eine multivariate, einfaktorielle Kovarianzanalyse (MANCOVA) berechnet. Darin gingen der Faktor Gruppe (Strategiegruppe vs. Kontrollgruppe), die Kovariate Vorwissen sowie die drei Wissensarten als abhängige Variablen ein.

Auf den Gesamtnachtest hatte das Vorwissen der Lernenden keinen signifikanten Einfluss. Es ergibt sich lediglich ein signifikanter Einfluss des Vorwissens für das Faktenwissen ($F(1, 58) = 4.48$, $p < .05$, $\eta^2_p = .07$) und das prozedural-regelhafte Wissen ($F(1, 58) = 4.80$, $p < .05$, $\eta^2_p = .08$). Die Analyse zeigt weiterhin, dass die Strategiegruppe über alle drei Wissensarten hinweg signifikant bessere Lernergebnisse im Nachtest erzielte als die Kontrollgruppe ($F(3,56) = 10.19$, $p < .01$, $\eta^2_p = .35$). Dieses Ergebnis wird bezüglich der verschiedenen Wissensarten bestätigt: Die Schülerinnen und Schüler der Strategiegruppe schnitten bezüglich des Faktenwissens ($F(1, 58)= 6.82$, $p < .05$, $\eta^2_p = .11$), des konzeptuellen Wissens ($F(1, 58) = 10.05$, $p < .01$, $\eta^2_p = .15$) und des prozedural-regelhaften Wissens ($F(1, 58) = 26.66$, $p < .01$, $\eta^2_p = .32$) signifikant besser ab als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe.

7 Diskussion

Im vorliegenden Beitrag wurde eine Strategie für das Lernen mit informierenden Bildern in Texten vorgestellt und in einer ersten empirischen Untersuchung auf ihre Lernwirksamkeit geprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass mithilfe der Strategie hinsichtlich aller betrachteten Wissensarten bessere Lernergebnisse erzielt werden als ohne Nutzung der Strategie. Dabei konnte vom Einsatz der Strategie gerade bezüg-

lich solcher Wissensarten profitiert werden, deren Erwerb sich oftmals als sehr schwierig herausstellt.

Insbesondere wird durch die vorliegende Studie gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler auch in Anbetracht einer sehr kurzen Einführung aus einer Lernstrategie Nutzen ziehen können. Es bedarf also keinesfalls immer eines umfangreichen Trainings oder langer Einübungsphasen, um Strategien gewinnbringend nutzen zu können. Dabei bleibt jedoch zu klären, unter welchen Voraussetzungen Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, spontan neue Strategien zu nutzen. Wir gehen davon aus, dass das Alter bzw. die Lernerfahrungen der Lernenden dabei eine entscheidende Rolle spielen. Dafür sprechen unter anderem eigene Befunde, die zeigen, dass Studierende, die aufgefordert wurden, mit einer Strategie zu lernen, die der hier vorgestellten vergleichbar ist, nicht erfolgreicher lernten als Studierende, die dazu nicht aufgefordert wurden (Schlag, Florax & Plötzner, 2007). Jüngere Schülerinnen und Schüler verfügen vermutlich noch nicht über eingeübte Lerntechniken und Lernstrategien, so dass diese folglich auch nicht in Konflikt mit neu zu erlernenden Strategien treten können, wie es bei älteren Lernenden beobachtet werden konnte (z.B. Hasselhorn, 1987).

In weiteren Untersuchungen muss daher geklärt werden, inwieweit die vorgeschlagene Strategie auch älteren Lernenden erfolgreich vermittelt werden kann. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, wie Lernende – jüngere und ältere – durch wiederholtes Üben in die Lage versetzt werden können, eine solche Strategie zunehmend zu verinnerlichen und schließlich selbstständig in neuen Lernsituationen einzusetzen. Darüber hinaus bleibt zu prüfen, ob die Strategie auch auf andere Kombinationen aus Bildern und Texten gewinnbringend angewandt werden kann als auf die in unserer Untersuchung verwendeten.

Schließlich wäre es wünschenswert, genaueren Einblick zu erlangen, wie die Lernenden die einzelnen Lerntechniken der vorgeschlagenen Lernstrategie umsetzen. Dazu wären detaillierte Analysen der Aktivitäten der Lernenden notwendig, wie sie zum Beispiel mit Hilfe von Protokollen des lauten Denkens vorgenommen werden können. Die Ergebnisse solcher Analysen könnten helfen die Lernstrategie weiter zu verbessern. Darüber hinaus könnten sie einen Beitrag zur Beantwortung der Frage leisten, ob die Strategie für alle Lernenden gleichermaßen lernförderlich ist oder ob Lernende unter bestimmten Voraussetzungen mehr oder weniger von der Strategie profitieren.

Literatur

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education, 33*, 131-152.

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*, 138-198.

Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Atkinson, C. & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American, 225*, 82-90.

Artelt, C. (2000). *Strategisches Lernen*. Münster: Waxmann Verlag.

Artelt, C. & Moschner, B. (Hrsg). (2005). *Lernstrategien und Metakognition*. Münster: Waxmann Verlag.

Ayres, P. & Sweller, J. (2005). The split-attention principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 135-158). New York: Cambridge University Press.

Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.

Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung: Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz.

Ballstaedt, S.-P. (2006). Zusammenfassung von Textinformationen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 117-126). Göttingen: Hogrefe.

Bannert, M. & Schnotz, W. (2006). Vorstellungsbilder und Imagery-Strategien. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 72-88). Göttingen: Hogrefe.

Bodemer, D., Plötzner, R., Bruchmüller, K. & Häcker, S. (2005). Supporting learning with interactive multimedia through active integration of representations. *Instructional Science, 33*(1), 73-95.

Bodemer, D., Plötzner, R., Feuerlein, I. & Spada, H. (2004). The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction, 14*, 325-341.

Brünken, R., Seufert, T. & Zander, S. (2005). Förderung der Kohärenzbildung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 19*(1/2), 61-75.

Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2008). *E-Learning and the science of instruction* (2nd ed.). San Francisco, CA: Pfeiffer.

Clark, J. M. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review, 3*(3), 149-210.

Dean, R. S. & Kulhavy, R. W. (1981). Influence of spatial organization on prose learning. *Journal of Educational Psychology, 73*, 57-64.

Dansereau, D. F., Collins, K. W., McDonald, B. A., Holley, C. D., Garland, J. C., Diekhoff, G., et al. (1979). Development and evaluation of a learning strategy training program. *Journal of Educational Psychology, 71*, 64-73.

Drewniak, U. (1992). *Lernen mit Bildern in Texten: Untersuchung zur Optimierung des Lernerfolgs bei Benutzung computerpräsentierter Texte und Bilder*. Münster: Waxmann Verlag.

Friedrich, H. F. (1995). *Training und Transfer reduktiver-organisierender Strategien für das Lernen mit Texten*. Münster: Aschendorff.

Hamrodi, D. & Lieber, G. (2008). Was Schulbücher aus modernen Bilderbüchern lernen könnten. In G. Lieber (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit Bildern* (S. 183-197). Hohengehren: Schneider Verlag.

Hasselhorn, M. (1987). Lern- und Gedächtnisförderung bei Kindern: Ein systematischer Überblick über die experimentelle Trainingsforschung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie, XIX*(2), 116-142.

Hasselhorn, M. & Schreblowski, S. (2002). Das Lernen lernen! Verbesserung der Lernkompetenz durch metakognitives Training und Motivänderung. *Lernchancen, 25*, 23-28.

Kalyuga, S. (2005). Prior knowledge principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 325-337). New York: Cambridge University Press.

Larkin, J. H. & Simon, H. H. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science, 11*, 65-99.

Leutner, D. & Leopold, C. (2003). Selbstreguliertes Lernen als Selbstregulation von Lernstrategien: Ein Trainingsexperiment mit Berufstätigen zum Lernen aus Sachtexten. *Unterrichtswissenschaft, 31*(1), 38-56.

Levie, W. H. & Lentz, R. (1982). Effects of text illustrations: A review of research. *Educational Communication and Technology Journal, 30*, 195-232.

Levin, J. R., Anglin, G. J. & Carney, R. N. (1987). On empiricially validating functions of pictures in prose. In D. M. Willows & H. A. Houghton (Eds.), *The psychology of illustration. Vol. 1: Basic research* (pp. 51-85). New York: Springer.

Lewalter, D. (1997). *Lernen mit Bildern und Animationen: Studie zum Einfluss von Lernmarkmalen auf die Effektivität von Illustrationen*. Münster: Waxmann Verlag.

Lieber, G. (Hrsg). (2008). *Lehren und Lernen mit Bildern*. Hohengehren: Schneider Verlag.

Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.). (1992). *Lern- und Denkstrategien*. Göttingen: Hogrefe.

Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.). (2006). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe.

Marton, F. & Säljö, R. (1984). Approaches to learning. In F. Marton, D. J. Hounsell & N. Entwistle (Eds.), *The experience of learning* (pp. 39-58). Edinburgh: Scottish Academic Press.

Mayer, R. E. (1993). Illustrations that instruct. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology. Vol. 4* (pp. 253-284). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning.* New York: Cambridge University Press.

Microsoft® Encarta® Professional (2002). Microsoft Corporation.

Paivio, A. (1983). The empirical case for dual coding. In J. C. Yullie (Ed.), *Imagery, memory and cogntion: Essays in honor of Allan Paivio* (pp. 307-332). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. New York: Oxford University Press.

Pask, G. (1976). Styles and strategies of learning. *British Journal of Educational Psychology, 81*, 33-40.

Peeck, J. (1994). Wissenserwerb mit darstellenden Bildern. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern* (S. 59-94). Bern: Huber Verlag.

Renkl, A., & Nückles, M. (2006). Lernstrategien der externen Visualisierung. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 135-147). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Salomon, G. (1983). The differential investment of mental effort in learning from different sources. *Educational Psychologist, 18*(1), 42-50.

Salomon, G. (1984). Television is easy and print is tough: The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology, 76*, 647-658.

Schlag, S., Florax, M. & Plötzner, R. (2007).The use of learning strategies in learning from text and pictures. In T. Hirashima, H. U. Hoppe & S. Shwu-Ching Young (Eds.), *Supporting learning flow through integrative technologies – Proceedings of the 15th International Conference of Computers in Education* (pp. 331-338). Amsterdam: IOS Press.

Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie, 46*(3), 217-236.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representations. *Learning and Instruction, 13*, 141-156.

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction, 13*, 227-237.

Streblow, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 352-364). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Svensson, L. (1977). On qualitative differences in learning, III: Study skill and learning. *British Journal of Educational Psychology, 47*, 233-243.

Thomas, E. L. & Robinson, H. A. (1972). *Improving reading in every class: A sourcebook for teachers*. Boston, MA: Allyn and Bacon.

Van Meter, P. & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review, 17*(4), 285-325.

Weidenmann, B. (1988). *Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern*. Bern: Huber Verlag.

Weidenmann, B. (1989). When good pictures fail: An information processing approach to the effect of illustration. In H. Mandl & J. R. Levin (Eds.), *Knowledge acquisition from text and pictures* (pp. 157-170). Amsterdam: North-Holland.

Weidenmann, B. (1991). *Lernen mit Bildmedien: Psychologische und didaktische Grundlagen*. Weinheim: Beltz Verlag.

Weidenmann, B. (1994a). Informierende Bilder. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern* (S. 9-58). Bern: Huber Verlag.

Weidenmann, B. (1994b). *Lernen mit Bildmedien* (2. Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag.

Weinstein, C. E. & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 315-327). New York: MacMillan Publishers.

Wittrock, M. C. (1990). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist, 24*, 345-376.

Berthold Metz, Adalbert Wichert

Lernen mit illustrierten Texten[1]

Zusammenfassung

Eine der zentralen Aufgaben der Deutschdidaktik besteht in der Vermittlung von Lesekompetenz. Dabei bezieht sich dieser Begriff – spätestens seit PISA 2000 – auch auf multikodale Texte. Deshalb muss unterrichtsbezogene Leseforschung in der Deutschdidaktik auch solche Texte berücksichtigen. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, wie Leserinnen und Leser aus Kombinationen von Sprachtexten und Bildern Erkenntnis erlangen können und welche Kompetenzen entsprechend zu fördern sind. Wesentlich ist dabei die Annahme, dass Lesestrategien zu den am besten förderbaren Determinanten der Lesekompetenz zählen. Deshalb wurde eine Strategie für die Bearbeitung von Sprachtext-Bild-Kombinationen entwickelt und ihre Wirkung in einer quasi-experimentellen Studie an zwei Schülergruppen sechster Realschulklassen überprüft. Eine Gruppe verarbeitete das Lernmaterial strategiegeleitet. Eine zweite Gruppe arbeitete ohne strategische Vorgaben auf gewohnte Weise. Es konnte gezeigt werden, dass die erste Gruppe ein signifikant besseres Textverständnis erlangte als die zweite Gruppe und dass sich der Leistungsvorsprung vor allem auf die Inhaltsbereiche bezieht, in denen die Rezeption des Bildmaterials eine Rolle spielt.

1 Einleitung

Beim Lernen mit Kombinationen aus Sprachtexten und Bildern muss die Leserin bzw. der Leser in der Lage sein, die Repräsentationsformen „Bild“ und „Sprachtext“ separat zu decodieren und in einen kohärenten Zusammenhang zu bringen. Diese Anforderung scheint viele Lernende zu überfordern, so dass in vielen Fällen das Potenzial von Kombinationen aus Sprachtexten und Bildern nicht adäquat genutzt werden kann (Cox & Brna, 1995).

Als Grund für diesen Mangel kann angenommen werden, dass Bilder wesentlich individueller verarbeitet werden als Sprachtexte. Eine mögliche Erklärung dafür

[1] Die vorgestellten Forschungsarbeiten wurden im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden“ vom Land Baden-Württemberg gefördert.

liegt in der schulischen Sozialisation: Während in der Schule die Verarbeitung von Sprachtexten und zugehörige Strategien über sämtliche Klassenstufen hinweg gelernt werden, wird die Verarbeitung von Bildern nicht systematisch eingeübt: „Perhaps students who are confronted with textual and pictorial learning material use a greater variety of ad-hoc-learning strategies because neither in school nor at the university had they been taught strategies useful for learning with combinations of texts and visualizations“ (Florax, Plötzner & Schlag, 2006, S. 63).

Gerade aus deutschdidaktischer Perspektive ist es daher wünschenswert, die systematische Vermittlung entsprechender Strategien zu fördern und damit den Leseunterricht auch auf piktorale Repräsentationsformen auszuweiten. In den letzten Jahren wurden einige Techniken zur Verarbeitung von Kombinationen aus Sprachtext und Bild formuliert und überprüft (z.B. Bartholomé, 2007; Drewniak, 1992), die sich als unterschiedlich erfolgreich erwiesen haben.

Wir haben auf Grundlage der bisherigen Forschungsunternehmungen eine entsprechende Strategie für die Lektüre von Sachtexten mit realistischen Bildern konzipiert und die Wirksamkeit dieser Strategie überprüft. Bei der Entwicklung der Strategie orientieren wir uns wesentlich an den von Kombartzky, Metz, Plötzner und Schlag (siehe Beitrag in diesem Band) formulierten Gedanken und versuchen, auch das Lesen piktoraler Repräsentationsformen zu unterstützen. Ausgehend von einem entsprechend erweiterten Lesekompetenzbegriff adaptieren wir ein „Text“-Lese-Konzept, das auch nicht-lineare, multikodale Repräsentationsformen einschließt (vgl. Abschnitt 2). Auf Grundlage dieser Überlegungen formulieren wir passende Arbeitstechniken und ordnen sie in einem möglichen Ablauf zu einer Strategie (vgl. Abschnitt 3). Anschließend stellen wir Design und erste Ergebnisse einer Studie vor, in der Schülerinnen und Schüler mit dieser Strategie Sprachtext-Bild-Kombinationen bearbeitet haben (vgl. Abschnitt 4).

Als Arbeitsmaterial dient eine Sprachtext-Bild-Kombination über die Belagerung einer Ritterburg (orientiert an Peschke & Smirnov, 2004, S. 20f., mit leichten Veränderungen am Sprachtext; vgl. Abbildung 1). Der Sprachtext umfasst 266 Wörter, das Bild ist der Kategorie „Abbilder“ (Weidenmann, 2002) zuzuordnen. Das Material wurde aus folgenden Gründen gewählt:

1. Sowohl der Sprachanteil als auch der Bildanteil beinhalten eigenständige, aber auch überlappende Inhalte; darüber hinaus können einige Sachverhalte nur aus dem Zusammenspiel beider Repräsentationsformen erschlossen werden. Durch diese Eigenschaften wird eine nach Repräsentationsformen differenzierte Betrachtung der Lernleistung möglich (siehe Abschnitt 4).

Mittelalterliche Burgen waren so gebaut, dass sie schwer zu erobern waren. Die Seinmauern waren bis zu drei Meter dick, und auf den Wachtürmen fanden besonders viele Verteidiger Platz. Das Burgtor war besonders gesichert, unter anderem durch einen nach unten offenen Vorbau, den „Wurf-Erker".

Unter den Angreifern waren die Ritter durch ihre Rüstung besser vor gegnerischen Angriffen geschützt als die Fußsoldaten und Fernkämpfer. Die Langbogenschützen konnten von ihrem entfernten Platz aus mehr als zehn Pfeile in der Minute gut 90 Meter weit schießen. Später kam die Armbrust hinzu, deren Bolzen auf kurze Entfernung selbst eine Ritterrüstung durchschlagen konnten. Allerdings brauchte man erheblich länger, um sie zu spannen.

Eine gefürchtete Angriffswaffe war der Onager, eine Steinschleuder. Der Wurfarm wurde mit einem Hebel schrittweise nach unten gezogen; zum Abschuss wurde dann eine Sperre gelöst, damit der Wurfarm nach vorne schnellen konnte. So versuchten die Angreifer, Lücken in Mauern und außen liegende Wehrgänge zu schießen. Mit dem Rammbock versuchte man Burgtore und schwächere Mauern zu durchbrechen. Um die Mauern zum Einsturz zu bringen, grub man manchmal auch einen unterirdischen Gang unter die Burgmauer. Die Burgbewohner wiederum schleuderten von oben Steine, kochendes Wasser, Öl und Pech, ja sogar Bienenkörbe auf die Angreifer – vor allem dann, wenn diese im Endkampf mit Belagerungstürmen und Leitern zum Sturm auf die Burg ansetzten.

Meistens kam es aber gar nicht zum verlustreichen Entscheidungskampf. Wenn die Nahrungsmittel in der Burg knapp wurden und der Hunger zu groß war, begannen die Übergabeverhandlungen. Leistete eine Burg der Belagerung jedoch lange Widerstand, zogen sich die Angreifer meist zurück, denn im Winter forderten Schnee und Kälte mehr Opfer als jeder Sturmangriff.

Abb. 1: Ein Bild und ein Sprachtext zum Thema „Belagerung einer Ritterburg"

2. Während das Lernen mit Sprachtext-Bild-Kombinationen an schematischen Bildern (vgl. Ballstaedt 1997, S. 205f.) bereits Gegenstand mehrerer Untersuchungen war (z.B. Bartholomé, 2007; Brünken, Seufert & Zander, 2005), haben Abbilder in der kognitionswissenschaftlich orientierten Diskussion bisher wenig Berücksichtigung gefunden, obwohl ein Großteil des alltäglichen Bildmaterials in Zeitungen, Schulbüchern und Internet gerade diesem Typ zuzuordnen ist.

2 Verarbeitung von Kombinationen aus Sprachtexten und Bildern: Das Konzept „Lesefläche“

Das Zusammenwirken unterschiedlicher Repräsentationsformen stellt spezielle Anforderungen an die Rezipierenden und den Rezeptionsprozess. Grundlagen für die Formulierung und Analyse dieser Anforderungen sind vornehmlich die aus kognitionswissenschaftlichen Forschungen hervorgegangenen Prozessmodelle kognitiver Verarbeitung (z.B. Mayer, 2005; Schnotz, 2005). Auch in der Deutschdidaktik dominiert inzwischen die kognitionswissenschaftlich orientierte Leseforschung, wie sie auch den PISA-Studien zugrunde gelegt wurde, in der das angelsächsische „Literacy“-Konzept adaptiert wurde (vgl. Artelt, Stanat, Schneider, Schiefele & Lehmann, 2001; Leubner, 2005).

2.1 Begrifflichkeit: Text, Bild, Lesefläche

Aus textlinguistischer Perspektive ist die alltagssprachliche Rede von Text und Bild problematisch, da mit dem Konzept „Text“ die Abgrenzung von Bild und Sprachtext nicht eindeutig getroffen werden kann, zumal eine allgemein anerkannte Definition für das Konzept „Text“ nicht vorliegt. Das betrifft ganz besonders „’Mischtexte’, die nichtsprachliche Komponenten (z.B. Bilder) enthalten […und] in ihrer Zugehörigkeit zur Kategorie ‚Text‘ […] problematisch sind“ (Vater, 2001, S. 21).

Der Begriff „Text“ kann also im wissenschaftlichen Diskurs nicht ohne weiteres verwendet werden. In vielen Veröffentlichungen zur Thematik wird diese terminologische Unschärfe offenbar: Es ist von „Sehflächen“ (Schmitz, 2005) die Rede, von „Text-Bild-Gemengen“ (Schmitz, 2003), von „Schriftbildern“ oder „Bilderschriften“ (Lutz & Zürn, 2003) oder vom „Bildtext“ (Doelker, 2002) – die Liste der Neologismen ließe sich fortführen. Wir werden uns terminologisch an Gross (1994) orientieren und den Begriff der „Lesefläche“ verwenden. Dieser Begriff scheint uns deshalb besonders geeignet, weil er in prägnanter Weise die visuelle, zweidimensionale Form transportiert, die Zusammengehörigkeit der unterschiedlichen Reprä-

sentationsformen impliziert und die Tätigkeit des „Lesens“ nicht auf Sprachtexte beschränkt. Außerdem erlaubt er die Integration hypertextueller Konzepte, deren Textualität – trotz ihrer rein sprachlichen Qualität – unklar ist.

In Kontexten, in denen die vorliegende Arbeit sich auf reine Bilder oder reine Sprachtexte bezieht, verwenden wir die Begriffe „Bild“ und „Sprachtext“. Bild und ungestalteter Fließtext sind als einseitige extreme Erscheinungsformen von Leseflächen anzusehen.

2.2 Leseflächen verarbeiten

Leseflächen bestehen aus Sprach- und aus Bildanteilen. Der Begriff zielt auf kognitive Verarbeitung nicht nur von Sprache, sondern auch von Bildern. Er überträgt also sprachstrukturelle (Lexikon, Syntax) Modelle auf Bilder und überträgt kognitive Prozesse der Text-Verarbeitung auf die Bildwahrnehmung.

Wer Leseflächen verarbeitet, entschlüsselt unterschiedlich codierte Repräsentationsformen, setzt die decodierten Informationen zueinander in Beziehung, baut damit Bedeutungen auf, „liest“ also Repräsentationsformen. In den Hintergrund tritt dabei das eher emotionale, intuitiv ad-hoc-organisierte, holistisch-simultane, nicht-lineare, rhizomatische (Deleuze & Guattari, 1977) Schauen, das per se mit Sprachinformationen nicht integrierbar oder in sie transformierbar ist.

Unter „Lesen“ verstehen wir damit in Anlehnung an Christmann und Groeben (1999) die aktive Verarbeitung von Sprachtexten, Bildern und der Kombination aus beidem, wenn deren Ziel die Konstruktion von Bedeutung ist. An diesem Prozess sind Teilprozesse beteiligt, die vom Leser realisiert werden müssen, damit eine strukturierte und effiziente Verarbeitung erfolgen kann. Diese Teilprozesse entsprechen im Wesentlichen den in den Kognitionswissenschaften formulierten Prozessen kognitiver Verarbeitung. Wir orientieren uns diesbezüglich im Folgenden an den von Kombartzky et al. (siehe Beitrag in diesem Band) formulierten Grundlagen und beziehen sie auf die beiden Repräsentationsformen Sprache und Bild (siehe Tabelle 1).

Das Zusammenspiel solcher Prozesse führt zur Konstruktion mentaler Modelle („situation model“; vgl. Kintsch, 1998). Lernende sind jedoch häufig nicht in der Lage dazu, diese Prozesse systematisch zu realisieren. Fehlt ihnen das „[…] notwendige Orientierungswissen, droht die Gefahr einer ignorierenden oder zerfasernden Lektüre. Beides führt zur Fragmentierung der Leseerfahrung und zur Orientierung an der Textoberfläche. Dies erschwert oder verunmöglicht gar den Aufbau eines Gesamttextverständnisses“ (Sieber, 2005, S. 32).

Tab. 1: Kognitive Verarbeitung von Leseflächen

Kognitiver Prozess	**Sprachanteil**	**Bildanteil**
Selektion von Sprach- und von Bildelementen	Wahrnehmen und Festhalten von einzelnen Sprachelementen	Wahrnehmen und Festhalten von einzelnen Formelementen
Organisation innerhalb von Sprachanteilen und innerhalb von Bildanteilen = lokale Kohärenz (Brünken, Seufert & Zander, 2005)	Herstellen von größeren semantischen Einheiten (Wörtern, Sätzen, Zusammenhänge zwischen Sätzen)	Herstellen von größeren semantischen Einheiten (z.B. Symbolen, Symbolgruppen, Gegenständen, Gegenstandsgruppen, Personen, Personengruppen, Beziehungen zwischen Symbolen, Gegenständen und Personen)
Integration von Sprach- und Bildanteilen = globale Kohärenz (Brünken, Seufert & Zander, 2005)	Beziehen von Sprachanteilen auf Bildanteile	Beziehen von Bildanteilen auf Sprachanteile
Transformation erleichtert als Aktivität die Bildung globaler Kohärenz und fordert heraus zur Produktion von Repräsentationen, die eigenen Lerninteressen entsprechen	Übertragen von Sprachanteilen in bildliche Repräsentationen; Übertragen von Sprachtexten in andere Sprachtexte	Übertragen von Bildanteilen in sprachliche Repräsentationen; Übertragen von Bildern in andere Bilder

Insbesondere fehlen Lernenden zum einen der kognitive Umgang mit Bildanteilen, zum andern die Sicherheit bei der Gesamtverarbeitung von Leseflächen. Diese Sicherheit können sie über das Erlernen von geeigneten Lerntechniken und Lernstrategien erlangen. Unter Lerntechniken verstehen wir mit Streblow und Schiefele (2006) Methoden wie das Markieren von Elementen im Bild oder das Zusammenfassen von Sprachtextpassagen. Bei Lernstrategien handelt es sich „(a) um eine Abfolge von effizienten Lerntechniken, die (b) zielführend und flexibel eingesetzt

werden, (c) zunehmend automatisiert ablaufen, aber (d) bewusstseinsfähig bleiben" (Streblow & Schiefele, 2006, S. 353). Um einen möglichst hohen Lern- und Verstehenserfolg zu gewährleisten, müssen auf die unterschiedlichen Repräsentationsformen und ihre Kombinationen zugeschnittene Lerntechniken zu einer Lernstrategie für Leseflächen verbunden werden.

3 Entwicklung einer Strategie zur Verarbeitung von Leseflächen

3.1 Stellenwert von Lesestrategien im Deutschunterricht

Lesestrategien sind in der Deutschdidaktik nicht unumstritten, was vor allem auf die Vielfalt der Ziele des Leseunterrichts zurückzuführen ist. Insbesondere die Literaturdidaktik, die mit der schulischen Lektüre von poetischen Texten die Entwicklung von Freude an Literatur und die Identitätsentwicklung von Heranwachsenden verbindet und damit Emotionalität, Subjektivität von Leseerlebnissen und individuelle Interpretation in das Zentrum des Literaturunterrichts stellt, bestreitet den Wert von generalisierenden Lesestrategien: Marginale Aspekte des Textes, die aber für das Lesersubjekt eine wichtige Rolle spielen können, lassen sich mit Strategien, die für viele Leser und auf viele Texte anwendbar sein sollen, nicht erfassen (vgl. Spinner, 2003, S. 244f.).

Deshalb fordert Abraham (2003, S. 212) eine deutliche Unterscheidung von „Literaturunterricht" und „Leseunterricht". Letzterer zielt auf die Kompetenz der Informationsentnahme, befasst sich vor allem mit der kognitiven Verarbeitung von Sachtexten und folgt damit einem funktionalistischen Lesebegriff. Freilich gilt auch für die Lektüre von Sachtexten: Kognition bestimmt zwar den Leseerfolg weitgehend, ist aber nur einer von vielen Prädiktoren: Motivation, Emotion und (Anschluss-)Reflexion gehören „nicht nur zu den Randbedingungen oder Hintergrundvariablen einer Lesekompetenz" (Sieber, 2005, S. 31; vgl. Hurrelmann, 2002, S. 277f.). Nicht zuletzt deshalb stellen manche Deutschdidaktiker die Effektivität von Lesestrategietrainings noch immer grundsätzlich in Frage. Bremerich-Vos und Schlegel (2003, 412ff.) verweisen auf eine Reihe erfolglos durchgeführter Strategietrainings und konstatieren: „Empirische Arbeiten zum Zusammenhang von Lernstrategien und Lernerfolg im Allgemeinen bzw. von Lesestrategietrainings und Leseleistungen im Besonderen haben bislang – anders als PISA nahe legen mag – keine einheitlichen positiven Befunde erbracht […]" (Bremerich-Vos & Schlegel, 2003, S. 412).

Weitgehend ist aber inzwischen die zentrale Bedeutung von Strategievermittlung für den Leseunterricht in der Lesedidaktik unumstritten (z.B. Leubner, 2005; Rosebrock & Nix, 2008). Auch in den meisten Sprachlehrbüchern bildet die Vermittlung

von Lesestrategien einen festen Bestandteil; so wird in der Reihe „Doppel-Klick“ des Cornelsen-Verlags, einem Sprach- und Lesebuch für die Hauptschule, durchgängig von Klasse 5 bis 9 die Lesestrategie „Textknacker“ vermittelt und geübt.

3.2 Lerntechniken

Während des Leseprozesses sollen die Teilprozesse Selektion, Organisation, Transformation und Integration durch Lerntechniken systematisch angestoßen werden (siehe den Beitrag von Kombartzky et al. in diesem Band). Wir betonen in Hinblick auf die folgende Darstellung einzelner Lerntechniken noch einmal, dass eine trennscharfe Definition oder Aktivierung dieser Teilprozesse nicht möglich oder sinnvoll scheint. Wir werden im Folgenden einzelne Lerntechniken primär jeweils einem Teilprozess zuweisen, da deren Aktivierung durch die jeweilige Lerntechnik im Vordergrund steht; dies bedeutet jedoch nicht, dass andere Teilprozesse dabei für den Verarbeitungs- und Verstehensprozess zwangsläufig weniger relevant sind.

Die im Folgenden vorgeschlagenen Lerntechniken sind durch Diskussionen in Bildwissenschaft, Deutschdidaktik und Kognitionspsychologie beeinflusst. Überblicksartige Zusammenfassungen von Techniken zur Verarbeitung von Sprachtexten sind bei Kunze (2005) oder Rosebrock und Nix (2008) zu finden. Mit Techniken zur Verarbeitung von bloßen Bildern beschäftigen sich Drewniak (1992) und Weidenmann (1994). Die Verarbeitung von Kombinationen aus Sprachtexten und Bildern ist Gegenstand der Arbeiten von Bartholomé (2007) sowie Brünken et al. (2005).

Die chronologische Anordnung der im Folgenden dargestellten Lerntechniken ergibt eine Strategie zur Verarbeitung von Leseflächen. Die Abfolge orientiert sich an den Erkenntnissen der Lesestrategieforschung (z.B. Friedrich, 1995; siehe auch den Beitrag von Friedrich in diesem Band) und an vorliegenden Verarbeitungsstrategien zur Integration von Sprachtext und Bild (z.B. Brünken et al., 2005; vgl. auch Abschnitt 3.3).

Zu einigen der folgenden Lerntechniken sind Beispiele für Bearbeitungsergebnisse dargestellt, um mögliche Potenziale und Schwierigkeiten der einzelnen Techniken aufzeigen zu können. Die Beispiele betreffen die Repräsentationsform „Bild“ und die Kohärenzbildung.

3.2.1 Selektion: Markieren

Um selegierende Prozesse anzustoßen, muss der Rezipient oder die Rezipientin seinen bzw. ihren Fokus auf einzelne Elemente richten. Für den Bildanteil der Lesefläche werden z.B. im Bild Markierungen vorgenommen, für den Sprachtextanteil im Text Unterstreichungen. Ein entsprechender Arbeitsauftrag lautet etwa: „Male alles, was dir im Bild wichtig scheint, im Bild mit Grün an.“ Die Farbwahl soll dabei den Arbeitsschritt von anderen Aufträgen unterscheiden und den Schülern die unterschiedlichen Lerntechniken innerhalb der Strategie bewusster machen.

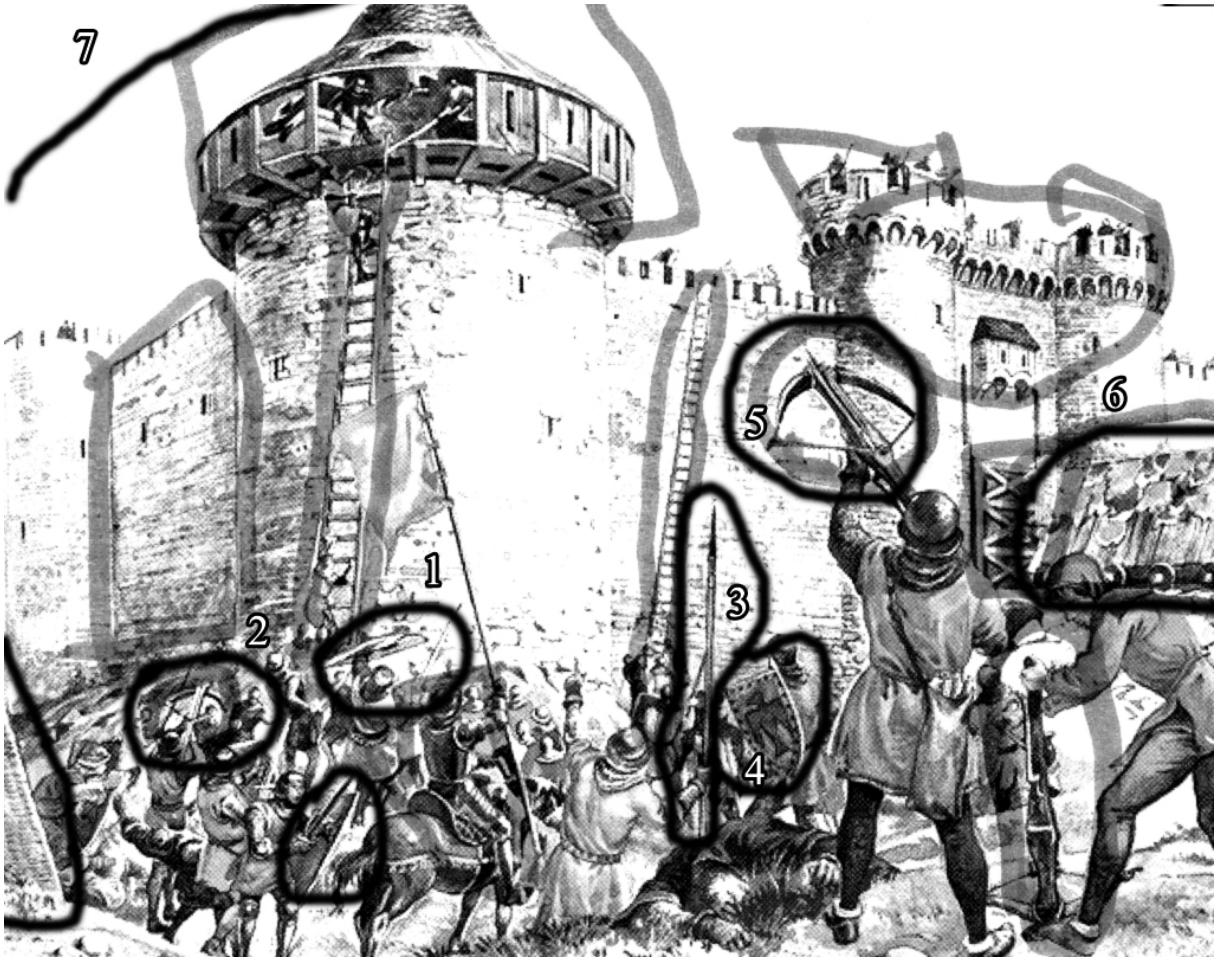


Abb. 2: Hier hat ein Schüler für ihn wichtige Elemente im Bild markiert

Es zeigt sich hier, wie auch in anderen Schülermaterialien, dass von Schülerinnen und Schülern zwar oft auffällige Inhalte des Bildes erfasst werden, der Blick für die Bedeutung von Details jedoch fehlt; in vielen Fällen wird lediglich die Oberflächenstruktur des Bildes erfasst. Als „wichtig“ markiert werden damit von den

meisten Schülerinnen bzw. Schülern perzeptiv herausstechende oder besonders interessante Elemente, unabhängig von ihrer Bedeutung für das Bild. In Abbildung 2 ist z.B. die gesamte Burg (7) als auffälliges, sich vom Hintergrund abhebendes Element markiert. Ebenso sind verschiedene Waffen (1-6) markiert – unabhängig von ihrer tatsächlichen Bedeutung für das aktuelle Kampfgeschehen, so z.B. der Spieß (3), der im Gegensatz zum Rammbock (6) in der aktuellen Situation eine untergeordnete Rolle spielt.

3.2.2 Organisation

Durch organisierende Maßnahmen wird das Bild strukturiert, woraus sich eine Annäherung an mögliche Bedeutungen ergeben kann. Um diesen Teilprozess anzustoßen, müssen im aktuellen Fall die markierten Elemente in einen sinnvollen, logischen Zusammenhang gebracht werden. Ziel ist Bildung von lokaler Kohärenz. Der Zusammenhang wird sprachlich dargestellt. Der Arbeitsauftrag lautet: „Beschreibe, was die markierten Teile miteinander zu tun haben.“ Von den Schülerinnen und Schülern wurden dazu Sätze wie z.B. folgende notiert: „Das Katapuld hat ein Loch in den Turm oben geschossen.“, „Die Armbrust Leute und die Bogenschützen weil sie Beide sehr klein und Handlich sin und man damit weit schießen kann.“

Das Bild wird mit diesen Aussagen durch Ursache-Wirkungs-Relationen (a) oder Zusammenfassung des Armbrust- und der beiden Bogenschützen zu einer Kategorie (b) strukturiert. Die Schülerinnen und Schüler haben damit zwei wesentliche Formen logischer Kohärenzbildung umgesetzt: Relation und Kategorie.

Abb. 3: Verdeutlichung der von den Schülern verbalisierten Organisationsformen

Es wird ersichtlich, dass es bei dieser Aufgabe nicht darum geht, das Bild vollständig zu erschließen, sondern das Bild logisch zu strukturieren und sich so der Kohärenzbildung und möglichen Bedeutungen anzunähern.

3.2.3 Integration

Der Teilprozess der Integration betrifft die bewusste, aktive Herstellung von Beziehungen zwischen Inhalten der verschiedenen beteiligten Repräsentationsformate. Dazu müssen die Inhalte aufeinander bezogen und semantisch miteinander verknüpft werden. Ein entsprechender Arbeitsauftrag lautet: „Welche Informationen aus dem Text findest du im Bild wieder? Umkreise diese im Bild mit Rot."

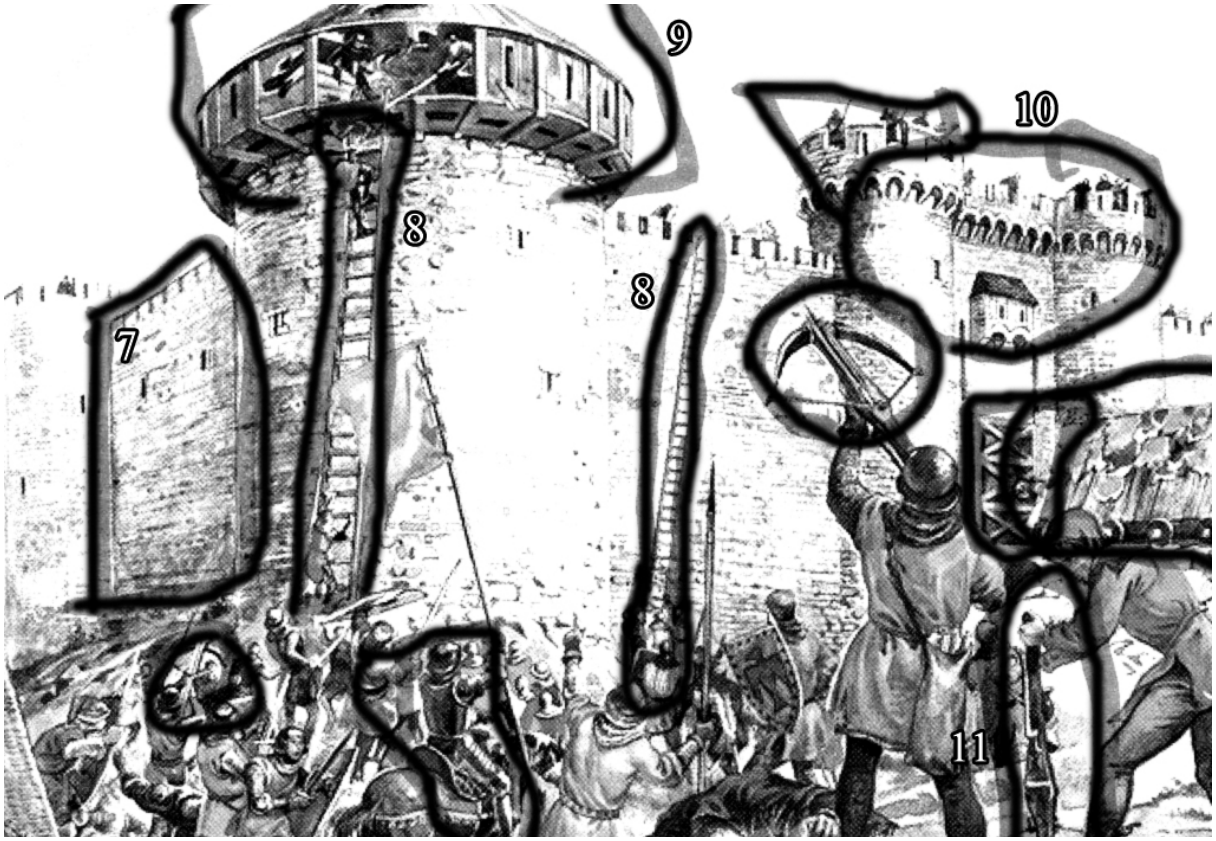


Abb. 4: Durch das Einzeichnen von Inhalten des Sprachtextes werden Inhalte beider Repräsentationsformate verknüpft

Es zeigt sich, dass bei der Bearbeitung dieses Arbeitsauftrags der Fokus häufig auf gemeinsame, für das Gesamtverständnis relevante Inhalte gelegt wird. Im Beispiel in Abbildung 4 sind das Sturmleitern (8), die zusätzliche Verstärkung des Burgtors durch Wurf-Erker und Türme (10) oder der Vorgang des Spannens der Armbrust

(11). Es sind aber auch unpassende Markierungen zu beobachten. So wird der Holzaufbau auf dem Turm im Sprachtext nicht erwähnt, trotzdem aber – entgegen der Aufgabenstellung – markiert (9). Offenbar fällt es den Schülerinnen und Schülern leichter, Relationen innerhalb einer Repräsentationsform zu erfassen, als, wie hier gefordert, Relationen zwischen ihnen zu erkennen.

3.2.4 Transformation

Durch Transformation werden Repräsentationen in ein anderes Format überführt. Im Deutschunterricht werden zumeist vorgelegte Sprachtexte in zusammenfassende Sprachtexte, oft mit dem Auftrag, dabei auch den Stil zu verändern, transformiert. Die Arbeit von Mayer (2005) legt nahe, dass Transformationen zwischen unterschiedlichen Repräsentationsformaten die kognitive Verarbeitung von Informationen in besonderer Weise aktivieren. Dem folgend können Bildinhalte verschriftlicht oder Sprachinhalte verbildlicht werden. Eine entsprechende Arbeitstechnik am vorliegenden Arbeitsmaterial wäre z.B. das Einzeichnen von Inhalten des Sprachtextes ins Bild. Ein entsprechender Arbeitsauftrag lautet: „Welche Inhalte des Textes sind im Bild nicht dargestellt? Zeichne sie in das schwarz-weiße Bild, das dir ausgeteilt wird.“

Abb. 5: Ein Schüler hat Inhalte des Sprachtextes ins Bild eingezeichnet

Schülerbeiträge zeigen, dass die Umsetzung dieses Arbeitsauftrages darstellungstechnische Übung erfordert. Gegenständliche Inhalte sind zeichnerisch einfach umzusetzen: Die Verteidiger werfen Steine (1) und Bienenkörbe (2) von den Zinnen. Schwieriger ist die Darstellung von Eigenschaften oder Aktionen. So kann die Reichweite des Bogens nur durch eine zusätzliche Beschriftung realisiert werden (3). Es wäre zu diskutieren, in welchem Maße die zusätzliche Verwendung von Beschriftungen die Realisierung transformierender Teilprozesse hemmen oder fördern kann.

3.3 Die Struktur der Strategie

Die genannten Lerntechniken dienen dazu, unterschiedliche Prozesse kognitiver Verarbeitung gezielt anzuregen. Im Rahmen der Formulierung einer Lernstrategie müssen diese Techniken in einen chronologischen Zusammenhang gestellt werden. Entsprechend den Ausführungen in Kombartzky et al. (siehe den Beitrag in diesem Band) orientieren wir uns hier an Prozessmodellen zum multimedialen Lernen und an empirisch überprüften Strategien für das Lernen aus Sprachtexten. Diese Strategien schlagen für die frühen Arbeitsphasen häufig Selektions- und Organisationsprozesse vor, um im Arbeitsmaterial vorhandene semantische Strukturen zu identifizieren. Für die späteren Phasen werden häufig Integrations- und Transformationsprozesse vorgeschlagen, um aus dem Material komplexe mentale Modelle konstruieren zu lassen.

Diese Phasen und die zugehörigen Teilprozesse müssen aber nicht streng linear ablaufen. So ist es beispielsweise möglich, dass Selektionsprozesse zu einem späteren Zeitpunkt, etwa in Phasen der Integration oder Transformation erneut am Verarbeitungsprozess beteiligt sind. Ein Strukturmerkmal für den Aufbau der in diesem Beitrag vorgestellten Strategie ist also, dass einzelne Schritte aus Kombinationen unterschiedlicher kognitiver Prozesse bestehen.

Ein weiteres Merkmal berücksichtigt die strategischen Vorerfahrungen, die die Schülerinnen und Schüler aus dem bisherigen Deutschunterricht mitbringen. Um die Komplexität der Strategie zu begrenzen, wurden innerhalb der Strategie die Techniken zur Verarbeitung von Sprachtexten hinsichtlich der beteiligten Teilprozesse nicht ausdifferenziert, da die Strategie von Lernerinnen und Lernern angewendet werden soll, die bereits über grundlegende Sprachtextlesekompetenzen verfügen. Aus dem gleichen Grund wird nach einer Einführungsphase die Aufmerksamkeit zunächst auf die Bearbeitung des Bildmaterials gelenkt, um di Wichtigkeit des im Deutschunterricht, und nicht nur in ihm, oft vernachlässigten Umgangs mit Bildern bewusst zu machen.

Den Abschluss der Strategie bildet, weitere Ziele des Deutschunterrichts integrierend, die Produktion von Texten. Die erarbeitete Lesefläche wird sprachlich, gedanklich und emotional weiterverarbeitet. Dabei fließen selegierende, organisierende, integrierende und transferierende kognitive und intuitive Prozesse zusammen. Typische Methoden zur Herstellung über die Lesefläche hinausgehender „rahmenexterner Kohärenz“ (Stöckl, 2004, S. 128) sind Weiterschreiben, Kommentieren oder Verfassen von Paralleltexten. Die der Lesefläche entnommenen Informationen werden auf diese Weise mit den individuellen mentalen Modellen der Leser verbunden. Wir lassen eine Erzählung schreiben, da so Vorstellungsbilder repräsentiert, verstärkt, verändert oder neu geschaffen werden. Die Elaboration von Lerninhalten durch Vorstellungsbilder wurde im Rahmen der Lernstrategieforschung als hilfreiches Verfahren beschrieben, um sich Informationen besser einprägen oder Sachverhalte besser verstehen zu können (Bannert & Schnotz, 2006; vgl. Spinner, 2001, S. 96).

Auf Grundlage dieser Überlegungen ergibt sich der in Tabelle 2 dargestellte Strategieablauf.

4 Empirische Überprüfung

4.1 Zielsetzung und Aufbau der Studie

Die Studie geht von der Beobachtung aus, dass das Lernen mit aus Sprachtext und Bild(ern) zusammengesetzten Leseflächen im Deutschunterricht kaum systematisch gefördert wird, so dass in diesem Bereich ein erhöhtes Optimierungspotenzial besteht. Sie soll Aufschluss über die Fragestellung geben, ob die Anwendung der skizzierten Strategie zu besseren Lernleistungen beim Lernen mit aus Sprachtext und Bildern bestehenden Leseflächen führt. Es wird angenommen, dass Lernende, die mit der Strategie arbeiten, ein signifikant besseres Verständnis der Lesefläche erlangen. Dabei erwarten wir, dass sich die Verstehensleistung besonders bezüglich derjenigen Inhalte verbessert, die allein über das Bild oder nur im Zusammenwirken von Text und Bild erfasst werden.

Tab. 2: Vollständiger Strategieablauf

Lernschritt	**Konkrete Arbeits-anweisung**	**Repräsentations-form/en**
Aktivieren von Vorwissen und Erwartungshorizont	„Schau das Bild in Ruhe an.“	Bild
Identifizieren bedeutungs-haltiger Bestandteile (Selekti-on)	„Male alles, was dir im Bild wichtig scheint, im Bild mit Grün an.“	
Mögliche Bedeutungen des Bildes erkennen durch lokale Kohärenzbildung (Organisa-tion, Transformation)	„Beschreibe, was die mar-kierten Teile miteinander zu tun haben.“	
Mögliche Bedeutungen des Sprachtextes erkennen durch lokale Kohärenzbildung (Se-lektion, Organisation)	„Lies den Text aufmerksam ganz durch.“ „Unterstreiche, was du wich-tig findest.“	Sprachtext
Decodieren des Zusam-menspiels von bildlichem und sprachlichem Code durch glo-bale Kohärenzbildung (Selek-tion, Integration)	„Welche Informationen aus dem Text findest du im Bild wieder? Umkreise diese im Bild mit Rot.“	Bild und Sprach-text
Zentrale Elemente des Sprach-textes in Zusammenhang mit bildlichen Informationen brin-gen durch globale Kohärenz-bildung (Integration, Trans-formation)	„Welche Inhalte des Textes sind im Bild nicht vor-handen? Zeichne sie in das schwarz-weiße Bild, das dir ausgeteilt wird.“	
Erstellen möglicher Ko- und Kontexte (Selektion, Organi-sation, Integration, Trans-formation)	„Schreibe eine kurze Ge-schichte zum Arbeitsblatt, die mit folgenden Worten beginnt: ‚An diesem Sonntag sollte sich der Kampf um die Burg entscheiden …’“	Bild und/oder Sprachtext

Um die Wirksamkeit der Strategie hinsichtlich des Lernerfolgs zu untersuchen, wurde folgendes Design gewählt: Wir führten eine Studie mit zwei Gruppen sowie einem Vor- und Nachtest durch. An der Untersuchung waren insgesamt 99 Real-schülerinnen und Realschüler der sechsten Klassenstufe beteiligt, die die Lese-fläche zum Thema „Belagerung einer Ritterburg“ zu bearbeiten hatten. Ein Teil der

Schülerinnen und Schüler, die Experimentalgruppe (n = 49), erhielt durch den Versuchsleiter konkrete Anleitungen für die einzelnen Lerntechniken, während der andere Teil, die Kontrollgruppe (n = 50), dazu angehalten wurde, die Bearbeitung in der ihr gewohnten Form durchzuführen. Um auch für diese Gruppe einen vergleichbar intensiven Arbeitsprozess zu gewährleisten, wurden die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe aufgefordert, sich während der Arbeitsphase Notizen zu machen.

Die Untersuchung wurde, um die Klasse nicht zu überlasten, an zwei nicht aufeinander folgenden Tagen durchgeführt. Am ersten Termin wurden die Gruppen noch nicht unterschieden. Zum einen wurde ein Wissenstest zum Themenbereich „Belagerung einer mittelalterlichen Burg“ durchgeführt. Zur Bearbeitung dieses Tests bekamen die Schülerinnen und Schüler sieben Minuten Zeit. Anschließend bearbeiteten sie einen Lesekompetenztest, für den insgesamt 19 Minuten anberaumt wurden. Diese beiden Tests wurden durchgeführt, um den möglichen Einfluss unterschiedlicher Lernvoraussetzungen auf das Nachtestergebnis bei der Auswertung des Experiments berücksichtigen zu können.

Am zweiten Termin arbeiteten beide Gruppen auf unterschiedliche Weise mit der Lesefläche. Die Experimentalgruppe arbeitete die einzelnen Schritte der in Tabelle 1 dargestellten Strategie systematisch ab. Die Arbeitsanweisungen wurden dazu an die Wand projiziert; die Zeit für die einzelnen Schritte wurde vom Versuchsleiter jeweils vorgegeben und war jeweils so bemessen, dass alle Schülerinnen und Schüler genug Zeit für die Umsetzung der einzelnen Schritte hatten. Insgesamt hatten die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung aller Schritte 20 Minuten Zeit. Die Kontrollgruppe erhielt statt der differenzierten Anleitung folgende pauschale Arbeitsanweisung: „Bearbeite das Arbeitsblatt ausführlich, so dass du nachher die wichtigsten Punkte erklären kannst. Halte auf dem beiliegenden Blatt fest, was du wichtig findest.“ So hatten diese Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, das Arbeitsmaterial auf die ihnen vertraute Weise zu bearbeiten. Den Schülerinnen und Schülern wurde für die Bearbeitung ein Zeitrahmen von 20 Minuten vorgegeben.

Beide Gruppen wurden anschließend aufgefordert, eine Erzählung zur Thematik „Belagerung einer mittelalterlichen Burg“ zu schreiben, wofür sie 15 Minuten Zeit erhielten. Für den Beginn der Erzählung war der Satz „An diesem Sonntag sollte sich der Kampf um die Burg entscheiden.“ vorgegeben.

Abschließend wurde von beiden Gruppen ein Nachtest zur Überprüfung des Lernerfolgs bearbeitet. Dieser Test bestand aus insgesamt 28 Fragen, 19 davon im Multiple-Choice-Format. Die neun offenen Fragen waren so konzipiert, dass eine Quantifizierung der Daten leicht möglich ist. Die Fragen sind jeweils einer der folgenden Repräsentationsformen zugeordnet:

1. Repräsentationsform „Sprachtext“ – Die Fragen lassen sich korrekt bearbeiten, wenn Inhalte des Sprachtextes verstanden und behalten wurden.
2. Repräsentationsform „Bild“ – Die Fragen lassen sich korrekt bearbeiten, wenn Inhalte des Bildes verstanden und behalten wurden.
3. Repräsentationsform „Bild-Sprachtext“ – Die Fragen lassen sich korrekt bearbeiten, wenn Inhalte des Bildes und des Sprachtexts verstanden und aufeinander bezogen wurden.

Für die Bearbeitung des Nachtests hatten die Schülerinnen und Schüler 14 Minuten Zeit.

4.2 Ergebnisse

Hinsichtlich des Vorwissens zeigen sich keine signifikanten Unterschiede ($t(97) = .85$, *n.s.*) zwischen der Experimentalgruppe ($M = 4.30$, $SD = 1.91$) und der Kontrollgruppe ($M = 3.97$, $SD = 1.97$). Ebenso waren hinsichtlich der Lesekompetenz keine signifikanten Unterschiede ($t(97) = -.55$, *n.s.*) zwischen Experimentalgruppe ($M = 12.84$, $SD = 4.24$) und Kontrollgruppe ($M = 13.26$, $SD = 3.44$) festzustellen.

Im Gruppenvergleich über das Nachtestergebnis unter Berücksichtigung der Kovariaten Vorwissen und Lesekompetenz schneidet die Experimentalgruppe ($M = 1.78$, $SD = .50$) signifikant besser ab als die Kontrollgruppe ($M = 1.58$, $SD = .44$), wie die univariate Varianzanalyse zeigt ($F(1, 95) = 5.75$, $p < .05$, $d = .43$). Der differenzierte Gruppenvergleich bezüglich der verschiedenen Repräsentationsformen (siehe Tabelle 3) zeigt, dass die Experimentalgruppe hinsichtlich der Repräsentationsformen „Bild“ ($F(1, 95) = 8.09$, $p < .01$, $d = .60$) und „Bild-Sprachtext“ ($F(1, 95) = 6.22$, $p < .05$, $d = .49$) signifikant bessere Ergebnisse erzielt als die Kontrollgruppe. Für die Repräsentationsform „Sprachtext“ sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen ($F(1, 95) = .23$, *n.s.*).

Tab. 3: Niveaudifferenzierter Gruppenvergleich im Nachtest

	Bild		**Sprachtext**		**Bild/Sprachtext**	
Gruppe	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Kontroll-gruppe	0.55 (55%)	0.22	0.68 (68%)	0.17	0.35 (35%)	0.17
Experimental-gruppe	0.67 (67%)	0.18	0.67 (67%)	0.19	0.45 (45%)	0.24

5 Diskussion

Im vorliegenden Beitrag wurde anknüpfend an Theorien des Lesens und des Lernens mit Kombinationen aus unterschiedlichen Repräsentationsformen eine Strategie zur Verarbeitung von Leseflächen vorgestellt. Diese Strategie wurde hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit in einer empirischen Studie mit 99 Realschülerinnen und Realschülern an einer Lesefläche zum Thema „Belagerung einer mittelalterlichen Burg“ überprüft. Es wurde gezeigt, dass durch die Anwendung der Strategie der Lernerfolg bei der Bearbeitung Lesefläche signifikant verbessert werden konnte. Die Steigerung der Lernleistung ist vor allem bei der Auswertung des Bildes und bei der Integration von Informationen aus dem „Bild“ und dem „Sprachtext-Bild“ zu beobachten, während bezüglich der Auswertung des für sich genommenen Sprachtextes keine signifikanten Unterschiede zu beobachten sind. Die systematische Beschäftigung mit dem Bild bzw. die systematische Integration von Sprachtext und Bild führt also zu einer signifikant besseren Lernleistung als der intuitive Umgang mit der Lesefläche.

Die Lerntechniken wurden im beschriebenen Studiendesign von den Schülerinnen und Schülern ungeübt und – nach Anleitung des Versuchsleiters – schrittweise umgesetzt. Damit blieb den Schülerinnen und Schülern kaum die Möglichkeit, den Lernprozess ihren individuellen Stärken und Schwächen, z.B. durch individuelles Zeitmanagement, anzupassen. Dennoch unterscheiden sich die beiden Gruppen hinsichtlich des Nachtests bei mittleren Effektstärken signifikant voneinander. Es wäre zu untersuchen, ob ein systematisches Training der einzelnen Lerntechniken bzw. des Strategieablaufs oder mehr Freiheiten beim Umgang mit der Strategie weitere Leistungssteigerungen der Experimentalgruppe zur Folge hätten.

Die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe verwendeten mehr Zeit für ihre nicht durch Anweisungen unterbrochene Bearbeitung des Sprachtextes als die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe. Darüber hinaus fertigten die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe wesentlich ausführlichere Notizen bzw. Zusammenfassungen an als die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe. Trotzdem unterscheidet sich die Lernleistung der Experimentalgruppe bezüglich der Repräsentationsform „Sprachtext“ nicht signifikant von der der Kontrollgruppe. Die Experimentalgruppe erzielte also bei der Erarbeitung des „Sprachtextes“ in kürzerer Zeit die gleiche Lernleistung. Es wäre zu untersuchen, ob dies an der Anforderung, wichtige Passagen zu unterstreichen, lag, die zu einer systematischen Verarbeitung des Sprachtextes geführt haben dürfte. Zu untersuchen wäre ebenfalls, ob die gezielte, angeleitete Verarbeitung des Bildmaterials Einfluss nehmen kann auf die Beschäftigung mit dem Sprachtext.

Insgesamt belegt die Studie, dass die Anwendung der Strategie, die auf den Förderbedarf bei der Bearbeitung piktoraler Informationen in Leseflächen reagiert, sich positiv auf die Lernleistung auswirkt.

Literatur

Abraham, U. (2003). Lese- und Schreibstrategien im themazentrierten Deutschunterricht. Zu einer Didaktik des selbstgesteuerten und zielbewussten Umgangs mit Texten. In U. Abraham (Hrsg.), *Deutschdidaktik und Deutschunterricht nach PISA* (S. 204-219). Freiburg i. Brsg.: Fillibach.

Artelt, C., Stanat, P., Schneider, W., Schiefele, U. & Lehmann, R. (2001). Die PISA-Studie zur Lesekompetenz. Überblick, und weiterführende Analysen. In Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.), *Struktur, Entwicklung und Förderung von Lesekompetenz. vertiefende Analysen im Rahmen von PISA 2000* (S. 139-168). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial.* Weinheim: Beltz.

Bannert, M. & Schnotz, W. (2006). Vorstellungsbilder und Imagery-Strategien. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 72-88). Göttingen: Hogrefe.

Bartholomé, T. (2007). *Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Text und Bild. Wie können Lerner unterstützt werden?* Berlin: Logos-Verlag.

Bremerich-Vos, A. & Schlegel, S. (2003). Zum Scheitern eines Lesestrategietrainings für SchülerInnen der Orientierungsstufe. In U. Abraham (Hrsg.), *Deutschdidaktik und Deutschunterricht nach PISA* (S. 409-430). Freiburg i. Brsg.: Fillibach.

Brünken, R., Seufert, T. & Zander, S. (2005). Förderung der Kohärenzbildung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 19 (1/2)*, 61-75.

Christmann, U. & Groeben, N. (1999). Psychologie des Lesens. In Stiftung Lesen (Hrsg.), *Handbuch Lesen* (S. 145-223). München: Saur.

Cox, R. & Brna, P. (1995). Supporting the use of external representations in problem solving. The need for flexible learning environments. *Journal of Artificial Intelligence in Education, 6(2)*, 239-302.

Deleuze, G. & Guattari, F. (1977). *Rhizom*. Berlin: Merve.

Doelker, C. (1997). *Ein Bild ist mehr als ein Bild. Visuelle Kompetenz in der Multimedia-Gesellschaft*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Doelker, C. (2002). Medien lesen - von der multa-media- zur Multimedia-Kompetenz. In H. Bonfadelli & P. Bucher (Hrsg.), *Lesen in der Mediengesellschaft. Stand und Perspektiven der Forschung* (S. 125-132). Zürich: Verlag Pestalozzianum.

Drewniak, U. (1992). *Lernen mit Bildern in Texten. Untersuchung zur Optimierung des Lernerfolgs bei Benutzung computerpräsentierter Texte und Bilder.* Münster: Waxmann.

Florax, M., Plötzner, R. & Schlag, S. (2006). The influence of presentation format and complexity learning with texts and visualizations. *Paper presented at the Second Bi-Annual Meeting of the Special Interest Group on "Text and Graphics Comprehension"*. Nottingham: University of Nottingham.

Friedrich, H. F. (1995). *Training und Transfer reduktiv-organisierender Strategien für das Lernen mit Texten.* Münster: Aschendorff.

Gross, S. (1994). *Lese-Zeichen. Kognition, Medium und Materialität im Leseprozeß*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Hurrelmann, B. (2002). Prototypische Merkmale der Lesekompetenz. In N. Groeben & B. Hurrelmann (Hrsg.), *Lesekompetenz. Bedingungen, Dimensionen, Funktionen* (S. 275-286). Weinheim: Juventa.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension. A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.

Kunze, I. (2005). ‚Das steht doch aber gar nicht im Text!'. Zum Umgang mit Sachtexten in allen Fächern. In E. Gläser & G. Franke-Zöllmer (Hrsg.), *Lesekompetenz fördern von Anfang an. Didaktische und methodische Anregungen zur Leseförderung* (S. 80-89). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag.

Leubner, M. (2005). Gebrauchstexte und ihre Didaktik. In G. Lange & S. Weinhold (Hrsg.), *Grundlagen der Deutschdidaktik. Sprachdidaktik, Mediendidaktik, Literaturdidaktik* (S. 319–346). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag.

Lutz, H. & Zürn, U. (2003). *Schriftbilder und Bilderschriften.* Stuttgart: Metzler.

Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31-48). New York: Cambridge University Press.

Peschke, H.-P. v. & Smirnov, N. (2004). *Mittelalter*. Nürnberg: Tessloff.

Rosebrock, C. & Nix, D. (2008). *Grundlagen der Lesedidaktik und der systematischen schulischen Leseförderung.* Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

Schmitz, U. (2003). Zum Textbildschirm. Text-Bild-Gemenge in neuen Medien. In S. Gölitzer (Hrsg.), *Deutschdidaktik und Neue Medien. Konstitutionsprobleme im Spannungsfeld zwischen Altlasten und Neugierde* (S. 26-53). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

Schmitz, U. (2005). Sehflächen lesen. Einführung in das Themenheft. *Der Deutschunterricht, 57(4)*, 2-5.

Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 49-69). New York: Cambridge University Press.

Sieber, P. (2005). Was geschieht beim Lesen? Textverständnis im Kontext alter und neuer Medien. In Höheres Lehramt Berufsschulen und Höheres Lehramt Mittelschulen am Zürcher Hochschulinstitut für Schulpädagogik und Fachdidaktik (Hrsg.), *Texte verstehen. Berichte aus Praxis und Forschung* (S. 27-38). Bern: h.e.p. Verlag.

Spinner, K. H. (2001). Von der Notwendigkeit produktiver Verfahren im Literaturunterricht. In K. H. Spinner (Hrsg.), *Kreativer Deutschunterricht. Identität – Imagination – Kognition* (S. 96-107). Seelze: Kallmeyer.

Spinner, K. H. (2003). Lesekompetenz nach PISA und Literaturunterricht. In U. Abraham (Hrsg.), *Deutschdidaktik und Deutschunterricht nach PISA* (S. 238-248). Freiburg i. Brsg.: Fillibach.

Stöckl, H. (2004). *Die Sprache im Bild – das Bild in der Sprache. Zur Verknüpfung von Sprache und Bild im massenmedialen Text; Konzepte, Theorien, Analysemethoden.* Berlin: de Gruyter.

Streblow, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 352-364). Göttingen: Hogrefe.

Vater, H. (2001). *Einführung in die Textlinguistik. Struktur und Verstehen von Texten*. München: Fink.

Weidenmann, B. (1994). Informierende Bilder. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film, Video und Computerprogrammen* (S. 9-58). Bern: Huber.

Weidenmann, B. (2002). Abbilder in Multimediaanwendungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis* (S. 83-98). Weinheim: Beltz.

Uwe Kombartzky, Rolf Plötzner

Lernen mit erläuterten Animationen[1]

Zusammenfassung

In vielen rechnergestützten Lernumgebungen werden Animationen eingesetzt. Oft geht damit ein nur geringer Lernerfolg einher. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Maßnahmen zur Gestaltung von Animationen vorgeschlagen, um das Lernen zu fördern. Demgegenüber liegen bisher keine Vorschläge dazu vor, wie Lernende auf der Grundlage von Lernstrategien befähigt werden können, sich gewinnbringend mit Animationen auseinanderzusetzen. Ausgehend von einem Modell der Verarbeitung multimedial dargebotener Informationen wird eine kognitive Strategie für das Lernen mit erläuterten Animationen vorgestellt. Ihre Lernwirksamkeit wurde in einer quasi-experimentellen Studie untersucht. Insgesamt nahmen 154 Schülerinnen und Schüler sechster Realschulklassen daran teil. Während eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern mit der Animation lernte, ohne die Strategie zu kennen, wurde zwei weiteren Gruppen die Strategie zur Verfügung gestellt. In einer dieser beiden Gruppen wurde die Strategieanwendung kontrolliert, in der anderen nicht. Die beiden Gruppen, die mit Strategie lernten, erzielten signifikant höhere Lernerfolge als die Gruppe, die ohne Strategie lernte. Die besten Lernergebnisse wurden in der Gruppe erreicht, in der die Strategieanwendung kontrolliert wurde.

1 Einleitung

In rechnergestützten Lernumgebungen werden in zunehmendem Maße Animationen eingesetzt, um zeitliche und räumliche Prozesse zu veranschaulichen. War in der Vergangenheit mit dem Einsatz von Animationen oft die Annahme verbunden, sie würden unmittelbar zu verbesserten Lernleistungen führen, tritt diese Annahme inzwischen zugunsten einer realistischeren Perspektive zurück, unter der berücksichtigt wird, dass Animationen auch spezifische Anforderungen an die Lernenden stellen. So konnte innerhalb der erziehungswissenschaftlichen und psychologischen Forschung wiederholt beobachtet werden, dass die vielseitigen Anforderungen des

[1] Die vorgestellten Forschungsarbeiten wurden im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden“ vom Land Baden-Württemberg gefördert.

Lernens mit Animationen die Lernenden leicht überfordern können (z.B. Hegarty & Kriz, 2008; Lowe, 1998; Plötzner, Bodemer & Neudert, 2008; Plötzner, Lippitsch, Galmbacher, Heuer & Scherrer, 2009).

In den letzten zehn Jahren wurde daher verstärkt untersucht, wie das Lernen mit Animationen unterstützt und gefördert werden kann. Im Mittelpunkt dieser Forschung standen bisher Fragen der *Mediengestaltung*. Dabei ist es ein zentrales Ziel, Animationen auf der Grundlage von Theorien und Modellen menschlicher Informationsverarbeitung so zu gestalten, dass den Lernenden die Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung möglichst leicht fällt. Die Frage, aufgrund welcher Fähigkeiten und Fertigkeiten Lernende in die Lage versetzt werden können, sich gedanklich erfolgreich mit Animationen auseinanderzusetzen, gerade auch dann, wenn diese nicht optimal gestaltet sind, fand dagegen bisher kaum Berücksichtigung.

Im Folgenden werden zunächst die Chancen und Schwierigkeiten des Lernens mit Animationen zusammenfassend dargestellt. Daran anschließend werden verschiedene Maßnahmen beschrieben, mit denen in der Vergangenheit das Lernen mit Animationen erfolgreich unterstützt und gefördert werden konnte. Im Weiteren wird eine konkrete kognitive Strategie vorgeschlagen, die mit dem Ziel entwickelt wurde, Lernende zu befähigen, sich die in einer Animation präsentierten Inhalte systematisch zu erarbeiten. Schließlich wird eine quasi-experimentelle Studie beschrieben, in der die Lernwirksamkeit der vorgeschlagenen Strategie überprüft wurde. Eine Diskussion der beobachteten Ergebnisse sowie Vorschläge für zukünftige Forschung runden den Beitrag ab.

2 Chancen und Schwierigkeiten des Lernens mit Animationen

Unter einer Animation verstehen wir mit Schnotz und Lowe (2008) „… ein piktorielles Display, dessen Struktur oder dessen sonstige Eigenschaften sich über die Zeit verändern, und das zur Wahrnehmung kontinuierlicher Veränderungen führt“ (S. 304; Übersetzung durch die Autoren). In vielen Fällen werden Animationen mit gesprochenen oder geschriebenen Texten kombiniert. Animationen, die mit gesprochenen Texten kombiniert sind, bezeichnen wir im Folgenden als *erläuterte Animationen*.

In rechnergestützten Lernumgebungen werden Animationen häufig genutzt, um zeitliche und räumliche Prozesse zu veranschaulichen (vgl. Ainsworth & VanLabeke, 2004). Ihre Verwendung wird unter pädagogisch-didaktischen Gesichtspunkten zumeist dann als sinnvoll erachtet, wenn die Beobachtung der interessierenden Prozesse in der Realität nicht möglich, gefährlich, sehr aufwendig oder zu kostspielig ist (vgl. Bétrancourt, 2005). In der Vergangenheit war mit dem

Einsatz von Animationen oft die Annahme verbunden, sie würden aufgrund der damit einhergehenden Veranschaulichungen unmittelbar zu Lernerfolgen führen. In der erziehungswissenschaftlichen und psychologischen Forschung konnte jedoch gezeigt werden, dass Animationen auch spezifische Anforderungen an die Lernenden stellen (vgl. z.B. Lowe, 1998, 1999, 2008). So müssen die Lernenden zum Beispiel oft große Mengen an Informationen verarbeiten, die sich kontinuierlich verändern und ggf. nur für kurze Zeit zur Verfügung stehen. In vielen Fällen ist es für ein Verständnis der veranschaulichten Prozesse auch notwendig, die Aufmerksamkeit auf mehrere Stellen innerhalb eines Displays zu richten. Ist die Animation mit gesprochenem oder geschriebenem Text kombiniert, so müssen die sprachlichen Informationen darüber hinaus mit den visuell dargebotenen Informationen verknüpft werden.

In empirischen Untersuchungen konnte wiederholt beobachtet werden, dass viele Lernende den genannten Anforderungen nicht gewachsen sind (z.B. Hegarty & Kriz, 2008; Lowe, 1998; Plötzner, Bodemer & Neudert, 2008; Plötzner et al., 2009). Die Lernerfolge blieben in vielen Fällen hinter dem zurück, was aufgrund der Chancen des Lernens mit Animationen erwartet worden war. Entsprechend uneinheitlich stellt sich die Befundlage zum Lernen mit Animationen dar. So stellen Tversky, Morrison und Bétrancourt (2002) in ihrem Review fest, dass das Lernen mit Animationen in vielen Fällen nicht erfolgreicher verläuft als das Lernen mit statischen Bildern. Im Gegensatz dazu konnten Höffler und Leutner (2007) auf der Grundlage einer Metaanalyse zeigen, dass das Lernen mit Animationen im Mittel zu größeren Lernerfolgen führt als das Lernen mit statischen Bildern. Danach erweisen sich Animationen im Vergleich zu statischen Bildern vor allem dann als lernförderlich, wenn Animationen die zu erlernenden Prozesse repräsentieren, einen hohen Grad an Realismus aufweisen und der Erwerb von prozedural-motorischen Fertigkeiten im Vordergrund steht.

3 Unterstützung und Förderung des Lernens mit Animationen

Aufgrund der Beobachtung, dass in vielen Fällen das Lernen mit Animationen nicht zu den gewünschten Lernerfolgen führt, wurden in den letzen Jahren verschiedene Maßnahmen vorgeschlagen, die mit dem Ziel entwickelt wurden, Animationen lernförderlich zu gestalten. Dabei wurden diese Entwicklungen zumeist auf der Grundlage aktueller Theorien und Modelle zum Lernen mit Multimedia vorgenommen, wie der Theorie der kognitiven Belastung von John Sweller (1994, 2005) und den Theorien des multimedialen Lernens von Richard Mayer (2001, 2005) sowie von Wolfgang Schnotz und Maria Bannert (1999, 2003).

Die entwickelten Gestaltungsmaßnahmen haben zum einen zum Ziel, den Lernenden die Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung zu erleichtern, zum anderen den Lernenden möglichst viel Kontrolle über den Ablauf der Informationspräsentation zu geben. Wichtige Gestaltungsmaßnahmen, deren Lernförderlichkeit in empirischen Untersuchungen nachgewiesen werden konnte (für Überblicke siehe Bétrancourt, 2005; Mayer, 2008), sind zum Beispiel das Beschränken der Darstellung auf die jeweils relevanten Komponenten und Prozesse (z.B. Tversky et al., 2002), das Hervorheben relevanter Stellen im Display (z.B. Mautone & Mayer, 2001), die bevorzugte Kombination von Animationen mit gesprochener statt mit geschriebener Sprache (z.B. Mayer & Moreno, 1998; Moreno & Mayer, 1999) sowie der Bereitstellung von Möglichkeiten, auf den Ablauf der Animation Einfluss zu nehmen (z.B. Schwan & Riempp, 2004).

Während in der Vergangenheit eine Reihe von Maßnahmen zur Gestaltung von Animationen entwickelt wurden, liegen bisher nur einzelne Vorschläge dazu vor, wie Lernende in die Lage versetzt werden können, sich erfolgreich mit Animationen auseinanderzusetzen, gerade auch dann, wenn diese nicht optimal gestaltet sind. So schlägt zum Beispiel Schmidt-Weigand (2006) vor, dass die Lernenden aufgefordert werden sollten, eine Animation an wichtig erscheinenden Stellen anzuhalten und die im Display vorhandenen Komponenten und Beziehungen zu identifizieren. Hegarty, Kriz und Cate (2003) forderten Lernende dazu auf, Zusammenhänge zwischen bildhaften und sprachlichen Informationen zu formulieren. Gane und Catrambone (2006) ließen die Lernenden Fragen zum animierten Prozessgeschehen beantworten. Moreno und Valdez (2005) konnten das Lernen mit Animationen erfolgreich unterstützen, indem sie weniger fortgeschrittene Lernende Segmente einer Animation sortieren ließen. Fortgeschrittene Lernende profitierten davon, dass sie eine gegebene Animation in geeignete Segmente zerlegen mussten.

Auch mit Blick auf die Verarbeitung gesprochener Sprache wurden verschiedene Unterstützungsmaßnahmen vorgeschlagen. So empfehlen Ellis und Sinclair (1989) unter anderem auf die Betonung der Sprecherin/des Sprechers zu achten. Rampillon und Zimmermann (1997) forderten die Lernenden dazu auf, sich zunächst geäußerte Begriffe zu notieren, die verstanden wurden, um sich ausgehend von diesen Begriffen später weitere Inhalte zu erschließen. Blombach (1991) schlägt das Notieren von Kernaussagen und Strukturieren in Sinneinheiten als lernförderliche Maßnahmen vor.

Die zuvor genannten Maßnahmen können als *Lerntechniken* aufgefasst werden. Lerntechniken bezeichnen einzelne Lernhandlungen, die sowohl interne, nicht beobachtbare Aktivitäten (z.B. eine Beziehung zwischen Komponenten im Display identifizieren), als auch externe, beobachtbare Aktivitäten (z.B. verschiedene Segmente einer Animation in einer Reihenfolge anordnen) umfassen können. Wird eine Sammlung von Lerntechniken systematisch, zielorientiert und koordiniert eingesetzt, dann kann mit Streblow und Schiefele (2006) von einer Lernstrategie gespro-

chen werden. Danach umfasst eine Lernstrategie „(a) … eine Abfolge von effizienten Lerntechniken, die (b) zielführend und flexibel eingesetzt werden, (c) zunehmend automatisiert ablaufen, aber (d) bewusstseinsfähig bleiben“ (S. 353). In diesem Zusammenhang wird häufig zwischen kognitiven Strategien, metakognitiven Strategien, kooperativen Strategien sowie Stützstrategien unterschieden (z.B. Friedrich & Mandl, 2006; Wild, Hofer & Pekrun, 2006).

Für das Lernen mit Animationen liegen unseres Wissens bisher keine Vorschläge zu kognitiven Lernstrategien vor. Im Weiteren wird eine konkrete kognitive Strategie vorgeschlagen, die mit dem Ziel entwickelt wurde, Lernende zu befähigen, sich die in einer Animation präsentierten Inhalte systematisch zu erarbeiten. Anschließend wird eine experimentelle Studie beschrieben, in der die Lernwirksamkeit der vorgeschlagenen Strategie überprüft wurde.

4 Eine kognitive Strategie für das Lernen mit erläuterten Animationen

Während für das Lernen mit Animationen bisher keine kognitiven Lernstrategien vorliegen, können kognitive Strategien für das Lernen aus Texten als vergleichsweise gut erforscht gelten. Beispiele für solche Strategien sind die MURDER-Strategie (*M*ood, *U*nderstanding, *R*ecalling, *D*igesting, *E*xpanding, *R*eviewing) von Dansereau et al. (1979), die REDUTEX-Methode von Friedrich (1995) und die PQ4R-Methode (*P*review, *Q*uestion, *R*ead, *R*eflect, *R*ecite, *R*eview) von Thomas und Robinson (1979). Die in diesen Strategien verwendeten Lerntechniken zielen auf eine systematische Anregung unterschiedlicher kognitiver Prozesse, durch deren Anwendung sich die Lernenden die Bedeutung eines Textes erarbeiten sollen.

Ein erster Versuch eine Strategie für das Lernen mit Animationen zu konstruieren könnte darin bestehen, eine Strategie für das Lernen aus Texten auf das Lernen mit Animationen zu übertragen. Nach Kombartzky, Metz, Plötzner und Schlag (siehe Beitrag in diesem Band) ist ein solches Vorgehen jedoch wenig Erfolg versprechend. In vielen Fällen umfassen Strategien für das Lernen aus Texten Lerntechniken, die mit Blick auf spezifische Eigenschaften der Repräsentationsform Text konstruiert wurden. Texte und Animationen können jedoch unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Zum Beispiel stellen Texte in vielen Fällen eine statische Repräsentationsform dar, Animationen dagegen eine dynamische. Während Informationen in Texten zumeist mit symbolischen Zeichensystemen repräsentiert werden, finden in Animationen überwiegend ikonische Zeichensysteme Verwendung.

Vor dem skizzierten Hintergrund ist es nicht sinnvoll, eine Strategie, die für das Lernen aus Texten konstruiert wurde, unmittelbar auf das Lernen mit Animationen übertragen zu wollen. Kombartzky, Metz, Plötzner und Schlag (siehe Beitrag in

diesem Band) schlagen vor, grundlegende Klassen kognitiver Prozesse, wie sie in aktuellen Theorien und (Prozess-)Modellen zum Lernen mit Medienverbünden angenommen werden (z.B. Mayer, 2001, 2005; Schnotz & Bannert, 1999, 2003), zu nutzen, um Lernstrategien zu konstruieren. Diese Prozesse lassen sich in Selektionsprozesse, Organisationsprozesse, Integrationsprozesse und Transformationsprozesse gliedern. Dabei wird in den meisten Theorien und Modellen davon ausgegangen, dass zu Beginn des Lernens Selektions- und Organisationsprozesse im Mittelpunkt stehen, während im weiteren Lernverlauf zunehmend Integrations- und Transformationsprozesse in den Vordergrund rücken. In vielen Fällen korrespondiert die Anordnung von Lerntechniken in Strategien für das Lernen aus Texten mit diesen Modellannahmen: zunächst werden Techniken eingesetzt, die Selektions- und Organisationsprozesse induzieren, daran anschließend Techniken, die Integrations- und Transformationsprozesse anregen. Dabei wird diesen Prozessen zumeist eine Orientierungsphase vorgeschaltet, in denen den Lernenden Gelegenheit gegeben wird, sich einen Überblick über die Lernmaterialien zu verschaffen (vgl. z.B. Dansereau et al., 1979; Thomas & Robinson, 1977).

Mit Blick auf die Konstruktion einer Strategie für das Lernen mit Animationen liefern die genannten Theorien und Prozessmodelle in zweierlei Hinsicht einen wertvollen Orientierungsrahmen: zum einen enthalten sie Aussagen darüber, welche Klassen kognitiver Prozesse bei der Konstruktion von Lerntechniken berücksichtigt werden sollten, zum anderen stellen sie Informationen dazu bereit, wie die resultierenden Lerntechniken angeordnet werden sollten. Damit umfasst der Orientierungsrahmen allerdings nicht hinreichend viele Informationen, um eine Strategie für das Lernen mit Animationen vollständig beschreiben zu können. Bei der Strategiekonstruktion muss daher auf weitere Informationsquellen zurückgegriffen werden. Eine wichtige Informationsquelle stellen empirische Untersuchungen dar, in denen beobachtet und analysiert wurde, auf welche Schwierigkeiten Lernende beim Lernen mit Animationen stoßen (vgl. Abschnitt 2). Eine weitere wichtige Informationsquelle sind Forschungsarbeiten, in denen Lerntechniken für das Lernen aus geschriebenen oder gesprochenen Texten, aus Bildern und mit Animationen konstruiert und erprobt wurden (vgl. Abschnitt 3). Solche Techniken können ggf. in die zu konstruierende Strategie übernommen oder auf der Grundlage der oben skizzierten Prozessmodelle und unter Berücksichtigung der Eigenschaften von Animationen geeignet modifiziert werden.

Unter Nutzung der genannten Informationsquellen wurde eine Strategie für das Lernen mit erläuterten Animationen konstruiert, die sich aus insgesamt sieben Lerntechniken zusammensetzt (vgl. Tabelle 1). Im ersten Schritt werden die Lernenden aufgefordert, sich einen Überblick der Animation zu verschaffen sowie eine Erwartung zu formulieren, was aus der Animation gelernt werden kann (Orientierung und Entwicklung einer Erwartungshaltung). Erläuterte Animationen umfassen sowohl dynamische Bildinformationen als auch dynamische Sprachinformationen.

In vielen Fällen gehen mit der Verarbeitung dieser sich kontinuierlich verändernden Informationen Lernschwierigkeiten einher. Eine Möglichkeit diese Informationsdichte zu verringern, besteht darin, die Aufmerksamkeit der Lernenden nach einer anfänglichen Orientierungsphase zunächst auf die Bildinformationen und anschließend auf die Sprachinformationen zu lenken. Entsprechend wird im zweiten Schritt angeregt, solche Bilder auszuwählen und zu skizzieren, die aus Sicht der Lernenden besonders informativ sind (Selektion). Anschließend werden die Lernenden im dritten Schritt gebeten, die Sprachinformationen schriftlich zu notieren, die sich auf die ausgewählten Bilder beziehen (Selektion).

Tab. 1: Eine Strategie für das Lernen mit erläuterten Animationen

Lerntechnik	**Klasse kognitiver Prozesse**
1. Animation beobachten und Lernerwartungen formulieren	Orientierung und Entwicklung einer Erwartungshaltung
2. Wichtige Schlüsselbilder identifizieren und skizzieren 3. Wichtige Aussagen identifizieren und notieren 4. Schlüsselwörter in den Aussagen und Schlüsselstellen in den Bildern identifizieren und markieren 5. Bildstellen beschriften	Selektion und Organisation
6. Zusammenhänge zwischen Aussagen und Bildern in eigene Worte fassen 7. Gesamtprozesse in eigenen Worten beschreiben	Integration und Transformation

Ausgehend von den ausgewählten Sprach- und Bildinformationen werden im vierten und fünften Schritt Selektions- und Organisationsprozesse mit dem Ziel angeregt, beide Repräsentationen zueinander in Beziehung zu setzen. Im vierten Schritt werden die Lernenden aufgefordert wichtige Aussagen in den Notizen sowie wichtige Stellen in den Bildern zu identifizieren und zu markieren (Selektion). Im fünften Schritt wird eine Zuordnung der Sprachinformationen zu den Bildinformationen angeregt, in dem die Lernenden aufgefordert werden, die identifizierten Bildstellen zu beschriften (Organisation).

Aufbauend auf den zuvor reduzierten und organisierten Informationsbeständen werden im sechsten und siebten Schritt Transformations- und Integrationsprozesse angeregt. Diese haben zum Ziel, Verknüpfungen mit dem Vorwissen herzustellen, zunächst einzelne Zusammenhänge zwischen den vorliegenden Informationen zu

erkennen, ausgehend von diesen Zusammenhängen Schritt für Schritt ein Verständnis für den Gesamtprozess zu entwickeln und schließlich die gewonnenen Erkenntnisse in Form eines kohärenten Modells mental zu repräsentieren. Während im sechsten Schritt die Aufmerksamkeit zunächst auf lokale Zusammenhänge gelenkt wird, wird im siebten Schritt der animierte Gesamtprozess in den Blick genommen.

5 Empirische Überprüfung

Die in Tabelle 1 beschriebene Strategie wurde in einer quasi-experimentellen Studie auf ihre Lernwirksamkeit überprüft. Es wurde verglichen, wie Schülerinnen und Schülern sechster Realschulklassen mit einer Animation lernen, in Abhängigkeit davon, ob ihnen die in Tabelle 1 beschriebene Strategie zur Verfügung gestellt wird oder nicht. Dabei waren mit Hilfe einer erläuterten Animation die Prinzipien der Tanzsprache der Bienen zu erlernen. Da in der lernpsychologischen Forschung immer noch Uneinigkeit darüber besteht, unter welchen Bedingungen das Lernen mit Animationen einem Lernen mit statischen Einzelbildern überlegen ist (vgl. Abschnitt 2), wurde in einer Vorstudie zunächst untersucht, ob das Lernen mit der verwendeten Animation zu besseren Lernleistungen führt, als das Lernen mit einer Sequenz von Einzelbildern.

Kombartzky und Plötzner (2007) verglichen die Lernleistungen von zwei Gruppen. Die erste Gruppe setzte sich aus 27 Schülerinnen und Schüler sechster Realschulklassen zusammen. Diese Schülerinnen und Schüler lernten mit einer erläuterten Animation, in der die Prinzipien der Tanzsprache der Bienen in insgesamt zwei Minuten veranschaulicht und erläutert wurden. Dabei konnten die Schülerinnen und Schüler die Animation wiederholt betrachten sowie jederzeit anhalten oder fortsetzen. Die Lernzeit war auf 30 Minuten begrenzt.

Die zweite Gruppe umfasste 26 Schülerinnen und Schüler sechster Realschulklassen. Diese Gruppe lernte mit insgesamt sieben Schlüsselbildern, die der Animation zur Tanzsprache der Bienen entnommen waren. Eines dieser Schlüsselbilder findet sich in Abbildung 1. Die Schlüsselbilder wurden durch den gleichen Sprachtext erläutert, wie die Animation. Auch in diesem Falle konnten die Schülerinnen und Schüler die Schlüsselbilder wiederholt betrachten sowie die Erläuterungen jederzeit anhalten oder fortsetzen. Die Lernzeit war ebenfalls auf 30 Minuten begrenzt.

Vor und nach dem Lernen mit der Animation bzw. den Schlüsselbildern wurde den Schülerinnen und Schüler ein Vor- bzw. Nachtest zur Bearbeitung vorgelegt. Die Ergebnisse des Vortests zeigten, dass die Schülerinnen und Schüler lediglich über ein sehr geringes Vorwissen zur Tanzsprache der Bienen verfügten. Darüber hinaus konnten keine statistisch bedeutsamen Unterschiede im Vorwissen der Gruppen

festgestellt werden. Im Nachtest zeigten die Schülerinnen und Schüler, die mit der Animation lernten, jedoch signifikant höhere Lernleistungen als die Schülerinnen und Schüler, die mit der Sequenz von Einzelbildern lernten. Dabei wiesen die festgestellten Unterschiede hohe Effektstärken auf. Diese Beobachtungen lassen sich gut mit dem Ergebnis der Metaanalyse von Höffler und Leutner (2007) vereinbaren, dass sich Animationen im Vergleich zu Einzelbildern insbesondere dann als lernförderlich erweisen, wenn die Animationen die zu erlernenden Prozesse repräsentieren, einen hohen Grad an Realismus aufweisen und der Erwerb von prozedural-motorischen Fertigkeiten im Vordergrund steht. Dabei stand in dieser Untersuchung nicht die Aneignung prozedural-motorischer Fertigkeiten im Mittelpunkt, sondern der Erwerb prozedural-regelhaften Wissens.

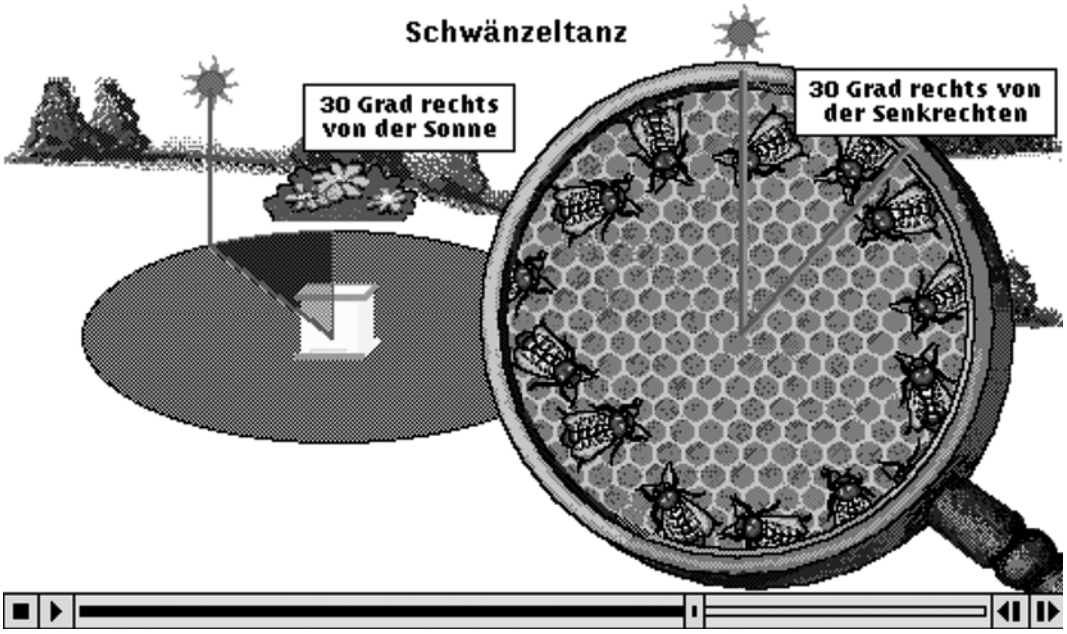


Abb. 1: Ein Screenshot aus der Animation zur Tanzsprache der Bienen (entnommen aus Microsoft Encarta, 2002; Nachdruck des Screenshots mit freundlicher Erlaubnis der Microsoft Corporation)

An den Ergebnissen dieser Vorstudie anknüpfend wurde die Lernwirksamkeit der in Abschnitt 4 beschriebenen Lernstrategie in einer weiteren experimentellen Studie überprüft. Drei Gruppen von Schülerinnen und Schülern sechster Realschulklassen wurden untersucht. Eine (Kontroll-)Gruppe von 49 Schülerinnen und Schülern lernten mit einer Animation ohne die Lernstrategie zur Verfügung zu haben. Damit die Lernzeiten in den drei Gruppen konstant gehalten werden konnten, wurden die Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe aufgefordert, nach der Beschäfti-

gung mit der Animation das Erlernte in Form eines Aufsatzes schriftlich festzuhalten.

Einer ersten Experimentalgruppe von 52 Schülerinnen und Schülern wurde die Lernstrategie in Form eines Arbeitsblattes zur Verfügung gestellt (vgl. Tabelle 2). Das Arbeitsblatt umfasste Arbeitsfragen, die aus den in Tabelle 1 beschriebenen Lerntechniken hervorgingen. Dabei wurden diese Lerntechniken zum einen auf die verwendete Animation bezogen, zum anderen wurden sie so formuliert, dass sie für Schülerinnen und Schüler sechster Klassen verständlich waren. Die Schülerinnen und Schüler wurden gebeten, die Ergebnisse Ihrer Bearbeitungen der Arbeitsfragen auf dem Arbeitsblatt zu notieren. Dabei blieb es den Schülerinnen und Schülern jedoch selbst überlassen, inwieweit sie dieser Bitte folgten.

Tab. 2: Die Arbeitsfragen, die durch die beiden Experimentalgruppen zu bearbeiten waren

1. Beobachte die Animation aufmerksam. Was glaubst du, kannst du hier über den Bienentanz lernen? Schreibe es auf.
2. Beobachte die Animation nochmals. Welche Bilder zeigen besonders gut, wie der Bienentanz funktioniert? Wähle mindestens 4 und höchstens 6 Bilder aus. Skizziere nur die Dinge aus den gewählten Bildern, die deiner Meinung nach wichtig sind.
3. Höre die die gesprochenen Erklärungen zur Animation gut an. Schreibe neben jede deiner Skizzen wortwörtlich die dazu passenden Erklärungen.
4. Kreise wichtige Wörter in deinen Erklärungssätzen, die du aufgeschrieben hast, und wichtige Dinge in deinen Skizzen ein.
5. Beschrifte die eingekreisten Dinge in den Skizzen.
6. Die eingekreisten Dinge in den Skizzen und den Erklärungssätzen hängen miteinander zusammen. Schreibe diese Zusammenhänge in eigenen Worten unter jede Skizze.
7. Lese alle deine Erklärungssätze noch einmal durch und schaue dir die dazugehörigen Skizzen nochmals an. Schreibe in eigenen Worten auf, wie die Tanzsprache der Honigbiene funktioniert.

Einer zweiten Experimentalgruppe von 53 Schülerinnen und Schülern wurde ebenfalls die Lernstrategie in Form eines Arbeitsblattes zur Verfügung gestellt. In diesem Fall wurde jedoch in einem gewissen Umfang kontrolliert, inwieweit die Schülerinnen und Schüler die Arbeitsfragen bearbeiteten: der Versuchsleiter stellte den Schülerinnen und Schülern immer erst dann eine Arbeitsfrage zur Verfügung, wenn

die vorhergehende Arbeitsfrage bearbeitet worden war. Dabei wurde nicht auf die Qualität der Bearbeitung geachtet, sondern lediglich darauf, ob überhaupt eine Bearbeitung stattgefunden hatte. Mit diesem Vorgehen war die Erwartung verbunden, dass die Schülerinnen und Schüler die Arbeitsfragen vollständiger bearbeiten würden, als unter der Bedingung einer freien Bearbeitung. Dies, so die Annahme, sollte sich wiederum in besseren Lernleistungen niederschlagen.

Die Schülerinnen und Schüler aller drei Gruppen lernten mit einer erläuterten Animation, in der die Prinzipien der Tanzsprache der Bienen in insgesamt zwei Minuten veranschaulicht und erläutert wurden (vgl. Abbildung 1). Die Animation wurde der Microsoft Encarta (2002) entnommen. Dabei konnten die Schülerinnen und Schüler die Animation wiederholt betrachten sowie jederzeit anhalten oder fortsetzen. Die Lernzeit der Kontrollgruppe war auf 60 Minuten, die der beiden Experimentalgruppen auf 65 Minuten begrenzt.

Vor und nach dem Lernen mit der Animation wurde den Schülerinnen und Schüler ein Vor- bzw. Nachtest zur Bearbeitung vorgelegt. In Anlehnung an eine Klassifikation von Anderson und Krathwohl (2001) umfasste der Nachtest jeweils acht Fragen zu drei verschiedenen Wissensarten: Faktenwissen, Konzeptwissen und prozedural-regelhaftes Wissen. Beispiele für Fragen zu den verschiedenen Wissensarten finden sich in Tabelle 3. Der Vortest setzte sich aus fünf Fragen zum Faktenwissen zusammen.

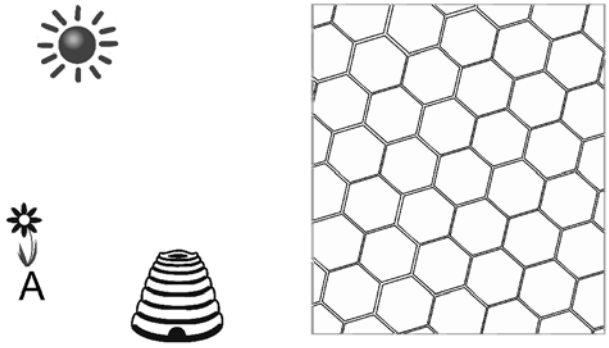
Die Ergebnisse des Vortests zeigten wieder, dass die Schülerinnen und Schüler aller drei Gruppen lediglich über ein sehr geringes Vorwissen zur Tanzsprache der Bienen verfügten. Darüber hinaus konnten keine statistisch bedeutsamen Unterschiede im Vorwissen der Gruppen festgestellt werden. Um das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler dennoch in der Analyse der Nachtestergebnisse berücksichtigen zu können, wurde es als Kovariate in die Analyse einbezogen.

Der Nachtest wurde von zwei unabhängigen Korrektoren ausgewertet. Die Übereinstimmungen zwischen den Korrektoren (Intra-Klassen-Korrelationen, $ICC(3, k)$) betrugen .99 für das Faktenwissen, .99 für das Konzeptwissen und .98 für das prozedural-regelhafte Wissen. Abweichungen wurden von den Korrektoren gemeinsam behoben. Die deskriptiven Ergebnisse des Nachtests sind in Tabelle 4 dargestellt.

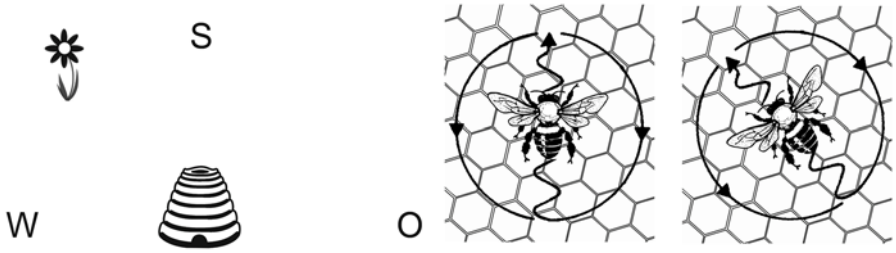
Tab. 3: Beispiele für Fragen aus dem Nachtest

Faktenwissen
Bienen teilen den anderen Bienen im Bienenstock die Lage eines Futterplatzes mit. Nenne zwei Möglichkeiten.

Konzeptwissen
Die Biene tanzt auf der Wabe. Dabei teilt sie den Winkel zur Futterquelle den anderen Bienen im Bienenstock mit. Die Futterquelle ist dabei immer über 100 m entfernt. Wie tanzt die Biene beim Besuch der Blume A auf der Wabe?



Prozedural-regelhaftes Wissen
Die Futterquelle und der Bienenstock bleiben an derselben Stelle. Nur die Sonne wandert im Tageslauf. Bestimme die Uhrzeit, zu der die Biene die folgenden Tänze ausführt:



Inferenzstatistisch wurden die Nachtestergebnisse mit einer multivariaten, zweifaktoriellen Kovarianzanalyse (MANCOVA) analysiert. Als Faktoren gingen die Gruppenzugehörigkeit sowie das Geschlecht der Schülerinnen und Schüler in die Analyse ein. Da das Geschlecht der Schülerinnen und Schüler über die drei untersuchten Gruppen hinweg nicht vollständig ausbalanciert werden konnte, sollte durch dieses Vorgehen der Möglichkeit Rechnung getragen werden, dass eine

Wechselwirkung zwischen den Faktoren Gruppenzugehörigkeit und Geschlecht auftreten könnte.

Tab. 4: Die Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) im Nachtest

	Faktenwissen		**Konzeptwissen**		**Prozedural-regelhaftes Wissen**	
Gruppe	M	SD	M	SD	M	SD
Kontrollgruppe	2.50 (62.50%)	0.81	1.75 (43.75%)	0.80	1.35 (33.75%)	0.81
Freie Bearbeitung	2.45 (61.25%)	0.74	2.37 (59.25%)	0.82	1.75 (43.75%)	0.93
Kontrollierte Bearbeitung	2.81 (70.25%)	0.87	2.72 (68.00%)	0.94	2.20 (55.00%)	0.72

Die Kovariate Vorwissen klärte keinen statistisch bedeutsamen Varianzanteil auf ($F(3, 145) = 1.19$, n.s.). Auf der multivariaten Ebene ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Gruppenzugehörigkeit ($F(6, 290) = 7.34$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .13$). Demgegenüber waren sowohl mit dem Faktor Geschlecht ($F(3, 145) = 1.44$, n.s.) als auch mit der Wechselwirkung zwischen den Faktoren Gruppenzugehörigkeit und Geschlecht ($F(6, 290) = 1.76$, n.s.) keine signifikanten Effekte verbunden.

Auf der univariaten Ebene unterschieden sich die drei Gruppen hinsichtlich des Faktenwissens nicht signifikant voneinander ($F(2, 147) = 2.65$, n.s.). Bezüglich des Konzeptwissens ($F(2, 147) = 15.01$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .17$) und des prozedural-regelhaften Wissens ($F(2, 147) = 12.09$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .14$) ließen sich jedoch signifikante Unterschiede feststellen.

Post-hoc-Analysen mit Hilfe von Scheffé-Tests zeigten darüber hinaus, dass die Gruppe mit freier Bearbeitung des Arbeitsblattes bezüglich des Konzeptwissens signifikant bessere Lernleistungen erbrachte als die Kontrollgruppe (Mittelwertsdifferenz $MD = .62$, $p < .01$). Die Gruppe mit kontrollierter Bearbeitung des Arbeitsblattes übertraf die Kontrollgruppe sowohl bezüglich des Konzeptwissens ($MD = .97$, $p < .01$) als auch bezüglich des prozedural-regelhaften Wissens ($MD = .84$, $p < .01$) signifikant. Des Weiteren zeigte die Gruppe mit kontrollierter Bearbeitung des Arbeitsblattes bezüglich des prozedural-regelhaften Wissens signifikant bessere Lernleistungen als die Gruppe mit freier Bearbeitung des Arbeitsblattes ($MD = .44$, $p < .05$).

6 Diskussion und Ausblick

Anknüpfend an aktuellen Theorien und Modellen zum Lernen mit Multimedia sowie an Strategien für das Lernen aus Texten wurde im vorliegenden Beitrag eine Strategie für das Lernen mit Animationen entwickelt und auf ihre Lernwirksamkeit geprüft. Dabei wurde diese Prüfung unter Nutzung einer konkreten Animation zu den Prinzipien der Tanzsprache der Bienen vorgenommen. Die Lernenden waren Schülerinnen und Schüler sechster Realschulklassen. Es konnte gezeigt werden, dass die Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler mit Hilfe der vorgeschlagenen Strategie signifikant verbessert werden können. Die besten Lernergebnisse wurden dann erzielt, wenn die Anwendung der in der Strategie vorkommenden Lerntechniken in einem gewissen Ausmaß kontrolliert wurde. Darüber hinaus profitieren Mädchen und Jungen gleichermaßen von der vorgeschlagenen Strategie.

Obwohl die Prüfung der Strategie damit zunächst erfolgreich verlaufen ist, stellen die vorgestellten Arbeiten erst den Anfang eines umfangreicheren Forschungsprogramms dar. So müsste zum Beispiel in weiteren Untersuchungen analysiert werden, ob alle in der Strategie vorkommenden Lerntechniken gleichermaßen zum Lernerfolg beitragen oder ob bestimme Lerntechniken lernwirksamer sind als andere. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die vorgeschlagene Strategie dadurch optimiert werden kann, in dem sie zum Beispiel durch Lerntechniken ergänzt wird, die meta-kognitive Prozesse anregen (vgl. z.B. Bannert, 2007).

Weitere Forschungsfragen stellen sich mit Blick auf die Übertragbarkeit der vorgeschlagenen Strategie. Kann die Strategie auch beim Lernen mit anderen Animationen erfolgreich angewandt werden? Welchen Nutzen würden ältere Schülerinnen und Schüler aus einer solchen Strategie ziehen? So gibt es Hinweise aus der psychologischen und erziehungswissenschaftlichen Forschung, dass Kinder und Jugendliche mit zunehmendem Alter eigene Herangehensweisen und Lernstrategien entwickeln, die in Konflikt mit neuen Strategien treten können (z.B. Baumert, 2001; Leutner & Leopold, 2003).

Hinsichtlich des Einsatzes im Unterricht ist schließlich auch die Frage von Interesse, inwieweit es gelingt, eine Strategie wie die hier vorgeschlagene Schritt für Schritt zu vermitteln und über längere Zeiträume zu üben, so dass sie durch die Schülerinnen und Schüler zunehmend verinnerlicht und selbstständig angewandt wird.

Literatur

Ainsworth, S. & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction, 14*(3)*,* 241-255.

Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Bannert, M. (2007). *Metakognition beim Lernen mit Hypermedien*. Münster: Waxmann Verlag.

Baumert, J. (Hrsg.). (2001). *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske und Budrich.

Bétrancourt, M. (2005). The animation and interactivity priniciples in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 287-296). New York: Cambridge University Press.

Blombach, J. (1991). Lerntechniken zur Förderung des Hörverstehens. Erfahrungen in einer 9. Realschulkasse. *Fremdsprachenunterricht, 2,* 20-33.

Dansereau, D. F., Collins, K. W., McDonald, B. A., Holley, C. D., Garland, J. C., Diekhoff, G., et al. (1979). Development and evaluation of a learning strategy training program. *Journal of Educational Psychology, 71*, 64-73.

Ellis, G. & Sinclair, B. (1989). *Learning to learn English. A course in learner training. Learner's book.* New York: Cambridge University Press.

Friedrich, H. F. (1995). *Training und Transfer reduktiver-organisierender Strategien für das Lernen mit Texten*. Münster: Aschendorff.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (2006). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 1-23). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Gane, B. D. & Catrambone, R. (2006). Give learners questions to answer while they watch animated examples. In S. A. Barab, K. E. Hay & D. T. Hickey (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on the Learning Sciences* (pp. 922-923). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hegarty, M. & Kriz, S. (2008). Effects of knowledge and spatial ability on learning from animation. In R. K. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 3-29). New York: Cambridge University Press.

Hegarty, M., Kriz, S. & Cate, C. (2003). The roles of mental animations and external animations in understanding mechanical systems. *Cognition and Instruction, 21,* 325-360.

Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction, 17*, 722-738.

Kombartzky, U. & Plötzner, R. (2007). Beneficial effects of learning from animations. In W. Chen & H. Ogata (Eds.), *Learning by effective utilization of technologies: Facilitating intercultural understanding - Supplementary Proceedings of the 15th International Conference of Computers in Education* (pp. 3-4). Amsterdam: IOS Press.

Leutner, D. & Leopold, C. (2003). Selbstreguliertes Lernen als Selbstregulation von Lernstrategien – Ein Trainingsexperiment mit Berufstätigen zum Lernen aus Sachtexten. *Unterrichtswissenschaft, 31*(1), 38-56.

Lowe, R. K. (1998). Verarbeitungsanforderungen beim Verstehen komplexer animierter Bilder. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 12*(2/3), 125-134.

Lowe, R. K. (1999). Extracting information from an animation during complex visual learning. *European Journal of Psychology of Education, 14*(2), 225-244.

Lowe, R. K. (2008). Learning from animation: Where to look, when to look. In R. K. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 49-68). New York: Cambridge University Press.

Mautone, P. D. & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 93*(2), 377-389.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31-48). New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2008). Research-based principles for learning from animation. In R. K. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 30-48). New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, *90*, 312-320.

Microsoft® Encarta® Professional (2002). Microsoft Corporation.

Moreno, R. & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, *91*, 358-368.

Moreno, R. & Valdez, A. (2005). Cognitive load and learning effects of having students organize pictures and words in multimedia environments: The role of student interactivity and feedback. *Educational Technology Research & Development, 53,* 35-45.

Plötzner, R., Bodemer, D. & Neudert, S. (2008). Successful and less successful use of dynamic visualisations in instructional texts. In R. K. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 71-91). New York: Cambridge University Press.

Plötzner, R., Lippitsch, S., Galmbacher, M., Heuer, D. & Scherrer, S. (2009). Students' difficulties in learning from dynamic visualisations and how they may be overcome. *Computers in Human Behavior*, *25*, 56-65.

Rampillon, U. & Zimmermann, G. (1997). *Strategien und Techniken beim Erwerb fremder Sprachen.* Ismaning: Hueber.

Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie, 46*(3), 217-236.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representations. *Learning and Instruction, 13*(2), 141-156.

Schnotz, W. & Lowe, R. K. (2008). A unified view of learning from animated and static graphics. In R. K. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 304-356). New York: Cambridge University Press.

Schwan, S. & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction, 14*(3), 293-305.

Schmidt-Weigand, F. (2006). *Dynamic visualizations in multimedia learning: The influence of verbal explanations on visual attention, cognitive load and learning outcome* (Unveröffentlichte Dissertationsschrift). Gießen: Justus Liebig Universität.

Streblow, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 352-364). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction, 4*, 295-312.

Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19-30). New York: Cambridge University Press.

Thomas, E. L. & Robinson, H. A. (1977). *Improving reading in every class: A sourcebook for teachers*. Boston, MA: Allyn and Bacon.

Tversky, B., Morrison, J. B. & Bétrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International Journal of Human Computer Studies*, *57*, 247-262.

Wild, E., Hofer, M. & Pekrun, R. (2006). Psychologie des Lernens. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (5. Aufl., S. 203-267). Weinheim: Beltz Verlag.

Bernd Borgenheimer, Gerhard Weber

Fördern des strategischen Lernens beim computersimulierten Experimentieren durch Prompts[1]

Zusammenfassung

Das Lernen mit Simulationen stellt durch die vielfältigen Interaktionsmöglichkeiten sowohl kognitiv als auch metakognitiv hohe Anforderungen an die Lernenden. Dies kann zur Folge haben, dass die Lernenden überfordert sind und der Lernerfolg daher geringer ausfällt als erwartet. Es ist deshalb wichtig, die Lernenden in die Lage zu versetzen, sich mit Simulationen erfolgreich zu beschäftigen. Eine Möglichkeit, erfolgreich mit Simulationen zu arbeiten, ist der Einsatz von geeigneten Strategien. Da sich das strategische Lernen nicht automatisch einstellt, muss der Einsatz von Strategien gefördert und gelernt werden. Dies kann durch Prompting-Maßnahmen erfolgen. In einer experimentellen Studie mit Hauptschülerinnen und Hauptschülern wurde das computersimulierte Experimentieren durch den Einsatz von permanenten Prompts unterstützt. Dazu wurde die Wirksamkeit zweier Arten von permanenten Prompts untersucht. Eine Gruppe erhielt Prompts, die zu Handlungen während des computersimulierten Experimentierens auffordern. Eine andere Gruppe erhielt darüber hinaus Prompts, die zur Verarbeitung der durch die Handlungen gewonnenen Informationen anregen. Es konnte gezeigt werden, dass die Gruppe mit den Handlungs- und Verarbeitungsprompts einen höheren Lernerfolg erlangte als die Gruppe mit den Handlungsprompts.

1 Einleitung

Die Verwendung von Simulationen im Unterricht hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen (Klauer & Leutner, 2007; Urhahne, Prenzel, von Davier, Senkbeil & Bleschke, 2000). Gerade im schulischen Unterricht eröffnet der Einsatz von Simulationen viele Möglichkeiten, die den traditionellen Unterricht nicht nur ergänzen, sondern ihn auch verändern können (Wirth & Leutner, 2006). Simulationen verfügen über ein hohes Potenzial zur Unterstützung projektorientierten Lernens. Sie bieten den Lernenden auch die Möglichkeit ihr Wissen, im Sinne eines konstrukti-

[1] Die vorgestellte Forschungsarbeit wurde im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden“ vom Land Baden-Württemberg gefördert.

vistischen Lehr-Lernansatzes (Gerstenmaier & Mandl, 1995), selbst aktiv zu konstruieren und angepasst an ihr individuelles Lerntempo funktionale Zusammenhänge in einer virtuellen Welt zu erschließen (Fies, 2000) und diese quantitativ als Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben.

Simulationen bilden einen Prozess oder ein natürliches oder künstliches System mit ihren bestimmenden Parametern in einer artifiziellen Lernumgebung nach und erlauben den Lernenden gefahrlos zu experimentieren und Vorgänge zu steuern (de Jong, 2005; de Jong & van Joolingen, 1998). Die zentralen Aufgaben der Lernenden bestehen darin, Veränderungen von bestimmten Variablen vorzunehmen, die durch die Veränderung hervorgerufenen Ergebnisse zu beobachten, aus den Ergebnissen Schlussfolgerungen zu ziehen, um somit das der Simulation zugrundeliegende System zu verstehen, das dann auf den simulierten Realitätsbereich übertragbar ist. Bei einem Simulations*baukasten* kommt noch eine Aufgabe hinzu. Die Lernenden bauen zuvor das System mit vorgefertigten Bauteilen auf, d.h. sie müssen das Modell erst erzeugen, um danach zu untersuchen wie sich das Modell unter bestimmten Bedingungen verhält (Heuer, 2003; Leutner, 1990).

Simulationen zeichnen sich durch einen starken Handlungs-, Interaktions- und damit Erfahrungsaspekt aus. Durch den hohen Grad der Handlungs- und Interaktionsmöglichkeiten stellen Simulationen kognitiv und metakognitiv hohe Anforderungen an die Lernenden. Dies kann zur Folge haben, dass die Lernenden überfordert sind und der Lernerfolg daher geringer ausfällt als erwartet.

In der gegenwärtigen Diskussion herrscht z.B. noch Unklarheit darüber, ob und wann Simulationen ein geeignetes Medium zum effektiven Lernen darstellen. Der zunehmenden Verwendung von Simulationen im Unterricht scheint die implizite Annahme zugrunde zu liegen, dass Simulationen den herkömmlichen Medien im Unterricht überlegen sind. Jedoch fördert nicht unbedingt die beste Simulation per se das Verstehen der Lernenden (Clark, 1994), es kommt vermutlich eher darauf an wie geschickt die Lernenden damit umgehen, um die impliziten Informationen explizit zu machen (Bannert, 2005; Klauer & Leutner, 2007). Dieser Prozess des Wissenserwerbs lässt sich durch strategisches Verhalten beeinflussen.

Im vorliegenden Beitrag geht es um die Frage, wie die Lernenden beim computersimulierten Experimentieren durch geeignete Strategien so unterstützt werden können, dass sie trotz offener Lernumgebung und den vielfältigen Handlungsmöglichkeiten (Klauer & Leutner, 2007) nicht überfordert werden.

Zunächst wird das Lernen durch computersimuliertes Experimentieren vorgestellt. Dabei werden die Lernprozesse und die Schwierigkeiten beim Experimentieren beschrieben und ein Überblick über die Maßnahmen gegeben, die das Experimentieren unterstützen und fördern. Im Anschluss daran wird eine Strategie für das computersimulierte Experimentieren entwickelt und erläutert. Im nächsten Abschnitt wird die Maßnahme des Prompting dargestellt, die das strategische Lernen

fördern soll. Im Weiteren werden auf der Grundlage der entwickelten Strategie Prompts für das computersimulierte Experimentieren beschrieben. Danach wird eine experimentelle Studie vorgestellt, in der der Einfluss der Prompts beim computersimulierten Experimentieren auf den Lernerfolg untersucht wurde. Eine Diskussion und ein Ausblick für zukünftige Forschung schließen den Beitrag ab.

2 Lernen durch computersimuliertes Experimentieren

Das computersimulierte Experimentieren kann als eine spezifische Form des konstruktivistischen Lernens aufgefasst werden, das den Ansätzen des *Scientific Discovery Learning* (de Jong & van Joolingen, 1998; Klahr & Dunbar, 1988) bzw. des *Inquiry Learning* (van Joolingen, de Jong & Dimitrakopoulou, 2007; White, 1993; White & Frederiksen, 1998) zuzuordnen ist und verschiedene Lernprozesse umfasst (vgl. de Jong & Njoo, 1992; Fiedler, Nachmias & Linn, 1990; Klahr & Dunbar, 1988; Rivers & Vockell, 1987). Die Ansätze stützen sich auf Theorien des entdeckenden Lernens (Neber, 1981). Gewöhnlich wird in den Theorien ein Zyklus von verschiedenen Prozessen angenommen: (a) Definieren eines Problems; (b) Formulieren einer Hypothese; (c) Planen, Entwerfen und Durchführen eines Experiments; (d) Sammeln, Analysieren und Interpretieren der Daten; (e) Anwenden der Ergebnisse; (f) Vorhersagen von Ergebnissen weiterer Experimente.

In empirischen Untersuchungen zum *Scientific Discovery Learning* konnten typische Fehler und Schwierigkeiten identifiziert werden. Zum einen haben die Lernenden Schwierigkeiten selbstständig mit Simulationen zu interagieren und die zum erfolgreichen Entdeckungslernen notwendigen Schritte durchzuführen. Die Schwierigkeiten liegen in der systematischen und zielgerichteten Durchführung der einzelnen Handlungen, die beim Experimentieren notwendig sind. Schwierigkeiten bereiten den Lernenden vor allem die Hypothesengenerierung, die Planung und Durchführung der Experimente, die Interpretation der Daten und die Regulation der Lernprozesse (z.B. de Jong & van Joolingen, 1998).

Zum anderen bereitet die Vielzahl an Interaktionsmöglichkeiten, die eine Simulation bietet, den Lernenden Schwierigkeiten. Die Lernenden verwenden beim Experimentieren wichtige Aspekte oft oberflächlich und weniger strukturell. Ebenso erfolgt die Verarbeitung der durch die Interaktionen erzeugten Informationen und deren Integration in die eigene Wissensstruktur nicht so, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt erfolgreich abgerufen und genutzt werden können (z.B. Wirth & Leutner, 2006; siehe auch den Beitrag von Thillmann, Gößling, Wirth und Leutner in diesem Band). Es wird deutlich, dass die Lernenden den Anforderungen beim computersimulierten Experimentieren oftmals nicht gewachsen sind und das Lernen mit Simulationen in vielen Fällen nicht zu dem gewünschten Lernerfolgen führt.

Der Schwerpunkt der Forschung des Scientific Discovery Learning liegt auf der Förderung des strategischen und hypothesengeleiteten Experimentierens. Ein Forschungsansatz beschäftigt sich mit der Unterstützung des Lernens durch die Implementierung verschiedener kognitiver Werkzeuge (Thillmann, 2007) in die jeweilige Lernumgebung. Die Wirksamkeit konnte in empirischen Untersuchungen nachgewiesen werden (vgl. de Jong & van Joolingen, 1998). So wurden den Lernenden zum Beispiel mehrere Hypothesen oder Teile davon zur Auswahl angeboten (z.B. Shute & Glaser, 1990; van Joolingen & de Jong 1993), Experimentierhilfen gegeben (z.B. Rivers & Vockell, 1987), Grafikwerkzeuge zur Verfügung gestellt (z.B. Lewis, Stern & Linn, 1993) sowie Hilfen zur Lernprozessregulation angeboten (z.B. White, 1993; White & Frederiksen, 1990).

Ein anderer Forschungsansatz zielt eher darauf ab, die Lernenden beim Identifizieren von Informationen zu unterstützen (vgl. Wirth, 2004; Wirth & Leutner, 2006). So ist zum Beispiel nach Vollmeyer und Bruns (1996) das computersimulierte Experimentieren dann erfolgreich, wenn das Experimentieren hypothesengeleitet erfolgt, d.h. wenn die Lernenden Hypothesen generieren, diese testen und danach bewerten. Eine vielfach zitierte Technik ist die isolierende Variablenkontrolle, bei der nur der Wert einer einzigen Variablen variiert wird, alle anderen Werte hingegen konstant gehalten werden (Lin & Lehmann, 1999; Tschirgi, 1980). Auch die Zuweisung von Extremwerten einer Variablen kann die Informationsgewinnung erleichtern (Klahr, Dunbar & Fay, 1991). Diese genannten Maßnahmen können als Lerntechniken aufgefasst werden.

Der Prozess des Lernens durch computersimuliertes Experimentieren ist mit dem Identifizieren von Informationen noch nicht abgeschlossen. Die gewonnenen Informationen müssen noch in die eigene Wissensstruktur integriert werden (Wirth, 2004; Wirth & Leutner, 2006). Mit Blick auf die Integration von Informationen können für das computersimulierte Experimentieren bekannte Lerntechniken herangezogen werden (vgl. Baumert & Köller, 1996; Mandl & Friedrich, 1992, 2006). Ein prominenter Ansatz zur Förderung effektiven Lernens ist das Generieren von Selbsterklärungen (Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser, 1989). So empfehlen Gräsel (2006) sowie Krause und Stark (2006) die Lernenden zum Generieren von (Selbst-)Erklärungen anzuhalten, um einer eher passiven und oberflächlichen Verarbeitung des Lerninhalts entgegenzuwirken.

Vorschläge zur externen Speicherung von Informationen durch die Anfertigung von Notizen findet man bei Staub (2006). Die Behaltensleitung lässt sich durch das Anfertigen von Notizen verbessern. Ballsteadt (2006) formuliert Lerntechniken, die beim Zusammenfassen von Texten angewandt werden, wie das Hervorheben und Markieren wichtiger Begriffe, das Zusammenfassen und Verdichten in eigenen Worten und das Verallgemeinern und Generalisieren von Aussagen, die ebenfalls ein tieferes Verstehen und ein langfristiges Behalten des Lerninhalts fördern. Diese Lerntechniken lassen sich auf das computersimulierte Experimentieren übertragen,

denn anhand der Ergebnisse der durchgeführten Experimente müssen Zusammenhänge identifiziert, formuliert und generalisiert werden. Nach Neber (2006) kann auch das Fragenstellen eine effektive Technik sein, um die Aufmerksamkeit zu steuern und die Weiterverarbeitung der Informationen zu fördern.

Während die Lernförderlichkeit einzelner Lerntechniken zum Identifizieren und Integrieren von Informationen in empirischen Untersuchungen nachgewiesen werden konnte, liegt für das computersimulierte Experimentieren bisher noch keine spezifische Lernstrategie vor, die es den Lernenden ermöglicht, erfolgreich mit Simulationen umzugehen. Im Folgenden wird nun eine Strategie für das computersimulierte Experimentieren vorgeschlagen.

3 Eine Strategie für das computersimulierte Experimentieren

Streblow und Schiefele (2006) sprechen von Lernstrategien wenn einzelne Lerntechniken von den Lernenden in einer Lernhandlung gezielt und koordiniert eingesetzt werden. Für die Entwicklung einer Strategie für das computersimulierte Experimentieren genügt es nicht, einzelne Lerntechniken einfach nur zusammenzusetzen, sondern es sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen:

1. Das konzeptuelle Rahmenmodell von Kombartzky, Metz, Plötzner und Schlag (siehe Beitrag in diesem Band), das als Orientierungsrahmen für die Konstruktion der Strategie dient.
2. Die in experimentellen Untersuchungen identifizierten Lernschwierigkeiten, die bei den Lernenden während des computersimulierten Experimentierens auftreten (vgl. Abschnitt 2).
3. Die Lernprozesse, die beim Experimentieren stattfinden (vgl. Abschnitt 2).
4. Die Lerntechniken, die das Identifizieren und Integrieren von Informationen unterstützen (vgl. Abschnitt 2).

Auf der Grundlage dieser Aspekte wurde eine Strategie für das computersimulierte Experimentieren konstruiert. Zusammengefasst zeigt Tabelle 1 die entwickelte Strategie. Beim computersimulierten Experimentieren müssen die zu lernenden Sachverhalte und Informationen erst entdeckt werden, denn sie sind nicht explizit gegeben. Zu Beginn werden die Lernenden in einer Orientierungsphase aufgefordert, sich einen Überblick über potenziell relevante Größen und Zusammenhänge zu verschaffen. Um ein zielgerichtetes Experimentieren anzubahnen, werden die Lernenden dann aufgefordert, Hypothesen über den zu lernenden Sachverhalt aufzustellen. Durch die Hypothesenformulierung werden das Vorwissen der Lernenden aktiviert und die Organisationsprozesse angestoßen. Die Hypothesen leiten anschließend die einzelnen Handlungen.

Ausgehend von den aufgestellten Hypothesen werden die Lernenden in einem weiteren Schritt zur Durchführung von Experimenten aufgefordert. Dabei werden sie zur Anwendung der isolierenden Variablenkontrolle angeregt und zur genauen Beobachtung der Veränderungen von Variablen angehalten. Durch angemessene Operationen werden somit relevante Informationen identifiziert. Mit diesem Schritt werden sowohl Organisations- als auch Selektionsprozesse angeregt. Anschließend werden die Lernenden gebeten, die identifizierten Informationen zu notieren, was wiederum der Organisation dient. Im nächsten Schritt werden die Lernenden aufgefordert, sich die Ergebnisse der Experimente selbst zu erklären und die Erklärungen zu notieren. Ziel des (Selbst-)Erklärens ist es, dass die Lernenden Verknüpfungen mit dem Vorwissen herstellen und sie zu einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand anzuhalten. Dadurch werden die Integrationsprozesse angestoßen.

Auf der Grundlage der notierten Experimentierergebnisse werden die Lernenden angehalten, in weiteren Selektions- und Organisationsprozessen die Daten miteinander zu vergleichen, Zusammenhänge zu identifizieren und diese zu markieren. Im letzten Schritt werden die Informationen reduziert. Die Lernenden werden aufgefordert, die zuvor identifizierten Zusammenhänge in eigene Worte zu fassen und diese zu notieren, um auf dieser Grundlage die Zusammenhänge quantitativ als Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben. Durch das Reduzieren der Informationen werden Transformations- und Integrationsprozesse angestoßen.

Tab. 1: Strategie für das computersimulierte Experimentieren

Lerntechnik	
1.	Überblick über potenziell relevante Größen und Zusammenhänge verschaffen
2.	Hypothesen aufstellen und notieren
3.	Experimente durchführen, dabei immer nur den Wert einer Variable verändern, die durch die Veränderung hervorgerufenen Ergebnisse genau beobachten und die Beobachtungen notieren
4.	Ergebnisse der einzelnen Experimente notieren
5.	Ergebnisse der einzelnen Experimente selbst erklären und die Erklärungen notieren
6.	Daten miteinander vergleichen und Zusammenhänge identifizieren und diese markieren
7.	Zusammenhänge in eigenen Worten formulieren und quantitativ als Gesetzmäßigkeiten beschreiben

Da sich das strategische Lernen bei den Lernenden nicht automatisch einstellt, bedarf es einer Förderung. Bei der Förderung des strategischen Lernens stellt sich die Frage, welche Fördermaßnahmen möglich sind und wie die Förderung realisiert werden kann.

4 Fördern des strategischen Lernens durch Prompts

Nach Friedrich und Mandl (1992, 1997) sowie Bannert (2007) zählt das Prompting (Auffordern) zur *indirekten Förderung* (siehe auch den Beitrag von Bannert und Reimann in diesem Band). Bei der indirekten Förderung werden die Strategien nicht explizit vermittelt, sondern sie werden mittels Prompts, die in die Lernumgebung integriert sind, während des Lernens lediglich angeregt. Dabei werden die Lernenden durch die Prompts aufgefordert, „... innezuhalten und gewisse Aspekte des Lerngegenstands oder ihrer mentalen Aktivitäten mündlich oder schriftlich näher zu erläutern“ (Bannert, 2007, S. 115). Im Gegensatz dazu gehört das Strategietraining bei dem die Strategien explizit genannt, vermittelt und trainiert werden zur *direkten Förderung*.

Die Methode des Prompting basiert auf der Annahme, dass die Lernenden über die erforderlichen Kenntnisse bzw. Fähigkeiten verfügen, das gewünschte Verhalten, im Sinne eines Produktionsdefizits (Hasselhorn, 1996), jedoch nicht spontan zeigen. Beim Prompting ist zu bedenken, dass Prompts mentale Ressourcen beanspruchen und sich somit die kognitive Belastung der Lernenden erhöht. Deshalb ist zu beachten, dass die Prompts nicht zu hohe kognitive Anforderungen an die Lernenden stellen und es während der Lernphase nicht zu einem *overprompting* (Rosenshine, Meister & Chapman, 1996) kommt, damit den Lernenden für die semantische Verarbeitung des Lerngegenstands noch genügend kognitive Kapazitäten zur Verfügung stehen. Die Lernenden sollen ein ausreichendes domänenspezifisches Vorwissen und ausreichende intellektuelle Fähigkeiten besitzen und anhand ihres kognitiven Entwicklungsstands in der Lage sein, die angebotenen Prompts lerneffektiv zu nutzen (vgl. Bannert, 2007).

Häufig werden den Lernenden Prompts direkt an lernrelevanten Stellen (Bannert, 2007) oder zu einem bestimmten Zeitpunkt (Thillmann, 2007) während der Lernphase dargeboten. Im Folgenden werden diese Prompts als *temporäre Prompts* bezeichnet. Die Art der temporären Prompt-Darbietung hat den Vorteil, dass sie den Lernenden kognitiv entlastet, weil nur an spezifischen Stellen während der Lernphase die dafür relevante Aufforderung gezeigt wird. Die Wirksamkeit von temporären Prompts, die unterschiedlich fokussiert waren, wurde in verschieden Studien bestätigt (Aleven & Koedinger, 2002; Bannert, 2005, 2007; Chi, De Leeuw, Chiu & La Vancher, 1994; Lin & Lehmann, 1999; Thillmann, 2007).

Im weitesten Sinne werden auch Leitfragen (Bannert, 2007) und Arbeitshilfen (Unz, 2000) unter Prompts subsummiert, die den Lernenden zu Beginn einer Lernphase erläutert werden und ihnen während der gesamten Lernphase zur Verfügung stehen. Im Folgenden werden diese Prompts als *permanente Prompts* bezeichnet. In der Studie von Unz (2000) hatten die dargebotenen Arbeithilfen einen Einfluss auf die aufgabenadäquate Navigation, nicht aber auf den Lernerfolg. Unz (2000) erklärte dies zum einen damit, dass ca. ein Drittel der Lernenden die Arbeithilfen nicht nutzten und zum anderen damit, dass die Arbeithilfen zusätzliche Ressourcen in Anspruch nahmen.

5 Prompts für das computersimulierte Experimentieren

Analysiert man die Strategie für das computersimulierte Experimentieren, so beinhaltet die Strategie einerseits Aufforderungen zur Durchführung von bestimmten Handlungen, andererseits Aufforderungen zur Verarbeitung von Informationen. Eine Voraussetzung für erfolgreiches Experimentieren ist ein zielgerichtetes und strukturiertes Vorgehen. Die Anleitung der Schritte zum Entdeckungslernen kann durch die Darbietung von Prompts erfolgen. Durch diese Prompts werden die Lernenden aufgefordert, Hypothesen aufzustellen, Experimente durchzuführen, Ergebnisse der Experimente zu notieren, Zusammenhänge zu identifizieren und quantitativ als Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben. Die Prompts steuern und strukturieren den Prozess des computersimulierten Experimentierens und regen die Lernenden zu bestimmten Handlungen an. Im Folgenden werden diese Prompts als *Handlungsprompts* bezeichnet. Die von Unz (2000) verwendeten Arbeitshilfen waren als Handlungsprompt konzipiert, die den Prozess der Informationssuche beim hypermedialen Lernen strukturieren. Sie konnte zeigen, dass die dargebotenen Prompts die Handlungsprozesse unterstützen und das strukturierte Vorgehen der Lernenden beeinflussen, nicht aber den Lernerfolg. Handlungsprompts tragen somit wenig zur Elaboration bei.

Die Effektivität des Lernens hängt davon ab, wie intensiv sich die Lernenden mit dem Lerninhalt auseinandersetzen. Es ist deshalb notwendig, dass die Lernenden sich vertieft mit dem Lerngegenstand beschäftigen. Dies kann wiederum durch die Darbietung von Prompts angestoßen werden. Die Lernenden werden durch diese Prompts aufgefordert, gewisse Aspekte des Lerngegenstands näher zu erläutern, Zusammenhänge zu markieren und in eigenen Worten zu fassen. Dadurch wird das Vorwissen aktiviert und neue Informationen werden in bestehende Wissensstrukturen integriert, was zu einem tieferen Verstehen und besseren Behalten führt sowie einen späteren Abruf erleichtert. Im Folgenden werden diese Prompts als *Verarbeitungsprompts* bezeichnet.

Für die Konstruktion der Prompts für das computersimulierte Experimentieren sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen:

1. Die entwickelte Strategie (vgl. Tabelle 1).
2. Die Unterscheidung zwischen Handlung und Verarbeitung bzw. Handlungs- und Verarbeitungsprompts.
3. Der Kontext in dem das Experimentieren eingebettet ist.
4. Der kognitive Entwicklungsstand der Lernenden.

Auf der Grundlage dieser zu berücksichtigenden Aspekte wurden Handlungs- und Verarbeitungsprompts konstruiert. Beispiele für Handlungsprompts und Verarbeitungsprompts sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Beispiele für Handlungsprompts und Verarbeitungsprompts

Handlungsprompts	**Verarbeitungsprompts**
Stelle Vermutungen auf hinsichtlich der Spannung, der Stromstärke und der Helligkeit der Glühlampen. Benutze hierfür den Notizblock! Schreibe deine Vermutungen auf und überprüfe diese durch Experimente!	Erkläre dir die Ergebnisse. Schreibe deine Erklärungen auf!
Führe Experimente durch! Verändere immer nur einen Wert!	Formuliere mit eigenen Worten einen Ergebnissatz für die Spannung und die Stromstärke!
Trage die Ergebnisse in das Messprotokoll ein!	

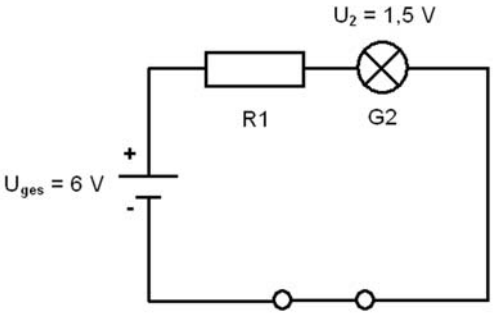
Durch die Darbietung von Prompts während des Lernprozesses wird eine erfolgreiche Beschäftigung der Lernenden mit Simulationen angebahnt. Erfolgreiches Lernen zeichnet sich dadurch aus, wie die Lernenden in der Lage sind, das erworbene Wissen abzurufen und zu nutzen. Zur Einschätzung des Lernerfolgs lässt sich das erworbene Wissen in Anlehnung an Bloom (1972) und Roth (1971) drei Anforderungsbereichen auf unterschiedlichem Niveau zuordnen: (1) *Wissen wiedergeben*; (2) *Wissen anwenden*; (3) *Wissen transferieren und verknüpfen*. Die Komplexität der Wissensanforderung steigt von Bereich zu Bereich. Beispiele für Items aus dem Vortest bzw. Nachtest zu den einzelnen Anforderungsbereichen finden sich in Tabelle 3.

Tab. 3: Beispiele für Items aus dem Vortest bzw. Nachtest zu den einzelnen Anforderungsbereichen

Wissen wiedergeben
Welche allgemeine Formel gilt für die Spannung bei der Reihenschaltung?

Wissen anwenden
Peter will Ersatzglühlampen für seine Lichterkette kaufen, die direkt an die Steckdose (230 V) angeschlossen wird. Im Laden findet er Glühlampen mit verschiedenen Voltangaben. Seine Lichterkette hat 100 Glühlampen. Welche Glühlampen mit welcher Voltangabe muss Peter wohl kaufen?

Wissen transferieren und verknüpfen
Die Glühlampe G1 wird nun ersetzt durch einen Widerstand R1. An der Glühlampe G2 liegt eine Spannung von U_2 = 1,5 V an. Die Spannung an der Spannungsquelle beträgt U_{ges} = 6 V, die Stromstärke beträgt I_{ges} = 15 mA. Berechne den Widerstandswert für den Widerstand R1.



Die geringste Anforderung an die Lernenden stellt der Anforderungsbereich *Wissen wiedergeben*. Beim Wiedergeben des Wissens wird den Lernenden in der Erinnerungssituation ein Verhalten abverlangt, das dem Verhalten in der Lernsituation ähnlich ist. In der Lernsituation speichern die Lernenden die Informationen in ihrem Gedächtnis und erinnern sich später an diese Informationen. Fakten und Sachverhalte werden in der Erinnerungssituation lediglich reproduziert. Gegenüber dem Anforderungsbereich *Wissen wiedergeben* stellt der Bereich *Wissen anwenden* an die Lernenden höhere Anforderungen. Die Aufgabe der Lernenden besteht darin, ihr Wissen in einfachen Kontexten abzurufen und anzuwenden und dabei einfache Sachverhalte zu identifizieren und zu nutzen. Das eigentliche Ziel des Lernens ist nicht, das Gelernte nur im Besitz zu haben und es anzuwenden, sondern es auf ähnliche, neue Situationen zu übertragen. Der Anforderungsbereich *Wissen transferieren und verknüpfen* stellt demnach die höchste Anforderung an die Lernenden. Beim Transferieren und Verknüpfen von Wissen müssen die Lernenden, die in der Lernsituation im Gedächtnis gespeicherten Informationen auf Situationen übertragen, die sie während des Lernprozesses so noch nicht kennengelernt haben (vgl. Bloom, 1972; Roth, 1971).

Wird das durch das computersimulierte Experimentieren erworbene Wissen der Lernenden zu einem späteren Zeitpunkt wieder abgerufen, wirken sich Handlungs-

prompts, so die Annahme, infolge der strukturierenden und wenig elaborativen Eigenschaft eher auf einfache Wissensanforderungen, wie dem Wiedergeben von Wissen, aus. Verarbeitungsprompts hingegen haben infolge ihrer elaborativen Eigenschaft einen Einfluss auf komplexere Wissensanforderungen. Erhalten die Lernenden Verarbeitungsprompts, so gelingt es ihnen durch die vertiefte Beschäftigung mit dem Lerngegenstand eher, das erworbene Wissen in einfachen Kontexten anzuwenden und auf andere Sachverhalte zu transferieren. Werden beide Arten von Prompts den Lernenden dargeboten, führt dies, so die Annahme, zu besseren Lernergebnissen.

Aus diesen Annahmen ergibt sich die Erwartung, dass die permanente Darbietung von Handlungs- und Verarbeitungsprompts im Gegensatz zur permanenten Darbietung von Handlungsprompts beim computersimulierten Experimentieren zu einem höheren Lernerfolg führt, je komplexer die Wissensanforderung ist, die an die Lernenden gestellt wird. Diese Hypothese soll im folgenden Experiment überprüft werden.

6 Experimentelle Überprüfung

Zur experimentellen Überprüfung der Hypothese eignet sich der naturwissenschaftlich-technische Bereich besonders gut, da es sich um eine formale und gut strukturierte Domäne handelt. Eine herausragende Stellung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich nimmt das Experimentieren ein. Die Struktur des Experimentierens lässt sich durch die Darbietung von Handlungsprompts unterstützen. Durch diese Unterstützung ist aber noch nicht klar, wie die generierten Informationen zu verarbeiten sind. Um die Verarbeitung der Informationen anzuregen und zu unterstützen, werden den Lernenden darüber hinaus noch Verarbeitungsprompts dargeboten.

Kenntnisse über elektrische Schaltungen und Zusammenhänge von Strom, Spannung und Widerstand sind u.a. eine grundlegende Voraussetzung für das Verständnis moderner Technik (Kruse, 2003). Die Zusammenhänge werden bei der Reihen- und Parallelschaltung quantitativ als Gesetze formuliert. In der Praxis des Technikunterrichts werden im Bereich der Elektrotechnik bei Schaltungen die Gesetze des Öfteren angewandt. Um die technischen Sachverhalte und Einsichten im Unterricht zu vermitteln, stehen neben den realen Experimentierumgebungen auch computersimulierte Experimentierumgebungen zur Verfügung.

Um zu untersuchen, wie sich die Prompts beim computersimulierten Experimentieren auf den Lernerfolg auswirken, wurde eine Lernumgebung zur Erschließung der Gesetzmäßigkeiten bei der Reihenschaltung konzipiert. Als Computerprogramm wurde das Simulationsprogramm Crocodile Physics 1.7 DE eingesetzt. Crocodile

Physics ist als virtueller Experimentierbaukasten (Heuer, 2003) konzipiert. Basierend auf Crocodile Physics 1.7 DE wurde für die Lernphase eine interaktive Lektion Reihenschaltung erstellt, die aus insgesamt vier Teilen besteht. Der erste Teil enthält eine kurze Einführung in die Thematik und Hinweise zur Navigation durch die Lektion. Der zweite Teil beinhaltet den Arbeitsauftrag und die Schaltpläne verschiedener Reihenschaltungen. Der dritte Teil steht für den Schaltungsaufbau bzw. für die Schaltungssimulation und zur Durchführung der Experimente zur Verfügung. Der letzte Teil dient zur quantitativen Beschreibung der Gesetzmäßigkeit bei der Reihenschaltung.

Die Prompts wurden in die Lektion als sogenannter Ablaufplan implementiert und den Lernenden als permanente Prompts dargeboten, d.h. in jedem Teil der Lektion stehen den Lernenden die zugehörigen Prompts während der gesamten Lernphase zur Verfügung. Ebenso wurde im dritten und vierten Teil der Lektion ein Notizblock implementiert. Dieser soll die Lernenden beim hypothesengeleiteten Experimentieren und bei der quantitativen Beschreibung der Gesetzmäßigkeiten unterstützen. Abbildung 1 zeigt exemplarisch den dritten Teil der Lektion Reihenschaltung.

An der Untersuchung nahmen insgesamt 39 Mädchen und 92 Jungen der Klassenstufe 9 aus 5 verschiedenen Hauptschulen in Baden-Württemberg teil. Ihr Altersdurchschnitt betrug ca. 15 Jahre (M = 14.53, SD = 0.87). Die Schülerinnen und Schüler besaßen alle Grundkenntnisse hinsichtlich der Elektrizitätslehre aus der Klassenstufe 8, wobei in keiner der teilnehmenden Schulklassen die Reihen- und Parallelschaltung im Unterricht behandelt worden war. Die Schülerinnen und Schüler wurden zwei Gruppen zugeteilt. Eine Gruppe erhielt Handlungsprompts, während die andere Gruppe Handlungs- und Verarbeitungsprompts erhielt.

Um große Varianzen zwischen den Schülerinnen und Schülern beider Gruppen hinsichtlich des domänenspezifischen Grundlagenwissens auszuschließen, erfolgte die Zuteilung zu den experimentellen Bedingungen nach dem Matching-Verfahren (Bortz & Döring, 1995). Die Schülerinnen und Schüler innerhalb einer Klasse wurden anhand der Mittelwerte zum *Grundlagenwissen* aus dem Vortest (vgl. Tabelle 4) der Gruppe mit den Handlungsprompts (M = 8.35, SD = 2.51) bzw. der Gruppe mit den Handlungs- und Verarbeitungsprompts (M = 8.04, SD = 2.58) im Matching-Verfahren zufällig zugeordnet. Die Gruppe mit den Handlungsprompts besteht aus 60 Schülerinnen und Schülern (14 Mädchen und 46 Jungen), die Gruppe mit den Handlungs- und Verarbeitungsprompts besteht aus 61 Schülerinnen und Schülern (21 Mädchen und 40 Jungen).

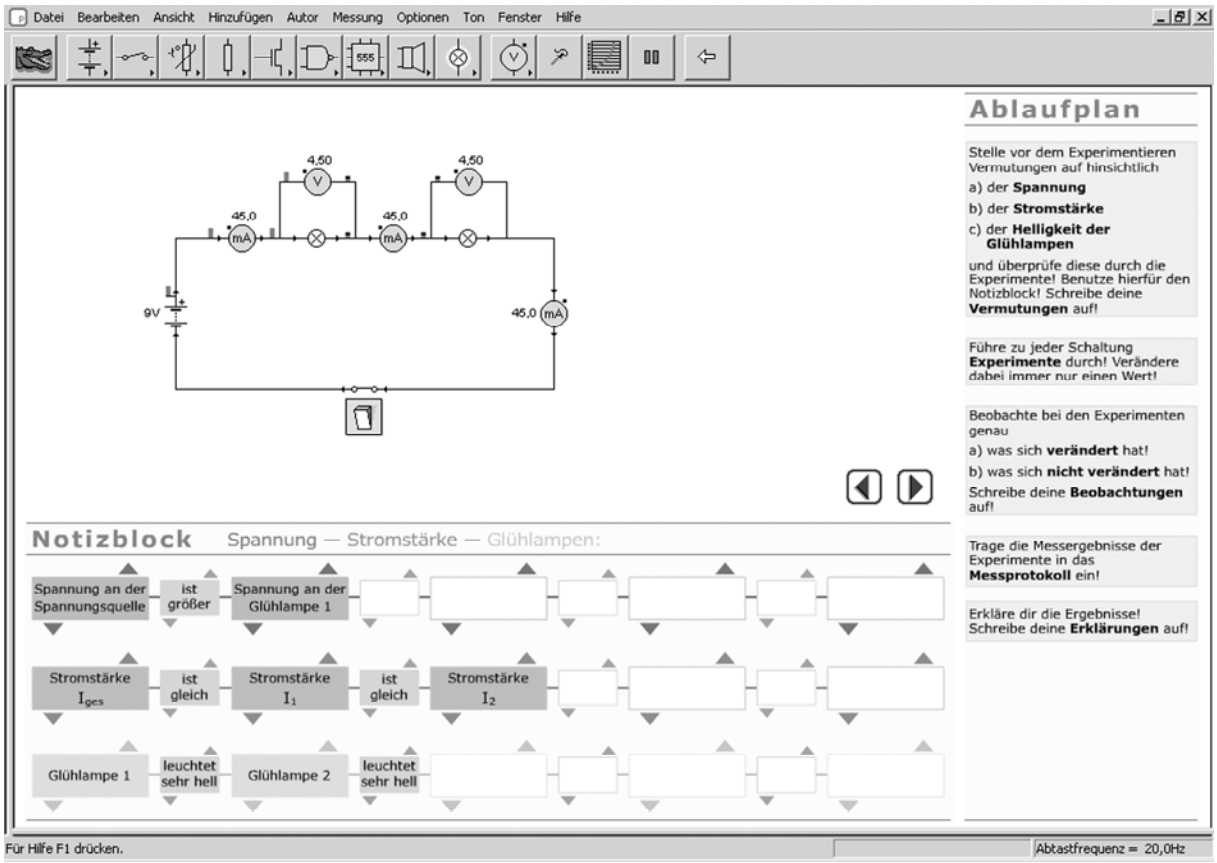


Abb. 1: Dritter Teil der Lektion Reihenschaltung mit Ablaufplan, Notizblock und aufgebauter Schaltung auf der Simulationsfläche

Für die Untersuchung wurde das Programm Crocodile Physics 1.7 DE und die interaktive Lektion Reihenschaltung auf den schulinternen Computern installiert. Jeder Schülerin und jedem Schüler stand während der gesamten Studie ein eigener Computerarbeitsplatz zur Verfügung. Die Schülerinnen und Schüler arbeiteten selbstständig die Lektion Reihenschaltung durch und führten Experimente durch. Die Lernzeit wurde für beide Gruppen konstant gehalten und betrug 45 Minuten. Während der Lernphase wurden die Schülerinnen und Schüler durch die Prompts aufgefordert, die Ergebnisse ihrer Bearbeitungen auf Protokollblätter zu notieren. Die Protokollblätter dienen zur Erfassung der Strategieumsetzung.

Vor und nach dem computersimulierten Experimentieren wurde den Schülerinnen und Schülern ein Vor- bzw. Nachtest zur Bearbeitung vorgelegt. Beide Tests waren identisch. Sie wurden auf die Lernziele des Lernmaterials bezogen konstruiert und beinhalteten Items zum domänenspezifischen *Grundlagenwissen* (11 Items). Ebenso wurden in Anlehnung an Bloom (1972) und Roth (1971) Items zu folgenden Anforderungsbereichen entwickelt: *Wissen wiedergeben* (8 Items), *Wissen anwenden* (5 Items), *Wissen transferieren und verknüpfen* (7 Items) (vgl. Tabelle 3). Der Test bestand somit aus insgesamt 31 Items mit verschiedenen Aufgabentypen (offene

Freiantwortaufgaben (verbal / zeichnerisch), Forced-Choice-Aufgaben und Zuordnungsaufgaben). Da die Ratewahrscheinlichkeit bei Forced-Choice-Aufgaben besonders groß ist (Lienert, 1969), wurde für jedes Item vier Antwortalternativen konstruiert und eine zusätzliche fünfte Antwortkategorie „weiß ich nicht" angeboten.

Die deskriptiven Werte des Vor- und Nachtests sind in Tabelle 4 dargestellt. Im Durchschnitt konnten die Schülerinnen und Schüler im Nachtest 9.42 (SD = 5.41) Items mehr richtig beantworten als im Vortest. Diese Differenz ist statistisch bedeutsam ($t(120) = -19.16$, $p < .01$) und mit $d = 1.80$ als starker Effekt zu betrachten.

Tab. 4: Relative und absolute Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) des Vor- und Nachtests getrennt nach Grundlagenwissen und Anforderungsbereichen

	Vortest		**Nachtest**	
	M	*SD*	*M*	*SD*
Grundlagenwissen				
Handlungsprompts	8.35 (76%)	2.51	9.07 (83%)	2.06
Handlungs- und Verarbeitungsprompts	8.04 (73%)	2.58	9.63 (88%)	1.78
Anforderungsbereich: *Wissen wiedergeben*				
Handlungsprompts	2.48 (31%)	1.96	5.22 (65%)	1.71
Handlungs- und Verarbeitungsprompts	2.65 (33%)	1.92	6.79 (85%)	1.35
Anforderungsbereich: *Wissen anwenden*				
Handlungsprompts	1.13 (23%)	1.29	2.77 (55%)	1.38
Handlungs- und Verarbeitungsprompts	1.17 (23%)	1.23	4.43 (89%)	0.86
Anforderungsbereich: *Wissen transferieren und verknüpfen*				
Handlungsprompts	1.51 (22%)	1.69	2.79 (40%)	1.76
Handlungs- und Verarbeitungsprompts	1.50 (22%)	1.59	4.69 (67%)	1.70

Da das Geschlecht der Schülerinnen und Schüler durch das Matching-Verfahren in den Gruppen nicht ausbalanciert war, wurde überprüft, ob sich das Geschlecht auf den Lernerfolg im Nachtest auswirkt. Der Lernerfolg im Nachtest ist bei den Schülern ($M = 23.28$, $SD = 5.21$) größer als bei den Schülerinnen ($M = 21.33$, $SD =$

5.86). Die Überprüfung wurde mit Hilfe eines t-Tests durchgeführt. Das Geschlecht wirkt sich statistisch nicht signifikant auf den Lernerfolg aus ($t(124) = -1.85$, *n.s.*). Das Geschlecht wurde somit in der weiteren Analyse nicht berücksichtigt.

Um Aussagen darüber zu machen, ob die Gruppe mit den Handlungs- und Verarbeitungsprompts einen höheren Lernerfolg aufweist als die Gruppe mit den Handlungsprompts, wurde eine multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. In die Analyse gingen neben dem Messzeitpunkt die Gruppenzugehörigkeit sowie als abhängige Variable der Lernerfolg ein. Auf der multivariaten Ebene ist der Haupteffekt für den Messzeitpunkt ($F(1,120) = 494.88$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .81$) und für die Gruppenzugehörigkeit ($F(1,120) = 11.34$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .09$) bedeutsam. Die Wechselwirkung zwischen Messzeitpunkt und Gruppenzugehörigkeit ($F(1,120) = 43.45$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .27$) ist ebenfalls statistisch signifikant.

Auf der univariaten Ebene wurde zur weiteren Analyse der signifikanten Effekte die Auswirkungen der Prompts bezüglich des Grundlagenwissens und den jeweiligen Anforderungsbereichen mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet. Als unabhängige Variable gingen die Arten der Prompts und als abhängige Variable die Wissensarten in die Analyse ein. Es lässt sich feststellen, dass der Effekt der unterschiedlichen Prompts hinsichtlich des *Grundlagenwissens* ($F(1,120) = .10$, *n.s.*) statistisch nicht signifikant ist. Bezüglich der Anforderungsbereiche *Wissen wiedergeben* ($F(1,120) = 9.39$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .07$), *Wissen anwenden* ($F(1,120) = 21.15$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .15$) und *Wissen transferieren und verknüpfen* ($F(1,120) = 12.17$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .09$) lassen sich signifikante Unterschiede feststellen.

Die Protokollblätter der Schülerinnen und Schüler zur Erfassung der Strategieumsetzung wurden von zwei unabhängigen Korrektoren ausgewertet. Die Übereinstimmung zwischen den Korrektoren (Intra-Klassen-Korrelationen, $ICC(3,k)$) betrug $ICC = .94$ ($p = .00$). Die Strategieumsetzung korreliert signifikant positiv mit dem Nachtest ($r = .60$, $p < .01$). Von Bedeutung für den Lernerfolg ist vor allem das (Selbst-)Erklären der beobachteten Resultate beim Experimentieren. Das (Selbst-)Erklären und der Lernerfolg korrelieren signifikant miteinander ($r = .46$, $p < .01$).

7 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass die Lernergebnisse durch die Prompts verbessert werden konnten. Die besten Lernergebnisse wurden dann erreicht, wenn den Lernenden sowohl Handlungs- als auch Verarbeitungsprompts zur Verfügung standen. Der Lernzuwachs ist bei der Gruppe mit den Handlungsprompts geringer als bei der Gruppe mit den Handlungs- und Verarbeitungsprompts.

Bei den Aufgaben zum *Grundlagenwissen* schnitten beide Gruppen im Nachtest besser ab als im Vortest. Dies ist damit zu erklären, dass sich das *Grundlagenwissen* der Schülerinnen und Schüler zum einen durch die Lernphase stabilisiert hat und dass zum anderen Fehler korrigiert wurden. Bei den Aufgaben zu den einzelnen Anforderungsbereichen konnte bei den Lernenden beider Gruppen ein Wissenszuwachs verzeichnet werden. Die Gruppe mit den Handlungs- und Verarbeitungsprompts lernte mehr. Am stärksten war der Zugewinn beim *Wissen anwenden*. Der Zugewinn beim *Wissen transferieren und verknüpfen* war geringer als beim *Wissen anwenden*. Dies ist damit zu erklären, dass die Items zu diesem Anforderungsbereich zu schwer waren und die Lernenden mehr Lernzeit benötigt hätten.

Betrachtet man die Protokolle der Schülerinnen und Schüler zur Erfassung der Strategieumsetzung, so ist festzustellen, dass jene Schülerinnen und Schüler im Nachtest besser abschnitten, die die Lerntechniken ausführten. Vor allem das (Selbst-) Erklären der beobachteten Resultate beim Experimentieren führte zu deutlich besseren Lernergebnissen. Schülerinnen und Schüler, die das Erklären nicht durchführten, verzeichneten einen geringeren Lernerfolg. Dieses Ergebnis unterstreicht die Wirksamkeit des Generierens von Selbsterklärungen, wie es in verschiedenen Studien belegt werden konnte (vgl. Chi et al., 1989, 1994).

Anders als in der Studie von Unz (2000) konnte hier gezeigt werden, dass *permanente Prompts* einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg haben. Besonders dann, wenn die Lernenden zusätzlich zu den Handlungsprompts noch Verarbeitungsprompts erhalten und sie zur Nutzung und Umsetzung der Prompts angehalten werden.

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Arbeit wäre weiter festzustellen, ob die Lernenden von den Prompts auch längerfristig profitieren. Dazu wäre der Lernerfolg nicht nur direkt nach der Lernphase zu diagnostizieren, sondern auch zu einem späteren Zeitpunkt. Ebenso wäre die Wirksamkeit der Prompts auf weitere computersimulierte Experimentierumgebungen mit anderen Inhaltsbereichen zu überprüfen.

Weiterhin wäre noch zu überprüfen, ob sich durch die Darbietung von *temporären Prompts*, d.h. die Darbietung an lernrelevanten Stellen bzw. zu einem bestimmten Zeitpunkt, der Lernerfolg noch erhöhen lässt. Somit könnte einer Erhöhung der kognitiven Belastung der Lernenden durch die Prompts und einem *Overprompting* entgegengewirkt werden.

Hinsichtlich der permanenten Prompt-Darbietung stellt sich die Frage, ob und wie sich *permanente Prompts* von Arbeitsanweisungen und Arbeitsanleitungen unterscheiden. Darüber hinaus stellen sich mit Blick auf die Übertragbarkeit der Prompts auf reale Experimentierumgebungen noch die Fragen, ob die Prompts auch beim Lernen mit realen Experimentierumgebungen zu einer Verbesserung der Lerner-

gebnisse führen und ob das Lernen mit realen Experimentierumgebungen andere Prompts als das Lernen mit Simulationen erfordern.

Literatur

Aleven, V.A.W.M.M. & Koedinger, K. R. (2002). An effective metacognitive strategy. Learning by doing and explaning with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science, 26*, 147-179.

Ballstaedt, S.-P., (2006). Zusammenfassen von Textinformationen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 118-126). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Bannert, M. (2005). Explorationsstudie zum spontanen metakognitiven Strategie-Einsatz in hypermedialen Lernumgebungen. In C. Artelt & B. Moschner (Hrsg.), *Lernstrategien und Metakognition. Implikationen für Forschung und Praxis* (S. 129-153). Münster: Waxmann Verlag.

Bannert, M (2007). *Metakognition beim Lernen mit Hypermedien. Erfassung, Beschreibung und Vermittlung wirksamer metakognitiver Strategien und Regulationsaktivitäten*. Münster: Waxmann Verlag.

Baumert, J. & Köller, O. (1996). Lernstrategien und schulische Leistungen. In J. Möller & O. Köller (Hrsg.), *Emotionen, Kognitionen und Schulleistungen* (S. 137-154). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Bloom, S. B. (Hrsg.) (1972). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich* (1. Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag.

Bortz, J. & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin: Springer Verlag.

Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P. & Glaser, R. (1989). Self-Explanations. How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science, 13*, 145-182.

Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M.-H. & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science, 18*, 439-477.

Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development, 42,* 21-29.

de Jong, T. (2005). The guides discovery principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 215-228). New York: Cambridge University Press.

de Jong, T. & Njoo, M. (1992). Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved. In E. de Corte, M. Linn, H. Mandl & L. Verschaffel (Eds.), *Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 441-429). Berlin: Springer Verlag.

de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research, 68*, 179-202.

Fiedler, Y., Nachmias, R. & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Jounal of Research in Science Teaching, 27*, 173-191.

Fies, H. (2000). Simulationsprogramme für den Technikunterricht. In. B. Sachs & C. Sachs (Hrsg.), *Neues Lernen mit neuen Mitteln* (S. 54-66). Hamburg: Kovac Verlag.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriß. In H. Mandl & F. H. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien* (S. 3-54). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung* (Vol. 4, S. 237-295). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, *41*, 867-888.

Gräsel, C. (2006). Lernstrategien in Lernumgebungen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 325-333). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Hasselhorn, M. (1996). *Kategoriales Organisieren bei Kindern. Zur Entwicklung einer Gedächtnisstrategie.* Göttingen: Hogrefe Verlag.

Heuer, D. (2003). Spannung und Ströme in elektrischen Stromkreisen – mit interaktiven Modellbildungs-Simulationen vertieft. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 52*(7), 27-34.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitiv Science, 12*, 1-48.

Klahr, D., Dunbar, K. & Fay, A. L. (1991). Designing experiments to test ‚bad' hypotheses. In J. Shrager & P. Langley (Eds.), *Computational models of discovery and theory formation* (pp. 355-401). San Mateo, CA: Morgan-Kaufman.

Klauer, K. J. & Leutner, D. (2007). *Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie.* Weinheim: Beltz Verlag.

Krause, U.-M. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 38-49). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Kruse, S. (2003). Multimedialer Technikunterricht. Eine Unterrichtseinheit mit Alltagsbezug. *tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, 109*, 15-21.

Leutner, D. (1990). Simulation und Modellbildung. In Deutsches Institut für Fernstudien (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit dem Computer, Bd.1: Computereinsatz im Fachunterricht* (S. 22-52). Tübingen: Deutsches Institut für Fernstudien.

Lewis, E. L., Stern, J. L. & Linn, M. C. (1993). The effect of computer simulations on introductory thermodynamics understanding. *Educational Technology, 33*, 45-58.

Lienert, G. A. (1969). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz Verlag.

Lin, X. & Lehmann, J. D. (1999). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching, 36*, 837-858.

Mandl, H. & Friedrich, F. H. (Hrsg.). (1992). *Lern- und Denkstrategien*. Göttingen: Hogrefe Verlag.

Mandl, H. & Friedrich, F. H. (Hrsg.). (2006). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe Verlag.

Neber, H. (Hrsg.). (1981). *Entdeckendes Lernen* (3. Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag.

Neber, H. (2006). Fragenstellen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 50-58). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Rivers, R. H. & Vockell, E. (1987). Computer simulations to simulate scientific problem solving. *Journal of Research in Scientific Teaching, 24*, 403-415.

Rosenshine, B., Meister, C. & Chapman, S. (1996). Teaching students to generate questions: A review of the intervention studies. *Review of Educational Research, 66*, 181-221.

Roth, H. (1971). Die Lern- und Erziehungsziele und ihre Differenzierung nach entwicklungs- und Lernstufen. *Die Deutsche Schule, 63* (2), 67-74.

Shute, V. J. & Glaser, R. (1990). A large-scale evaluation of an intelligent discovery world: Smithtown. *Interactive Learning Environments, 1*, 51-77.

Staub, F. C. (2006). Notizenmachen: Funktionen, Formen und Werkzeugcharakter von Notizen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 59-71). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Streblow, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 353-364). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Thillmann, H. (2007). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung*. Verfügbar unter: http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-18970/Dissertation_Thillmann_online-Version.pdf [26.05.08].

Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development, 51*, 1-10.

Unz, D. (2000). *Lernen mit Hypertext. Informationssuche und Navigation*. Münster: Waxmann Verlag.

Urhahne, D., Prenzel, M., von Davier, M., Senkbeil, M. & Bleschke, M. (2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6*, 157-186.

van Joolingen, W. R. & de Jong, T. (1993). Exploring a domain through a computer simulation: Traversing variable and relation space with the help of a hypothesis scratchpad. In D. Towne, T. de Jong & H. Spada (Eds.), *Simulation-based experiential learning* (pp. 191-206). Berlin: Springer Verlag.

van Joolingen, W. R., de Jong, T. & Dimitrakopoulou, A. (2007). Issues in computer supported inquiry learning in science. *Journal of Computer Assisted Learning, 23*, 111-119.

Vollmeyer, R. & Bruns, B. D. (1996). Hypotheseninstruktion und Zielspezifität: Bedingungen, die das Erlernen und Kontrollieren eines komplexen Systems beeinflussen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie, 43*, 657-683.

White, B. Y. (1993). ThinkerTools: Causual models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction, 10*, 1-100.

White, B. Y. & Frederiksen, J. R. (1990). Causal model progressions as a foundation for intelligent learning environments. *Artificial Intelligence, 42*, 99-157.

White, B. Y. & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction, 16*, 3-118.

Wirth, J. (2004). *Selbstregulation von Lernprozessen*. Münster: Waxmann Verlag.
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 Verlag.

Reinhold Haug, Timo Leuders

Erwerb von Problemlösetechniken beim Lernen mit Modellierungswerkzeugen[1]

Zusammenfassung

Ziel des Lernens mit computergestützten Werkzeugen (wie z.B. einem Dynamischen Geometrie-System) sind sowohl der effektive Wissensaufbau als auch der Erwerb allgemeiner heuristischer Kompetenzen. Allerdings erweisen sich offene Lernumgebungen mit solchen Werkzeugen oft als wenig lernförderlich, weil diese Schülerinnen und Schülern nicht genügend Orientierung, Strukturierung und Unterstützung bieten. In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, auf welche Weise ein computergestütztes mathematisches Werkzeug in Verbindung mit einer stärker vorstrukturierenden und zugleich Reflexionen anregenden Lernumgebung den selbstständigen Erwerb grundlegender domänenspezifischer Problemlösetechniken fördert. In einer Interventionsstudie mit 138 Hauptschülerinnen und -schülern wird exemplarisch nachgewiesen, dass die Anleitung zur Reflexion der Lernprozesse in Form von Schülerprotokollen sowie ein konsequenter Medienwechsel zwischen Computer und Papier zu einer Leistungszunahme in den Problemlösetechniken „Vermutungen aufstellen", „Hilfslinien verwenden" und „Invarianten erkennen" führt. Damit werden Hinweise auf die effektive Gestaltung von computergestützten Lernumgebungen für den Mathematikunterricht gewonnen.

1 Einleitung

In den letzten Jahren haben sich die Nutzungsmöglichkeiten von Computern im Unterricht und speziell im Mathematikunterricht kontinuierlich erweitert. Die Zahl an Unterrichtskonzepten und Lernsoftware auch für die häusliche Verwendung wächst beständig. Die Auseinandersetzung mit der Frage nach einem „vernünftigen" Einsatz des Computers im Mathematikunterricht ist allerdings bei weitem noch nicht abgeschlossen. Die Diskussion in der deutschen wie internationalen Fachdidaktik Mathematik wird intensiv geführt (z.B. Barzel, Hußmann & Leuders, 2005; Hischer, 2000, 2002; Hole, 1998; Weigand & Weth, 2002). Dabei wird in

[1] Die vorgestellten Forschungsarbeiten wurden im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden" vom Land Baden-Württemberg gefördert.

den didaktischen Publikationen die prinzipielle Frage, *ob* Computer im Mathematikunterricht einbezogen werden sollten, weitgehend affirmativ beantwortet. Die Auffassungen, *wie* ein gelingender Einsatz aussieht, sind jedoch noch weit gespannt und wenig empirisch abgesichert.

Sowohl bei der didaktischen Konzeption als auch bei der empirischen Evaluation von schulischen Lernprozessen mit Computerunterstützung muss dem Zusammenspiel verschiedener Kompetenzaspekte Rechnung getragen werden: Werkzeugspezifisches Wissen, fachliches Wissen sowie Problemlösefähigkeiten sind sowohl Voraussetzung als auch Ziel der Gestaltung von Lernprozessen. Dieser Beitrag befasst sich speziell mit der Frage, inwieweit computergestützte Werkzeuge (hier am Beispiel sogenannter Dynamischer Geometrie-Systeme, DGS) in der Lage sind, die Entwicklung von grundlegenden Problemlösetechniken zu fördern. Er beschreibt das Lernen mit solchen Systemen aus der allgemeinen Perspektive des Lernens mit Animationen und Simulationen und spezifiziert den Begriff des „Modellierungswerkzeugs“. Ausgehend von einer Übersicht über die empirischen Befunde zu den Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit solchen Werkzeugen wird eine Lernumgebung vorgestellt, die den systematischen Aufbau von Problemlösefähigkeiten – im Rahmen des regulären curricularen fachlichen Lernens zum Thema „Spiegelungen“ – unterstützen soll. Schließlich berichten wir von den ersten Ergebnissen einer Interventionsstudie, in der dieser Typ von computergestützter Lernumgebung auf seine Wirksamkeit hin untersucht wurde.

2 Mathematiklernen mit Modellierungswerkzeugen

2.1 Der Werkzeugbegriff aus Sicht des Mathematiklernens

Der Computer ist in den letzten Jahrzehnten für die Mathematik und speziell für das schulische Lernen von Mathematik zu einem unabdingbaren Werkzeug geworden: „Computers are to mathematicians what telescopes and microscopes are to science. They have increased by a millionfold the portfolio of patterns investigated by mathematical scientists“ (vgl. Steen, 1988, zitiert nach Heintz, 2000, S. 157).

Etwas differenzierter muss man den Computer als *System* von Werkzeugen betrachten, das eine Vielzahl mathematischer Werkzeuge, wie etwa Dynamische Geometrie-Systeme, mit wiederum verschiedenen Komponenten und Funktionen in sich vereint. Der Computer kann reale Werkzeuge simulieren, ideelle mathematische Objekte visualisieren, Algorithmen effektiv ausführen, symbolische Darstellungen manipulieren, Abläufe dynamisch darstellen oder heuristische Prozesse unterstützen. Er hat somit sowohl konstruktive und algorithmische als auch heuristische Funktionen.

2.2 Mathematiklernen mit Animationen und Simulationen

Computergestützte Lernumgebungen können sich im Grad ihrer Interaktivität und Offenheit erheblich unterscheiden. In diesem Abschnitt sollen zunächst zwei grundlegende Typen von computergestützten, visuellen Lernumgebungen – jenseits des statischen Bildes oder Textes – für den Bereich des Mathematiklernens charakterisiert werden: die Animation und die Simulation. Beide werden sich später als konstitutiv für das Konzept des Modellierungswerkzeugs erweisen (vgl. Abschnitt 2.4).

Zu den charakterisierenden Eigenschaften einer *Animation* gehört, dass sie geeignet ist, zumeist zeitliche Prozesse in ihrem Ablauf kontinuierlich darzustellen. Die Schülerinnen und Schüler können in den Ablauf bestenfalls eingreifen, indem sie die Animation an einem ausgewählten Punkt starten, stoppen und gegebenenfalls noch in Laufrichtung und Geschwindigkeit beeinflussen. Wesentliches Merkmal der Animation ist ihre parametrische Eindimensionalität. Solche Animationen findet man in mathematischen Lernumgebungen vor allem dann, wenn funktionale Abhängigkeiten von einer Variablen visualisiert werden sollen. Schon vor über 100 Jahren forderte Felix Klein für das Mathematiklernen eine Stärkung des dynamischen Denkens und schlug – in Ermangelung des Computers – Bildfolgen vor (vgl. Klein, 1872). Im heutigen Mathematikunterricht werden Animationen vor allem als Visualisierungshilfen für die Lehrperson oder als Teil von computergestützten Lernumgebungen eingesetzt (z.B. Miller & Ulm, 2006).

Simulationen lassen sich unter zwei Gesichtspunkten charakterisieren: Zum einen versteht man unter einer Simulation ein computergestütztes Modell, also ein System, das bestimmte Eigenschaften der Realität und deren funktionale Beziehungen repräsentiert. Solche Modelle können dann interaktiv exploriert werden, denn bei einer Simulationen – und dies ist das zweite charakterisierende Merkmal – hat man es immer mit höherdimensionalen Parameterräumen zu tun – im Gegensatz zur Animation, die im Wesentlichen entlang nur eines freien Parameters, nämlich der Zeit abläuft. Simulationen sind besonders für die experimentelle Erkundung von korrelativen, logischen oder funktionalen Zusammenhängen zwischen mehreren Variablen geeignet (siehe den Beitrag von Thillmann, Gößling, Wirth und Leutner in diesem Band). Viele computergestützte Lernumgebungen im Bereich des Mathematiklernens verwenden Elemente mit Simulationscharakter in diesem Sinne. Typische Anwendungen sind z.B. „black-boxes“ (vgl. Knipping & Reid, 2005), bei denen in einer gegebenen geometrischen oder funktionalen Situation Zusammenhänge exploriert und ggf. Begriffe konstruiert werden müssen (z.B. der „Schwerpunkt eines Dreiecks“).

Dieses Beispiel zeigt im Übrigen, dass hier ein erweiterter Modellierungsbegriff verwendet werden muss. Mathematische Simulationen können Modell für Realsitu-

ationen sein, sie können aber auch rein innermathematische Situationen repräsentieren, ja gleichsam erst konstituieren. In diesem Sinne meint „Modellieren“ auch das *Generieren* einer mathematischen Wirklichkeit. Diesen erweiterten Modellierungsbegriff wollen wir im Folgenden einnehmen, da er erlaubt, Dynamische Geometrie-Systeme unter den Begriff der „Modellbildungswerkzeuge“ zu fassen und über diese Klasse von Werkzeugen aus allgemeiner, lernpsychologischer Perspektive zu sprechen.

2.3 Mathematiklernen mit Modellierungswerkzeugen

Im heutigen Mathematikunterricht stehen drei Typen von Software im Vordergrund (vgl. Barzel et al., 2005), die jeweils für eine spezifische mathematische Repräsentationsform stehen: Computeralgebrasysteme (CAS) für die symbolisch-algebraische Repräsentationsformen, Tabellenkalkulation (TK) und Datenanalysesysteme für die numerischen Repräsentationsformen und Dynamische Geometrie-Systeme (DGS) für geometrische Repräsentationsformen. Diese Systeme sind gegenüber einfacherer Software wie etwa Demonstrations-Applets dadurch charakterisiert, dass ihr Einsatz sich nicht in einer Animation oder Simulation erschöpft. Sie bieten vielmehr ein ganzes System von Teilwerkzeugen, die auf unterschiedliche Weise als Lernumgebungen eingesetzt werden können. Beim DGS sind das beispielsweise Werkzeuge:

- zur Konstruktion elementarer geometrischer Formen,
- zur Variation freier Basispunkte,
- zur Aufzeichnung von Punktspuren (Ortslinie),
- zum Messen geometrischer Größen und
- zur Kapselung von Konstruktionsfolgen in sogenannten Makros.

Solche Werkzeuge können für die Gestaltung von Lernumgebungen auf zweierlei Weise verwendet werden:

1. Sie können von der Lehrperson verwendet werden, um geeignete Lernmittel zu generieren, z.B. Bilder, Animationen oder Simulationen.
2. Sie können von den Schülerinnen und Schülern verwendet werden, um geeignete mathematische Situationen nicht nur explorativ zu untersuchen, sondern auch flexibel zu generieren.

Die parametrische Offenheit solcher Werkzeugsysteme ist noch einmal größer als die von Simulationen. Die typische intendierte Arbeit von Schülerinnen und Schülern mit solchen Werkzeugen besteht darin, dass sie die Situationen, die sie erkunden wollen, erst mithilfe der Werkzeugkomponenten selbst herstellen müssen. Die-

ser Typ von Lernwerkzeug soll im Folgenden als „Modellierungswerkzeug“ bezeichnet werden.

2.4 Nutzungsebenen von Modellierungswerkzeugen

Modellierungswerkzeuge sind „nach unten gradierbar“: Für die Arbeit einer Lehrperson bedeutet dies, dass sie mithilfe von Modellierungswerkzeugen Bilder, Animationen oder Simulationen erzeugen kann, die die Schülerinnen und Schüler dann im jeweils intendierten Sinn nutzen können. Viele sogenannte „dynamische Arbeitsblätter“ (vgl. Baptist, 2004; Miller & Ulm, 2006) sind solche erzeugten Animationen oder Simulationen. Die freie Werkzeugnutzung für die Schülerinnen und Schüler ist dabei stark eingeschränkt, oft mit der Absicht, sie nicht zu überfordern. Mitunter liegt diesen Lernumgebungen aber auch der Wunsch zugrunde, die Überforderung der *Lehrperson* im Umgang mit divergenten Schülerergebnissen zu verhindern.

Konfrontiert man Schülerinnen und Schüler mit einem Modellierungswerkzeug oder hinreichend vielen offenen Teilelementen, so ergibt sich eine Form der „offenen Gradierung nach unten“: Der Lernprozess ist dadurch gekennzeichnet, dass die Schülerinnen und Schüler auf ihren Lernwegen zwischen den Nutzungsebenen springen: Mithilfe der Werkzeugkomponenten generieren sie immer wieder neue Situationen, die dann wie eine Simulation, eine Animation oder ein Bild exploriert werden. Die Erkenntnisse münden anschließend in eine Restrukturierung der Situation durch die freie Verwendung der Werkzeugkomponenten. Wie dies beim Arbeiten mit einem DGS konkret aussehen kann, soll im Folgenden anhand eines Beispiels aufgezeigt werden.

Weil Dynamische Geometrie-Systeme sowohl zur Animation, zur Simulation sowie als Modellierungswerkzeug verwendet werden können, muss der Lehrende sich im Voraus überlegen, welche didaktische Zielsetzung er verfolgt, um seine Lernumgebung mit einem Dynamischen Geometrie-System auf den verschiedenen Nutzungsebenen zielgerecht gestalten zu können. Das folgende Beispiel „Satz des Thales“ zeigt, wie der Einsatz eines Dynamischen Geometrie-Systems als Animation, Simulation und Modellierungswerkzeug aussehen kann und worin die wesentlichen Unterschiede liegen.

2.4.1 Ein Dynamisches Geometrie-System als Animation

Beim Einsatz eines Dynamischen Geometrie-Systems als Animation können Schülerinnen und Schüler beobachten, wie bestimmte geometrische Eigenschaften oder Maße sich verändern oder gleich bleiben. Sollen Schülerinnen und Schüler zum

Beispiel herausfinden, dass ein Dreieck ABC, dessen Punkt C auf einem Halbkreis über der Strecke AB liegt, immer einen rechten Winkel besitzt (Satz des Thales), dann kann dies in Form einer Animation ermöglicht werden (siehe Abbildung 1). Dazu konstruiert der *Lehrende* die gesamte Lernumgebung (Dynamisches Arbeitsblatt und Fragestellung) so, dass der Punkt C auf dem Halbkreis gebunden ist. Anschließend wird der Punkt C mit der Werkzeugkomponente „Animation“ verbunden. Die daraus resultierende Lernumgebung besitzt die Eigenschaft, dass bei einem Start der Animation der Punkt C sich nur auf der Bahn des Halbkreises bewegt.

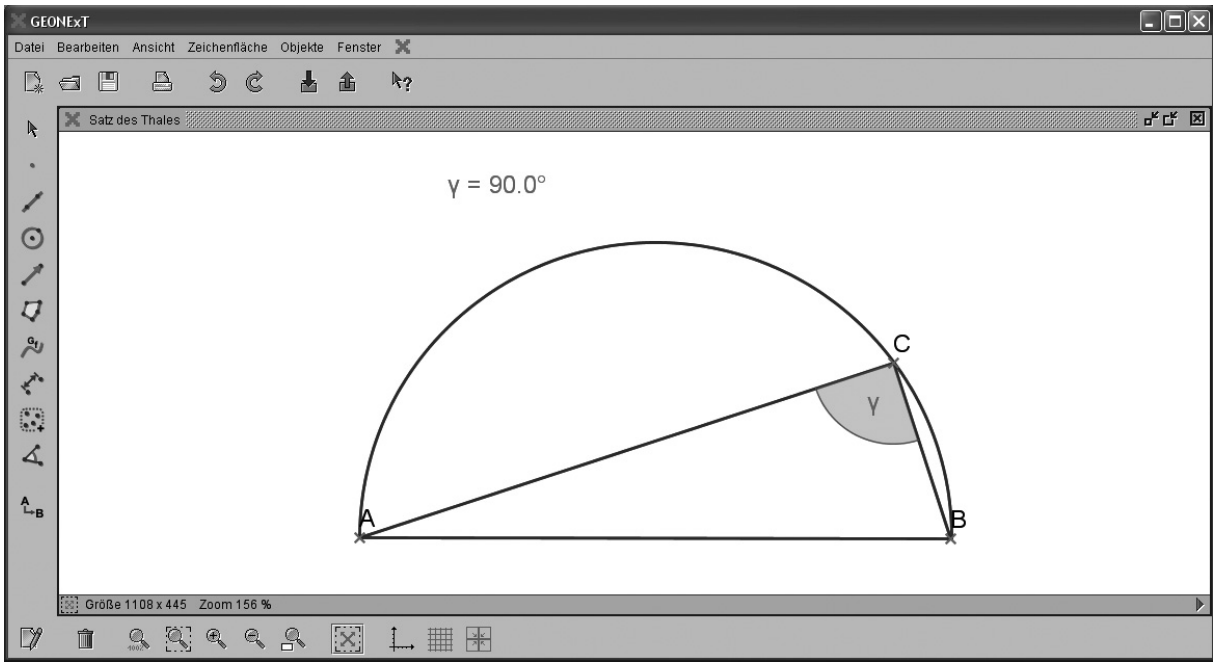


Abb. 1: Satz des Thales, dargestellt in einem Dynamischen Geometrie-System

Schülerinnen und Schüler, die sich mit dieser Lernumgebung beschäftigen, können die Animation des Punktes C stoppen bzw. wieder starten. Ziel einer solchen Arbeitsphase ist es, dass Schülerinnen und Schüler mit Hilfe ihres Vorwissens und ihrer Erfahrung im Umgang mit einem Dynamischen Geometrie-System besondere Eigenschaften (z.B. die Invarianz eines Winkels) und Zusammenhänge beim Thaleskreis selbstständig entdecken. Vorteile eines solchen Einsatzes ist die starke Fokussierung der Schülerinnen und Schüler auf einen mathematischen Zusammenhang und die Möglichkeit des Invarianzerlebens. Nachteile dieser Fokussierung sind allerdings das Schwinden des Beweisbedürfnisses (vgl. Winter, 1983) und die mangelnde operative Absicherung der Bedingungen dieses Phänomens („Ist der

Zusammenhang umkehrbar? Was sind die Bedingungen für die Gültigkeit des Zusammenhangs?“).

2.4.2 Ein Dynamisches Geometrie-System als Simulation

Möchte ein Lehrender, dass seine Schülerinnen und Schüler den Satz des Thales nicht nur an einem einzigen rechtwinkligen Dreieck untersuchen, so kann er seine Animation zu einer Simulation erweitern. Mit Hilfe des Zug-Modus lassen sich, sofern die Abbildung 1 als eine manipulierbare Figur konstruiert und zur Manipulation freigegeben wurde, die Punkte A und B frei variieren. Bei dieser Art des nun möglichen explorativen Arbeitens können die Schülerinnen und Schüler beispielsweise entdecken, dass der Satz des Thales für alle beliebigen Dreiecke gilt, deren Punkt C jeweils auf einem Halbkreis über der Strecke AB liegt.

Schülerinnen und Schüler, die es verstehen mit Hilfe solch einer Simulation den Parameterraum zu erkunden, besitzen erste heuristische Fähigkeiten, um Problemlöseaufgaben erfolgreich bearbeiten zu können. Dabei können sie zu jeder Zeit die etwas offenere Simulation in eine Animation überführen, indem sie gewisse Parameter bei der Exploration gezielt konstant halten. Diese Form der Animation setzt allerdings voraus, dass gewisse Kompetenzen im technischen und im heuristischen Umgang mit dem Werkzeug bereits vorhanden sind.

2.4.3 Ein Dynamisches Geometrie-System als Modellierungswerkzeug

Schülerinnen und Schüler, die die Navigation sowie die Werkzeugkomponenten eines Dynamischen Geometrie-Systems beherrschen, können dieses in noch offenerer Form verwenden. Bezogen auf das Beispiel des Thaleskreises würde dies bedeuten, dass sie entweder die gesamte Konstruktion oder Teilkonstruktionen eines Thaleskreises selbst durchführen. Hierbei kann ein tieferes Verständnis für die konstruktive Struktur und die funktionalen Abhängigkeiten der Situation gewonnen werden. Die didaktische Funktion einer solchen Gestaltung der Lernumgebung ist, dass die Schülerinnen und Schüler sich schon in der Konstruktionsphase mit den zentralen Aspekten der jeweiligen Problemsituation auseinandersetzen.

Nach Beendigung der konstruktiven Tätigkeiten können auf der Ebene der Simulation sowie auf der Ebene der Animation explorative Erkundungen durchgeführt werden. Entwickeln Schülerinnen und Schüler in solch einer Lernphase Vermutungen darüber, wie Veränderungen der Konstruktion zu neuen Zusammenhängen führen, so können sie diese mit Hilfe der Werkzeugkomponenten untersuchen. Nach solch einer (Re-)Konstruktion der Simulation, können sie diese mit dem Zug-Modus dann neu simulieren oder animieren. Schülerinnen und Schüler, die solche

heuristischen Arbeitsweisen verinnerlichen, verwenden somit ein Dynamisches Geometrie-System beim Lösen von Problemsituationen auf wechselnden Ebenen als Animation, Simulation oder Modellierungswerkzeug. Gerade der Wechsel zwischen den einzelnen Ebenen eröffnet ihnen einen differenzierten und individuellen Lösungsweg für anspruchsvolle, offene Problemsituationen. Auf der Seite der Anforderung an die Schülerinnen und Schüler stellt sich jedoch das Problem, dass bereits ein erhebliches Vorwissen sowohl auf der Ebene der Werkzeugbedienung als auch auf der Ebene der Problemlösetechniken vorausgesetzt werden muss. Die Herausforderung für die Didaktik des Mathematiklernens mit computergestützten Werkzeugen besteht somit darin, diesen Weg zu einer solchen Werkzeugnutzung sinnvoll und wirksam zu gestalten.

Gerade die Gradierbarkeit von Modellierungswerkzeugen ermöglicht es aber auch, Lernumgebungen so zu gestalten, dass Schülerinnen und Schüler in ihrem Lernprozess optimal gefördert werden, etwa dadurch, dass der sukzessive Aufbau von Problemlösefähigkeiten in der Anlage des Werkzeugs und seiner verschiedenen Nutzungsebenen strukturell unterstützt wird. Wie dies aussehen kann, soll am Beispiel der im Folgenden vorgestellten konkreten Lernumgebung illustriert werden.

3 Förderung grundlegender Problemlösetechniken mit einem Dynamischen Geometrie-System

3.1 Forschungsstand zum Lernen mit DGS

Empirische Untersuchungen zur Wirksamkeit Dynamischer Geometrie-Systeme liegen beispielsweise von Gawlick (2000), Hölzl (1994, 1998), Laborde (2000), Marrades und Gutierrez (2000) sowie Weth (1994, 1998) vor. Während die qualitativen Studien von Hölzl (1994, 1999) eher allgemein die Qualität von Lernprozessen im Labor oder im Unterricht untersuchen, fokussiert die quantitative Studie von Gawlick (2000) die Wirksamkeit einer Einführung von Standardkonstruktionen mit bzw. ohne Dynamische Geometrie-System in Problemkontexten. Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen:

- Schülerinnen und Schüler führen oft keine mathematische Analysen durch: Sie fokussieren innerhalb ihres Lösungsprozesses sehr stark die Herstellung praktischer Lösungen und gelangen nicht zu einem theoretischen Problemverständnis („Ingenieurmodus“).
- Schülerinnen und Schüler beschränken ihre Werkzeugperspektive: Die in einem Dynamischen Geometrie-System vorhandenen Werkzeugkomponenten bleiben in ihrer Breite ungenutzt; das Konstruieren von geometrischen Figuren beschränkt sich meist auf wenige elementare Komponenten.

- Schülerinnen und Schüler gebrauchen die Werkzeugkomponenten eines Dynamischen Geometrie-Systems unreflektiert: Beim Einsatz der verschiedenen Werkzugkomponenten bleibt die analytische Deutung der Ergebnisse meist aus. Entdeckte Lösungen oder Teillösungen werden keiner korrekten mathematischen Interpretation unterzogen.
- Schülerinnen und Schüler lassen sich ablenken und weichen vom eigentlichen Ziel ab: Beim Arbeiten mit einem Dynamischen Geometrie-System lässt sich beobachten, dass die Software durch den Zugmodus eigenständiges, vom Problem abweichendes Erkundungsinteresse weckt. Dies führt meistens zu einer individuellen Umdeutung der Aufgabenstellung oder der Problemsicht.

Darüber hinaus sind sich die meisten Autoren einig, dass ein erfolgreicher Einsatz eines Dynamischen Geometrie-Systems sehr stark von dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler abhängig ist und differenzierte methodische und didaktische Strukturierungsüberlegungen voraussetzt. Die Dynamik solcher computergestützter Systeme bietet per se noch keine didaktischen Vorteile gegenüber den traditionellen Werkzeugen der Geometrie. Aus diesem Grund kommen die Autoren zum Schluss, dass stets abgewogen werden sollte, in welchem Kontext der Computer zum Einsatz kommt.

3.2 Forschungsziele

Der Forschungsstand deutet an, dass es in diesem Feld Bedarf an Studien gibt, die die Bedingungen für erfolgreiches Lernen mit Modellierungswerkzeugen wie einem Dynamischen Geometrie-System differenzierter untersuchen. Insbesondere muss sorgfältiger nach Lernzielen (Inhaltliches Wissen erwerben, Begründungswissen erwerben, Problemlösetechniken erwerben) und nach Lernbedingungen (Offenheit vs. Vorstrukturierung) unterschieden werden. Nur so können Erkenntnisse darüber gewonnen werden, wie solche Systeme lernwirksam eingesetzt werden und dabei die bekannten Probleme der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit diesen Systemen reduziert werden können.

Im Fokus der vorliegenden Untersuchung stehen die folgenden Aspekte des Lernens mit Dynamischen Geometrie-Systemen, die dann – in Grenzen – Verallgemeinerungen für die Arbeit mit Modellierungswerkzeugen ermöglichen.

Als *Ziel des Lernens* soll der Erwerb kognitiver Strategien in Form von grundlegenden bereichsspezifischen Problemlösetechniken stehen. Dieser Bereich bildet das Fundament auch anderer mathematischer Kompetenzen wie etwa des Beweisens. Dazu muss präzisiert werden, welche Problemlösetechniken im Bereich des gewählten Themenbereichs von besonderer Bedeutung sind und wie sie beschrieben und empirisch erfasst werden können.

Als *Lernweg* wird eine für Novizen geeignete Form der expliziten Anleitung zur Reflexion in den Blick genommen. Die Lernumgebung ist so vorstrukturiert, dass den Schülerinnen und Schülern die – lokale – Aufgabenstellung immer präsent ist, damit sie angesichts der vielen technischen Möglichkeiten der Werkzeuge keinen „Zielverlust“ erleiden. Die Vorstrukturierung der Lernumgebung kann im Laufe des Lernprozesses allmählich zurückgenommen werden (Scaffolding und Fading, vgl. Collins, Brown & Newman, 1989).

Die Förderung der Problemlösetechniken erfolgt durch die wiederholte Aufforderung zur bewussten Reflexion des eigenen Lernweges, insbesondere des Werkzeugeinsatzes. Dies geschieht durch einen „Medienwechsel zwischen Computer und Papier“, vor allem dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler ihre neuen Erkenntnisse immer wieder in geeigneter Weise verschriftlichen müssen.

Mit Blick auf die empirischen Ergebnisse zu typischen Schülerschwierigkeiten (vgl. Abschnitt 3.1) und unter der Berücksichtigung der didaktisch relevanten Aspekte des Lerngegenstandes („Symmetrie als Abbildung“, „Symmetrie als Invarianz“) werden dabei insbesondere die dynamischen Eigenschaften des Werkzeugs beachtet. So werden beispielsweise die Lernprozesse, die im Zusammenhang mit der Interaktivität eines Dynamischen Geometrie-Systems stattfinden, durch die Reflexionsphasen in ihrem Ablauf entschleunigt. Zudem werden die Schülerinnen und Schüler nicht in der Wahl der Nutzungsebene allein gelassen, sondern anfänglich eher eng geführt. Sie müssen zudem ein Verständnis für die softwarespezifischen dynamischen Repräsentationsformen geometrischer Objekte entwickeln und den Umgang mit den einzelnen Konstruktionskomponenten beherrschen. Dieser Lernprozess wird durch ein Vorabtraining im Wesentlichen von dem hier untersuchten Lernprozess abgekoppelt.

Im Rahmen einer so strukturierten Lernumgebung sollen die folgenden Fragen untersucht werden:

1. Können grundlegende Problemlösetechniken durch den beschriebenen Einsatz eines Dynamischen Geometrie-Systems gefördert werden?
2. Begünstigen das vorstrukturierte Reflektieren sowie ein geeigneter Medienwechsel „vom Computer zum Papier“ die Qualität des Problemlöseprozesses?

3.3 Konzeptualisierung und Operationalisierung von grundlegenden Problemlösetechniken

In der Literatur ist eine große Zahl von mathematischen Problemlösetechniken, wie etwa das systematische Probieren, das Vorwärts- oder Rückwärtsarbeiten oder das Suchen nach Analogien (vgl. z.B. Polya, 1949; Schoenfeld, 1985) belegt – in der fachdidaktischen Literatur ist hier meist die Rede von „Problemlösestrategien“

bzw. „Heuristiken“. Auch gibt es zahlreiche Untersuchungen zur Förderung von mathematischen Problemlösestrategien. In einer Studie von Schoenfeld (1979) stellt dieser zum Beispiel dar, dass durch das Bewusstmachen von grundlegenden Problemlösetechniken auch schwächere Schülerinnen und Schüler Problemlösefähigkeiten entwickeln. Allerdings verweist er auch darauf, dass die in einem engumrissenen Aufgabenbereich erlernten Techniken nicht einfach auf andere Bereiche übertragen werden und dass zu einem erfolgreichen Erwerb von Problemlösekompetenzen auch ein Wissen darüber gehört, welche Technik wann anzuwenden ist.

Die vorliegende Untersuchung setzt im Rahmen dieser Untersuchungen deshalb einen Fokus auf mehrere Aspekte:

- es geht um die Förderung *grundlegender* Problemlösetechniken
- bei eher leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern (der Hauptschule)
- im Umgang mit ebener Geometrie in dynamischer Repräsentation (hier wurde das Phänomen der Symmetrie gewählt).

Diese Beschränkungen definieren die Kriterien für die Auswahl und Operationalisierung der zu erfassenden Problemlösetechniken. Unter *grundlegenden* Problemlösetechniken sollen solche verstanden werden, bei denen es um eine erste Wahrnehmung und Strukturierung von vorgelegten mathematischen Situationen geht. Es geht also zunächst im Wesentlichen um Identifikationsleistungen und daneben um abstraktere Strukturierungsleistungen und komplexere Konstruktionsleistungen.

Im Rahmen der didaktischen Analyse von Lernumgebungen mit dynamischer Geometrie lassen sich dabei solche Techniken identifizieren, die in besonderer Weise den dynamischen Charakter der Lernumgebung berücksichtigen. Diese Techniken lauten:

- „Vermutungen aufstellen“: Die Beispielfülle dynamischer geometrischer Konstellationen legt es nahe, dass die Schülerinnen und Schüler hier eher angeregt werden Vermutungen zu formulieren als in der statischen Situation eines einzelnen Beispiels.
- „Invarianten erkennen“: Gerade die bewegte Darstellung einer Situation, kann solche Aspekte, die konstant bleiben, eher ins Auge springen lassen. Es sind allerdings auch gegenteilige Effekte denkbar: Die Konstanz einer Eigenschaft wird so offensichtlich, dass sie als Phänomen nicht mehr heraussticht.
- „Hilfslinien verwenden“: Zu den elementaren konstruktiven Tätigkeiten in einem Dynamischen Geometrie-System gehört die explorative Verwendung von zusätzlichen Konstruktionselementen – in der statischen Geometrie spricht man hier von Hilfslinien.

Um sicherzustellen, dass die benötigten Testitems in Form von dynamischen Testaufgaben für die drei Strategien „Vermutungen aufstellen“, „Invarianten erkennen“ und „Hilfslinien verwenden“ substanzieller Art waren, wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Entwicklung erster dynamischer Testitems durch ein Expertenteam.
2. Pilotierung der Items hinsichtlich der Objektivität (Interraterkorrelation; Testnormierung), der Reliabilität (Inter-Item-Konsistenz; Paralleltestreliabilität) und der Validität (Kriteriumsvalidität). Anschließend wurde zusätzlich eine Itemanalyse durchgeführt, um eventuelle Probleme bei der Itemschwierigkeit, Trennschärfe und Homogenität auszuschließen.
3. Erneute Überarbeitung und Weiterentwicklung der Testitems.

Es stellte sich heraus, dass eine gute Trennschärfe und Homogenität der verschiednen Items innerhalb der drei operationalisierten Bereiche erzielt werden konnte.

Tab. 1: Korrelationen zwischen den Lösungshäufigkeiten der einzelnen Itemgruppen

Lösungshäufigkeiten aller grundlegenden Problemlösetechniken	**Itemgruppe Hilfslinien**	**Itemgruppe Invarianten**	**Itemgruppe Vermutungen**
Itemgruppe Hilfslinien	0,71	0,305**	0,316**
Itemgruppe Invarianten		0,80	0,323**
Itemgruppe Vermutungen			0,68

In der Tabellendiagonalen finden sich die Reliabiltäten der grundlegenden Problemlösetechniken (Cronbachs α); ** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (zweiseitig) signifikant.

Mit Blick auf die starke Item-Gruppierung in den drei Bereichen muss bemerkt werden, dass diese möglicherweise durch die spezifischen Operationalisierungen, insbesondere durch die verwendeten Aufgabenformate erzeugt wurden. So lag der Schwerpunkt bei der Entwicklung der Items zur Testung der Technik „Hilfslinien verwenden“ eher auf der Konstruktion geometrischer Figuren, was zur Folge hatte, dass klassische Konstruktionsaufgaben entstanden. Dagegen wurde für die Items zur Testung der Technik „Vermutungen aufstellen“ Animationen entworfen, bei denen die Schülerinnen und Schüler die Entwicklung einer Konstruktion beobachten konnten. Nach dem Ablauf der Animation hatten die Schülerinnen und Schüler dann die Aufgabe, drei unterschiedliche Vermutungen aufzuschreiben, die mit Hil-

fe der dynamischen Werkzeugkomponente „Bewegen“ überprüft werden konnten. Die letzte Itemgruppe zur Testung der Technik „Invarianten erkennen“ bestand aus dynamischen Figuren, die ebenfalls durch die Werkzeugkomponente „Bewegen“ variiert werden konnten. Da das Erkennen von Invarianten mit Abstand die größte kognitive Leistung darstellt, wurden die möglichen Antworten im Multiple Choice Test abgeprüft. Es lässt sich somit nicht feststellen, ob die hohe diskriminante Validität der Skalen eher auf die unterschiedlichen kognitiven Konstrukte oder auf die Aufgabenformate zurückzuführen ist (vgl. Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007).

3.4 Die interaktive Lernumgebung

Für die Förderung der solchermaßen operationalisierten Problemlösetechniken wurde in Rücksprache mit Experten eine interaktive Lernumgebung zum Thema „Achsenspiegelung“ konstruiert. Diese beinhaltet elf interaktive Arbeitsblätter (Erkundungen), die mit Hilfe eines Dynamischen Geometrie-Systems (GEONExT, Universität Bayreuth) bearbeitet werden konnten, sowie Papierarbeitsblätter und ein Lernprotokoll (vgl. hierzu auch Tabelle 2). Im Vordergrund der Lernprozesse standen das experimentelle Arbeiten sowie das Entdecken der Phänomene im Umfeld der Achsenspiegelung. Um mögliche methodische, sprachliche und inhaltliche Irritationen der Lernumgebung zu eliminieren, wurde mittels einer Schulklasse sowie acht kleinen Schülergruppen die gesamte Lernumgebung in drei Durchgängen pilotiert. Die Ergebnisse dieser Pilotierung zeigten, dass ein konzeptuelles Vorwissen über die Navigation und den Einsatz der Werkzeugkomponenten Voraussetzung für die erfolgreiche Nutzung der Lernumgebung sind. Darüber hinaus wurde durch Interviews mit einzelnen Schülerinnen und Schülern deutlich, dass das Verständnis für die Repräsentation der geometrischen Objekte (z.B. die durch die Software bedingten verschiedenen Punktypen) eine weitere Vorraussetzung für ein erfolgreiches Arbeiten mit einem Dynamischen Geometrie-System ist (vgl. Balacheff, 1993; Balacheff & Sutherland, 1994). Schülerinnen und Schüler, die diese Differenzierungen nicht treffen konnten, zeigten bei den durchgeführten Interviews Schwierigkeiten bei der Auswahl jeweils geeigneter Werkzeugkomponenten.

Tab. 2: Überblick über die elf Erkundungen

	Thema	Problemlösetechnik	Lernziel
1. Erkundung	Black Box: Eigenschaften von Spiegelpunkten	- Vermutungen aufstellen - Invarianten erkennen	- Experimentelles Arbeiten
2. Erkundung	Die Spiegelachse	- Vermutungen aufstellen - Invarianten erkennen	- Zusammenhänge erkennen: Spiegelpunkte vs. Spiegelachse
3. Erkundung	Spiegelgeraden	- Vermutungen aufstellen - Invarianten erkennen	- Vermutungen über die Spiegelachse aufstellen - Eigenschaften der Spiegelachse
4. Erkundung	Spiegelstrecken	- Invarianten erkennen - Hilfslinien verwenden	- Konstruktion der Spiegelachse
5. Erkundung	Spiegelkreise	- Vermutungen aufstellen - Invarianten erkennen - Hilfslinien verwenden	- Konstruktion der Spiegelachse - Vermutungen über die Spiegelkreise aufstellen
6. Erkundung	Eigenschaften der Achsenspiegelung	- Vermutungen aufstellen - Invarianten erkennen - Hilfslinien verwenden	- Visualisierung von Eigenschaften der Achsenspiegelung
7. Erkundung	Winkel und Strecken	- Vermutungen aufstellen - Invarianten erkennen	- Erlernte Eigenschaften der Achsenspiegelung wiedererkennen
8. Erkundung	Spiegelpunkte konstruieren	- Invarianten erkennen - Hilfslinien verwenden	- Spiegelpunkte mit Hilfe von dynamischen Werkzeugen konstruieren und überprüfen können
9. Erkundung	Spiegelachse konstruieren	- Invarianten erkennen - Hilfslinien verwenden	- Spiegelachse mit Hilfe von dynamischen Werkzeugen konstruieren und überprüfen können
10. Erkundung	Black Box	- Vermutungen aufstellen - Invarianten erkennen - Hilfslinien verwenden	- Eine Black Box als Achsenspiegelung erkennen - Experimentelles / heuristisches Problemlösen
11. Erkundung	Abschlussübung	- Vermutungen aufstellen - Invarianten erkennen - Hilfslinien verwenden	- Wiederholung des Erlernten

3.5 Das Untersuchungsdesign der Interventionsstudie

Die gegen Ende von Abschnitt 3.2 genannten Forschungsfragen wurden innerhalb eines (quasi-)experimentellen Pre-Post-Designs untersucht. Die nachhaltige Lernwirksamkeit der Intervention bezüglich der grundlegenden Problemlösetechniken wurde zudem noch in einem Follow-up-Test überprüft. Zur Klärung der Wirkung der spezifischen Intervention wurde der Interventionsgruppe eine Kontrollgruppe gegenübergestellt.

Kennzeichnende Merkmale der zwischen den beiden Tests stattfindenden Intervention waren vorstrukturierte Leitfragen („spezifische Prompts“), die zur Reflexion der eigenen Lerntätigkeit mit Hilfe eines Lernprotokolls aufforderten. Hierbei mussten die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe mit Hilfe dieser

Schreib- und Reflexionsaufforderungen ihre Lerntätigkeiten in ihrem Lernprotokoll verschriftlichen. Hiermit verbunden war durchweg ein Medienwechsel zwischen Computer und Papier, zum Beispiel, indem die Schülerinnen und Schüler Konstruktionen ausdrucken und in ihr Lernprotokoll einkleben mussten. Anschließend konnten die eingeklebten Konstruktionen weiter bearbeitet oder reflektiert werden. Die Kontrollgruppe hat dagegen übergreifende Leitfragen („unspezifische Prompts“) erhalten, die allgemein zur Dokumentation des Arbeitsprozesses aufforderten. Ein analoges Design verwenden Glogger, Schwonke, Holzäpfel, Nückles und Renkl (2009) zur Untersuchung der Lernwirkung beim Arbeiten mit Lerntagebüchern.

Um den Ergebnissen aus der Pilotierung Rechnung zu tragen (vgl. Abschnitt 3.4), wurden alle Schülerinnen und Schüler der Interventions- und Kontrollgruppen in das Arbeiten mit einem Dynamischen Geometrie-System eingeführt. Die drei Wochen dauernde Einführung beinhaltete den Umgang mit Konstruktions- und Messwerkzeugkomponenten, den Einsatz des Zugmodus, das Navigieren der Software sowie das Erkennen spezifischer Repräsentationen geometrischer Objekte durch die Software. Die Schülerinnen und Schüler wurden ebenfalls in das Verschriftlichen von Lernaktivitäten in Form eines Lernprotokolls und in die kooperative Partnerarbeit vor dem Computer eingeführt.

Zwischen Einführung und Intervention fand ein Vortest statt, der das Wissen aller Teilnehmer in den grundlegenden Problemlösetechniken „Vermutungen aufstellen“, „Invarianten erkennen“ und „Hilfslinien verwenden“ erfasste.

In den anschließenden vier Unterrichtsstunden erarbeiteten sich die Schülerinnen und Schüler selbstständig, ohne das Mitwirken einer Lehrperson die Inhalte der in Abschnitt 3.4 beschriebenen elf Erkundungen. In dieser Arbeitsphase war jedes Lernteam ausgestattet mit Papieraufgabenblättern, computergestützten interaktiven Arbeitsblättern und einer Vorlage für ein Lernprotokoll. Während ein Teammitglied für das Aufgabenblatt und die Ausführungen am interaktiven Arbeitsblatt verantwortlich war, musste das andere das Lernprotokoll führen. Diese Rollen mussten nach einem festen Plan immer wieder getauscht werden.

Den Abschluss bildete ein direkt anschließender Nachtest sowie ein Follow-up-Test nach sechs Monaten. In dem Vor-, Nach- und Follow-up-Test wurden jeweils elf Testitems zu den Problemlösetechniken „Hilfslinien verwenden“, „Vermutungen aufstellen“ und „Invarianten erkennen“ verwendet. Ein Beispiel für ein Testitem im Bereich „Hilfslinien verwenden“ findet sich in Abbildung 2.

An der Studie nahmen drei Hauptschulen aus Baden-Württemberg mit je zwei siebten Klassen teil. Da aus schul- und unterrichtsorganisatorischen Gründen keine vollständige Randomisierung auf Schülerebene stattfinden konnte, wurden jeweils die beiden siebten Klassen einer Schule per Losverfahren der Interventions- bzw. der Kontrollgruppe zugewiesen. Durch diese Maßnahme konnten eventuelle Ver-

zerrungen der Stichprobe weitgehend vermieden werden. Insgesamt nahmen 138 Schülerinnen und Schüler an der Untersuchung teil, die aus einer ländlichen Schule, einer Brennpunktschule mit großem Immigrationsanteil und einer eher durchschnittlichen Hauptschule stammten.

Für die Erhebung möglicherweise relevanter erklärender Moderatorvariablen wurden vor Beginn der gesamten Untersuchung ein Fragebogen sowie Video- und Bildschirmaufzeichnungen eingesetzt. Die Fragebögen erfassten im Wesentlichen das Vorwissen im Umgang mit dem Computer, die Nutzung des Computers im Mathematikunterricht, die Erfahrungen mit mathematikspezifischer Software sowie die Erfahrungen mit Dynamischen Geometrie-Systemen. Ebenfalls wurden Alter und Geschlecht erfasst. Parallel zu den Videoaufzeichnungen, die im Anschluss an die Untersuchungen stattfanden, wurden mit Hilfe von Screenrecordern die Bildschirmbewegungen während der Schülerarbeitsphasen aufgezeichnet, umso weitere qualitative Auswertungen durchführen zu können. Die Ergebnisse der Studie hinsichtlich der Analyse der Moderatorvariablen und der detaillierten Auswertung der Prozesse werden an anderer Stelle berichtet.

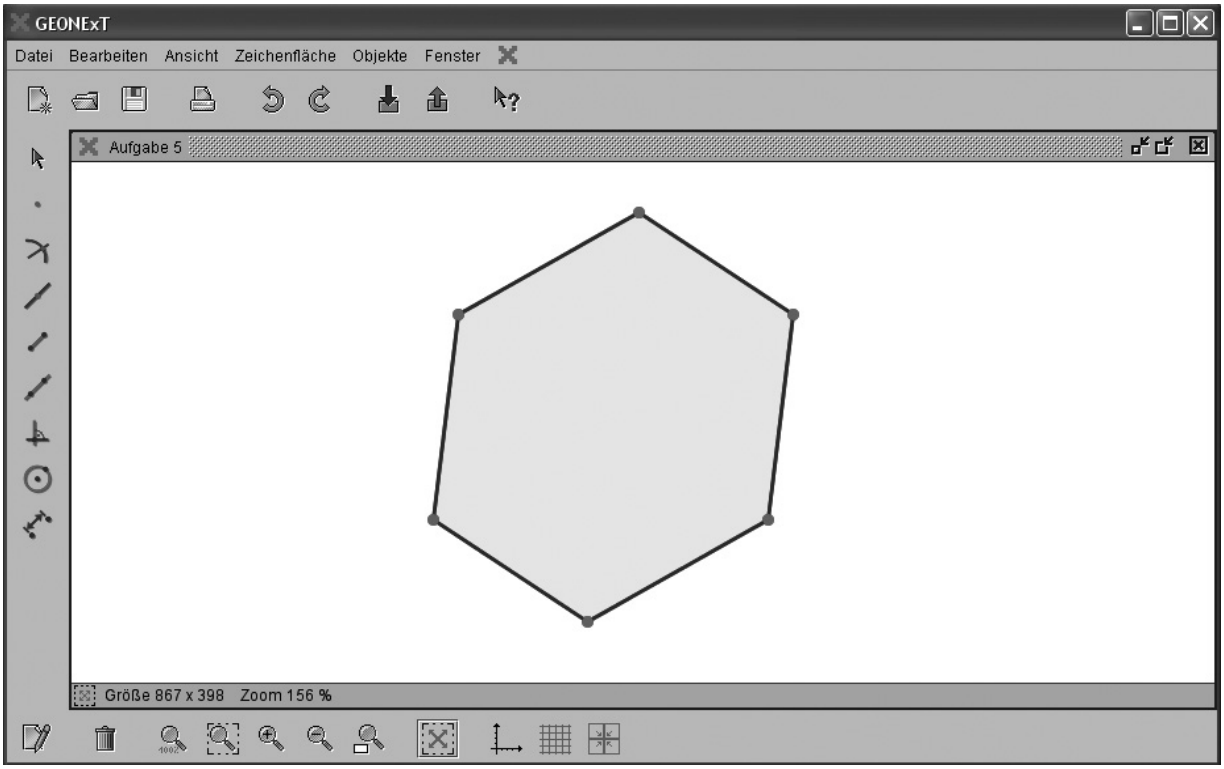


Abb. 2: Ein Test-Item aus dem Vor-, Nach und Follow-up-Test mit der Aufgabenstellung: Teile die Figur in vier gleich große Teile

4 Ergebnisse

Da sich die gesamte Interventionsstudie einschließlich Follow-up über einen Zeitraum von sechs Monaten erstreckte, reduzierte sich der Datensatz von 138 auf 120 Schülerinnen und Schüler (Interventionsgruppe n = 59, Kontrollgruppe n = 61). Diese Dropoutquote von 13% ist im schulischen Bereich eher ungewöhnlich niedrig.

Im Vortest gab es über alle drei Strategien hinweg keine signifikanten Leistungsunterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern der Experimental- und Kontrollgruppe (siehe Tabelle 3).

Tab. 3: Relative und absolute Mittelwerte (M) sowie die Standardabweichung (SD) des Vor- und Nachtests bezüglich der drei Strategien „Vermutungen aufstellen“, „Invarianten erkennen“ sowie „Hilfslinien verwenden“

	Vortest		**Nachtest**	
Problemlösetechnik	M	SD	M	SD
Vermutungen aufstellen				
Interventionsgruppe	1,09 (36 %)	0.55	1.50 (50 %)	0.72
Kontrollgruppe	1.29 (43 %)	0.59	1.21 (40 %)	0.59
Invarianten erkennen				
Interventionsgruppe	2.38 (60 %)	1.21	3.00 (75 %)	1.11
Kontrollgruppe	2.55 (63 %)	1.15	2.61 (65 %)	1.17
Hilfslinien verwenden				
Interventionsgruppe	1.49 (37 %)	1.04	2.55 (64 %)	1.03
Kontrollgruppe	1.52 (38 %)	1.10	1.98 (49 %)	1.09

Damit das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler dennoch in die Datenanalyse des Nachtests integriert werden konnte, wurde der Vortest als Kovariate berücksichtigt. Der Nachtest wurde mit einer multivariaten zweifaktoriellen Kovarianzanalyse (MANCOVA) ausgewertet. Als Faktor wurde die Gruppenvariable „Interventionsgruppe“ vs. „Kontrollgruppe“ und das „Geschlecht“ der Schülerinnen und

Schüler verwendet. Der Grund dieses Vorgehens liegt in der Gefahr einer Wechselwirkung zwischen dem Gruppenfaktor und dem Geschlecht, welche auftritt, wenn das Geschlecht, wie in dieser Studie, wegen den Untersuchungsbedingungen nicht vollständig ausgeglichen werden kann. Als abhängige Variablen wurden die Nachtests der drei Strategien herangezogen. Die deskriptiven Werte des Vor- und Nachtests sind in Tabelle 3 dargestellt.

Die Ergebnisse der MANCOVA zeigen einen signifikanten Haupteffekt der Gruppenzugehörigkeit über alle drei Strategien hinweg ($F(3, 111) = 8.01$, $p = .000$**). Demgegenüber konnte bei dem Vergleich von Mädchen und Jungen ($F(3, 111) = .39$, $p = .756$,) und der Wechselwirkung zwischen den Gruppen und dem Geschlecht ($F(3, 111) = 1.18$, $p = .320$) über alle drei Strategien hinweg kein statistisch bedeutsamer Effekt nachgewiesen werden.

Auf der univariaten Ebene der Gruppenzugehörigkeit konnten bei der Strategie der Vermutungen ($F(1, 113) = 15.21$, $p = .000$**, $d = 0.44$), bei der Strategie der Invarianten ($F(1, 113) = 6.93$, $p = .01$* $d = .34$) sowie bei der Strategie der Hilfslinien ($F(1, 113) = 14.92$, $p = .000$**, $d = .53$) signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Bei der Analyse der einzelnen Lernprotokolle zeigte sich, dass die Schülerpaare der Interventionsgruppe entsprechend der kognitiven Leitfragen deutlich mehr Tätigkeiten ihrer Lernprozesse verschriftlichten: 45% der Schüler in der Interventionsgruppe notierten etwa die Konstruktionsbeschreibung für einen Spiegelpunkt (Achsenspiegelung) anhand von Hilfslinien korrekt. 17% der Schülerpaare wiesen falsche Konstruktionsbeschreibungen auf und 38% hatten gar keine Konstruktionsbeschreibung zu Papier gebracht. In der Kontrollgruppe dagegen notierten bei der gleichen Aufgabenstellung 80% gar keine Konstruktionsbeschreibung, 15% eine falsche und 5% eine richtige Beschreibung in ihr Lernprotokoll.

Im Bereich des „Aufstellen von Vermutungen“ zeigten die vorstrukturierten Leitfragen („spezifische Prompts“) eine deutliche Wirkung. Bei der Konstruktion einer Spiegelachse mit Hilfe der Schnittpunkte zweier Kreise formulierten zum Beispiel 68% der Interventionsgruppe eine korrekte Vermutung darüber, was passieren würde, wenn die Kreise sich nicht mehr schneiden würden: 22% der Schülerinnen und Schüler formulierten keine und 10% eine falsche Vermutung. In der Kontrollgruppe notierten bei der gleichen Aufgabenstellung 53% eine richtige, 17% eine falsche und 30% keine Vermutung.

5 Diskussion und Ausblick

Wie die Ergebnisse der experimentellen Untersuchung zeigen, sind Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz eines Dynamischen Geometrie-Systems in der Lage,

sich grundlegende Problemlösetechniken anzueignen. Schülerinnen und Schüler, die mit Hilfe vorstrukturierter Leitfragen („spezifische Prompts“) sowie einem zusätzlichen Medienwechsel zwischen Papier und Computer Lernprotokolle erstellten, zeigten in allen drei Strategien (Vermutungen aufstellen, Invarianten erkennen und Hilfslinien verwenden) signifikant bessere Ergebnisse als Schülerinnen und Schüler, die solche vorstrukturierten Leitfragen nicht zur Verfügung hatten und nur durch übergreifende Leitfragen aufgefordert wurden. Der Grund für diese signifikanten Unterschiede liegt vermutlich in der Art und Weise, wie die Lernprotokolle geführt wurden. Denn die Analyse der Lernprotokolle zeigt, dass durch den Einsatz vorstrukturierter Leitfragen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe besser in der Lage waren anspruchvollere Reflexionen festzuhalten. Die Lernprotokolle unterschieden sich im Durchschnitt deutlich sowohl inhaltlich als auch sprachlich von denen der Kontrollgruppe.

Darüber hinaus konnten die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe innerhalb ihrer produktiven Lern- und Schreibaktivitäten vor allem beim Beschreiben von Konstruktionsvorgängen, beim Aufstellen von Vermutungen sowie beim Reflektieren der eigenen Lösungswege auch rein quantitativ mehr verschriftlichen. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen kommen auch Glogger et al. (2009) in ihren Untersuchungen beim Arbeiten mit Lerntagebüchern. Sie konnten ebenfalls nachweisen, dass Schülerinnen und Schüler, die spezifische Prompts in den Bereichen „Elaboration“, „Organisation“ und „Metakognition“ bekamen, signifikant bessere Elaborations- und Organisationstechniken beim Schreiben von Lerntagebüchern aufwiesen. Zugleich zeigte sich dort aber auch, dass gerade jüngere Schülerinnen und Schüler am Anfang eher eng geführte Schreibhilfen anhand von Beispielen benötigen, damit sie gute Ergebnisse erzielen können.

Insgesamt konnte über alle Lernprotokolle hinweg festgestellt werden, dass die Formulierungen der Interventionsgruppe meist länger, präziser und mathematisch genauer ausgearbeitet waren. Dies lässt vermuten, dass Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe sich tendenziell länger mit der Reflexion des eigenen Lernweges beschäftigten. Hier gäbe es interessante Fragestellungen für weitere Studien über die Nutzung von Lernzeit. Auch müssten im Bereich der Kooperation angesichts der intensiven Partnerarbeit am Computer weitere Daten erhoben werden, die Aufschluss über mögliche kooperative Faktoren liefern. Denn die Frage nach dem Erfolg einer Lernkooperation und dem damit verbundenen positiven wie auch negativen Einfluss auf den Lernprozess und auf das Verfassen von Lernprotokollen wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt. In diesem Zusammenhang könnte auch die Überprüfung eines meta-kognitiven Promptings im Sinne eines Monitorings Aufschluss über die Möglichkeit geben, inwieweit Schülerinnen und Schüler selbstständig mit Hilfe einer konkreten Anleitung in der Lage sind, ihre Lern- und Schreibprozesse zu überwachen (vgl. Bannert, 2007; Hübner, Nückles & Renkl, 2007; Renkl, Nückles, Schwonke, Berthold & Hauser, 2004).

Abschließend kann man feststellen, dass die Ergebnisse der Studie die Annahme stützen, dass kognitive Schreibhilfen, Vermutungsaufforderungen sowie Reflexionsaufforderungen produktive Lern- und Schreibaktivitäten der Schülerinnen und Schüler substanziell fördern.

Aus theoretischer Sicht lässt sich festhalten, dass Fähigkeiten zur Wahrnehmung und Reflexion der eigenen Lernwege entwickelt werden können, wenn Schulklassen sich über einen längeren Zeitraum intensiv mit dem Lernen durch reflektierendes Schreiben anhand eines Lernprotokolls auseinandersetzen. Diese Entwicklung der differenzierteren Wahrnehmungsprozesse eigener Lernaktivitäten bildet vermutlich die Basis für die festgestellte erfolgreiche Nutzung grundlegender Problemlösetechniken, auch in der späteren Testsituation.

Literatur

Balacheff, N. (1993). Artificial intelligence and real teaching. In C. Keitel & K. Ruthven (Eds.), *Learning from computers: Mathematics education and technology* (pp. 131-158). Berlin: Springer Verlag.

Balacheff, N. & Sutherland, R. (1994). Epistemological domain of validity of microworlds, the case of Logo and Cabri-géométre. In R. Lewis & P. Mendelsohn (Eds.), *Lessons from learning* (pp. 137-150). Amsterdam: Elsevier.

Bannert, M. (2007). *Metakognition beim Lernen mit Hypermedien*. Münster: Waxmann Verlag.

Baptist, P. (Hrsg.). (2004). *Lernen und Lehren mit dynamischen Arbeitsblättern. Das Handbuch zur CD-ROM. Mathematik Klasse 7/8*. Seelze: Friedrich.

Barzel, B., Hußmann, St. & Leuders, T. (2005). *Computer, Internet & Co im Mathematikunterricht*. Berlin: Cornelsen.

Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction. Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gawlick, T. (2000). Empirische Unterrichtsforschung zu Dynamischer Geometrie-Software. Methoden und Ergebnisse. In T. Gawlick (Hrsg.), *Lernprozesse mit Dynamischer Geometrie-Software. Beitragsausarbeitungen* (S. 37-42). Kiel: Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, der Mathematik und des Sachunterrichts.

Glogger, I., Schwonke, R., Holzäpfel, L., Nückles, M. & Renkl, A. (2009). Activation of learning strategies in journal writing: The specificity of prompts matters. *Manuscript submitted for publication.*

Hammann, M., Phan, T. H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *10*(8), 33-49.

Heintz, B. (2000). *Die Innenwelt der Mathematik*. Wien: Springer.

Hischer, H. (2000). Modellbildung, Computer und Mathematikunterricht. In H. Hischer (Hrsg.), *Bericht über die 16. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ vom 1. bis 4. Oktober in Wolfenbüttel 1998* (S. 125-128). Hildesheim: Franzbecker.

Hischer, H. (2002). *Mathematikunterricht und Neue Medien: Hintergründe und Begründungen in fachdidaktischer und fachübergreifender Sicht.* Hildesheim: Franzbecker.

Hölzl, R. (1994). *Im Zugmodus der Cabri-Geometrie. Interaktionsstudien und Analysen zum Mathematiklernen mit dem Computer*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.

Hölzl, R. (1999). *Qualitative Unterrichtsstudien zur Verwendung dynamischer Geometrie-Software*. Augsburg: Wißner-Verlag.

Hole, V. (Hrsg.). (1998). *Erfolgreicher Mathematikunterricht mit dem Computer: methodische und didaktische Grundfragen in der Sekundarstufe I*. Donauwörth: Auer.

Hübner, S., Nückles, M. & Renkl, A. (2007). Lerntagebücher als Medium des selbstgesteuerten Lernens – wie viel instruktionale Unterstützung ist sinnvoll? *Empirische Pädagogik, 21,* 119-137.

Klein, F. (1872). *Das Erlanger Programm. Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen.* Erlangen: Deckelschild

Knipping, C. & Reid, D. A. (2005). Schwarze Kisten – Mit black boxes Zusammenhänge erkunden. In B. Barzel, St. Hußmann & T. Leuders (Hrsg.), *Computer, Internet & Co im Mathematikunterricht* (S. 167-180). Berlin: Cornelsen.

Laborde, C. (2000). Dynamic geometry software as a window on mathematical learning: empirical research on the use of Cabri-geometry. In A. Gagatsis et al. (Eds.), *Proceedings of the 2nd Mediterranean Conference on Mathematics Education.* (pp. 161-173). Nicosia: Cyprus Mathematical Society.

Marrades, R. & Gutierrez, A. (2000). Proofs produced by secondary school students learning geometry in a dynamic computer environment. *Educational Studies in Mathematics. An International Journal, 44* (1-2), S. 87-125.

Miller, C. & Ulm, V. (Hrsg.). (2006). *Experimentieren und Entdecken mit dynamischen Arbeitsblättern: Mathematik Sekundarstufe I*. Seelze-Velber: Friedrich.

Polya, G. (1949). *Schule des Denkens: vom Lösen mathematischer Probleme*. Bern: Francke.

Renkl, A., Nückles, M., Schwonke, R., Berthold, K. & Hauser, S. (2004). Lerntagebücher als Medium selbstgesteuerten Lernens: Theoretischer Hintergrund, empirische Befunde, praktische Entwicklungen. In M. Wosnitza, A. Frey & R. Jäger (Hrsg.), *Lernprozess, Lernumgebung und Lerndiagnostik. Wissenschaftliche Beiträge zum Lernen im 21. Jahrhundert* (S. 101-116). Landau: Verlag Empirische Pädagogik.

Schoenfeld, A. H. (1979). Explicit heuristic training as a variable in problem solving performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, *10*, 173-187.

Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Orlando, FL: Academic Press.

Steen, L. A. (1988). The science of patterns. *Science, 240*, 611-616.

Weigand, H.-G. & Weth, T. (2002). *Computer im Mathematikunterricht: Neue Wege zu alten Zielen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Weth, T. (1994). Beobachtungen beim Einsatz von GEOLOG - Teil 1: Beispiele für „modulares Konstruieren“. *MidS, 39*(9), 500-508.

Weth, T. (1998). Kreative Zugänge zum Kurvenbegriff. *MU, 4/5*, 38-60.

Winter, H. (1983). Zur Problematik des Beweisbedürfnisses. *Journal für Mathematik-Didaktik, 4*(1), 59-95.

Nikol Rummel, Isabel Braun

Kooperatives Lernen mit digitalen Medienverbünden

Zusammenfassung

Die Literatur zum kooperativen Lernen lässt die Annahme zu, dass der Wissenserwerb mit digitalen Medienverbünden durch kooperative Lernformen wirksam unterstützt werden könnte, insbesondere wenn die für das Lernen mit digitalen Medienverbünden zentralen Prozesse der Elaboration und Kohärenzbildung angeregt werden. Im vorliegenden Beitrag wird zunächst ein Überblick über Theorien und empirische Befunde zu den Mechanismen kooperativen Lernens gegeben. Im Kontext des Beispiels einer kooperativen Lernumgebung, die digitale Medienverbünde beinhaltet, werden die spezifischen Herausforderungen beim kooperativen Lernen mit digitalen Medienverbünden diskutiert. Kooperationsskripts werden als Unterstützungsmaßnahme für das kooperative Lernen eingeführt und es wird anhand eines Beispiels aufgezeigt, wie diese in Lernumgebungen mit digitalen Medienverbünden integriert sein können. Zum Abschluss des Beitrags wird auf die Frage eingegangen, wie das kooperative Lernen mit den für digitale Medienverbünde charakteristischen multiplen Repräsentationen noch spezifischer unterstützt werden könnte.

1 Einleitung

Im Kontext des Lernens mit digitalen Medienverbünden stellt das kooperative Lernen eine viel versprechende Lernform dar. Digitale Medienverbünde enthalten, wie in der Einleitung zu diesem Buch definiert, Kombinationen unterschiedlicher externaler Repräsentationen (Texte, Bilder, Animationen, Simulationen, Modellierungswerkzeuge) in computergestützten Lernszenarien. Zentrale Anforderungen beim Lernen mit multiplen Repräsentationen sind die vertiefte kognitive Verarbeitung und das Herstellen von sinnstiftenden Verbindungen, die sogenannte Kohärenzbildung (z.B. Ainsworth, 2006; siehe auch den Beitrag von Seufert in diesem Band). Kooperative Lernformen bieten durch das gegenseitige Geben von Erklärungen, durch gemeinsames Elaborieren und durch die gemeinsame Konstruktion von Wissen fruchtbare Möglichkeiten, um solche Prozesse anzuregen.

Im folgenden Abschnitt werden zunächst zentrale Wirkmechanismen des kooperativen Lernens beschrieben und theoretische Ansätze zusammengefasst, die die Lernförderlichkeit kooperativer Lernformen begründen. Daran anschließend stellen wir ein Beispiel kooperativen Lernens mit digitalen Medienverbünden vor und diskutieren die Herausforderungen, die sich den Lernenden bei einer Kombination der beiden Lernformen stellen. Im vierten Abschnitt werden Kooperationsskripts als ein Ansatz zur Unterstützung des kooperativen Lernens eingeführt. Anhand einer computergestützten Lernumgebung aus unserer eigenen Forschung werden mögliche Umsetzungen dieses Unterstützungsansatzes für das kooperative Lernen mit digitalen Medienverbünden illustriert. Wir schließen unseren Beitrag mit einer Diskussion darüber, wie kooperative Lernumgebungen, die digitale Medienverbünde beinhalten, dahingehend optimiert werden könnten, dass sie das kooperative Lernen mit den in der Lernumgebung enthaltenen Repräsentationen noch gezielter fördern.

2 Mechanismen kooperativen Lernens

Kooperatives Lernen bezeichnet Situationen, in denen zwei oder mehr Partner mit dem gemeinsamen Ziel interagieren, etwas zu lernen. Die gemeinsamen Aktivitäten können sich dabei zum Beispiel auf das Lösen von Aufgaben, auf das Erarbeiten von Texten oder auf die Diskussion eines Themas beziehen. Im Vordergrund steht nicht das Produkt der Interaktion – also die Gruppenlösung – sondern der individuelle Lernfortschritt der Kooperationspartner.

Kennzeichnend für das kooperative Lernen sind die Anregung vertiefter Verarbeitung und die Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse (siehe auch den Beitrag von Bannert und Reimann in diesem Band). Daneben wird auch von einer positiven motivationalen Wirkung des kooperativen Lernens ausgegangen. Mechanismen, die für die lernförderliche Wirkung von Kooperation verantwortlich gemacht werden, sind das Geben von Erklärungen auf der einen und das Erfragen und Erhalten von Hilfe durch die Kooperationspartner auf der anderen Seite sowie die gemeinsame Konstruktion neuen Wissens.

Beim kooperativen Bearbeiten von Aufgaben sind Lernende gefordert, ihre individuellen Überlegungen und Vorstellungen explizit zu machen, indem sie sich ihren Kooperationspartnern erklären. Eine Studie von Teasley (1995) zeigte, dass schon allein das Verbalisieren des eigenen Wissens eine lernförderliche Wirkung haben kann. Diese entfaltet sich insbesondere dann, wenn in einer kooperativen Situation verbalisiert wird. Teasley (1995) verglich Dyaden und individuell Lernende, jeweils ohne beziehungsweise mit Aufforderung zur Verbalisierung. Die Lernenden aus den beiden Versuchsbedingungen, die aufgefordert waren, ihr Denken zu verbalisieren, schnitten im Nachtest besser ab als die Lernenden aus den Bedingungen, in denen nicht gesprochen werden durfte. Die kooperative Versuchsbedingung mit

Sprechen schnitt am besten ab. Hierfür kann es zwei Gründe geben: Zum einen ist das Sprechen in einer Kooperationssituation natürlicher, zum zweiten werden beim Geben von Erklärungen an andere Personen vermutlich andere Mechanismen wirksam als bei Selbsterklärungen (Chi, 2000; Plötzner, Dillenbourg, Preier & Traum, 1999). Dabei ist unklar, ob das Generieren der Erklärungen selbst oder die Vorbereitung auf das Erklären die gefundenen positiven Effekte verursacht (Plötzner et al., 1999). Unumstritten ist jedoch, dass Erklären konstruktive kognitive und metakognitive Aktivitäten anstoßen kann. Es erfordert zunächst die Reflektion und Organisation des eigenen Wissens. Dies kann zur Identifikation eigener Verständnislücken führen und deren Beseitigung wiederum zu einer vertieften Verarbeitung des Lernstoffes. Auch das Sich-Einstellen auf das Wissensniveau des Partners – ob antizipativ oder aufgrund von Nachfragen seitens des Partners – erfordert kognitive Aktivität und vertiefte Verarbeitung. Insbesondere das Geben von elaborierten Erklärungen hat sich als lernförderlich erwiesen (Webb, 1989).

Dagegen hat sich das Empfangen von Erklärungen vom Kooperationspartner nur eingeschränkt und unter bestimmten Bedingungen als lernförderlich erwiesen (Webb, 1989; Webb & Mastergeorge, 2003). Nur wenn der Hilfesuchende seine Schwierigkeiten erkennt, richtig einschätzt und eine entsprechende Hilfeanfrage formuliert, nur wenn der Erklärende die Anfrage auch entsprechend beantwortet und nur wenn der Hilfesuchende die Antwort versteht oder andernfalls Nachfragen stellt, können Erklärungen auch auf den Lernerfolg des Hilfeempfängers eine positive Wirkung haben. Dieser Mechanismus des kooperativen Lernens umfasst zwei Unteraspekte: Der Hilfesuchende kann lernen, indem er eine Frage an den Partner formuliert. Dies erfordert wie das Erklären zunächst die Überprüfung des eigenen Verständnisses und den Versuch, Verständnislücken selbst zu reparieren. Hinzu kommt das Verbalisieren des erkannten Problems in einer geeigneten Frage an den Partner. Des Weiteren kann der Hilfesuchende von der empfangenen Hilfe (Hinweis oder Erklärung) lernen. Das Verstehen der Erklärung und die eventuell daraus folgende kognitive Umstrukturierung machen eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Lernstoff notwendig. Dabei ist es wichtig, dass die Hilfe sich auf die Verständnislücken des Empfängers bezieht, also Relevanz besitzt. Nicht zuletzt sollte das Elaborations- bzw. das Abstraktionsniveau der Hilfe kongruent zur benötigten Hilfe sein.

Der dritte Mechanismus, der für die potentiell lernförderliche Wirkung von Kooperation verantwortlich gemacht wird, ist die gemeinsame Konstruktion von Wissen (Fischer, Bruhn, Gräsel & Mandl, 2002; Hausman, Chi & Roy, 2004). Dieser Mechanismus baut auf dem gegenseitigen Geben und Empfangen von Erklärungen auf. Bezeichnet werden damit einerseits Situationen, in denen die Partner ein gemeinsames Problemverständnis aushandeln und eine geteilte Terminologie aufbauen. Die Basis des gegenseitigen Verstehens wird in der Kommunikationstheorie von Herbert Clark als *common ground* bezeichnet und ist definiert als „die Summe

der gegenseitigen, gemeinsamen, geteilten Wissenselemente, Meinungen und Vermutungen“ (Übersetzung der Autoren; Clark, 1996, S. 93). Darüber hinaus beschreibt gemeinsame Wissenskonstruktion aber auch Situationen, in denen das durch die Interaktion entstehende Wissen über das hinausgeht, was die Kooperationspartner individuell bereits vor der Kooperation wussten oder konnten. Damit ist die gemeinsame Konstruktion von Wissen ein zentraler Wirkmechanismus kooperativen Lernens. In der gemeinsamen Aktivität, in der Auseinandersetzung mit den Vorstellungen des Partners, im gegenseitigen Erklären und Elaborieren kann etwas Neues entstehen: Ein neues Verständnis kann gemeinsam erworben werden, eine gemeinsame Erkenntnis führt zu neuem Wissen.

Zur Erklärung der Wirksamkeit kooperativer Lernformen werden unterschiedliche Theorien herangezogen. Die ersten beiden der oben beschriebenen Mechanismen des kooperativen Lernens gehen auf eine kognitive Perspektive zurück. Nach dieser liegen die Vorteile kooperativen Lernens darin begründet, dass durch die soziale Situation und in der Interaktion mit dem Partner kognitive (z.B. Elaboration) und metakognitive (z.B. Überwachung des eigenen Verständnisses) Lernstrategien gefördert werden. Erklärungsmodelle, die sich auf die Entwicklungstheorie von Jean Piaget (z.B. Piaget & Inhelder, 1962) stützen, gehen davon aus, dass durch die Interaktion soziokognitive Konflikte angestoßen werden: Die eigene Meinung oder das eigene Wissen werden mit anderen, abweichenden Meinungen bzw. Informationen konfrontiert, wodurch kognitive Umstrukturierungen und die Weiterentwicklung des eigenen Wissens angeregt werden können (z.B. De Lisi & Goldbeck, 1999). Dieser Effekt kann sich insbesondere in der Interaktion mit Partnern, die auf der gleichen Entwicklungsstufe stehen, entfalten, da vor allem in dieser Situation soziokognitive Konflikte entstehen. Ist der Kooperationspartner bereits zu weit fortgeschritten, fehlen vermutlich Wissengrundlagen, um die eigenen Vorstellungen mit denen des Partners zu vergleichen, oder die angestellten Vergleiche beziehen sich auf Aspekte, die für eine zu lösende Aufgabe irrelevant sind. Umgekehrt werden von einem deutlich weniger weit fortgeschrittenen Partner vorgebrachte Meinungen eventuell nicht ernst genommen und in Folge dessen findet keine ernsthafte Überprüfung des eigenen Wissens statt.

Nach Theorien, die sich an Lew Wygotski anlehnen, ist dagegen die Interaktion mit etwas fortgeschritteneren Kooperationspartnern besonders lernförderlich, da hierdurch ein Fortschreiten hin zur Zone der nächsten (proximalen) Entwicklung angestoßen werden kann. Die Zone der nächsten Entwicklung ist ein zentrales Konzept bei Wygotski (z.B. 1978) und bezieht sich auf Wissen, das ein wenig über dem aktuellen Entwicklungsstand eines Lerners liegt. In der Kooperation mit anderen, etwas fortgeschritteneren Partnern können Probleme bearbeitet werden, die der Lernende alleine noch nicht hätte lösen können. Dadurch wird eine Entwicklung des eigenen Wissensniveaus gefördert.

Slavin (z.B. 1995) schließlich geht davon aus, dass die lernförderliche Wirkung kooperativer Situationen darin begründet liegt, dass gegenseitige Abhängigkeiten entstehen, die die Partner motivieren, sich in den gemeinsamen Lernprozess einzubringen. Abhängigkeiten können beispielsweise hinsichtlich eines gemeinsam zu erreichenden (Lern-)Ziels bestehen: Nur wenn alle Kooperationspartner das Ziel erreichen, gilt eine gemeinsame Aufgabe als erledigt. Wie auch Renkl (2007) argumentiert, widersprechen sich die Aussagen der unterschiedlichen theoretischen Ansätze nicht, sondern ergänzen sich vielmehr. Gemeinsam sagen sie aus, dass kooperative Situationen aus unterschiedlichen Gründen und auf verschiedenen Ebenen vertiefte Lernprozesse anregen können.

3 Kooperatives Lernen mit digitalen Medienverbünden

Lernumgebungen, die digitale Medienverbünde umfassen, stellen hohe Anforderungen an die Lernenden. Bereits einfache externe Repräsentationen erfordern von den Lernenden die Interpretation der Repräsentation sowie das Herstellen von Verbindungen zwischen der Repräsentation und der entsprechenden Wissensdomäne (Ainsworth, 2006). Das Lernen mit multiplen Repräsentationen stellt die Lernenden vor zusätzliche Herausforderungen. Ainsworth (2006) verdeutlicht, dass die vertiefte, elaborierte Verarbeitung und das Herstellen von sinnstiftenden Verbindungen zwischen den verschiedenen Repräsentationen die zentralen Herausforderungen beim Lernen mit multiplen Repräsentationen darstellen.

Betrachtet man die Wirkmechanismen kooperativen Lernens, so wird deutlich, dass Kooperation den Lernenden dabei helfen könnte, die Herausforderungen, die beim Lernen mit digitalen Medienverbünden entstehen, besser zu bewältigen. Und dies unabhängig davon, ob die Interaktion zwischen den Lernenden computervermittelt stattfindet oder ob die Lernenden sich austauschen, während sie gemeinsam vor einem Computer sitzen: Indem sie sich gegenseitig Erklärungen geben und gemeinsam Wissen konstruieren, setzen die kooperierenden Lernenden sich in beiden Szenarien aktiv und konstruktiv mit den ihnen dargebotenen Repräsentationen auseinander und unterstützen sich wechselseitig bei der Durchdringung der Repräsentationen und dem Herstellen sinnstiftender Verbindungen.

In der Forschung finden sich zahlreiche Beispiele für Lernumgebungen, in denen das Lernen mit digitalen Medienverbünden mit kooperativen Lernformen kombiniert wurde. Vor allem im Bereich des entdeckenden Lernens wurden in den vergangenen Jahren entsprechende Szenarien realisiert und empirisch überprüft (*collaborative discovery/inquiry learning*, z.B. Van Joolingen, De Jong, Lazonder, Savelsbergh & Manlove, 2005). Im folgenden Abschnitt wird ein Beispiel für eine solche Lernumgebung aus dem Bereich des kooperativen entdeckenden Lernens dargestellt.

3.1 Ein Beispiel für kooperatives Lernen mit digitalen Medienverbünden: Die Lernumgebung Co-Lab

Die Lernumgebung Co-Lab unterstützt das kooperative entdeckende Lernen in naturwissenschaftlichen Fächern (Van Joolingen et al., 2005). Mit der Entwicklung von Co-Lab wurden Forschungsarbeiten zu simulationsbasierten Lernumgebungen fortgesetzt, die zum Ziel hatten, durch die Integration von Simulationen und kognitiven Werkzeugen das entdeckende Lernen zu fördern (z.B. De Jong et al., 1999). Die Realisierung eines kooperativen Szenarios sollte die potentielle Lernförderlichkeit des entdeckenden Lernens erhöhen (Van Joolingen et al., 2005).

Co-Lab enthält eine Kombination von Medienverbünden, präziser gesagt von Simulationen und Modellierungswerkzeugen. Die genauere Betrachtung zeigt, dass es sich bei den verwendeten Medienverbünden um dynamisch-interaktive Repräsentationen handelt, die nicht nur mehrere Repräsentationsformate sondern auch mehrere Repräsentationsebenen umfassen. Als Beispiel soll hier die Wassertank-Simulation (s. Abbildung 1) genannt werden (z.B. Manlove & Lazonder, 2004). Diese Simulation besteht aus der Abbildung eines Wassertanks, dessen Füllhöhe dargstellt wird, sowie Anzeigen für die veränderbaren Ausgangsparameter (z.B. Tankdurchmesser) und Ergebnisparameter (z.B. Abflussrate in L/min und m^3/s).

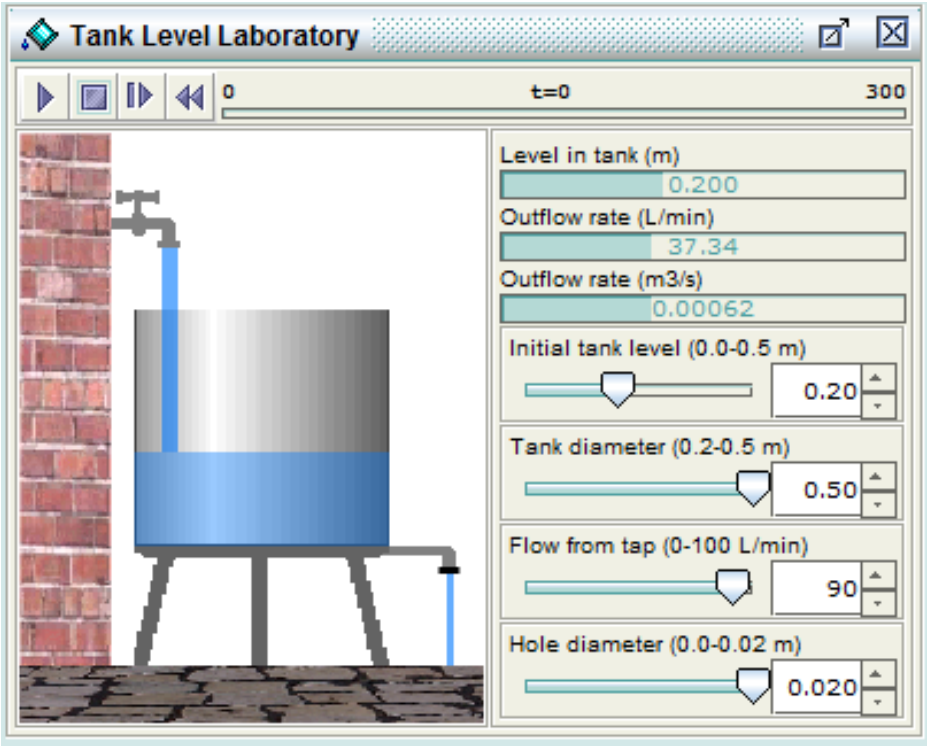


Abb. 1: Screenshot der Wassertank-Simulation in Co-Lab (Manlove & Lazonder, 2004, S. 4)

Die Medienverbünde werden ergänzt durch Programme bzw. Programmfunktionen, die bestimmte Lernprozesse unterstützen sollen (Van Joolingen et al., 2005). Das entdeckende Lernen wird zum Beispiel durch eine Programmfunktion unterstützt, die es den Lernenden gestattet, die Ergebnisse der von ihnen durchgeführten Experimente in einer Graphik zu betrachten. Der Unterstützung des Modellierens dient ein Programm, mit dessen Hilfe die Lernenden die Modellparameter quantitativ, qualitativ oder graphisch festlegen können, wobei ihre Eingaben automatisch in die jeweils nicht gewählten Formate übersetzt werden. Schließlich werden den Lernenden eine Reihe von Programmen zu Verfügung gestellt, die das kooperative Lernen ermöglichen bzw. unterstützen sollen: Ein Chat-Programm, geteilte Arbeitsbereiche sowie ein sogenanntes *awareness tool*, das den Lernenden anzeigt, mit welcher Komponente der Lernumgebung sich die einzelnen Kooperationspartner gerade beschäftigen. Co-Lab stellt somit gleichzeitig eine Kommunikationsplattform für die räumlich voneinander getrennten Lernenden dar. Ingesamt handelt es sich bei Co-Lab, im Sinne der Einleitung zu diesem Band, um eine hoch komplexe und vernetzte Lernumgebung.

Digitale Medienverbünde sind charakteristisch für Lernumgebungen wie Co-Lab. Dennoch bezieht sich die Forschung im Bereich des computergestützten entdeckenden Lernens kaum auf die einschlägige Literatur zum Lernen mit multiplen Repräsentationen und dynamisch-interaktiven Repräsentationen (vgl. Plötzner & Lowe, 2004). Entsprechend thematisieren Van Joolingen und Kollegen (2005) nicht, wie die Verarbeitung der in ihrer Lernumgebung enthaltenen Repräsentationen und die Kohärenzbildung gezielt angeregt werden könnten. Auch gehen sie nicht darauf ein, wie die Kooperationsmöglichkeiten in Co-Lab so gestaltet werden könnten, so dass die lernförderlichen Mechanismen der Kooperation zum Tragen kommen und das entdeckende Lernen ebenso wie der Wissenserwerb mit den in Co-Lab enthaltenen Repräsentationen positiv beeinflusst werden. Unterstützung für das kooperative Lernen wird in Co-Lab lediglich durch das Anbieten von Kommunikations- und Kooperationswerkzeugen geboten.

3.2 Herausforderungen beim kooperativen Lernen mit digitalen Medienverbünden

Wie am Beispiel von Co-Lab zu erkennen ist, stellen Lernumgebungen, die das Lernen mit digitalen Medienverbünden mit kooperativen Lernformen kombinieren, hohe Anforderungen an die Lernenden. Diese resultieren aus den enthaltenen Medienverbünden und aus dem entdeckenden Lernen.

Auf die Anforderungen durch die für digitale Medienverbünde charakteristischen multiplen Repräsentationen wurde bereits hingewiesen. Die vertiefte kognitive Verarbeitung und die Kohärenzbildung sind beim Lernen mit digitalen Medienver-

bünden von zentraler Bedeutung für den Lernerfolg (z.B. Ainsworth, 2006; siehe auch den Beitrag von Seufert in diesem Band).

Das entdeckende Lernen bzw. das Experimentieren stellt weitere Anforderungen an die Lernenden. Es erfordert von den Lernenden systematisches, wissenschaftliches Vorgehen sowie die Selbstregulation der eigenen Lernprozesse (siehe auch die Beiträge von Borgenheimer und Weber sowie von Thillmann, Gößling, Wirth und Leutner in diesem Band). Die typischen beim individuellen entdeckenden Lernen auftretenden Schwierigkeiten (vgl. De Jong & Van Joolingen, 1998) berücksichtigten die Entwickler von Co-Lab, indem sie die Lernumgebung mit unterstützenden Programmen bzw. Programmfunktionen ausstatteten (Van Joolingen et al., 2005). Diese stellen jedoch lediglich ein Angebot dar, dessen Nutzung den Lernenden weitgehend selbst überlassen wird. Eine Überwachung und gezielte Anregung der Prozesse, die die Lernförderlichkeit des entdeckenden Lernens begründen, findet in Co-Lab nicht statt.

Kooperative Lernformen können als ein möglicher Weg angesehen werden, den Anforderungen durch die digitalen Medienverbünde und des entdeckenden Lernens zu begegnen. Jedoch stellt auch die Kooperation selbst eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar. Wie zahlreiche Studien zum kooperativen Lernen gezeigt haben, entfaltet sich die lernförderliche Wirkung kooperativer Lernarrangements in der Regel nicht automatisch (z.B. Barron, 2003; Salomon & Globerson, 1989), sondern bedarf geeigneter Unterstützungsmaßnahmen. Dies gilt in besonderem Maße für die computergestützte Kooperation, da hier zusätzliche Anforderungen an die Lernenden entstehen. Eine Schwierigkeit stellt beispielsweise die Koordination bei der Nutzung geteilter Repräsentationen dar (Dillenbourg & Traum, 1999; Whittaker, Geelhoed & Robinson, 1993).

Mithilfe von Kooperationsskripts kann das kooperative Lernen wirksam unterstützt werden. Daher soll im folgenden Abschnitt dargestellt werden, welche Befunde die Forschung zu Kooperationsskripts bislang erbracht hat und wie Kooperationsskripts als Unterstützungsmaßnahme für das kooperative Lernen mit digitalen Medienverbünden konzipiert werden könnten.

4 Unterstützung für das kooperative Lernen mit digitalen Medienverbünden

4.1 Kooperationsskripts

Kooperationsskripts haben sich als eine gute Möglichkeit erwiesen, kooperatives Lernen zu unterstützen, indem sie den Interaktionsprozess strukturieren und lernrelevante kognitive, metakognitive und soziale Prozesse anregen (King, 2007;

O'Donnell, 1999). Entsprechend der unterschiedlichen theoretischen Perspektiven, aus denen Erklärungen für die Wirksamkeit kooperativer Lernformen abgeleitet werden, variieren Kooperationsskripts in ihren Zielen und Inhalten sowie hinsichtlich weiterer Merkmale. Einen Überblick über die konzeptionelle Vielfalt und Beispiele für prototypische Kooperationsskripts bieten beispielsweise Kollar, Fischer und Hesse (2006).

In der Regel definieren Kooperationsskripts eine Abfolge von Kooperationsphasen, in deren Verlauf sich die vorgegebenen Aufgaben oder Rollen sowie deren Verteilung verändern. Innerhalb einer Kooperationsphase oder über mehrere Kooperationsphasen hinweg können Aufgaben, Wissen oder andere Ressourcen derart auf die Kooperationspartner verteilt werden, dass die Lösung der gemeinsamen Aufgabe die gewünschten Interaktionen erforderlich macht. Kooperationsskripts, die diesem Schema folgen, werden in Anlehnung an den Ansatz von Aronson (1978) als *jigsaw*-Skripts bezeichnet. Darüber hinaus können den Lernenden unterschiedliche Rollen zugewiesen werden, um die gewünschten lernrelevanten Prozesse anzuregen. Die Rollenverteilung kann auch derart erfolgen, dass den Rollen Aufgaben auf unterschiedlichen Prozessebenen entsprechen, beispielsweise indem einem Lernenden die Rolle des Fragen Beantwortenden zugewiesen wird, d.h. eine Aufgabe auf der kognitiven Ebene, und einem anderen Lernenden die Rolle des Überwachenden, d.h. metakognitive Aufgaben. Erfolgt die Strukturierung der Interaktionen durch Rollenverteilung, so beinhaltet das Kooperationsskript stets auch die Aufforderung zum Rollentausch an definierten Punkten des Interaktionsprozesses.

Zwei bekannte Kooperationsskripts, die dem zuletzt beschriebenen Schema folgen, sind das MURDER Skript (Danserau, 1988; siehe auch O'Donnell, 1999) und ASK to THINK-TEL WHY®© (King, 1997). Hinter dem Akronym MURDER verbirgt sich ein Ansatz zur Förderung des Textverstehens. Für jeden Abschnitt des zu bearbeitenden Textmaterials werden die Lernenden durch das Kooperationsskript angeleitet, komplementäre Rollen einzunehmen und die mit dieser Rolle assoziierten kognitiven bzw. metakognitiven Lernstrategien in der vorgegebenen Reihenfolge auszuführen. Ein Lernender gibt die zentralen Inhalte des Textabschnitts in eigenen Worten wieder, während der Kooperationspartner die Rolle des Überwachenden einnimmt, auf Fehler und Lücken in der Zusammenfassung achtet und Klärungen einfordert. Das Kooperationsskript ASK to THINK-TEL WHY®© (King, 1997), welches für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule entwickelt wurde, beinhaltet eine ähnliche Rollen- und Aufgabenverteilung: Ein Lernender wird durch das Kooperationsskript aufgefordert, fünf Arten von Fragen in einer spezifischen Reihenfolge zu stellen, um so seinen Kooperationspartner zum vertieften Nachdenken anzuregen. Die erste Hälfte des Akronyms steht für diese Rolle (ASK to THINK). Sein Kooperationspartner nimmt die Rolle des Erklärenden ein und wird angeleitet (gemäß dem zweiten Teil des Akronyms), den jeweiligen Textabschnitt wiederzugeben (T*ell*), zu erklären (E*xplain*), Verbindungen herzustellen

(L*ink*) und Begründungen herzuleiten (*tell* W*hy and* H*ow*) – all dies in seinen eigenen Worten (Y*our own words*).

Bei den dargestellten Beispielen handelt es sich um Kooperationsskripts, welche für kooperative Lernarrangements entwickelt wurden, bei denen die Lernenden ohne Computerunterstützung zusammenarbeiten. Kooperationsskripts, die in computergestützten Settings eingesetzt werden, unterscheiden sich von diesen nicht grundsätzlich in ihren Zielen und Inhalten; es bieten sich aber zusätzliche Möglichkeiten für die Implementierung der Skripts (Dillenbourg & Jermann, 2007). Beispielsweise können Kooperationsskripts in computergestützten Lernumgebungen so umgesetzt werden, dass sie den Kommunikationsprozess vorstrukturieren oder den Zugriff auf geteilte Repräsentationen regulieren, wodurch die Belastung der Lernenden durch Koordinationsanforderungen verringert wird. Auch kann die Ausführung der Skriptinstruktionen stärker als in kooperativen Lernarrangements ohne Computerunterstützung durchgesetzt werden, indem Programmfunktionen erst zur Verfügung gestellt werden, nachdem bestimmte Skriptinstruktionen ausgeführt wurden.

Ein Beispiel für ein Kooperationsskript in einer computergestützten Umgebung ist das in unserer Arbeitsgruppe entwickelte Skript zur Unterstützung des kooperativen Lernens mit einer Lernsoftware im Bereich Algebra (Rummel, Diziol & Spada, eingereicht). Beim kooperativen Lernen mit der Software bearbeiten Schüler in Dyaden alltagsnahe Textaufgaben und werden dabei durch die Funktionen des Lernprogramms unterstützt. Die Interaktion für jede zu lösende Textaufgabe wird durch das Kooperationsskript in zwei Phasen eingeteilt: Während einer individuellen Phase bearbeitet jeder der beiden Schüler für sich eine Teilaufgabe der komplexen Textaufgabe, die sie während der Kooperationsphase dann gemeinsam lösen müssen. Damit folgt das hier umgesetzte Kooperationsskript dem oben beschriebenen *jigsaw*-Skript nach Aronson (1978): Wissen zur Lösung der gemeinsamen Aufgabe wird auf die Kooperationspartner verteilt; dadurch wird die individuelle Verantwortlichkeit der Schüler für den gemeinsamen Problemlöseprozess vergrößert und die Wahrscheinlichkeit lernförderlicher Interaktionen erhöht. Das Besondere an der Integration des Kooperationsskripts in die computergestützte Lernumgebung ist zum einen, dass einzelne Funktionen der Lernsoftware erst in einer bestimmten Phase des kooperativen Problemlöseprozesses zur Verfügung gestellt werden. Zum anderen werden die Schüler bei Schwierigkeiten durch eine adaptive Skriptkomponente unterstützt. Die Software registriert sowohl Fehler als auch Hilfeanfragen der Schüler und bietet in Reaktion darauf instruktionale Hinweise.

Empirische Studien (z.B. Hron, Hesse, Reinhard & Picard, 1997) zeigten, dass insbesondere in computergestützten Settings eine Balance angestrebt werden sollte zwischen der Strukturierung des Interaktionsprozesses auf der einen Seite und Spielräumen für die kooperierenden Lernenden auf der anderen Seite. Die ersten Kooperationsskripts, die in computergestützten Settings implementiert und empi-

risch überprüft wurden, gestatteten den Lernenden nur in geringem Umfang, über die konkrete Ausgestaltung ihrer Interaktion selbst zu bestimmen. Stattdessen gaben strukturierte bzw. semistrukturierte Kommunikationsoberflächen, wie beispielsweise in der Studie von Hron et al. (1997), die Abfolge der Interaktionen vor und schränkten Umfang und Inhalte der Kommunikation zwischen den Lernenden ein. Dillenbourg (2002) prägte hierfür den Begriff *over-scripting*: Bei zu hoher Strukturierung des Interaktionsprozesses können die Lernenden die instruktionale Unterstützung nicht an ihre jeweils aktuellen Bedürfnisse anpassen, was über kognitive und motivationale Mechanismen dem Lernen abträglich sein kann. Das Problem einer Überregulierung und damit Unterforderung der Lernenden bei zu viel Unterstützung bzw. einer Überforderung bei zu wenig Unterstützung wird in der Forschung zum individuellen Lernen als *assistance dilemma* bezeichnet (Koedinger & Aleven, 2007). Aktuelle Forschungsansätze versuchen dieses Problem durch die Entwicklung adaptiver Kooperationsskripts zu lösen, die sich dem Unterstützungsbedarf der Lernenden dynamisch anpassen (vgl. Rummel & Weinberger, 2008). Auch das oben dargestellte computergestützte Kooperationsskript (Rummel, et al., eingereicht) enthält eine solche adaptive Komponente.

4.2 Die Unterstützung des kooperativen Lernens in einer Lernumgebung mit digitalen Medienverbünden: CoChemEx

In diesem Abschnitt soll anhand eines Beispiels gezeigt werden, wie Kooperationsunterstützung in eine Lernumgebung, die digitale Medienverbünde umfasst, integriert werden kann. Die Entwicklung der Lernumgebung CoChemEx (z.B. Tsovaltzi et al., 2008) erfolgte, ähnlich wie die Entwicklung von Co-Lab, ausgehend von einem computerbasierten Simulationswerkzeug. Es handelt sich dabei um die Anwendung VLab (Evans, Yaron & Leinhardt, 2008), mithilfe derer Lernende Experimente aus der Chemie in einem virtuellen Labor durchführen und auswerten können (siehe Abbildung 2). Das virtuelle Labor ist eine dynamisch-interaktive Repräsentation, die mehrere Repräsentationsformen und Repräsentationsebenen umfasst. Die Elemente des virtuellen Labors sind ein durch die Lernenden nicht modifizierbarer Objektspeicher, ein Arbeitsbereich zur Durchführung der Experimente und mehrere Anzeigen für die Eigenschaften der im Arbeitsbereich befindlichen chemischen Stoffe. Die Anzeigen bieten den Lernenden Informationen sowohl zu makroskopischen Eigenschaften wie Volumen und Temperatur als auch zu mikroskopischen Eigenschaften, beispielsweise der Stoffmengenkonzentration (in mol/L). Zur Komplexität der dargebotenen Informationen trägt darüber hinaus der Umstand bei, dass die Informationen zu flüssigen, festen und gasförmigen Bestandteilen der chemischen Stoffe separat betrachtet werden müssen, da für jeden Aggregatzustand eigene Anzeigen existieren.

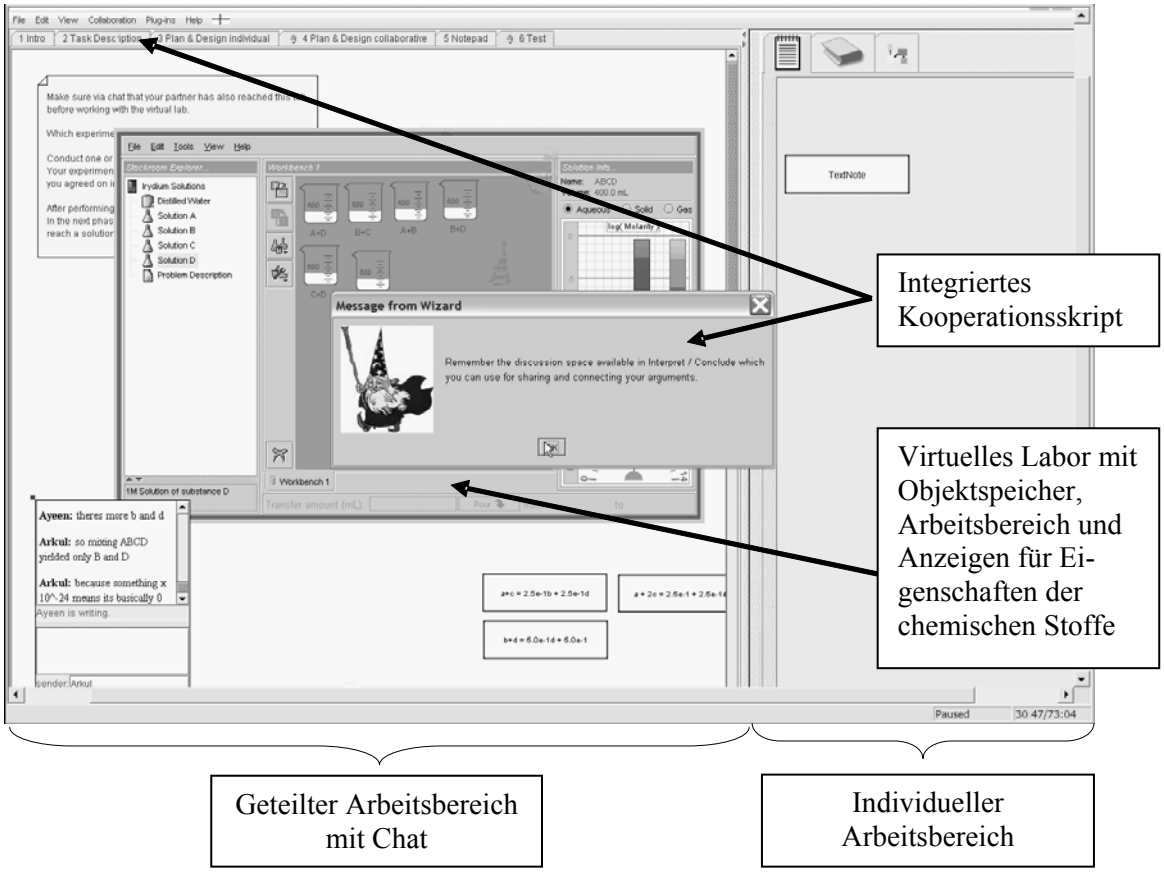


Abb. 2: Screenshot der Lernumgebung CoChemEx

Mit CoChemEx wurde das virtuelle Labor in ein computergestütztes, kooperatives Szenario integriert. Dabei wurde ein Unterstützungsansatz implementiert, der die Vorteile kooperativer Lernformen für das entdeckende Lernen nutzt und gleichzeitig den Anforderungen durch die Kooperation selbst Rechnung trägt. Das in die Lernumgebung integrierte Kooperationsskript bietet den Lernenden in zweifacher Hinsicht Unterstützung.

Erstens bildet das Kooperationsskript den strukturellen Rahmen für die Interaktion der Lernenden, indem es eine Abfolge von Aktivitäten vorgibt, die dem Prozess des wissenschaftlichen Problemlösens entspricht (Tsovaltzi et al., 2008). Auf diese Weise wird eine Strukturierung des entdeckenden Lernens erreicht, wie sie sich für das individuelle entdeckende Lernen als förderlich erwiesen hat (De Jong & Van Joolingen, 1998). Gleichzeitig wird das Potenzial des kooperativen Lernens für das entdeckende Lernen nutzbar gemacht. Zunächst werden die Lernenden aufgefordert, getrennt voneinander einen Ansatz zur Lösung der zu bearbeitenden Aufgabe zu entwickeln. Im nächsten Schritt vergleichen die Lernenden ihre Lösungsansätze und erarbeiten einen Plan für ihr weiteres, gemeinsames Vorgehen. Im darauf fol-

genden Schritt werden die Lernenden angeleitet, Experimente mit Hilfe des virtuellen Labors durchzuführen. Aufbauend auf den Ergebnissen ihrer Experimente erarbeiten sie dann in den letzten beiden Schritten eine Lösung für die ihnen gestellte Aufgabe. Jeder der fünf Schritte entspricht einer separaten Ansicht in CoChemEx, so dass die Lernenden die Aktivitäten nacheinander ausführen müssen, bevor sie sich frei in der Lernumgebung bewegen können.

Zweitens beinhaltet das Kooperationsskript eine adaptive Komponente, mittels derer das kooperative Lernen selbst gezielt unterstützt wird. Ein menschlicher *wizard-of-oz*, d.h. ein Tutor, der in Form eines pädagogischen Agenten auftritt, beobachtet von einem anderen Computer aus die Kooperation der Lernenden in CoChemEx und sendet ihnen vorformulierte Hinweise, sofern sie bestimmte lernförderliche Interaktionen nicht von sich aus zeigen. Ein Beispiel: Führt einer der Lernenden im dritten Schritt ein Experiment durch, ohne dies mit seinem Kooperationspartner abgestimmt zu haben bzw. ohne diesem sein Vorgehen erläutert zu haben, werden die Lernenden durch den *wizard-of-oz* aufgefordert, sich gegenseitig zu erklären, warum genau dieses Experiment durchgeführt werden sollte.

Befunde erster Evaluationsstudien zeigen, dass durch CoChemEx eine vertiefte Verarbeitung des Lernstoffes und eine Verbesserung des konzeptuellen Lernens erzielt werden kann (Tsovaltzi et al., 2008). Eine größer angelegte, experimentelle Bestätigung dieser Effekte steht jedoch noch aus.

Das in CoChemEx umgesetzte Kooperationsskript unterstützt die Zusammenarbeit der Lernenden und das kooperative entdeckende Lernen. Der Unterstützungsansatz enthält jedoch bislang keine Elemente, die spezifisch das kooperative Lernen mit den in der Lernumgebung enthaltenen Repräsentationen fördern. Die adaptive Unterstützung durch den *wizard-of-oz* soll lernförderliche kooperative Aktivitäten anregen. Dies sollte eine vertiefte, elaborierte Verarbeitung der Repräsentationen nach sich ziehen. Auch eine verbesserte Kohärenzbildung könnte so angestoßen werden. Es gäbe jedoch sicher Möglichkeiten, das kooperative Lernen mit digitalen Medienverbünden noch gezielter zu fördern. Im folgenden Ausblick werden Überlegungen angestellt, wie die Vorteile kooperativer Lernformen diesbezüglich noch besser genutzt werden könnten.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt des vorliegenden Kapitels war die Überlegung, dass das Lernen mit digitalen Medienverbünden durch kooperative Lernformen wirksam unterstützt werden könnte. Co-Lab wurde dargestellt als Beispiel für eine Lernumgebung, die das Lernen mit digitalen Medienverbünden mit kooperativen Lernformen kombiniert. Zwei Bereiche wurden identifiziert, die Herausforderungen für Lernende in

derartigen Umgebungen darstellen: Die für diese Lernumgebungen charakteristischen Medienverbünde und das entdeckende Lernen bzw. das Experimentieren. Es wurde argumentiert, dass kooperative Lernformen eine Möglichkeit darstellen könnten, diesen Herausforderungen zu begegnen. Zugleich wurde deutlich gemacht, dass auch das kooperative Lernen selbst der Unterstützung bedarf, um sein lernförderliches Potenzial entfalten zu können.

Die in CoChemEx umgesetzten Maßnahmen setzen an dem Unterstützungsbedarf für das kooperative Lernen an. In der Lernumgebung wird sowohl das kooperative entdeckende Lernen als auch die Kooperation selbst unterstützt: Aufbauend auf den umfangreichen Forschungsgrundlagen zum entdeckenden Lernen (vgl. De Jong & Van Joolingen, 1998) werden die Lernenden in CoChemEx zu Aktivitäten angeregt, die als wichtig für systematisches, wissenschaftliches Vorgehen gelten. Dabei wird das kooperative Problemlösen durch ein Kooperationsskript angeleitet, das die Lernenden zunächst durch eine feste Abfolge von Aktivitäten leitet, die dem wissenschaftlichen Vorgehen entspricht, ehe sie diese dann im Rahmen ihrer weiteren Problemlösebemühungen frei ausführen können. Die Zusammenarbeit wird zusätzlich durch adaptive Hinweise unterstützt, die die Partner zu lernförderlichem kooperativem Verhalten anregen sollen.

In CoChemEx wird das Lernen mit den für digitale Medienverbünde charakteristischen multiplen Repräsentationen noch nicht spezifisch unterstützt. Vor dem Hintergrund der Forschung in diesem Bereich (z.B. Ainsworth, 2006) ist jedoch klar, dass das gezielte Anregen der Verarbeitung und der Kohärenzbildung zwischen den verschiedenen Repräsentationen zentral für den Lernerfolg ist. Es liegt eine Reihe von Erkenntnissen vor, wie derartige Prozesse angeregt und unterstützt werden können (z.B. Seufert, 2003; siehe auch den Beitrag von Seufert in diesem Band). Diese Erkenntnisse könnten zur Gestaltung entsprechender Kooperationsunterstützung genutzt werden.

Zum einen könnten Kohärenzbildungshilfen, die sich für das individuelle Lernen als förderlich erwiesen haben, zur Unterstützung der kooperativen Aktivitäten in die Lernumgebung integriert werden. Situative Kohärenzbildungshilfen, beispielsweise in Form interaktiver Zuordnungen (z.B. Bodemer, Plötzner, Feuerlein & Spada, 2004) oder intertextueller Hyperlinks (z.B. Brünken, Plass & Leutner, 2003), könnten die kooperative Elaboration und Verknüpfung der verschiedenen in einer Lernumgebung enthaltenen Repräsentationen fördern. Eine der wenigen Arbeiten in diesem Kontext ist die Dissertation von Fehse (2001). Er verglich kooperative und individuelle Lernbedingungen, wobei er die Art der Unterstützung der Kohärenzbildung variierte. Die Befunde zeigten, dass sich sowohl die Interpretation vorgegebener Repräsentationen als auch die eigenständige Konstruktion von Repräsentationen günstig auf die Lernleistung auswirkten, wenn die Elaboration explizit durch ein Skript gefördert wurde. Zudem ergab sich eine Überlegenheit der kooperativen Lernbedingungen. Obwohl Fehse (2001) diesbezüglich keine Hypo-

thesen aufgestellt hatte, fanden sich die genannten Effekte allerdings nur für die Teilstichprobe der männlichen Probanden.

Zum anderen könnten Elemente effektiver Kooperationskripts mit dem spezifischen Ziel eingesetzt werden, das Lernen mit digitalen Medienverbünden zu fördern. Dem Grundprinzip des *jigsaw*-Skripts (Aronson, 1978) folgend könnte beispielsweise die Verantwortlichkeit für die Interpretation einzelner Repräsentationen zwischen den Lernpartnern verteilt werden. Wenn die gemeinsame Aufgabe eine Integration der Informationen aus den individuellen Repräsentationen voraussetzt, würden so der gegenseitige Austausch und die gemeinsame Kohärenzbildung angeregt.

Eine aktuelle Studie von Bodemer und Scholvien (2008) kombiniert beide Unterstützungsansätze: Einerseits wird die Kohärenzbildung durch aktive Verlinkungen mittels eines eigens dafür konzipierten Werkzeugs gefördert. Andererseits wird die Expertise bezüglich unterschiedlicher Repräsentationen zwischen den Kooperationspartnern verteilt. In einer experimentellen Studie wurde die gemeinsame Nutzung einer kooperativen Version des Kohärenzbildungs-Werkzeugs mit einer ebenfalls kooperativen Versuchsbedingung verglichen, in der die Kooperationspartner jeder für sich die individuelle Version des Kohärenzbildungs-Werkzeugs nutzten. In den Untersuchungsergebnissen von Bodemer und Scholvien (2008) zeichnete sich eine deutliche Tendenz dafür ab, dass sich die kooperative Version des Kohärenzbildungs-Werkzeugs günstig auf das Lernen auswirkte.

Abschließend können wir festhalten, dass weiterer Forschungsbedarf besteht und zwar insbesondere dazu, wie das kooperative Lernen mit digitalen Medienverbünden gezielt unterstützt werden kann, um die potentiellen Vorteile kooperativer Lernformen in diesem Bereich optimal zu nutzen. Die Arbeit von Bodemer und Scholvien (2008) weist hier in eine viel versprechende Richtung.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*(3), 183-198.

Aronson, E. (1978). *The jigsaw classroom*. Oxford, England: Sage.

Barron, B. (2003). When smart groups fail. *Journal of the Learning Sciences, 12*(3), 307-359.

Bodemer, D., Plötzner, R., Feuerlein, I. & Spada, H. (2004). The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction, 14*, 325-341.

Bodemer, D. & Scholvien, A. (2008). Support for collaborative multimedia learning: considering the individual and the group. In T.-W. Chan et al. (Ed.), *Proceedings ICCE 2008. The 16th International Conference on Computers in Education* (pp. 245-252). Taipei, Taiwan: Asia-Pacific Society for Computers in Education.

Brünken, R., Plass, J. L. & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist, 38*, 53-61.

Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (pp. 161-238). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Clark, H. H. (1996). *Using language*. New York: Cambridge University Press.

Dansereau, D. F. (1988). Cooperative learning strategies. In C. E. Weinstein, E. T. Goetz & P. A. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction, and evaluation* (pp. 103-120). Orlando, FL: Academic Press.

De Jong, T., Martin, E., Zamarro, J.-M., Esquembre, F., Swaak, J. & Van Joolingen, W. R. (1999). The integration of computer simulation and learning support: An example from the physics domain of collisions. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(5), 597-615.

De Jong, T. & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research, 68*(2), 179-201.

De Lisi, R. & Goldbeck, S. L. (1999). Implications of Piagetian theory for peer learning. In A. M. O'Donnell & A. King (Eds.), *Cognitive perspectives on peer learning* (pp. 3-37). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Dillenbourg, P. (2002). Over-scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design. In P. A. Kirschner (Ed.), *Three worlds of CSCL. Can we support CSCL?* (pp. 61-91). Herleen, Niederlande: Open Universiteit Nederland.

Dillenbourg, P. & Jermann, P. (2007). Designing integrative scripts. In F. Fischer, I. Kollar, H. Mandl & J. M. Haake (Eds.), *Scripting computer-supported collaborative learning: Cognitive, computational, and educational perspectives* (pp. 259-288). New York: Springer.

Dillenbourg, P. & Traum, D. (1999). Does a shared screen make a shared solution? In C. M. Hoadley & J. Roschelle (Eds.), *Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL) 1999 Conference* (pp. 127-135). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Evans, K. L., Yaron, D. & Leinhardt, G. (2008): Learning stoichiometry: A comparison of text and multimedia formats. *Chemistry Education Research and Practice, 9*, 208-218.

Fehse, E. (2001). *Unterstützung von Kohärenzbildung beim kooperativen und individuellen Lernen mit externen Repräsentationen*. Freiburg im Breisgau: Universitätsbibliothek. Verfügbar unter http://www.freidok.uni-freiburg.de/

Fischer, F., Bruhn, J., Gräsel, C. & Mandl, H. (2002). Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. *Learning and Instruction, 12*, 213-232.

Hausmann, R. G. M., Chi, M. T. H. & Roy, M. (2004). Learning from collaborative problem solving: An analysis of three hypothesized mechanisms. In K. D. Forbus, D. Gentner & T. Regier (Eds.), *26th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 547-552). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Hron, A., Hesse, F. W., Reinhard, P. & Picard, E. (1997). Strukturierte Kooperation beim computerunterstützten kollaborativen Lernen. *Unterrichtswissenschaft, 25*(1), 56-69.

King, A. (1997). ASK to THINK-TEL WHY®©: A model of transactive peer tutoring for scaffolding higher level complex learning. *Educational Psychologist, 32*(4), 221-235.

King, A. (2007). Scripting collaborative learning processes: A cognitive perspective. In F. Fischer, I. Kollar, H. Mandl & J. M. Haake (Eds.), *Scripting computer-supported collaborative learning: Cognitive, computational, and educational perspectives* (pp. 22-46). New York: Springer.

Koedinger, K. R. & Aleven V. (2007). Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors. *Educational Psychology Review, 19*(3), 239-264.

Kollar, I., Fischer, F. & Hesse, F. W. (2006). Collaboration scripts – A conceptual analysis. *Educational Psychology Review*, 18(2), 159-185.

Manlove, S. & Lazonder, A. (2004, Juni/Juli). Self-regulation and collaboration in a discovery learning environment. Paper presented at the First Meeting of the EARLI-SIG on Metacognition, Amsterdam, Niederlande.

O'Donnell, A. M. (1999). Structuring dyadic interaction through scripted cooperation. In A. M. O'Donnell & A. King (Eds.), *Cognitive perspectives on peer learning* (pp. 179-196). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Piaget, J. & Inhelder, B. (1962). *The Psychology of the Child*. New York: Basic Books.

Plötzner, R., Dillenbourg, P., Preier, M. & Traum, D. (1999). Learning by explaining to oneself and to others. In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative learning. Cognitive and computational approaches* (pp. 103-121). Amsterdam: Pergamon.

Plötzner, R. & Lowe, R. (Eds.). (2004). Special issue: Dynamic visualisations and learning. *Learning and Instruction*, *14*, 235-357.

Renkl, A. (2007). Kooperatives Lernen. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch Psychologie, Bd. Pädagogische Psychologie* (S. 84-94). Göttingen: Hogrefe.

Rummel, N., Diziol, D. & Spada, H. (eingereicht). *Collaborative learning with the Cognitive Tutor Algebra. An experimental classroom study.*

Rummel, N. & Weinberger, A. (2008). New challenges in CSCL: Towards adaptive script support. In G. Kanselaar, V. Jonker, P.A. Kirschner & F. Prins, (Eds.), *International perspectives of the learning sciences: Creating a learning* world. Proceedings of the Eighth International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2008), Vol. 3 (pp. 338-345). International Society of the Learning Sciences, Inc.

Salomon, G. & Globerson, T. (1989). When teams do not function the way they ought to. *International Journal of Educational Research, 13*, 89-100.

Seufert, T. (2003) Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction, 13*, 227-237.

Slavin, R. E. (1995). *Cooperative learning: Theory, research and practice*. (2nd ed.) Boston, MA: Allyn & Bacon.

Teasley, S. D. (1995). The role of talk in children's peer collaborations. *Developmental Psychology, 31*(2), 207-220.

Tsovaltzi, D., Rummel, N., Pinkwart, N., Scheuer, O., Harrer, A., Braun, I. & McLaren, B. M. (2008). CoChemEx: Supporting conceptual chemistry learning via computer-mediated collaboration scripts. In P. Dillenbourg & M. Specht (Eds.), *Proceedings of the Third European Conference on Technology Enhanced Learning* (EC-TEL 2008, pp. 437-448). Berlin: Springer.

Van Joolingen, W. R., de Jong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R. & Manlove, S. (2005). Co-Lab: Research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior, 21*(4), 671-688.

Webb, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Education Research, 13*, 21-39.

Webb, N. M. & Mastergeorge, A. M. (2003). The development of students' helping behavior and learning in peer-directed small groups. *Cognition and Instruction, 21*(4), 361-428.

Whittaker, S., Geelhoed, E. & Robinson, E. (1993). Shared workspaces: How do they work and when are they useful? *International Journal of Man-Machine Studies, 39*, 813-842.

Wygotsky, L. S. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Elmar Stahl

Lernen durch Gestalten von digitalen Medien

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird ein didaktisches Konzept zum Thema „Lernen durch Gestalten“ vorgestellt, das für die schulische und universitäre Lehre entwickelt wurde. Das Ziel des Konzepts besteht darin, die Produktion von Medien funktional im Unterricht einzusetzen, so dass nicht nur die Medienkompetenz der Lernenden verbessert wird, sondern durch den Produktionsprozess die Reflexion über das aufzubereitende Themengebiet angeregt und somit ein vertiefter Wissenserwerb angestrebt wird. Darüber hinaus können verschiedenartige Lernstrategien eingesetzt und Kompetenzen des selbstregulierten Lernens gefördert werden. Das dargestellte Konzept basiert auf Modellen der Textproduktionsforschung und des selbstregulierten Lernens und wurde anhand von Unterrichtsprojekten in Schulen und Hochschulen sowie begleitenden Experimenten entwickelt und verbessert. Es umfasst fünf aufeinanderfolgende Phasen, die am Beispiel der Produktion von Hypermedia erläutert werden. Abschließend wird auf Lernen durch die Produktion von Film eingegangen.

1 Einleitung

Innerhalb der letzten Jahre ist ein Anstieg an Unterrichtsprojekten in Schulen und Hochschulen zu verzeichnen, in denen Lernende eigenständig mediale Produkte erstellen. In einem Großteil dieser Projekte wird die Medienproduktion eingesetzt, um die Medienkompetenz der Lernenden umfassend fördern zu können. Darüber hinaus kann diese produktorientierte Methodik auch mit der Zielsetzung eingesetzt werden, den Erwerb von Wissen über die aufzubereitenden Lerninhalte zu vertiefen sowie kognitive, selbstregulatorische und soziale Kompetenzen zu fördern (z.B. Carver, Lehrer, Connell & Erickson, 1992; Liu, 2003). Dementsprechend wird diese Idee von einigen Autoren auch als „Learning by Design“ bezeichnet (siehe Reinmann & Zumbach, 2001). Lerntheoretisch wird die Idee des Lernens durch Gestalten mit dem Konstruktivismus verbunden, da grundlegende Forderungen des konstruktivistischen Lernens wie eine aktiv-konstruktive Beteiligung der Lernenden, ein hoher Anteil an selbstgesteuertem Lernen, die Bearbeitung komplexer Problemstellungen oder sozial-kooperatives Lernen in derartigen Projekten umge-

setzt werden können (z.B. Stahl, Zahn, Schwan & Finke, 2006). Mit dieser Doppelfunktion, Förderung fachlicher Kompetenzen und Förderung von Medienkompetenzen, stellt die Produktion von digitalen Medien aufgrund der Komplexität allerdings hohe Anforderungen an alle Beteiligten, was in der konkreten Projektarbeit oftmals dazu führt, dass der Schwerpunkt auf die Erstellung eines ansprechenden Designs gelegt wird, während die Inhalte per „copy & paste" eingefügt werden (Bereiter, 2002) oder umgekehrt die Inhalte sorgfältig erstellt werden, aber die mediale Umsetzung die Besonderheiten der Medien nicht nutzt, um vertiefende Lernprozesse zu unterstützen (Stahl, Finke & Zahn, 2006). Ebenso wird das Potenzial derartiger Projekte, Kompetenzen des selbstregulierten Lernens zu fördern, oftmals nicht bewusst genutzt.

Im Folgenden wird ein forschungsbasiertes didaktisches Konzept dargestellt, in dem die Produktion von digitalen Medien als Methode verstanden wird, um den Wissenserwerb über das aufzubereitende Themengebiet und die Förderung von Kompetenzen des selbstregulierten Lernens zu unterstützen. Im Gegensatz zu bisherigen Darstellungen (siehe Stahl & Bromme, 2005; Stahl, Finke & Zahn, 2006) werden in diesem Beitrag Möglichkeiten aufgezeigt, wie innerhalb des Konzepts bewusst Kompetenzen des selbstregulierten Lernens und des Einsatzes verschiedener Lernstrategien gefördert werden können. Hierzu werden zuerst theoretische Grundlagen der Schreibforschung und der Forschung zum selbstregulierten Lernen skizziert, auf denen das Konzept aufbaut. Vor diesem Hintergrund wird anschließend eine Vorgehensweise vorgestellt, die den Konstruktionsprozess von (hyper-) medialen Produkten in fünf aufeinander aufbauenden Phasen so konzeptualisiert, dass eine lernförderliche Balance zwischen Reflexionen über den Inhalt und der Darstellungsform erreicht werden kann.

2 Lernen durch Gestalten aus Sicht der Schreibforschung

Innerhalb der psychologischen Forschung zum Schreiben wird die Erstellung eines Schriftstücks als komplexer Problemlöseprozess aufgefasst (Hayes, 1996; Hayes & Flower, 1980, 1986). Das zu lösende Problem besteht darin, einen Text über einen bestimmten Sachverhalt für eine bestimmte Adressatengruppe zu verfassen (Eigler, 1997). Die Anforderungen an Autorinnen und Autoren bestehen entsprechend darin, dass sie hierzu den Text *planen*, die Ideen in Sätze *überführen* und das entstehende Produkt, also den Text, *überprüfen* müssen (Hayes & Flower, 1986). Die Planung umfasst das Generieren von (Zwischen-)Zielen und deren Organisation in einem Schreibplan. Zur Erstellung dieses Schreibplans werden nach Hayes und Flower (1980, 1986) zumindest drei kognitive Ressourcen herangezogen: *Sachwissen* in Bezug auf die darzustellenden Inhalte, *Diskurswissen* in Bezug auf Schreibkonventionen und die Gestaltung verschiedener Textformate sowie *strategisches*

Wissen. Strategisches Wissen spiegelt sich beispielsweise in den Fertigkeiten wider, die Schreibaufgabe genau definieren und den eigenen Schreibprozess überwachen zu können. Diese drei Ressourcen sind auch innerhalb der beiden weiteren Teilprozesse des Schreibens zentral: Die Überführung der Pläne in Texte ist ebenfalls mit hohem kognitivem Aufwand verbunden. Sie umfasst, kurze Ideenskizzen zu vollständigem Text auszuformulieren und die Schreibpläne umzusetzen. Während der Überprüfung wird bereits geschriebener Text überarbeitet und verbessert, was eine selbstregulatorische Überwachung und Kontrolle der Schreibpläne im Vergleich zum Produkt erfordert.

Ohne dieses Modell vertieft darzustellen, wird bereits deutlich, dass Schreiben als ein komplexer, zielgerichteter Problemlöseprozess aufgefasst werden kann, der Autorinnen und Autoren in hohem Maße kognitive und selbstregulatorische Aktivitäten abverlangt. Autorinnen und Autoren müssen ihr inhaltsbezogenes Wissen, ihr rhetorisches Wissen und ihr Strategiewissen aktivieren und gezielt einsetzen, um den Text inhaltlich und medial, d.h. textstrukturell, zu konstruieren. Entsprechend kann in Analogie auch die Konstruktion von anderen medialen Produkten als komplexer Problemlöseprozess angesehen werden, innerhalb dessen Autorinnen und Autoren sich aktiv mit den zu verarbeitenden Inhalten und dem entstehenden Produkt auseinandersetzen müssen. Hierzu sind Strategien des selbstgesteuerten Lernens erforderlich und zugleich förderbar. Dementsprechend lassen sich die Konzepte der Schreibforschung übertragen. Es ist anzunehmen, dass generell bei der Produktion von Medien drei kognitive Ressourcen herangezogen werden: Das vorhandene Sachwissen über das Thema, das es darzustellen gilt, rhetorisches Wissen bzw. Designwissen über die Gestaltung bestimmter Medien für eine bestimmte Zielgruppe sowie Strategiewissen.

In dem Modell von Hayes und Flower (1986) wird aufgezeigt, welche Arten bereits bestehenden Wissens im Schreibprozess aktiviert werden müssen, um eine Schreibaufgabe zu erfüllen; der umgekehrte Aspekt, dass durch den Schreibprozess auch der Wissenserwerb der Autorinnen und Autoren unterstützt werden kann, wird hingegen nicht explizit berücksichtigt. Diese Annahme ist grundlegend für den Ansatz von Bereiter und Scardamalia (1987). Die Autoren beschreiben ebenfalls einen problemorientierten Schreibprozess, den sie als „knowledge transforming“ bezeichnen. In ihrem Ansatz stellen sie heraus, dass Schreiben nur dann zum Wissenserwerb der Autorinnen und Autoren beiträgt, wenn das Schriftstück in einer kontinuierlichen Interaktion zwischen dem Sachwissen der Autorinnen und Autoren in Bezug auf das Thema des Textes und dem rhetorischen Wissen der Autorinnen und Autoren über das Genre, über Textstrukturen und die Anpassung des Textes an die intendierte Zielgruppe stattfindet. Das Sachwissen determiniert die Entscheidungen, welche Inhalte dargestellt werden und wie diese zu strukturieren sind. Das rhetorische Wissen determiniert die Entscheidungen, wie das Schriftstück aufgebaut werden muss, um von der Zielgruppe verstanden zu werden und den Kon-

ventionen einer Textart/eines Genres zu entsprechen. Der Wissenserwerb entsteht dadurch, dass die Autorinnen und Autoren ständig das eigene Wissen reflektieren müssen, um es an die rhetorischen Anforderungen anzupassen. Bereiter und Scardamalia (1987) stellen dementsprechend heraus, dass inhaltsbezogene Reflexionen durch die Vermittlung von rhetorischen Strategien gefördert werden können, da im Sinne der oben beschriebenen Interaktion eine bewusste Umsetzung rhetorischer Anforderungen die vertiefte Auseinandersetzung mit den Inhalten anregen kann. Als weitere Möglichkeit sehen die Autoren die Förderung von selbstregulatorischen Strategien, die dabei unterstützen, die (kognitiven) Prozesse während des Schreibens zu überwachen.

Unterstellt man auch diesen theoretischen Annahmen, dass die zentralen Ideen in Bezug auf den Produktionsprozess medialer Produkte generell gelten, lässt sich aus der Schreibforschung somit Folgendes für das Lernen durch Gestalten ableiten:

- Die Produktion medialer Produkte lässt sich als mehr oder minder reflektierte und ausgeprägte Interaktion von drei kognitiven Ressourcen beschreiben: Inhaltsbezogenem Sachwissen, rhetorischem bzw. Designwissen und Strategiewissen.
- Eine enge und kontinuierliche Interaktion der drei kognitiven Ressourcen kann als Voraussetzung dafür angesehen werden, dass durch den Produktionsprozess ein vertiefter Wissenserwerb über den aufzubereitenden Sachinhalt erzielt werden kann.
- Grundlegendes Wissen um Merkmale des Mediums, welches erstellt werden soll, bildet eine Voraussetzung, damit die vertiefte Reflexion der Inhalte stattfinden kann. Zugleich kann diese Art des Wissens aber auch als Lernziel im Sinne der Medienkompetenzförderung während des Projekts gefördert werden.
- Weiterhin sollten die Lernenden zu Beginn eines Projekts bereits Basiswissen in Bezug auf das darzustellende Thema besitzen, um die inhaltlichen Planungen vornehmen zu können. Dieses Wissen sollt im Verlauf der Gestaltung des Produkts systematisch reflektiert und vertieft werden können.
- Außerdem wird grundlegendes Strategiewissen benötigt, um die Interaktion zwischen dem Sachwissen und dem Designwissen steuern und überwachen zu können und die Aufgabe der Medienproduktion reflektiert umzusetzen. Zugleich können strategische Kompetenzen innerhalb der Gestaltungsprozesse gefördert werden.

Das unten dargestellte didaktische Konzept, das vor dem Hintergrund dieser Theorien zur Schreibforschung entwickelt wurde, setzt am Designwissen an. Die Grundidee besteht darin, die Besonderheiten eines Mediums zum Ausgangspunkt zu machen, um sowohl über den inhaltlichen Bereich zu reflektieren, als auch strategisches Wissen zu fördern. Bevor dieser Ansatz detailliert dargestellt wird, soll zuerst

der Bereich des – bislang noch relativ abstrakt benannten – Strategiewissens näher betrachtet werden.

3 Lernen durch Gestalten aus Sicht der Selbstregulation

Welche Arten von Lernstrategien bzw. Kompetenzen des selbstregulierten Lernens könnten gefördert werden? Um dieser Frage nachzugehen, wird im Folgenden der Prozess des Lernens durch Gestalten aus der Perspektive des selbstregulierten Lernens betrachtet. Hierzu wird das COPES-Model von Winne und Hadwin (1998) als Referenzmodell genutzt. Das COPES-Model versucht verschiedene kognitive Prozesse, die während des selbstregulierten Lernens auftreten, aufeinander zu beziehen. Ähnlich wie Hayes und Flower (1986) unterscheiden die Autoren verschiedene Phasen, die den Prozess des selbstregulierten Lernens ausmachen. In der ersten Phase (Aufgabendefinition) generiert ein Lernender sein eigenes Verständnis der Lernaufgabe, die es zu lösen gilt. Anschließend legt der Lernende in einer zweiten Phase fest, wann die Aufgabe als gelöst angesehen wird und plant die Ausführung (Zielbestimmung und Planung). In der dritten Phase werden diese Pläne umgesetzt (Ausführung). Die vierte und letzte Phase (Adaptation) bezieht sich sowohl darauf, dass Lernende während der Bearbeitung der aktuellen Lernaufgabe Änderungen ihrer Ziele oder Strategien vornehmen als auch darauf, dass Erfahrungen durch die Lösung der Lernaufgabe langfristig Änderungen im Umgang mit dem Aufgabentyp bewirken. Die einzelnen Phasen müssen nicht bewusst durchlaufen werden – beispielsweise kann bei einer bekannten Lernaufgabe die Aufgabendefinition automatisch generiert werden – und sind als rekursiv anzusehen.

Dieser Ablauf eines selbstregulierten Lernprozesses wird von Winne und Hadwin (1998) in eine kognitive Architektur eingebettet, in deren Zentrum Prozesse der Überwachung und Kontrolle stehen: Ein Lernender kann die Aufgabendurchführung in allen vier Phasen mehr oder weniger bewusst überwachen und bei Bedarf kontrollierend eingreifen. Ob und inwieweit eine derartige Selbstregulation stattfindet, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Zum einen von *Bedingungen*, worunter externe (z.B. zur Verfügung stehende Zeit, Ressourcen, die herangezogen werden können, der soziale Kontext) und interne (z.B. Vorwissen, Motivation, Wissen um den Aufgabentyp, Wissen um Lernstrategien) Bedingungen gefasst werden, die den Umgang mit der Lernaufgabe beeinflussen. Diese Bedingungen beeinflussen die konkreten *Operationen*, d.h. alle kognitiven Prozesse (z.B. die Anwendung verschiedener Informationsverarbeitungsstrategien), die ein Lernender zur Lösung der Aufgabe durchführt. Die Durchführung der Operationen erzeugt in jeder Lernphase *Produkte*, die internal (z.B. ein mentales Modell, wie das Produkt aussehen kann) oder external (z.B. Entwürfe oder Skizzen bis hin zum Endprodukt) sein können. Weiterhin beeinflussen die Bedingungen die so genannten *Standards*, d.h. ver-

schiedene Zielkriterien, die sich ein Lernender im Lauf der Aufgabenausführung setzt (z.B. Wie viel Zeit soll investiert werden? Welche Lernmaterialien werden herangezogen? Wann ist die Aufgabe als gelöst anzusehen?). Während des gesamten Prozesses kann ein Lernender die Aufgabenbewältigung bewerten. Diese *Evaluation* basiert im Wesentlichen auf einem kontinuierlichen Vergleich der gesetzten Standards und der erreichten (Zwischen-)Ziele. Werden Diskrepanzen bewusst, können Selbstregulationsprozesse aktiviert werden, indem Operationen durchgeführt werden, die die Diskrepanzen beheben. Weiterhin führt die Evaluation dazu, dass das Verhalten in zukünftigen Lernaufgaben geändert wird.

Das COPES-Modell wurde im Rahmen des vorliegenden didaktischen Konzepts gegenüber anderen Modellen des selbstregulierten Lernens wie dem „general framework for self-regulated learning“ (z.B. Pintrich, 2000) oder dem „social cognitive model of self-regulation“ (z.B. Zimmermann, 1990) bevorzugt, da es eine sinnvolle Ergänzung zu den aufgeführten Theorien zum Schreibprozess darstellt und grundlegende Annahmen beider Sichtweisen kompatibel erscheinen (für einen vergleichenden Überblick über anerkannte Modelle der Selbstregulation siehe Puustinen & Pulkkinen, 2001). So unterscheiden die meisten Modelle des selbstregulierten Lernens und der Schreibforschung Planungs-, Ausführungs- und Evaluationsprozesse. Für Projekte des Lernens durch Gestalten wird im COPES-Modell diesbezüglich verdeutlicht, dass insbesondere die ersten Schritte der Aufgabeninterpretation und Zielsetzung den gesamten weiteren Projektverlauf entscheidend beeinflussen. Weiterhin spiegelt sich die oben angeführte Bedeutung des Inhaltswissens und des Designwissens in der kognitiven Architektur des Modells insbesondere innerhalb der internen Bedingungen wider. Das heißt, es wird auch aus dieser Sichtweise untermauert, dass sowohl Inhaltswissen als auch Designwissen zentralen Einfluss auf die kognitiven Operationen und die Standards haben, die sich ein Lernender setzt.

Vor allem aber konkretisiert das COPES-Modell den Aspekt des Strategiewissens, der in den Modellen zur Schreibforschung eher oberflächlich dargestellt ist. Demnach hängt das Strategiewissen mit den Selbstregulationsprozessen der Überwachung und Kontrolle des eigenen Lernprozesses zusammen. Die zentrale Bedeutung der Kenntnis verschiedener Lernstrategien zur Informationsverarbeitung wird im COPES-Modell herausgestellt, da die Lernstrategien sowohl in den internen Bedingungen als auch in den Operationen verankert sind. Aspekte wie Ressourcen- und Zeitmanagement, die zentral für das Gelingen eines Projekts sein können, sind darüber hinaus innerhalb der externen Bedingungen integriert. Somit ist die geläufige konzeptuelle Unterscheidung von Lernstrategien (z.B. Wild, 2001) in kognitive Strategien (wie Wiederholungs-, Elaborations- und Organisationsstrategien), metakognitive Strategien und Strategien des Ressourcenmanagements im COPES-Modell aufgenommen und darüber hinaus in einem Phasenmodell des Lernprozesses integriert.

Für den Bereich des Lernens durch Gestalten stellt das Modell insofern eine gute Heuristik dar, da kognitionspsychologisch verdeutlicht wird, welch komplexe Aufgabe die eigenständige Produktion von Medien darstellt und welche Aspekte es diesbezüglich zu berücksichtigen gibt. Darüber hinaus wird durch den Prozess der Evaluation und Adaptation verdeutlicht, dass durch Projekte des Lernens durch Gestalten die erforderlichen Kompetenzen für weitere Projekte gefördert werden können. Anders ausgedrückt: Lernende können unterstützt werden, bewusst verschiedene Lernstrategien anzuwenden bzw. zu erarbeiten, um diese im Sinne der Adaptation bei der Bearbeitung zukünftiger komplexer Problemstellungen zur Verfügung zu haben.

4 Ein didaktisches Konzept zum Lernen durch Gestalten

Im Folgenden wird das didaktische Konzept zum Lernen durch Gestalten am Beispiel der eigenständigen Produktion von Hypertexten vorgestellt (vgl. Stahl & Bromme, 2005). In diesem Bereich wurde die meiste Forschung zu diesem Konzept durchgeführt, sowohl in Lehrforschungsprojekten an verschiedenen Gymnasien als auch in einer Experimentalreihe, in der die Einflüsse verschiedener Instruktionen auf den Wissenserwerb durch das Schreiben von Hypertexten untersucht wurden (z.B. Stahl, 2001). Weiterhin wurde die Methode des Lernens durch Gestalten in verschiedenen Lehrveranstaltungen implementiert und das didaktische Konzept aufgrund der gesammelten Erfahrungen revidiert. Die erstellten Produkte reichten von klassischen Hypertexten bis zu Hypermedia, in denen auch Filme und Tonaufnahmen integriert waren.

Die oben skizzierten Wechselwirkungen zwischen dem inhaltlichen Wissen, dem Designwissen und dem Strategiewissen sollen in fünf aufeinander aufbauenden Phasen angeregt werden, die jeweils auf bestimmte Aspekte der Hypertextgestaltung fokussieren:

1. Das Grundkonzept des Hypertexts,
2. die Erstellung einzelner Informationseinheiten,
3. die Festlegung der Gesamtstruktur,
4. multiple Leserperspektiven und
5. das bewusste Setzen von Links.

Wesentlich ist, dass in *jeder* der fünf Phasen die wechselseitige Interaktion zwischen der Reflexion der Inhalte, die in dem jeweiligen Hypertext dargestellt werden sollen, dem Design des Produkts und dem Strategiewissen gefördert werden soll. Hierzu wird in jeder Phase das Design als Ausgangspunkt genutzt, um die vertiefte Reflexion der Inhalte anzuregen. In unseren Lehrforschungsprojekten zeigte sich,

dass die anfängliche Diskussion des Designs jeweils in intensive Auseinandersetzungen mit den Inhalten überging und es ermöglichte, inhaltliche Konzepte, semantische Zusammenhänge und inhaltliche Strukturen systematisch zu diskutieren. Der umgekehrte Weg, mit den Inhalten anzufangen und darauf aufbauend das Design zu planen, führte hingegen in mehreren Projekten dazu, dass die Lernenden die Inhalte so darstellten, wie sie ihnen bereits bekannt waren, ohne diese in der Auseinandersetzung mit dem Design nochmals zu diskutieren. In Wissenstests am Ende der Projektphasen zeigte sich in diesen Projekten, dass die Lernenden kaum etwas dazugelernt hatten (vgl. Stahl, 2001).

Die grundlegenden Ideen des didaktischen Konzepts werden im Folgenden anhand dieser fünf Phasen beschrieben. In Bezug auf das Gesamtkonzept empfiehlt es sich folgende Aspekte zu bedenken:

- Die fünf Phasen sollten in der vorgegebenen Reihenfolge erarbeitet werden. In jeder Phase wird wie bereits ausgeführt zu Beginn Designwissen vermittelt. Dieses dient als Ausgangspunkt, um die Reflexion und Interaktion zwischen den drei Wissensbereichen zu initiieren.
- Jede Phase enthält im Sinne des COPES-Models die Aspekte der Aufgabeninterpretation, Zielfindung und Planung, Ausführung und (kurzfristigen) Adaptation. Es entstehen jeweils Zwischenergebnisse, die in der nächsten Phase weiter bearbeitet werden.
- Die einzelnen Phasen des didaktischen Konzepts sind rekursiv, das heißt, die (Zwischen-)Ergebnisse einer Phase können im Verlauf der weiteren Arbeit Veränderungen erfahren.
- Es ist wichtig, das die Lernenden bereits Vorwissen zu dem aufzubereitenden Thema besitzen, *bevor* die Erstellung des Hypertextes begonnen wird. Arbeiten sich die Lernenden erst im Prozess der Hypertextgestaltung neu in ein Sachgebiet ein, wird es schwieriger, die intendierten Wechselwirkungen auf einem vertieften Niveau zu erzielen (siehe Abschnitt 2).

Phase 1: Das Grundkonzept des Hypertexts

Die erste Phase dient dazu, das Grundkonzept des Hypertexts in Bezug auf das Design und den Inhalt zu planen. Hierzu sollen sich die Lernenden die wesentlichen Gestaltungsmerkmale von Hypertexten bewusst machen und den Aufbau des eigenen Produkts konzipieren.

Bezüglich der Darstellungen traditioneller Textformate, wie Zeitungen, Bücher oder wissenschaftliche Artikel, haben sich über die Jahrhunderte Konventionen entwickelt, die für Autoren und Rezipienten gleichermaßen als Leitfaden dienen

(Dillon, 2002). Dieses Gestaltungswissen kann die Rezeption von Informationen in einem bestimmten Textformat verbessern (z.B. Hayes, 1996; Kintsch & Yarbrough, 1982), da die Leser Erwartungen an die Aufbereitung und Strukturierung der Inhalte entwickeln, die den Prozess der Informationsaufnahme erleichtern. In Bezug auf Hypertexte unterstützt das Wissen um deren Gestaltungsmerkmale darüber hinaus die Navigation. Ein dem Inhalt angemessener Hypertext beugt Orientierungsproblemen vor, bei denen sich Nutzer im Informationsraum „verlaufen", also nicht mehr wissen, wie sie zu der Seite kamen, wie sie von dort zur gewünschten Information gelangen können, etc. („lost in hyperspace", z.B. Gerdes, 1997). Weiterhin wird das Phänomen der kognitiven Überlastung reduziert, das sich durch den Mehraufwand der Arbeit mit Hypertexten ergeben kann, da neben der Informationsverarbeitung auch noch Navigationsentscheidungen zu treffen sind. Werden zu viele kognitive Ressourcen auf die Navigation verwandt, fehlen sie bei der Aufnahme der Informationen und eine oberflächliche Verarbeitung kann die Folge sein (z.B. Stahl, 2001). Für Autoren haben dementsprechend Grundkenntnisse in Bezug auf die Gestaltung von Hypertexten eine zentrale Bedeutung, da sie die Basis bilden, um reflektierte Entscheidungen zu treffen, wie die Inhalte organisiert werden sollen.

Obwohl viele Lernenden durch ihre Erfahrungen mit dem Internet zumindest implizites Wissen zur Gestaltung von Hypertexten besitzen, reicht dies für die Autorenarbeit zumeist nicht aus. Bezüglich der Gestaltungsmerkmale von Hypertexten sollten die Lernenden deshalb grundlegende Kenntnisse in Bezug auf die Knoten, die Links, und die nicht-lineare Struktur erarbeiten, welche die Grundbausteine jeglicher Form von Hypertexten darstellen (z.B. Gerdes, 1997). Der Begriff Knoten bezieht sich auf die einzelnen Informationseinheiten der Hypertexte, der Begriff Links auf die Verknüpfungen zwischen diesen Informationseinheiten. Nicht-Linearität bezieht sich auf die Gesamtstruktur, da die meisten Hypertexte nicht linear und hierarchisch aufgebaut sind, wie man es aus Büchern gewohnt ist, sondern durch Querverweise stark vernetzt sind. Ein Verständnis dieser Grundmerkmale von Hypertexten ist entscheidend, um die Darstellung der Inhalte angemessen planen zu können.

Wie oben dargestellt, führten anfängliche Diskussionen in Bezug auf die Gestaltung des Produkts in unseren Projekten dazu, dass die Lernenden die Sachinhalte, die dargestellt werden sollten, intensiv diskutieren. Im Sinne des Ansatzes von Bereiter und Scardamalia (1987) kann somit die gewünschte Interaktion zwischen der Reflexion um Inhalt und Design entstehen. In Bezug auf die Inhalte sollten in dieser ersten Phase die Themen und Unterthemen festgelegt werden und eine Liste mit relevanten Begriffen erstellt werden, die im Hypertext dargestellt werden.

Die Diskussion über die Gestaltungsmerkmale von Hypertexten und über die darzustellenden Inhalte soll in dieser Phase dazu führen, dass ein erstes Konzept zum eignen Produkts aufgebaut wird. Die Lernenden sollten gemeinsam Richtlinien für das Design festlegen, in denen unter anderem die Art und Größe der Knoten, die

Navigationsmöglichkeiten und die „Metapher“ des Produkts festgelegt werden. Mit der Metapher ist gemeint, dass implizit vorhandene Assoziationen zur Struktur des Produkts durch Vergleiche mit anderen, bekannten Darstellungen verdeutlicht und allen Lernenden gleichermaßen erfahrbar gemacht werden. Beispielsweise wecken Internetseiten, die der Metapher einer Enzyklopädie folgen, die Erwartung an einzelne kurze Beiträge mit vielen Querverweisen. Internetseiten mit der Metapher eines Archivs beinhalten ein Ordnungssystem einzelner Beiträge, ohne vielfältige Verlinkungen aufzuweisen. Die Metapher des digitalen Lesebuchs weckt die Assoziation an einzelne, bildschirmgerechte Inhalte, durch die die Nutzer vor- und zurückblättern können und die am Computerbildschirm gelesen werden. Eine Metapher kann auch bildlich gestaltet sein, beispielsweise als Informationsraum, durch den Nutzer navigieren und verschiedene Informationszimmer aufsuchen können. Derartige Metaphern finden sich etwa in hypermedialen Lernprogrammen für Kinder. Die Entscheidung für eine Metapher beeinflusst den gesamten weiteren Verlauf des Projekts, da die Gestaltung der Knoteninhalte und die Verlinkung davon abhängen. Entsprechend sollte sie genau reflektiert werden. In den eigenen Projekten zeigte sich, dass die Diskussion mit Hilfe von Metaphern es ermöglicht, Erwartungen an das Produkt leichter zu kommunizieren und konkrete Vorstellungsbilder zum Produkt aufzubauen.

Wir verglichen den Einfluss ausgewählter Metaphern auf die Gestaltung von Hypertexten (Bromme & Stahl, 1999, 2005; Stahl, 2001). Zum einen führten wir Lehrforschungsprojekte in sechs Schulklassen in verschiedenen Gymnasien durch (Klassenstufen 7 bis 12), die Hypertexte zu regulären Unterrichtsinhalten erstellten. In diesen Lehrforschungsprojekten wurden eine Vielzahl von Metaphern genutzt, die sich grob als Raummetaphern und Buchmetaphern klassifizieren ließen (vgl. Stahl, 2001). Zum anderen wurden die Effekte von Metaphern experimentell von uns getestet. Hierbei gaben wir einer Gruppe von Studierenden, die aus vorgegebenen Knoteninhalten einen Hypertext erstellen sollten, eine räumliche Metapher vor, in der Hypertexte mit virtuellen Informationsräumen verglichen wurden, in denen sich die Nutzer bewegen und nach Informationen suchen können. Eine zweite Gruppe erhielt eine Buchmetapher, in der Hypertexte mit traditionellen Büchern, Knoten mit Seiten und Links mit der Möglichkeit, virtuell zu blättern verglichen wurden.

Die Ergebnisse der Lehrforschungsprojekte und der Experimente zeigten durchweg, dass die Buch-Metaphern zum Design von Hypertexten führten, die durch reduzierte Komplexität und lineare Informationsdarstellung gekennzeichnet waren, während die Raum-Metaphern zum Design von stärker vernetzten Hypertexten anregten. In den Schulstudien zeigte sich, dass nur in den Klassen, die Raum-Metaphern nutzten, ein vertieftes Verständnis der inhaltlichen Strukturen und Zusammenhänge erreicht wurde (Stahl, 2001). Wenn das Ziel der Erstellung von Hypertexten darin bestehen soll, dass während der Gestaltung die semantischen

Strukturen der Sachinhalte vertieft erarbeitet werden, ist demnach eine Metapher zu bevorzugen, die die Komplexität der Inhalte im Hypertext widerspiegeln kann. In unserer Terminologie wäre dies eine Raum-Metapher.

In Bezug auf die Kompetenz des selbstregulierten Lernens kann die erste Phase insbesondere genutzt werden, um Erfahrungen in Bezug auf bewusste Planungen zu sammeln. Im Sinne des COPES-Modells umfasst dies eine exakte Aufgabendefinition, die Festlegung von Zielen und die Planung der Aufgabendurchführung. Nach diesem Modell entstehen hierdurch Standards (siehe Abschnitt 3), die von den Lernenden genutzt werden können, um ihre weiteren Produktionsprozesse überwachen und kontrollieren zu können. Darüber hinaus können Erfahrungen in der Planung und Handhabung von Ressourcen (Zeitmanagement, Aufteilung in Arbeitsgruppen, Materialsammlung) gewonnen werden, also der Umgang mit Stützstrategien gefördert werden. Die erste Phase kann zusätzlich genutzt werden, um Lernende in der gezielten Internetrecherche zu schulen. Während sie Informationen zu den aufzubereitenden Inhalten suchen, können Strategien vermittelt werden, um Suchprozesse bewusster zu überwachen, Quellen zu beurteilen und den Recherchestand objektiv einschätzen zu können.

Phase 2: Die Erstellung einzelner Informationseinheiten

Das Ziel der zweiten Phase besteht darin, dass alle im Hypertext darzustellenden inhaltlichen Konzepte innerhalb der Informationsknoten dargestellt werden. Durch die Produktion der Informationseinheiten soll das Wissen um die zentralen Konzepte und um konzeptuelle Abgrenzungen innerhalb des aufzubereitenden Sachgebiets erhöht werden. Inhaltsbezogene Reflexionen ergeben sich somit unter anderem durch die Planung, welche der inhaltlichen Konzepte gemeinsam und welche in separaten Knoten dargestellt werden Weiterhin muss festgelegt werden, welche Inhalte als Texte, Bilder, Tondokumente oder Filmausschnitte präsentiert werden. Diese Pläne werden innerhalb dieser Phase anschließend umgesetzt und die Informationsknoten erstellt. Um den Lernprozess zu erhöhen, sollten die Lernenden alle Inhalte eigenständig erstellen und nicht vorgefertigtes Material übernehmen. Da diese Phase mit viel Arbeitsaufwand verbunden ist, empfiehlt es sich, die Lernenden in Kleingruppen jeweils Teilbereiche des Gesamtthemas ausarbeiten zu lassen.

Die Entscheidungen über inhaltliche Aufteilungen und die Repräsentationsformate der Inhalte wird durch die gewählte Metapher des Hypertexts beeinflusst. Weiterhin sollten vor der Umsetzung der Inhalte gemeinsam konkrete Vorgaben für die Gestaltung der Knoten erarbeitet werden, an die sich alle Lernenden halten müssen. Aus diesem Grund sollte auch in der zweiten Phase die Diskussion um Gestaltungsmöglichkeiten der Knoten zu Beginn der Phase durchgeführt werden. Diesbezüglich erscheint eine Aufteilung in kleinere inhaltliche Einheiten vorteilhaft, die

später über Links verbunden werden. So sollte jedes zentrale inhaltliche Konzept in einem separaten Knoten dargestellt werden. Diese Empfehlung ist angelehnt an das „just enough“ Prinzip (z.B. Gerdes, 1997) der Hypertextgestaltung: Jeder Knoten sollte nur soviel Informationen enthalten, wie zum Verständnis des erklärten Konzepts notwendig sind. Weiterführende Details oder Beispiele sollten in getrennten Knoten dargestellt werden, welche bei Interesse aufgerufen werden können. Weiterhin sollte jeder Knoten nach dem Prinzip der „cohesive closeness“ (Gerdes, 1997) geschrieben werden. Das bedeutet, dass die zentralen Informationen jedes Knoten für sich genommen verständlich sein sollen, ohne dass weitere Knoten gelesen werden müssen.

In unseren Lehrforschungsprojekten zeigte sich, dass die Lernenden den höchsten Wissenserwerb erzielten, die diese beiden Prinzipien berücksichtigt hatten. Wir verglichen beispielsweise zwei Parallelklassen der siebten Jahrgangstufe, von denen die eine Klasse innerhalb weniger Knoten lange Fließtexte erstellte, die jeweils mehrere zentrale Konzepte in einer Informationseinheit abhandelten, während die Parallelklasse eine größere Anzahl kurzer Knoten schrieb, in denen jeweils nur ein zentrales Konzept erklärt wurde. In anschließenden Wissenstests über semantische Relationen und Strukturen erzielte die letztgenannte Klasse signifikant bessere Ergebnisse (Bromme & Stahl, 1999; Stahl, 2001). Der Grund dieses Ergebnisses ist vermutlich darin zu sehen, dass die stärker zergliederte Darstellung zu intensiveren Diskussionen in den folgenden Phasen 3 bis 5 führen kann, in denen semantische Zusammenhänge und inhaltsbezogene Strukturierungen thematisiert werden.

In Bezug auf die Förderung von Lernstrategien und die Förderung der Kompetenz des selbstregulierten Lernens bietet diese Phase insbesondere das Potenzial, Informationsverarbeitungstrategien zu trainieren. Die Auswahl der zentralen Konzepte, die Entscheidungen über die Zergliederung der Inhalte in einzelne Knoten und deren Gestaltung bieten die Chance, verschiedene Strategien der Elaboration und Organisation zu üben. So kann beispielsweise bei der Gestaltung der Knoten entschieden werden, dass jedes abstrakte Konzept durch ein Beispiel verdeutlicht werden soll oder durch ein passendes Bild zu visualisieren ist. Werden die Knoten mit derartigen Zielsetzungen erarbeitet, erfordert die Erstellung der Knoten von den Lernenden, die Inhalte selbst tiefer zu elaborieren. Eine bewusste Aufbereitung der Sachinhalte durch aufeinander bezogene Texte und bildliche Darstellungen kann beispielsweise zum Aufbau dualer Kodierungen beitragen, also den Aufbau von Wissensstrukturen unterstützen, in denen die Inhalte sowohl in sprachlicher als auch bildlicher Form im Gedächtnis gespeichert sind (z.B. Mayer, 2001; Schnotz, 2005). Die Reduktion von Inhalten zu verständlichen Zusammenfassungen, die jeweils in einem Knoten dargestellt werden, ist eine Organisationsstrategie, die das Verständnis der Inhalte erhöhen kann.

Das Erstellen der Knoteninhalte bietet somit die Möglichkeit, Maßnahmen der Textgestaltung einzusetzen. Im Sinne von Kintsch (1998) oder Ballstaedt (1997)

zählen hierzu aussagekräftige Überschriften, Zusammenfassungen, Beispiele, Advance Organizer, etc. Derartige Gestaltungsmaßnahmen können im Sinne von Lernstrategien eingeführt werden. Die Lernenden können anschließend gefördert werden, solche Strategien bewusster zu nutzen. Je nach den Repräsentationsformen, die zur Informationsdarstellung genutzt werden, können in dieser Phase auch Erkenntnisse zur Gestaltung und Verarbeitung von Bildern (z.B. Peeck, 1994, Weidenmann, 1994) oder Animationen (z.B. Lowe & Schnotz, 2008) vermittelt werden, um den bewussten Einsatz dieser Repräsentationsformen durch die Lernenden zu fördern. Neben derartigen Strategien der Informationsverarbeitung werden Kompetenzen der Planung, Überwachung und Kontrolle des Lernprozesses gefördert.

Phase 3: Die Festlegung der Gesamtstruktur

Nachdem die Rohentwürfe der einzelnen Informationseinheiten erstellt sind, wird in der dritten Phase die Gesamtstruktur des Hypertexts geplant. Als Ausgangspunkt dienen die Metapher des Hypertexts sowie das Grundkonzept, das in Phase 1 festgelegt wurde. In dieser dritten Phase wird diskutiert, wie die einzelnen Informationseinheiten zu strukturieren sind, um die Metapher und das Grundkonzept bestmöglich umsetzen zu können. Durch das Wechselspiel zwischen der Reflexion der Hypertextstruktur und der inhaltlichen Struktur soll das Verständnis der semantischen Struktur des Themas vertieft werden. Darüber hinaus dient diese Phase der Revision der vorhergehenden Phase, da die Lernenden in den Diskussionen überprüfen können, ob alle bedeutsamen Konzepte des zu verarbeitenden Themengebiets bereits in den Knoten enthalten sind oder ob fehlende Konzepte ergänzt werden sollten.

In den eigenen Projekten im Schulunterricht und in Hochschulseminaren hat es sich als lernförderlich erwiesen, Visualisierungstechniken für die Gesamtstruktur einzusetzen. In Klassen mit jüngeren Schülerinnen und Schülern wurden die einzelnen Knoten ausgedruckt und an die Klassenwand geheftet. Anschließend wurden mittels Wollfäden Verbindungen zwischen den Knoten visualisiert und somit die semantische Struktur verdeutlicht (Bromme & Stahl, 1999). In Klassen mit älteren Schülerinnen und Schülern und in Hochschulseminaren können Concept Maps erstellt werden, bei denen die Ellipsen einzelne Knoten darstellen und die Verbindungen die semantischen Relationen beschreiben (Stahl, 2001).

In unseren Schulprojekten hatte sich gezeigt, dass innerhalb der Klassen, in denen auf die Visualisierung der Struktur verzichtet worden war, nur wenige Diskussionen um inhaltliche Zusammenhänge und Strukturen auftraten. In anschließenden Tests, in denen die Schülerinnen und die Schüler dieser Klassen die Struktur ihres eigenen Hypertexts anhand der zentralen Inhaltsbegriffe aufzeichnen sollten, zeigte

sich, dass sie dies nicht konnten, also keine innere Vorstellung der Struktur entwickelt hatten (vgl. Stahl, 2001).

Die entstehenden Strukturübersichten helfen nicht nur den Lernenden, sich intensiv mit der semantischen Struktur der dargestellten Inhalte auseinanderzusetzen, sondern können zugleich in Form einer Übersichtskarte als Navigationshilfe aufgenommen werden, die es späteren Nutzern erlaubt, die Inhaltsstruktur des Produkts nachzuvollziehen und – bei entsprechender Verlinkung – im Hypertext zu navigieren.

In Bezug auf die Förderung von Lernstrategien und der Kompetenz des selbstregulierten Lernens bietet diese Phase insbesondere die Möglichkeiten, Organisationsstrategien zu trainieren. Die Lernenden können sich mit Visualisierungen von Strukturen auseinandersetzen und erleben, wie hilfreich derartige Lernstrategien sein können, wenn es darum geht, inhaltliche Strukturen zu reflektieren. Darüber hinaus ist diese Phase geeignet, soziale Kompetenzen zu üben. Während die Erstellung der einzelnen Knoten in vielen Projekten arbeitsteilig verläuft, in dem Sinne, dass einzelne Lernende, Dyaden oder Kleingruppen für die Erstellung bestimmter Inhalte verantwortlich sind, muss nun eine Gesamtstruktur gefunden werden, die allgemein akzeptiert wird. Hierzu müssen sich die Lernenden mit den Knoteninhalten der anderen befassen. Entsprechend können angemessene inhaltliche Rückmeldungen zur Verständlichkeit und zu eventuellen Verbesserungsvorschlägen geübt werden. Hierdurch kann sowohl eine gewisse Güte der Beiträge sichergestellt werden als auch Kompetenzen in kooperativem Arbeiten geschult werden.

Phase 4: Multiple Leserperspektiven

Als zentraler Lernvorteil hypermedialer Darstellungen wird von einigen Forschern die Möglichkeit gesehen, multiple Perspektiven berücksichtigen zu können. Diese Idee basiert auf der Theorie der kognitiven Flexibilität (Jacobson & Spiro, 1995), die sich mit dem Erwerb von flexibel anwendbarem Wissen beschäftigt. Nach der Theorie besteht ein Grund für fehlenden Transfer von Wissen in einer unangemessenen Lernmethode, in der die Komplexität des Inhalts zu stark vereinfacht wurde. Jacobson und Spiro (1995) nutzten Hypertexte, um die inhaltliche Komplexität zu verdeutlichen, indem derselbe Inhaltsbereich aus verschiedenen Perspektiven dargestellt wurde. In der vierten Phase rückt somit die antizipierte Nutzerschaft in den Mittelpunkt der Betrachtung. Die Lernenden sollen sich verschiedene Fragestellungen überlegen, die spätere Nutzer an ihre Inhalte stellen könnten. Aus den gesammelten Perspektiven werden etwa drei bis vier ausgesucht. Zu jeder der Fragestellungen diskutieren die Lernenden, welche ihrer Knoteninhalte relevant wären, um eine Antwort zu erhalten und in welcher Reihenfolge sie diese Knoteninhalte lesen würden. Anschließend werden die Ergebnisse beispielsweise in Form von geführ-

ten Pfaden (guided tours) umgesetzt, das bedeutet, es werden optionale Navigationspfade angeboten, die Nutzer zur Beantwortung der Fragen wählen können.

Die Erstellung dieser Pfade fördert bei den Lernenden, die Inhalte aus verschiedenen inhaltlichen Sichtweisen zu erarbeiten und kann somit den Erwerb flexibel anwendbaren Wissens unterstützen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich – im Sinne der Theorie der kognitiven Flexibilität – mehr als zwei antizipierte Nutzerperspektiven zu diskutieren. Die konkrete Umsetzung in diese Phase ist vom Umfang des Hypertexts und der gewählten Gesamtstruktur bzw. der Metapher abhängig. Intensive Reflexionen können in dieser Phase vor allem dann ausgelöst werden, wenn bei der Knotengestaltung darauf geachtet worden ist, dass pro Knoten nur ein zentrales Konzept dargestellt wird. Weiterhin muss die gewählte Metapher geeignet sein, um verschiedene Navigationspfade vorzugeben. Mit jüngeren Lernenden beziehungsweise bei relativ kleinen Hypertexten kann die Diskussion um verschiedene Perspektiven beispielsweise auch dadurch gefördert werden, dass zu den gesammelten Fragen, die Nutzer sich stellen könnten, jeweils die vier relevantesten Knoten ausgewählt werden.

Innerhalb von zwei aufeinander aufbauenden Experimenten untersuchten wir, wie sich die Einnahme verschiedener Nutzerperspektiven auf den Wissenserwerb beim Erstellen von Hypertexten auswirkt. In beiden Studien mussten Studierende aus vorgegebenen Textbausteinen Hypertexte erstellen. Die Experimentalgruppe sollte dabei in beiden Studien den Hypertext aus zwei verschiedenen Nutzerperspektiven verlinken, während die Kontrollgruppe in der ersten Studie keine Vorgabe einer Nutzerperspektive bekam (Bromme & Stahl, 2002), während sie in der zweiten Studie nur eine Nutzerperspektive bedenken sollte (Stahl, Bromme, Stadler & Jaron, 2007). In beiden Studien erzielten die Studierenden, die zwei verschiedene Perspektiven berücksichtigen sollten, signifikant höhere Leistungswerte in einem anschließenden Wissenstest. Die Analyse der Testergebnisse zeigte, dass diese Unterschiede nicht auf mehr Wissen über einzelne Fakten zurückzuführen waren, sondern auf vertieftes Wissen in Bezug auf semantische Zusammenhänge und auf Transferwissen.

In Bezug auf die Förderung von Lernstrategien und der Kompetenz des selbstregulierten Lernens kann diese Phase wiederum genutzt werden, um Informationsverarbeitungstrategien zu fördern. Die bewusste Berücksichtigung von Nutzerperspektiven ist selbst als eine Lernstrategie anzusehen, die sowohl eine vertiefte Elaboration der Inhalte, als auch die kontextabhängige Organisation der Inhalte schulen kann. Darüber hinaus kann die Kompetenz des selbstregulierten Lernens gefördert werden, da die einzunehmenden Perspektiven Anwendungssituationen von Wissen bewusst machen. Im Sinne der Überwachung und Kontrolle von Lernprozessen können Lernende somit geschult werden, Transfersituationen zu analysieren.

Phase 5: Das bewusste Setzen von Links

Erst in der fünften und somit letzten Phase des didaktischen Konzepts werden die Links gesetzt, die die einzelnen Informationseinheiten verbinden. Hierunter zählen sowohl die Links, die von eventuellen Inhaltsverzeichnissen oder Strukturübersichten (siehe Phase 3) ausgehen, als auch die Links, die innerhalb der Knoten gesetzt werden. Die reflektierte Platzierung der Links ist aus zwei Gründen von entscheidender Bedeutung: Zum einen bestimmen sie die Navigation in dem Hypertext. Das Navigationsverhalten wird durch die Anzahl und die Platzierung der Links wesentlich beeinflusst (Welsh, Murphy, Duffy & Goodrum, 1993; Wright, 1993). Links, die den Erwartungen der Nutzer nicht entsprechen, sind ein Hauptgrund für Desorientierung in Hypertexten (Gray, 1995). Weiterhin können die Links semantische Beziehungen zwischen den Inhalten aufzeigen. Die bewusste Reflexion der zugrundeliegenden semantischen Zusammenhänge bei der Erstellung der Links kann somit das inhaltliche Verständnis der Lernenden fördern.

In unseren Schulprojekten und den Experimenten hatte sich gezeigt, dass die Lernenden dazu neigten, In ihren Texten Begriffe zu suchen, die in Überschriften anderer Knoten enthalten waren und diese unreflektiert zu verlinken. In Bezug auf die Anzahl der Links wurden dementsprechend entweder alle Knoten miteinander verlinkt, die irgendwie in Beziehung gesetzt werden konnten oder es wurden Regeln entworfen, welche die Anzahl der Links ohne Rücksicht auf die Inhalte festlegten (beispielsweise drei Links pro Knoten).

In zwei aufeinander aufbauenden Experimenten mit Studierenden, die aus vorgegebenem Material Hypertexte erstellen sollten, zeigte sich, dass das Verständnis für semantische Beziehungen dadurch verbessert werden kann, dass die Studierenden jeden gesetzten Link nach einer vorgegebenen Liste mit relationalen Kategorien typisierten, also beispielsweise „ist Teil von“, „ist Ursache für“ vor einen Link schreiben (Stahl, 2001). Allerdings wurde auch diese Typisierung nur dann bewusst durchgeführt, wenn die Probanden die Typisierung gegenüber einem Versuchsleiter rechtfertigen mussten (Florax, 2002). Vor diesem Hintergrund empfiehlt es sich, zwei Regeln der Linksetzung einzuhalten: Die Lernenden sollen für jeden Link, den sie setzen, angeben, welchen inhaltlichen Zusammenhang sie durch den Link ausdrücken wollen. Und die Lernenden sollen für jeden Link begründen, warum dieser Zusammenhang gerade an der vorgesehenen Stelle, also im Kontext des Knoteninhalts, aufgezeigt werden sollte.

In Bezug auf die Förderung von Lernstrategien und der Kompetenz des selbstregulierten Lernens kann die fünfte Phase wiederum genutzt werden, um Strategien der Elaboration und Organisation zu fördern. Die Typisierung der Links oder die bewusst einzuhaltenden Regeln der Linksetzung sind Beispiele für Strategien, die eine tiefere Verarbeitung der semantischen Relationen begünstigen. Werden darüber hinaus auch Links innerhalb von Bildern oder Bildausschnitten gesetzt, kann dieser

Prozess dazu genutzt werden, um die Bildverarbeitung der Lernenden zu verbessern. Links innerhalb von Bildausschnitten können im Sinne von Weidenmann (1994) als Steuerungscode angesehen werden, der den Nutzern Hinweise darauf gibt, auf welche Bereiche eines Bildes sie fokussieren sollen. Die Entscheidungen, welche Bereiche eines Bildes als Link dienen sollen und zu welchem anderen Knoteninhalten diese führen, kann somit bewusst eingesetzt werden, um die Verarbeitung der Bildinhalte zu erhöhen. In Bezug auf die Kompetenz des selbstregulierten Lernens kann die Phase der Verlinkung vor allem die Überwachung und Kontrolle der eigenen Lernprozesse fördern, da die Lernenden über die Links die Struktur, Funktionsfähigkeit und Verständlichkeit ihres Produkts überprüfen und eventuell Revisionen vornehmen können. Im Sinne des COPES-Modells werden besonders die Prozesse der Evaluation des Gesamtprodukts angesprochen; im Modell von Hayes und Flower (1986) entspräche dies vor allem den Revisionsphasen.

Das geschilderte didaktische Konzept ist als Konsequenz einer Verzahnung von theoretischen Annahmen und empirischen Evaluationen anzusehen, die sowohl in realen Unterrichts- und Seminareinsätzen in Schulen und Hochschulen durchgeführt wurden als auch innerhalb von fünf begleitenden Experimenten. Das gesamte Konzept ist als Heuristik zu verstehen, die den jeweiligen Lehrzielen angepasst werden sollte. Es verdeutlicht, wie über Designentscheidungen intensive Diskussionen und Reflexionen über den Inhalt angeregt werden können. Weiterhin bietet es eine Vielzahl an Möglichkeiten, Lernstrategien sowie Kompetenzen des selbstregulierten Lernens innerhalb der verschiedenen Lern- bzw. Arbeitsphasen zu verbessern. Der Computer wird in diesen Projekten zu einem Werkzeug des Wissensaufbaus.

5 Lernen durch die Produktion von Filmen

Die grundlegenden Ideen des didaktischen Konzepts können auf die Erstellung anderer medialer Produkte übertragen werden. Dies soll im Folgenden am Beispiel der Produktion von Filmen skizziert werden.

Durch die technischen Veränderungen der letzten Jahre ergeben sich vielfältige Möglichkeiten mit den Lernenden Filme zu produzieren, die entweder als eigenständiges Medium erstellt werden oder in andere hypermediale Produkte integriert werden (Stahl, Finke & Zahn, 2006; Stahl, Zahn, Schwan & Finke, 2006; Stahl, Zahn & Seidel, 2007). Fotos und Bilder können beispielsweise mit einfach zu bedienenden Programmen wie „Windows Movie Maker“ oder „PowerPoint“ aneinandergefügt, vertont und zu audiovisuellen Bildergeschichten integriert werden. Filmmaterial kann mit relativ preiswerten Camcordern oder Handys erstellt und mit Freewareprogrammen weiterbearbeitet werden.

Die Produktion von Filmmaterial bietet sich an, wenn Inhalte erlernt werden sollen, bei denen konkrete Veranschaulichungen den Lernprozess unterstützen können. Dies ist beispielsweise bei der filmischen Umsetzung von Experimenten oder beobachtbaren wissenschaftlichen Phänomenen, bei Literaturinterpretationen, bei der Aneignung von Bewegungsabläufen in Sport oder bei verhaltensbezogenen Themen wie Kommunikationstheorien oder Konfliktmanagement gegeben. Ein zentrales Ziel dieser medialen Darstellungsformen besteht darin, dass die zu leistende „Übersetzung" abstrakter Informationen in (Film-)Szenen den Aufbau von inneren Vorstellungsbildern zu dem Thema fördern soll.

Sofern beim Lernen durch Gestalten Filmmaterial im Zentrum der Darstellung steht, sollte bei der Umsetzung des didaktischen Konzepts auf einige Aspekte geachtet werden. Die Phasen 1 bis 5 sind von den zugrunde liegenden Zielsetzungen auf die Erstellung von Filmen zu übertragen. Wichtig ist, dass die ersten vier Phasen in diesem Fall allerdings als Planungsphasen vor dem eigentlichen Dreh zu verstehen sind.

In der ersten Phase ist es bedeutsam, dass die Lernenden die wesentlichen Gestaltungsmerkmale von Filmen erlernen. Sie sollten zentrale Aspekte der Filmsprache wie Einstellungen und Einstellungsgrößen, Szenen, Kameraperspektiven und Kamerabewegungen, Schuss- und Gegenschuss und Montagtechniken kennen und umsetzen können, da dies eine zentrale Grundlage des Designwissens ausmacht. Darüber hinaus sollte die grundlegende Metapher des eigenen Filmprodukts festgelegt werden. In größeren Filmprojekten beginnt der Produktionsprozess zumeist damit, dass die grundlegende Idee des Films in wenigen Sätzen skizziert wird, um anschließend ein sogenanntes „Treatment" zu entwickeln. Hierbei handelt es sich um eine kurze Zusammenfassung, in der die Idee inhaltlich beschrieben wird. Neben den Inhalten wird allerdings auch die Stimmungen mitbedacht, die übermittelt werden soll sowie die Art, wie der Film gestaltet sein soll (beispielsweise Comedy, Nachrichtensendung; Wissenschaftsshow). Auf vergleichbare Weise kann die Metapher des eigenen Filmprodukts festgelegt werden (vgl. Stahl, Finke & Zahn, 2006).

In der zweiten Phase sollte das „Erstellen einzelner Informationseinheiten" als Planung und Umsetzung der einzelnen Szenen des Films verstanden werden. An die Filmsprache angelehnt bedeutet dies, dass ein Exposé erstellt wird, in dem die wesentlichen Szenen des Films voneinander getrennt beschrieben werden. Anschließend können zu den einzelnen Szenen Drehbücher erstellt werden, die aufzeigen, wie diese Szenen im Detail umzusetzen sind. Letztlich werden zu den einzelnen Szenen Storyboards erstellt, die in einer Art Comicstrip festhalten, wie einzelne Einstellungen umgesetzt werden sollen und wichtige Begleitinformationen zu den einzelnen Einstellungen geben können (Ziel der Einstellung, Kameraführung, gesprochene Texte, benötigte Utensilien). In den eigenen Projekten hat sich die Erstellung der Storyboards als sehr lernförderlich erwiesen, da die Lernenden hier-

durch konkrete innere Vorstellungsbilder zu ihren Inhalten aufbauen, durch die die anschließenden Dreharbeiten und das Schneiden des Filmmaterials erleichtert werden, vor allem aber das Verständnis der aufbereiteten Sachinhalte verbessert werden konnte (Stahl, Finke & Zahn, 2006).

Wie bei der Gestaltung von Hypertexten wird auch bei filmischen Darstellungen die Gesamtstruktur (Phase 3) wesentlich durch die Entscheidungen, die in den ersten beiden Phasen getroffen wurden, beeinflusst. Die Metapher des Films beeinflusst, wie einzelne Filmsequenzen arrangiert werden. Während bei der Erstellung eines inhaltlich abgeschlossenen Films die Linearisierung der Informationen im Vordergrund steht, können mehrere Kurzfilme oder Filmsequenzen zum gleichen Thema auch unterschiedlich arrangiert bzw. strukturiert werden.

In der vierten Phase kann diskutiert werden, inwiefern Verschachtelungen einzelner Filmsequenzen aus verschiedenen Fragestellungen möglich sind. Bei Literaturverfilmungen könnten beispielsweise Filmsequenzen so neu arrangiert werden, dass alle Ausschnitte aneinandergefügt werden, in denen ein bestimmter Protagonist zu sehen ist, um dessen Handeln im Verlauf der Geschichte tiefer zu ergründen. Bei klassischen Filmprojekten wird diese Phase allerdings eine eher untergeordnete Rolle spielen.

Die fünfte Phase ist bei Filmprojekten in Analogie zu dem Filmschnitt und der Montage zu sehen, die nach Drehende erfolgt. Es gilt, die erstellten Filmmaterialien so zusammenzufügen, dass sowohl die einzelnen Szenen stimmig sind und ihre Ziele erfüllen als auch das Gesamtwerk aus den Szenen zusammengefügt wird.

Anhand dieser kurzen Darstellung zu Filmprojekten sollte beispielhaft verdeutlicht werden, dass die grundlegenden Ideen des didaktischen Konzepts und der einzelnen Phasen auch für die Erstellung anderer medialer Produkte eine hilfreiche Heuristik darstellen können.

Ausblick

Das vorgestellte didaktische Konzept hat sich als Leitfaden erwiesen, anhand dessen Projekte zum Lernen durch Gestalten strukturiert werden können. An der Pädagogischen Hochschule Freiburg wurde das Konzept inzwischen innerhalb von neun Seminaren zur Produktion von Hypermedia und Filmen eingesetzt, um die jeweiligen Produktionsprozesse zu strukturieren.

Dennoch liegt bislang wenig empirische Forschung zum Einsatz des Konzepts im Unterricht und zur detaillierten Überprüfung von Lernprozessen und -erfolgen vor. Die bisher durchgeführten Experimente und Lehrforschungsprojekte dienten vorrangig dazu, potentielle Probleme zu erfassen, die beim Unterrichtseinsatz entstehen können sowie angemessene Instruktionen für einzelne Phasen zu entwickeln.

Weiterhin wurden explorative Lehreinsätze durchgeführt, um die Übertragbarkeit des Konzepts von der Produktion von Hypertexten auf die Konstruktion von Hypervideos und Filmen zu überprüfen.

Nächste Schritte sollten eine stärkere empirische Untersuchung der Wirkungsmechanismen und Lernprozessen betreffen. Insbesondere sollte der Wert einzelner Phasen in Bezug auf die Lernprozesse und die Lerneffekte überprüft werden. Hierdurch könnte auch erfasst werden, inwieweit einzelne Elemente (z.B. die kooperative Verlinkung von bestehenden Texten) als eigenständige didaktische Bausteine eingesetzt werden können. Weiterhin wäre zu prüfen, ob die bisher empfohlene Struktur der Phasen verändert werden könnte. Auch Studien zum Einsatz im Schulunterricht fehlen.

Ein zweiter Bereich, der zukünftig differenzierter betrachtet werden kann, betrifft die Übertragbarkeit des Ansatzes auf weitere Medien. Die Produktion von Storyboards bzw. Bildergeschichten, Portfolios oder Animationen durch Lernende könnte durch den Ansatz strukturiert werden. Hier gelte es zu prüfen, in welcher Form die Grundideen, die Ziele und die Phasen übertragen werden können bzw. verändert werden müssten.

Ein dritter Bereich betrifft die Lernziele. Bislang stand der Erwerb von Fachwissen im Mittelpunkt der empirischen Untersuchungen. Der Erwerb selbstregulativer Kompetenzen wurde bislang nicht systematisch untersucht und sollte stärker in den Vordergrund gerückt werden. Darüber hinaus ist anzunehmen, dass der Ansatz genutzt werden könnte, um den Umgang mit komplexen Informationen und die angemessene epistemische Beurteilung von widersprüchlichen wissenschaftlichen Aussagen zu fördern.

Literatur

Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung – Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz.

Bereiter, C. (2002). Emergent versus presentational hypertext. In R. Bromme & E. Stahl (Eds.), *Writing hypertext and learning. Conceptual and empirical approaches. Advances in learning and instruction series* (pp. 73-78). Amsterdam: Pergamon.

Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Bromme, R. & Stahl, E. (1999). Spatial metaphors and writing hypertexts: Study within schools. *European Journal of Psychology of Education, 14*(2), 267-281.

Bromme, R. & Stahl, E. (Eds.). (2002). *Writing hypertext and learning. Conceptual and empirical approaches*. London: Pergamon.

Bromme, R. & Stahl, E. (2005). Is a hypertext a book or a space? The impact of different introductory metaphors on hypertext construction. *Computers & Education, 44* (2), 115-133.

Carver, S. M. , Lehrer, R., Connell, T. & Erickson, J. (1992). Learning by hypermedia design: Issues of assessment and implementation. *Educational Psychologist, 27*(3), 385-404.

Dillon, A. (2002). Writing as design: Hypermedia and the shape of information space. In R. Bromme & E. Stahl (Eds.), *Writing hypertext and learning. Conceptual and empirical approaches. Advances in learning and instruction series* (pp. 63-72). Amsterdam: Pergamon.

Eigler, G. (1997). Textproduktion als konstruktiver Prozess. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule. Enzyklopädie der Psychologie, Serie Pädagogische Psychologie, Bd. 3* (S. 365-394). Göttingen: Hogrefe.

Florax, M. (2002). *Typisieren oder Verbalisieren: Sind Lernprozesse beim Erstellen von Hypertexten eine Konsequenz der Typisierung von Links oder der Verarbeitung kognitiver Prozesse?* (Unveröffentlichte Diplomarbeit). Münster: Universität Münster.

Gerdes, H. (1997). *Lernen mit Text und Hypertext*. Berlin: Pabst.

Gray, S. H. (1995). Linear coherence and relevance: Logic in computer-human ‚conversations'. *Journal of Pragmatics, 23*, 627-647.

Hayes, J. R. (1996). A new framework for understanding cognition and affect in writing. In C. M. Levy & S. Ransdell (Eds.), *The science of writing. Theories, methods, individual differences, and applications* (pp. 1-27). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Hayes, J. R. & Flower, L. S. (1980). Identifying the organisation of writing processes. In L. W. Gregg & E. R. Steinberg (Eds.), *Cognitive processes in writing* (pp. 3-30). Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum.

Hayes, J. R. & Flower, L. S. (1986). Writing research and the writer. *American Psychologist, 41*(10), 1106-1113.

Jacobson, M. J. & Spiro, R. J. (1995). Hypertext learning environments, cognitive flexibility, and the transfer of complex knowledge: An empirical investigation. *Journal of Educational Computing Research, 12*(4), 301-333.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.

Kintsch, W. & Yarbrough, J. C. (1982). Role of rhetorical structure in text comprehension. *Journal of Educational Psychology, 74*(6), 828-834.

Liu, M. (2003). Enhancing learners' cognitive skills through multimedia design. Interactive Learning Environments, 11, 23-39.

Lowe, R. & Schnotz, W. (Eds.). (2008). *Learning with animation. Research implications for design*. New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Peeck, J. (1994). Wissenserwerb mit darstellenden Bildern. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern* (S. 59-94). Bern: Huber.

Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 452-502). San Diego, CA: Academic Press.

Puustinen, M. & Pulkkinen, L. (2001). Models of self-regulated learning: a review. *Scandinavian Journal of Educational Research, 45*(3), 269-286.

Reimann, P. & Zumbach, J. (2001). Design, Diskurs und Reflexion als zentrale Elemente virtueller Seminare. In F. W. Hesse & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Partizipation und Interaktion im virtuellen Seminar* (S. 135-163). Münster: Waxmann.

Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 49-69). New York: Cambridge University Press.

Stahl, E. (2001). *Hyper-Text-Schreiben: Die Auswirkungen verschiedener Instruktionen auf Lernprozesse beim Schreiben von Hypertext*. Münster: Waxmann.

Stahl, E. & Bromme, R. (2005). Das Schreiben von Hypertexten im Unterricht. Ein forschungsbasiertes didaktisches Konzept. *Unterrichtswissenschaft 33*(3), 212-226.

Stahl, E., Bromme, R., Stadtler, M. & Jaron, R. (2007). Learning by hypertext writing: Effects of considering a single audience versus multiple audiences on knowledge acquisition. In M. Torrance, L. van Waes & D. Galbraith (Eds.), *Writing and cognition: Research and applications* (pp. 307-321). Amsterdam: Elsevier.

Stahl, E., Finke, M. & Zahn, C. (2006). Knowledge acquisition by hypervideo design: An instructional program for university courses. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 15*(3), 285-302.

Stahl, E., Zahn, C., Schwan, S. & Finke, M. (2006). Knowledge acquisition by designing hypervideos: Different roles of writing during courses of „new“ media production. In L. Van Waes, M. Leitjen & C. M. Neuwirth (Eds.), *Writing and digital media* (pp. 77-88). Oxford: Elsevier.

Stahl, E., Zahn, C. & Seidel, T. (2007). Videobasierte Lernsoftware zur Förderung kommunikativer Kompetenzen. In U. Kanning (Hrsg.), *Förderung sozialer Kompetenzen in der Personalentwicklung* (S. 39-69*)*. Göttingen: Hogrefe.

Weidenmann, B. (1994). Informierende Bilder. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen* (S. 9-58). Bern: Huber.

Welsh, T. M., Murphy, K. P., Duffy, T. M. & Goodrum, D. A. (1993). Accessing elaborations on core information in a hypermedia environment. *Educational Technology Research and Development, 41*(2), 19-34.

Wild, K.-P. (2001). Lernstrategien und Lernstile. In D. E. Rost (Ed.), *Handwörterbuch der Pädagogischen Psychologie* (S. 424-429). Weinheim: Beltz.

Winne, P. H. & Hadwin, A. F. (1998). Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky & A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 277-304). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Wright, P. (1993). To jump or not to jump: Strategy selection while reading electronic texts. In C. McKnight, A. Dillon & J. Richardson (Eds.), *Hypertext: A psychological perspective* (pp. 137-152). New York: Ellis Horwood.

Zimmermann, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: an overview. *Educational Psychologist, 25*(1), 3-17.

Alwine Lenzner, Wolfgang Schnotz

Aktivieren von Lernstrategien durch Bilder

Zusammenfassung

Durch eine sorgfältige Gestaltung von digitalen Medienverbünden können zum einen elaborative Lernstrategien aktiviert werden und zum anderen zusätzliche motivationale Ressourcen zur Unterstützung des Lernprozesses bereitgestellt werden. Unter kognitivem Aspekt können Bilder Einfluss darauf haben, auf welche Weise Lernende die dargebotenen Informationen verarbeiten. Beispielsweise können instruktionale Bilder, die lernzielrelevante Informationen vermitteln, die Aktivierung von Lernstrategien anregen, welche zu einer elaborierteren und tieferen Verarbeitung führen. Dekorative, d.h. ästhetisch ansprechende Bilder können wiederum motivationale Prozesse unterstützen und so die energetischen Ressourcen, die für einen Lernprozess nötig sind, bereitstellen bzw. erweitern. Im folgenden Beitrag wird ein konzeptueller Rahmen für die Analyse von Bildwirkungen zur Aktivierung von Lernstrategien aufgezeigt. Dabei wird zwischen kognitiven Bildwirkungen (im Sinne kognitiver Primärstrategien) und motivationalen Bildwirkungen (im Sinne motivationaler Sekundärstrategien) unterschieden. Abschließend werden sowohl Chancen als auch Risiken beim Lernen mit unterschiedlichen Bildarten diskutiert und praktische Implikationen aufgezeigt.

1 Das Potenzial von Bildern in digitalen Medienverbünden

Digitale Medien enthalten im Allgemeinen eine Vielzahl an Bildern. Das liegt vermutlich daran, dass Bildern heutzutage besondere Eigenschaften zugeschrieben werden, was beispielsweise die weit verbreitete Redensart „ein Bild sagt mehr als tausend Worte“ verdeutlicht. Dabei ist es jedoch wichtig, zwischen unterschiedlichen Bildarten und den mit ihnen beabsichtigten Wirkungen zu unterscheiden. Innerhalb der Instruktionspsychologie wurden Bildern in Lernmaterialien bislang vor allem kognitive Funktionen zugeschrieben. Bilder können lernzielrelevante Informationen visualisieren, indem sie z.B. einen Sachverhalt veranschaulichen oder das Verständnis von Zusammenhängen erleichtern (Mayer, 2005; Schnotz, 2005; Weidenmann, 1994). Sie können die Lernenden zu Fragen über den dargestellten Sachverhalt und über die Beziehung zwischen Text und Bildern anregen bis hin zur Frage, warum die verwendeten Bilder in das Lernmaterial integriert wurden. Diese

Form der Aktivierung einer Strategie des Fragenstellens regt eine tiefe Verarbeitung des zu erlernenden Stoffes an.

Aus einer rein kognitionspsychologischen Perspektive wäre zu erwarten, dass Bilder, die keine unmittelbar lernzielrelevanten Informationen enthalten, vom Lernziel ablenken und den Lernerfolg reduzieren. Befunde von Harp und Mayer (1997, 1998) scheinen dies zu bestätigen. So gesehen könnte man die Empfehlung aussprechen, auf solche Bilder in Lernmedien generell zu verzichten. Allerdings sollte die Verwendung von Bildern nicht nur unter kognitivem Aspekt, sondern auch unter emotionalem und motivationalem Aspekt betrachtet werden (vgl. Lenzner, 2009). So kann beispielsweise angenommen werden, dass Lernmaterialien mit dekorativen, ästhetisch ansprechenden Bildern beim Lernenden eine positivere Einstellung gegenüber dem Lernmaterial entwickeln, eine bessere Stimmung induzieren und außerdem mehr Interesse am Thema hervorrufen. Vermittelt über diese affektiven und motivationalen Variablen könnte der Lernprozess somit auch durch rein dekorative Bilder unterstützt werden. Die Berücksichtigung motivationaler Gesichtspunkte scheint vor allem beim selbstgesteuerten Lernen mit digitalen Bildmedien wichtig, da hier die Lernenden selbst entscheiden, in welchem Maße und über welchen Zeitraum sie Anstrengungen in den Lernprozess investieren.

Insgesamt gesehen ist die Gestaltung von Medien bzw. Medienverbünden somit in engem Zusammenhang mit dem kognitiven Potenzial und den motivationalen Ressourcen des Lernenden zu sehen. Gestaltungsmerkmale können niemals direkten Einfluss auf den Lernerfolg nehmen. Sie können lediglich lernrelevante psychische (kognitive und motivationale) Prozesse auslösen, die zum Aufbau mentaler Repräsentationen und zu Veränderungen im Langzeitgedächtnis führen, die sich dann in verbesserten (Lern-)Leistungen niederschlagen. Diese Prozesse werden zusammenfassend als Verstehens- und Lernprozesse bezeichnet. Sie werden durch die Lernumgebung bzw. das externe Informationsangebot angeregt und gleichzeitig durch die individuellen internen Verarbeitungsprogramme angeleitet, die zusammenfassend als Verarbeitungsstrategien bezeichnet werden (van Dijk & Kintsch, 1983). Erfolgreiches Lernen findet dann statt, wenn die Gestaltungsmerkmale der Lernumgebung bzw. des jeweiligen Medienverbunds und das individuelle Inventar von Verarbeitungsstrategien bzw. von kognitiven und motivationalen Ressourcen optimal ineinandergreifen.

Wir gehen im Folgenden zunächst auf kognitive Aspekte und anschließend auf affektive und motivationale Aspekte des Lernens mit digitalen Medienverbünden ein. Anschließend wird ein Rahmenkonzept für die Analyse von Bildwirkungen unter kognitionspsychologischem und motivationspsychologischem Aspekt präsentiert und zur Diskussion gestellt.

2 Kognitive Aspekte des Lernens mit digitalen Medienverbünden

In den folgenden Abschnitten werden die kognitiven Aspekte beim Lernen mit digitalen Medienverbünden thematisiert. Zunächst wird definiert, was unter kognitivem Lernen zu verstehen ist. Anschließend wird die Verarbeitung von Texten und Bildern thematisiert bzw. werden unterschiedliche kognitive Strategien beim Lernen mit Texten und Bildern diskutiert.

2.1 Definition von kognitivem Lernen

Kognitives Lernen ist ein mehrstufiger Prozess mit dem Ziel, Wissen zu erwerben und anwenden zu können. Erfolgreiches kognitives Lernen besteht demnach aus den Teilprozessen des *Verstehens und Speicherns* und manifestiert sich in den weiteren Teilprozessen des *Abrufens und Gebrauchs* bzw. dem sog. Transfer des erworbenen Wissens (vgl. Steiner, 2001). Im Folgenden sollen die drei Teilprozesse des *Verstehens*, *Speicherns* und *Abrufens* näher betrachtet werden.

Beim Verstehen geht es um die Konstruktion kohärenter mentaler Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis und den Aufbau von Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis. Im Kontext dieses Beitrags geht es vor allem um die Frage, wie man sich das Verstehen von Informationen aus Texten und Bildern vorzustellen hat. In Abschnitt 2.2 wird ein integriertes Modell des Text- und Bildverstehens vorgestellt, in welchem beschrieben wird, wie Informationen aus Texten und Bildern miteinander verknüpft und zum Aufbau kohärenter mentaler Repräsentationen genutzt werden. Neu angeeignete Wissensstrukturen müssen jeweils gespeichert werden, um sie vor dem Vergessen zu bewahren. Ort der Speicherung ist das sog. *Langzeitgedächtnis*. Um neu erlerntes Wissen schließlich nutzen zu können, muss die gespeicherte Information anschließend wieder abgerufen und verfügbar gemacht werden. Nur unter dieser Bedingung ist ein Gebrauch (Transfer) des Wissens möglich.

2.2 Die kognitive Verarbeitung von Texten und Bildern

Medienverbünde enthalten üblicherweise sowohl textliche als auch bildliche Elemente, die in unterschiedlichen Kombinationen verwendet werden. Dabei können die Texte visuell oder auditiv präsentiert und Bilder sowohl statisch als auch in animierter (dynamischer) Form verwendet werden. Die Aufgabe der Lernenden ist es dann, diese externen Repräsentationen sowohl für sich gesehen als auch in Bezug aufeinander zu verstehen und die betreffenden Informationen zu einem inte-

grierten Ganzen zu verknüpfen bzw. entsprechend kohärente mentale Repräsentationen zu konstruieren.

Während es verhältnismäßig viel Forschung zur Verarbeitung von Informationen aus Texten gibt, existiert bislang relativ wenig Forschung zur Verarbeitung von Bildern. Meist wird im Rahmen dieser Forschungstradition nicht die alleinige Lernwirkung von Bildern untersucht, sondern die Wirkung von Bildern in Verbindung mit Texten. Im Folgenden soll zunächst nur das Bildverstehen und anschließend die Verarbeitung von Bildern in Texten thematisiert werden.

Bevor ein Bild verstanden werden kann, muss es zunächst einmal wahrgenommen werden. Die Bildwahrnehmung kann zwar auch top-down geleitete Prozesse beinhalten, indem z.B. in einem Bild nach bestimmten Informationen gesucht wird. Hinsichtlich ihrer elementaren Bestandteile handelt es sich bei der Bildwahrnehmung jedoch um einen zu einem großen Teil automatisierten Prozess, der primär bottom-up (d.h. datengeleitet) verläuft und vom themenspezifischen Vorwissen des Individuums relativ wenig beeinflusst wird. Die Dominanz dieser Bottom-up-Komponente lässt sich leicht an den sog. Gestaltwahrnehmungsphänomenen verdeutlichen, denen sich der Betrachter auch dann kaum entziehen kann, wenn er absichtlich etwas anderes wahrzunehmen versucht (Wertheimer, 1938).

Um Bilder nicht nur wahrzunehmen, sondern auch zu verstehen, ist jedoch eine semantische Verarbeitung notwendig, die bewusst kontrollierte Analyseprozesse beinhaltet. Dieser Verarbeitungsprozess erfolgt sowohl datengeleitet als auch konzeptgeleitet und bezieht das themenspezifische Vorwissen des Bildbetrachters mit ein. Nach Weidenmann (1994, 2002) lassen sich zwei qualitativ unterschiedliche Verstehensmodi unterscheiden, das ökologische oder natürliche Bildverstehen und das indikatorische Bildverstehen. Das natürliche Bildverstehen erfolgt, wie der Name schon vermuten lässt, analog zur Wahrnehmung der Umwelt. Dem ersten Erkennen kann ein gezieltes und sorgfältiges Mustern des Dargestellten folgen, muss es aber nicht. Es handelt sich also nur um ein Erkennen und Verstehen des abgebildeten Inhalts. Das indikatorische Bildverstehen hingegen zielt darauf ab, die Absicht des Bildautors zu interpretieren bzw. zu erschließen, was er mit welchem Bild kommunizieren möchte.

Bei Bild-Textkombinationen kann sich der Lerner beispielsweise die Frage stellen, warum ein bestimmtes Bild in den Textabschnitt integriert wurde bzw. welcher Effekt damit erzeugt werden soll. Schnotz und Dutke (2004) sprechen in diesem Zusammenhang von einer mentalen Repräsentation über das Bildgenre und das Kommunikationsgenre, also von Annahmen über die Bildart und die damit beabsichtigte Kommunikationsfunktion des Autors (vgl. erweitertes Modell der Text- und Bildintegration, Schnotz & Dutke, 2004).

Betrachtet man die Verarbeitung einer Kombination aus Texten und Bildern, so gibt es unterschiedliche Modelle zur Verarbeitung von Informationen aus verschie-

denen Medien. Neben der dualen Kodierungstheorie von Paivio (1986) wurden die Theorie des Multimedialen Lernens von Mayer (2005) und das integrierte Modell des Text- und Bildverstehens (Schnotz, 2002; Schnotz & Bannert, 2003) entwickelt. Folgt man dem integrierten Modell des Text- und Bildverstehens (vgl. Abbildung 1), so analysiert der Leser eines Texts zunächst Schriftsymbole nach morphologischen und syntaktischen Gesichtspunkten (subsemantische Verarbeitung) und generiert durch verbale Organisationsprozesse eine mentale Repräsentation der Textoberfläche (Textoberflächenrepräsentation). Durch die anschließende tiefere semantische Verarbeitung wird eine propositionale Repräsentation erstellt. Die dabei stattfindende konzeptuelle Organisation wird sowohl durch den Text als auch durch Schemata aus dem Langzeitgedächtnis beeinflusst.

Betrachtet der Lerner ein Bild, so finden piktoriale Organisationsprozesse statt, die sich auf die grafisch-räumlichen Eigenschaften des Bildes beziehen. Indem das Bild wahrgenommen wird, entsteht eine visuelle Vorstellung bzw. eine wahrnehmungsbasierte Repräsentation. Aus dieser oberflächennahen perzeptuellen Repräsentation entsteht durch Auswahl thematisch relevanter Elemente und Relationen (thematische Selektion) und durch einen Prozess der Strukturabbildung (*structure mapping*) unter Rückgriff auf das Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis (konzeptuelle Organisation) ein mentales Modell.

Innerhalb dieses Modells wird zwischen einem deskriptionalen Verarbeitungszweig zur Analyse von Textmaterial (d.h. symbolischen Repräsentationen) und einem depiktionalen Zweig zur Analyse von Bildmaterial (d.h. analogen Strukturen) unterschieden. Zwischen beiden Verarbeitungssystemen bestehen mehrfache Verbindungen. So werden bereits die Repräsentationen auf der ersten Verarbeitungsebene (Textoberflächenrepräsentation bzw. visuelle Vorstellung) genutzt, um die Repräsentationen des jeweils anderen Verarbeitungszweigs zu ergänzen. Auf der höchsten Verarbeitungsebene schließlich erfolgt ein Abgleich zwischen dem mentalen Modell und der propositionalen Repräsentation. Dabei werden Informationen aus der textbasierten Repräsentation genutzt, um das mentale Modell zu konstruieren und das mentale Modell wiederum dient über Inspektionsprozesse der Ergänzung der propositionalen Repräsentation. Die Informationsintegration ist bei diesem Modell umso intensiver, je höher man im Modell kommt, das heißt, je tiefer die Verarbeitungsprozesse und je elaborierter die mentalen Repräsentationen sind.

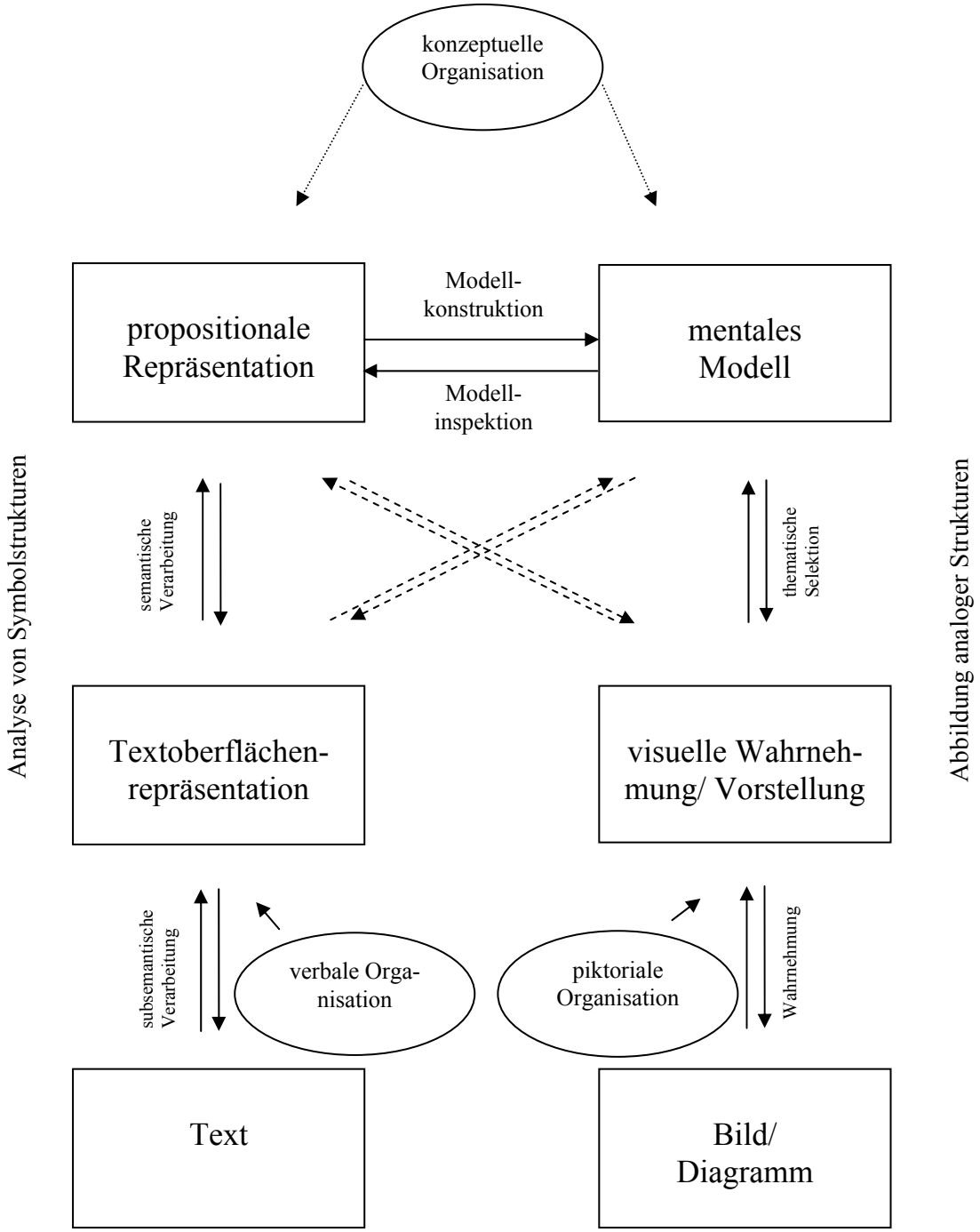


Abb. 1: Integratives Modell des Text- und Bildverstehens (Schnotz, 2002)

2.3 Kognitive Lernstrategien zur Verarbeitung von Texten und Bildern

Unter Strategien versteht man im Allgemeinen Prinzipien bzw. Programme, die der Erreichung bestimmter Ziele dienen. Strategien, deren Ziel erfolgreiches Lernen ist, werden als Lehr- oder als Lernstrategien bezeichnet. Von Lehrstrategien spricht man dann, wenn diese Programme in externer Form durch einen Lehrenden, Coach oder durch das Lehrmaterial vorgegeben werden. Von Lernstrategien spricht man dann, wenn diese Programme bereits vom Lernenden angeeignet wurden bzw. intern repräsentiert sind, also zum im Langzeitgedächtnis gespeicherten Strategierepertoire des Lernenden gehören. In beiden Fällen ist das Ziel erfolgreiches Lernen. Der Übergang zwischen Lehr- zu Lernstrategien ist fließend, da Lernstrategien auch als internalisierte Lehrstrategien konzeptualisiert werden können.

Erfolgreiches kognitives Lernen beinhaltet, dass neue Informationen aufgenommen, verarbeitet, gespeichert und auf neue Situationen angewendet werden (vgl. Abschnitt 2.1). Diesem Zweck dienen kognitive Lernstrategien, die zu den Primärstrategien gezählt werden, weil sie direkt den kognitiven Wissenserwerb unterstützen. Kognitive Lernstrategien werden in Elaborations-, Organisations- und Wissensnutzungsstrategien unterteilt (Friedrich & Mandl, 2006). Dabei versteht man unter Elaborationsstrategien solche Strategien, die das Verstehen und dauerhafte Behalten von Informationen begünstigen sollen. Unter Elaborationen versteht man die Anreicherung von dargebotenen Informationen anhand von Vorwissen bzw. Vorerfahrungen, die zu einer stärkeren Vernetzung der betreffenden Informationen in Form von kohärenten Wissensstrukturen führt. Organisationsstrategien zielen darauf ab, Wissen zu strukturieren und auf wesentliche Informationen zu reduzieren. Wissensnutzungsstrategien schließlich sollen dazu beitragen, dass Wissen in Anwendungssituationen auch genutzt werden kann. Für die Analyse der Funktion von Bildern im Lernprozess spielen besonders die Elaborationsstrategien eine wesentliche Rolle.

Unter dem Stichwort Elaborationsstrategien werden unterschiedliche Lernstrategien zusammengefasst, die zu einer tieferen Verarbeitung (Elaboration) des zu erlernenden Stoffes führen. Gemäß der Theorie der Verarbeitungstiefe wird der Lernerfolg über die Verarbeitungstiefe vorhergesagt. Das Modell der Verarbeitungstiefe differenziert zwischen verschiedenen Ebenen der Informationsverarbeitung bzw. *levels of processing* (Craik & Lockhart, 1972). Je tiefer, d.h. bedeutungshaltiger, Informationen verarbeitet werden, desto länger werden diese behalten bzw. desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Information wiedergegeben und in verschiedenen Kontexten genutzt werden kann.

Einfaches Wiederholen als Form der oberflächlichen Verarbeitung erfolgt vornehmlich auf niedrigeren Kodierungsebenen und kann lediglich die Aufrecht-

erhaltung eines Aktivierungszustandes von Informationen sichern. Beschäftigt man sich jedoch länger und ausführlicher mit einem bestimmten Inhalt, so wird dieser auch besser verstanden und länger behalten. Wie im Modell des integrierten Text- und Bildverstehens angesprochen, können Informationen aus Texten und Bildern unterschiedlich tief verarbeitet werden. Gemäß diesem Modell werden Informationen umso tiefer verarbeitet, je besser sie integriert werden, das heißt, je höher man sich im Modell befindet. Bezogen auf die Verarbeitung von Texten, können beispielsweise unterschiedliche Verarbeitungstiefen beim Textverstehen unterschieden werden. So kann ein Text nur auf der Textoberflächenebene oder auch auf der tieferen Ebene der propositionalen Repräsentationen oder auch auf der Ebene der mentalen Modellkonstruktion verarbeitet werden. Analog kann die Verarbeitung von Bildern auf der oberflächlichen Ebene der Bildwahrnehmung, der tieferen Ebene der Konstruktion eines mentalen Modells aufgrund des Bildes oder auf der Ebene der konzeptuellen Analyse eines Bildes durch Ableseprozesse am mentalen Modell erfolgen. Dementsprechend kann eine Integration der Informationen sowohl auf niedrigen als auch auf höheren Ebenen erfolgen.

Bilder, die einen engen semantischen Bezug zum begleitenden Text aufweisen, können eine tiefe Verarbeitung der Informationen bewirken, indem sie vom Lernenden erfordern, Text und Bild aufeinander zu beziehen, um den dargestellten Inhalt zu verstehen. Durch die Präsentation der Informationen teilweise als Text und teilweise als Bild werden die Lernenden also implizit aufgefordert, sich zu fragen, wie beide Informationsquellen zusammenpassen (Lernstrategie des Fragenstellens; für einen Überblick vgl. Neber, 2006). Dabei fördern vom Lerner selbst gestellte Fragen die Konstruktion von Wissen, indem eine aktive, zielorientierte Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt erfolgt. Eine implizite Förderung des Fragenstellens als Lernstrategie trägt zur Elaboration von Wissen bei. Ob Bilder bei den Lernenden tatsächlich dazu führen, sich Fragen zur Passung beider Informationsquellen zu stellen, hängt vermutlich sowohl von den kognitiven als auch von den motivationalen Voraussetzungen der Lerner ab. So müssen Lernende sowohl die Fähigkeit mitbringen, sich intensiv mit dem Wissensinhalt zu befassen, als auch die Motivation, dies zu wollen.

Lernstrategien, die sich bereits im Besitz des Lernenden befinden bzw. bereits internalisiert wurden, können durch das Lernmaterial auf unterschiedliche Weise aktiviert werden. Werden Lernende explizit aufgefordert, bestimmte Lernaktivitäten zu vollziehen, so spricht man von expliziten oder segregierten bzw. abgesetzten Lernstrategieaktivatoren. Werden Lernende durch bestimmte Informationsangebote nur implizit bzw. unausgesprochen zu bestimmten Lernaktivitäten angeregt, so spricht man von impliziten oder integrierten Lernstrategieaktivatoren. Bilder können demzufolge die Rolle von eingebetteten Lernstrategieaktivatoren wahrnehmen, indem sie die Lernenden gewissermaßen dazu auffordern, die Informationen durch

Integration von Text und Bild tiefer zu verarbeiten und so intensivere Lernprozesse zu aktivieren (Reigeluth, 1983).

Neben der Unterscheidung zwischen integrierten bzw. eingebetteten und segregierten bzw. abgesetzten Lernstrategieaktivatoren kann man außerdem zwischen extern bereitgestellten und generativen (d.h. von Lernenden aktiv selbst generierten) Lernstrategieaktivatoren unterscheiden (vgl. Darwazeh, 1994). Während eingebettete Strategieaktivatoren sehr konkret sind und bewusst im Instruktionsdesign, z.B. in Form visueller Abbildungen, eingesetzt werden, um die kognitive Verarbeitung zu unterstützen, sind generative Strategieaktivatoren abstrakter und erfordern eine größere Eigenleistung, indem die Lernenden z.B. aufgefordert werden, selbständig ein Schaubild zum Text zu erstellen.

3 Affektive und motivationale Aspekte des Lernens mit digitalen Medienverbünden

Beim Lernen mit digitalen Medienverbünden ist nicht nur eine tiefe Verarbeitung der Informationen entscheidend, sondern auch, dass während des Lernprozesses die Motivation aufrechterhalten und reguliert wird. Beispielsweise können über ästhetische Stimulation durch ansprechend gestaltete Lernmaterialien eine positive Stimmung erzeugt, Interesse am Inhalt geweckt und eine positive Erwartung gegenüber dem Lernmaterial erzeugt werden. Diese Variablen wiederum können sich, vermittelt über Kognitionen, ebenfalls auf den Lernerfolg auswirken und sollen daher im Folgenden genauer dargestellt werden.

3.1 Ästhetische Erfahrung

In der experimentellen Ästhetik wird unter Anwendung der Methoden der experimentellen Psychologie versucht, die allgemeinen und individuellen Ursachen des Gefallens bzw. Missfallens zu erklären. Bisher wurde in diesem Forschungszweig überwiegend die Wahrnehmung von Kunstwerken analysiert. Nach Hekkert (2006) lässt sich die Wahrnehmungserfahrung bei Bildern in drei Ebenen unterteilen: eine ästhetische, eine verstehende (auf kognitiven Prozessen basierende) und eine emotionale Erfahrung. Neben einem ästhetischen Urteil, basierend auf den kognitiven Verarbeitungsprozessen, resultiert am Ende des Verarbeitungsprozesses schließlich eine ästhetische Erfahrung, welche aufgrund des affektiven Zustands des Individuums entsteht. Der affektive Zustand ist während des Wahrnehmungsprozesses jederzeit abrufbar und ermöglicht bereits einfache Präferenzentscheidungen wie Appetenz oder Vermeidung. Hekkert (2006) plädiert dafür, die ästhetische Erfahrung auf die sensorische Erfahrung zu begrenzen.

Obwohl eine ästhetische Erfahrung mehrschichtig sein und sowohl angenehme als auch unangenehme Sinneserfahrungen beinhalten kann, werden im Folgenden nur angenehme Sinneserfahrungen thematisiert. Diese Einschränkung wird vorgenommen, weil in der pädagogischen Lehr-Lernforschung nicht zuletzt aus ethischen Gründen überwiegend ästhetisch ansprechende Bilder verwendet werden. Diese Auffassung findet sich bereits bei Takahashi (1995, S. 672): „Visual delight [...] is evoked by the perceptual experience“. Daraus folgt die Annahme, dass visuelle Wahrnehmungsprozesse zu einer positiven affektiven Erfahrung führen können, die eine belohnende und sich selbst verstärkende Wirkung hat (Leder, Belke, Oeberst & Augustin, 2004). Ansprechend gestaltete Lernumgebungen können also eine ästhetische Erfahrung hervorrufen, die für die Lernenden einen affektiven Nutzen haben. Das kann beispielsweise dazu führen, dass sich Lernende einer bestimmten Lernumgebung lieber zuwenden und sie dementsprechend gerne öfter aufsuchen.

3.2 Emotionen

Für die Begriffe *Stimmung* und *Emotion* existieren viele zu einem beträchtlichen Teil überlappende Definitionen, weshalb die beiden Begriffe häufig mehr oder weniger synonym verwendet werden. Wir betrachten im Folgenden die beiden Termini ebenfalls als Synonyme. Lernprozesse können in unterschiedlichen emotionalen Zuständen stattfinden. Diese Emotionen während des Lernens sind von großer Bedeutung, da sie sowohl die Kognition als auch die Motivation in Lern- und Leistungssituationen beeinflussen können.

Auf Seiten der kognitiven Prozesse können Stimmungen die Verarbeitung, die Speicherung und den Abruf von Informationen beeinflussen. Stimmungen können direkt über die Kognition und indirekt (vermittelt über motivationale Variablen) Auswirkungen auf die Lernleistung haben. So kann eine positive Stimmung beispielsweise die Hoffnung auf Erfolg erhöhen bzw. die Furcht vor Misserfolg reduzieren und so das Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit und damit auch die eigene Leistungsbereitschaft steigern.

Durch die Gestaltung einer Lernumgebung können bestimmte Stimmungen hervorgerufen werden. Dabei können verschiedene Auslösebedingungen unterschieden werden (Abele, 1995). In Lernsituationen sind vor allem hedonisch relevante Ereignisse im weitesten Sinne und imaginative Tätigkeiten als Auslösebedingungen von Bedeutung. So können beispielsweise durch ästhetische Stimulation in Form ansprechender Musik, ansprechender Filme oder Bilder (hedonisch relevantes Ereignis) positive Stimmungen erzeugt werden.

Bereits minimale Veränderungen der Stimmungslage können erhebliche Auswirkungen auf den Informationsverarbeitungsprozess haben (für einen Überblick

vgl. Schwarz & Bless, 1991). Stimmungen können sowohl die Verarbeitung von Informationen im Arbeitsgedächtnis als auch die Speicherung von Informationen im Langzeitgedächtnis beeinflussen. Annahmen über die Art und Weise, wie Stimmungen die Informationsverarbeitung beeinflussen, werden beispielsweise von der Denkstilhypothese (vgl. Schwarz, 1990) und der Theorie zur Stimmung als Information (Schwarz & Bless, 1991) postuliert. Obwohl beide Theorien sich unterscheiden, führen sie zu ähnlichen Vorhersagen bezüglich der Informationsverarbeitung. Demzufolge bewirkt positive Stimmung einen intuitiv-holistischen Verarbeitungsstil. Durch diese Art der Informationsverarbeitung verbessert sich die Bearbeitung von Aufgabentypen, die kreatives Denken erfordern. Negative Stimmung hingegen begünstigt einen analytisch-sequentiellen Verarbeitungsmodus. Die Befundlage zu diesen Hypothesen ist jedoch kontrovers. Es existiert eine Vielzahl von Studien, die sowohl Leistungsverbesserungen als auch Leistungsverschlechterungen bei unterschiedlichen Aufgabentypen sowohl bei positivem als auch bei negativem Stimmungseinfluss fanden (für einen Überblick vgl. Bless, 1997).

Die kognitiven Effekte von Stimmungen können auch über neurobiologische Veränderungen erklärt werden. So postulieren Ashby, Isen und Turken (1999), dass positive Stimmung eine höhere Ausschüttung des Botenstoffs Dopamin bewirkt. Hintergrund dieser Theorie ist Forschung zur neuronalen Wirkung von Belohnungen. Durch ein leichtes Ansteigen von Dopamin im Frontalcortex (*mesocorticolimbic system*) wird das Arbeitsgedächtnis unterstützt. Dadurch erhöhen sich die kognitive Flexibilität und die Fähigkeit, komplexe Probleme zu lösen.

Neben den direkten Effekten von Stimmungen auf die Leistung können Stimmungen auch Auswirkungen auf die Lernmotivation und damit indirekt auf die Lernleistung haben. Stimmungen können eine direktive Funktion haben (Schwarz, 1990). Positive Emotionen bewirken ein Annäherungsmotiv und den Wunsch, die positive Befindlichkeit beizubehalten. Negative Emotionen hingegen erwecken ein Vermeidungsmotiv und erzeugen eine Veränderungsmotivation. Bezogen auf kognitive Leistungen bedeutet dies, dass unter positiver Stimmung eine höhere Motivation zur Aufgabenbearbeitung besteht. Negative emotionale Befindlichkeit hingegen geht mit einer geringeren Aufgabenmotivation einher, es sei denn, die Aufgabe bietet die Möglichkeit der Ablenkung bzw. Emotionsverbesserung. Abele (1992) konnte zeigen, dass positive Stimmung mit einem höheren Aufgabeninteresse, mit der Wahl von Aufgaben höherer Schwierigkeit und mit stärkerer aufgabenbezogener Motivation einhergeht als negative Stimmung.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass für positive Emotionen generell ein positiver Zusammenhang mit der Lernleistung erwartet wird (Pekrun & Jerusalem, 1996). Lernfreude kann dazu beitragen, Lernhandlungen vorzubereiten und aufrechtzuerhalten, indem motivationale und physiologische Energie bereitgestellt wird. Diese Funktionen scheinen besonders wichtig beim selbstregulierten Lernen, bei dem der Lernprozess selbstständig geplant und aufrechterhalten werden muss. Un-

klar ist jedoch, wie dieser Zusammenhang zustande kommt, d.h., welche Variable die Ursache und welche die Wirkung darstellt. So ist neben dem Effekt der Lernfreude auf die Lernleistung auch möglich, dass gute Lernleistungen wiederum die Freude am Lernen steigern.

3.3 Lernmotivation

Motivation wird als Wunsch oder Absicht definiert, eine bestimmte Handlung durchzuführen und erklärt die *Richtung*, *Intensität* und *Ausdauer* menschlichen Verhaltens (z.B. Schiefele, 1996). So wird ein sehr motivierter Lerner bereit sein, sich mit der Bearbeitung einer Aufgabe besonders intensiv und über einen längeren Zeitraum auseinandersetzen. Der Begriff Lernmotivation bezieht sich auf alle motivationalen Zustände, die in Zusammenhang mit Lernhandlungen entstehen. Je nachdem, ob der Lerner an einer Sache oder an ihren Folgen interessiert ist, unterscheidet man zwischen *intrinsischer* und *extrinsischer Motivation*. Intrinsische Motivation wird üblicherweise als der Wunsch oder die Absicht definiert, eine bestimmte Handlung auszuführen, weil die Handlung selbst als interessant, spannend und herausfordernd wahrgenommen wird. Mit extrinsischer Motivation wird der Wunsch oder die Absicht bezeichnet, eine Handlung durchzuführen, um damit positive Folgen herbeizuführen oder negative Folgen zu vermeiden.

Interesse bezeichnet die besondere Beziehung zwischen einer Person und einem (Lern-)Gegenstand. Da Interesse immer auf einen bestimmten Gegenstand bezogen ist und von diesem hervorgerufen wird, kann es zur intrinsischen Motivation gezählt werden. Je nachdem, ob Interesse eher aus der Umgebung oder eher aus der Person resultiert, kann man zwischen *situationalem* und *individuellem* Interesse unterscheiden (z.B. Krapp, 2002). Bei der Gestaltung von Lernumgebungen spielt daher vor allem das situationale Interesse eine Rolle, welches durch die Lernumgebung hervorgerufen wird. Beispielsweise kann situationales Interesse erzeugt werden, wenn ein Text mit ansprechenden Bildern illustriert ist und daher als interessant empfunden wird. Situationales Interesse wird also durch die Interessantheit der Lernumgebung hervorgerufen.

Generell kann angenommen werden, dass die Motivation eines Lernenden einen positiven Einfluss auf den Wissenserwerb hat. So berichten eine Vielzahl empirischer Untersuchungen positive Zusammenhänge zwischen motivationalen Variablen und den Lernergebnissen. Besonders intensiv untersucht wurde der Zusammenhang zwischen Motivation und Lernleistung im Bereich der Leseforschung und des Textlernens (vgl. Hidi, 2001; Schiefele, 1996). Dabei wurden im Durchschnitt Korrelationen um $r = .30$ gefunden, die unabhängig von kognitiven Fähigkeitsindikatoren, dem Ausmaß des Vorwissens und verschiedenen Textmerkmalen waren (Schiefele, 1996).

Schraw, Bruning und Sovoboda (1995) fanden beispielsweise einen Zusammenhang zwischen Interesse und Gedächtnisleistung: Je höher das Interesse an einem Text, desto mehr Informationen können später wiedergegeben werden. Interesse verändert nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität von Lernleistungen. Interesse aktiviert Textverarbeitungsstrategien, die zu tieferen Verarbeitungsprozessen beim Leser führen (Schiefele & Krapp, 1996; Schraw et al., 1995). Dabei scheinen Hochinteressierte stärker auf die Kernaussagen des Textes zu achten und sind eher in der Lage, gedankliche Relationen zwischen verschiedenen Inhalten des Textes herzustellen oder Querbezüge zu anderen Wissensbeständen zu erkennen.

Insgesamt zeigte sich, dass hohes Interesse zu einer stärker enkodierten propositionalen und situativen Textrepräsentation führt (Schaffner, Schiefele & Schneider, 2004). In konkreten Lernsituationen führt ein aktuelles Interesse offensichtlich zu einer Fokussierung und Intensivierung der kognitiven Funktionen und auf diese Weise zu einer Steigerung der Behaltens- und Verständnisleistung.

Es stellt sich also die Frage, wie Interesse die Leistung beeinflusst bzw. über welche Variablen eine Steigerung des Lernerfolgs vermittelt (mediiert) wird. Die genaue Wirkweise ist bislang unzureichend erforscht (Rheinberg, 1996). Als mögliche Mediatorvariablen werden unter anderem die Verarbeitungstiefe, die Aufmerksamkeit, die Anstrengung bei einer Lernaufgabe, die verfügbaren Ressourcen im Arbeitsgedächtnis, der emotionale Zustand einer Person und der Gebrauch bestimmter Lernstrategien diskutiert. So deuten die Ergebnisse einer Metanalyse darauf hin, dass intrinsische Lernmotivation den Einsatz von tiefergehenden Lernstrategien begünstigt (Schiefele & Schreyer, 1994). Insofern könnte eine Lernumgebung, die nicht aufgrund von Oberflächeneffekten kurzfristig attraktiv ist, sondern auch inhaltliche Interessen zu induzieren vermag, auch die von Lernenden eingesetzten kognitiven Lernstrategien beeinflussen und so auf indirektem Wege den Lernerfolg unterstützen.

3.4 Erwartungen

Erwartungen in Lehr- und Lernkontexten beeinflussen Lernende und Lehrende. Eine ansprechende Gestaltung von Lernmaterialien kann beispielsweise die Erwartung von Lernern erhöhen, dass das Material gut zum Lernen geeignet ist. Eine positive Erwartung wiederum kann die Motivation und die Anstrengungsbereitschaft beim Lernen und damit auch den Lernerfolg erhöhen. Im Folgenden wird der Einfluss der erwarteten Qualität und der erwarteten Schwierigkeit von Lernmedien auf den Lernerfolg diskutiert.

Erwartungseffekte sind in der Pädagogischen Psychologie vielfach diskutiert worden (für einen Überblick vgl. Ludwig, 2006). Bei Erwartungen handelt es sich um

Kognitionen über das Eintreffen bestimmter Folgen. Unter einem Erwartungseffekt versteht man den spezifischen Einfluss von Erwartungen auf das Eintreffen des erwarteten Ereignisses. Neben den häufig untersuchten Erwartungen von Lehrerinnen und Lehrern an ihre Schülerinnen und Schüler können auch auf Seiten der Schülerinnen und Schüler Erwartungen über die Qualität von Unterricht oder Lernmaterialien den Lernerfolg wesentlich mit beeinflussen.

Erwartungen, z.B. in Bezug auf bestimmte Medien, können entstehen, wenn von bestimmten medialen Merkmalen automatisch auf andere geschlossen wird. Experimentelle Studien konnten zeigen, dass die Beurteilung der Brauchbarkeit bzw. Güte von Produkten von ästhetischen Aspekten beeinflusst wird und dass ansprechende Dinge als besser beurteilt werden (z.B. Hassenzahl, 2004). Analog kann also auch angenommen werden, dass ansprechend gestaltetes Lernmaterial als besser bzw. brauchbarer bewertet wird.

Erwartungen gegenüber dem Lernmedium können wiederum Einfluss auf den Lernerfolg haben. Ausschlaggebend für den Lernerfolg kann beispielsweise die *erwartete Schwierigkeit des Mediums* (Salomon, 1984) oder die *Qualitätserwartung* (Fries, Horz & Haimerl, 2006) sein.

Salomon (1984) untersuchte, wie anspruchsvoll Schülerinnen und Schüler das Lernen mit unterschiedlichen Medien einstufen und wie sich diese erwartete Schwierigkeit auf den Lernerfolg auswirkt. Die Schülerinnen und Schüler bekamen entweder einen Lerntext oder einen Lehrfilm gezeigt. Dabei zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler das Lernen mit Texten für anspruchsvoller hielten, daher mehr Anstrengung in die Bearbeitung mit diesem Medium investierten und letztendlich auch mehr lernten. Die Erwartung eines anspruchsvollen Lernmaterials scheint in diesem Fall also zu mehr Anstrengung und einer tieferen Verarbeitung geführt zu haben. Je nach den kognitiven Voraussetzungen der Lerner, kann aber auch eine Reduktion der erwarteten Schwierigkeit positive Effekte auf die Lernleistung haben. Gerade Lerner mit geringen Vorkenntnissen oder geringeren kognitiven Fähigkeiten könnten sich durch „leichte“ Lernmaterialien eher ermutigt sehen.

Auch die erwartete Qualität eines Lernmaterials kann den Lernerfolg beeinflussen. Fries et al. (2006) konnten zeigen, wie hohe Qualitätserwartungen die Leistungen von Studierenden verbesserten. In dieser Studie wurde ein Lernprogramm verwendet, zu dem die Hälfte der Studierenden informiert wurde, dass es sich um ein besonders geeignetes Programm mit einem Zertifikat handelt. Die andere Hälfte der Studierenden erhielt die Information, dass es sich bei dem Lernprogramm um eine noch nicht ganz fertiggestellte Testversion handelt. Dabei zeigte sich, dass dasselbe Lernprogramm zu unterschiedlichen Ergebnissen führte, je nachdem, wie die Qualität des Programmes wahrgenommen wurde. Erwartungen gegenüber dem Lernmaterial können also ebenfalls indirekt Einfluss auf den Lernerfolg haben.

3.5 Motivationale Stützstrategien zur Verarbeitung von Texten und Bildern

Lernwirksame Prozesse, die durch kognitive Strategien (Primärstrategien) angeleitet werden, finden nur statt, wenn die Lernenden genügend Motivation aufbringen, um diese Prozesse zu vollziehen und sich mit den betreffenden Inhalten auseinanderzusetzen. Maßnahmen, die mit dem Ziel eingesetzt werden, eine entsprechende Motivation zu schaffen oder aufrecht zu erhalten, werden als motivationale Strategien bzw. Motivierungsstrategien bezeichnet. Da diese den Lernprozess in Ergänzung zu den kognitiven Primärstrategien durch motivationale Maßnahmen unterstützen, spricht man auch von motivationalen Sekundärstrategien oder Stützstrategien. Ähnlich wie bei den kognitiven Primärstrategien kann man auch hier Lehr- und Lernstrategien unterscheiden. Von Lehrstrategien spricht man dann, wenn die betreffenden Maßnahmen durch einen Lehrenden getroffen werden und z.B. durch die Gestaltung des Lehrmaterials vermittelt werden. Von Lernstrategien spricht man dann, wenn die Maßnahmen vom Lernenden selbst getroffen werden. Da es sich allerdings in beiden Fällen um die gleichen Maßnahmen handeln kann und da in beiden Fällen auf die Schaffung oder Aufrechterhaltung hinreichender Motivation als Voraussetzung für erfolgreiches Lernen abgezielt wird, ist auch hier der Übergang zwischen Lehr- zu Lernstrategien fließend bzw. können motivationale Lernstrategien als internalisierte motivationale Lehrstrategien konzeptualisiert werden.

Bilder können dazu beitragen, die für ein erfolgreiches Lernen erforderlichen motivationalen Zustände zu schaffen oder aufrecht zu erhalten. Sie dienen dann als Auslöser für die entsprechende motivationale Sekundär- bzw. Stützstrategie. Werden Bilder absichtsvoll zu diesem Zweck vom Lehrenden eingesetzt, so kann man von einer motivationalen Lehr-Stützstrategie sprechen. Werden sie vom Lernenden selbst für diesen Zweck verwendet, so kann man von einer motivationalen Lern-Stützstrategie sprechen. In beiden Fällen handelt es sich um eingebettete motivationale Strategieaktivatoren. Entsprechend der obigen Darstellung sind die dabei relevanten Kausalmechanismen verschiedener Art und können auch parallel wirksam werden.

Die durch dekorative Bilder initiierten ästhetischen Erfahrungen können zu einer Präferenz für das betreffende Lernmaterial führen, was sich in einer häufigeren Auswahl des Materials niederschlägt und über die daran anschließenden Verarbeitungsprozesse zu einem höheren Lernerfolg führt. Dekorative, d.h. ästhetisch ansprechende Bilder können den Lerner auch in eine positive Stimmung versetzen und so beispielsweise die Ausdauer bzw. das Ausmaß an der vom Lernenden investierten Anstrengung beeinflussen, was sich wiederum in unterschiedlichem Lernerfolg niederschlägt. Weiter können Bilder praktische Anwendungssituationen darstellen, die Verwendbarkeit des Lerninhalts hervorheben und somit an die ex-

trinsische Motivation des Lernenden anknüpfen. Sie können aber auch intrinsische Motivation schaffen, wenn sie nämlich an die inhaltlichen Interessen des Lernenden anknüpfen. Schließlich besteht noch die Möglichkeit, dass durch die Art und Aufmachung der verwendeten Bilder beim Lernenden Erwartungen hinsichtlich der Qualität und des Anspruchsniveaus des Lernmaterials induziert werden, die ihrerseits Art und Intensität des weiteren Verarbeitungsprozesses und damit schließlich auch den Lernerfolg beeinflussen.

4 Ein integrativer Rahmen für die Analyse von Bildwirkungen zur Aktivierung kognitiver und motivationaler Lernstrategien

Im Kontext des Wissenserwerbs mit Bildern werden vor allem zwei Bildfamilien unterschieden: *Realistische Bilder* und *logische Bilder* (Weidenmann, 2004). Realistische Bilder ähneln dem Sachverhalt, den das Bild darstellen soll (Peeck, 1994). Zu dieser Bildgruppe gehören beispielsweise schematische Zeichnungen und Fotografien. Bilder, die einen schwer verständlichen Sachverhalt erklären sollen, werden auch als *instruktionale* Bilder bezeichnet (Weidenmann, 1994). Insbesondere logische Bilder (sog. Diagramme), die im Allgemeinen abstrakte, nicht unmittelbar wahrnehmbare Sachverhalte darstellen, haben häufig eine Instruktionsfunktion. Bilder mit Instruktionsfunktion sollen beim Lerner eine tiefere kognitive Auseinandersetzung hervorrufen. Auf diese Weise können Bilder eine kognitive Funktion wahrnehmen, indem sie den Aufbau mentaler Modelle unterstützen und zum Verständnis des Textinhaltes beitragen.

Neben diesen kognitiven Funktionen können Bilder auch affektive und motivationale Funktionen übernehmen (vgl. Peeck, 1994, Schnotz, 2006). Diese Bildwirkungen werden auch als *Dekorations*- und *Motivationsfunktion* bezeichnet. Ansprechende Bilder können Bedürfnisse nach Schönheit befriedigen und eine angenehme Stimmung erzeugen (Takahashi, 1995). Sie können Präferenzen für das betreffende Lernmaterial erzeugen, zur tieferen Verarbeitung motivieren und die Zeit verlängern, in der sich ein Lerner mit einem bestimmten Inhalt beschäftigt. Bilder können die Aufmerksamkeit ansprechen, Interesse am Thema wecken und durch ihre Ästhetik das Auge erfreuen (Weidenmann, 2000). Obwohl die affektiven und motivationalen Effekte von Bildern in vielen Lehrbüchern erwähnt werden, gibt es kaum empirische Untersuchungen zur Validität solcher Annahmen.

Bilder unterscheiden sich voneinander hinsichtlich der Dimensionen Ästhetik und Informationsgehalt. In Abbildung 2 sind diese Dimensionen grafisch dargestellt. Die häufig getroffene Unterscheidung von instruktionalen und dekorativen Bildern beruht demnach auf unterschiedlichen Ausprägungen dieser beiden Dimensionen.

Bilder können also auf der ästhetischen Dimension mehr oder weniger ansprechend sein und bezüglich des Informationsgehalts über viel oder wenig lernzielrelevante Information verfügen. Während rein dekorative Bilder sehr ansprechend gestaltet sein können, ist ihr Informationsgehalt eher gering. Dekorativen Bildern werden vor allem motivationale Funktionen zugeschrieben. Rein instruktionale Bilder dagegen haben einen hohen lernzielrelevanten Informationsgehalt und sind auf der Dimension der Ästhetik neutral. Instruktionalen Bildern werden vor allem kognitive Funktionen zugeschrieben. Natürlich tauchen in Lernmaterialien auch häufig Mischformen beider Bildarten auf, also beispielsweise Bilder, die sowohl ansprechend als auch informativ sind und daher sowohl über instruktionale Bildwirkungen als auch über dekorative Bildwirkungen verfügen. Solche Bilder sind also sowohl zur Aktivierung einer tiefen Verarbeitung als auch zur Aktivierung emotionaler und motivationaler Prozesse geeignet. Während die Höhe des Informationsgehaltes folglich darüber entscheidet, ob durch ein Bild kognitive tiefenorientierte Lernstrategien aktiviert werden, kann die Ästhetik ein Indikator dafür sein, ob das Bild dazu geeignet ist, motivationale und emotionale Prozesse zu unterstützen.

Instruktionale Bildwirkungen wurden bereits häufig untersucht (für einen Überblick vgl. z.B. Carney & Levin, 2002). Dabei wurde von einer besseren Lernleistung mit dieser Bildart auf eine tiefere kognitive Verarbeitung geschlossen, die gewissermaßen den Lernerfolg mediiert. Eine Möglichkeit, die Verarbeitungstiefe direkter zu erfassen, bietet die Messung der Blickbewegungen beim Lernen mit Texten und Bildern. Dabei kann die Anzahl an Wechseln zwischen Text und Bild als Indikator für die Verarbeitungstiefe interpretiert werden (Hegarty & Just, 1993). Auf diese Weise konnte in einer Untersuchung von Lenzner (2009) gezeigt werden, dass mit instruktionalen Bildern häufiger zwischen Text und Bild gewechselt wird als mit rein dekorativen Bildern. Dieser Befund kann als Beleg dafür gelten, dass mit instruktionalen Bildern tatsächlich eine tiefere Elaboration der Informationen einhergeht. Allerdings ist es möglich, dass eine Unterstützung der Lerner durch instruktionale Bildwirkungen auch von individuellen Lernvoraussetzungen abhängt. So konnte in der Forschung mehrfach gezeigt werden, dass diese Bilder vor allem solchen Lernern zugute kommen, die aufgrund von Vorwissen oder kognitiven Fähigkeiten nicht selbstständig in der Lage sind, diese Bilder zu produzieren. Lernende, die keiner äußeren Aktivierung einer tieferen Verarbeitung bedürfen bzw. diese bereits selbständig durchführen, werden möglicherweise sogar durch solche Zusätze in Lernmaterialien in ihrem Lernfortschritt behindert (vgl. Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003). Diese Lerner profitieren mehr von einer generativen Lernstrategie, indem sie dazu aufgefordert werden, selbständig eine entsprechende Zeichnung zu erstellen.

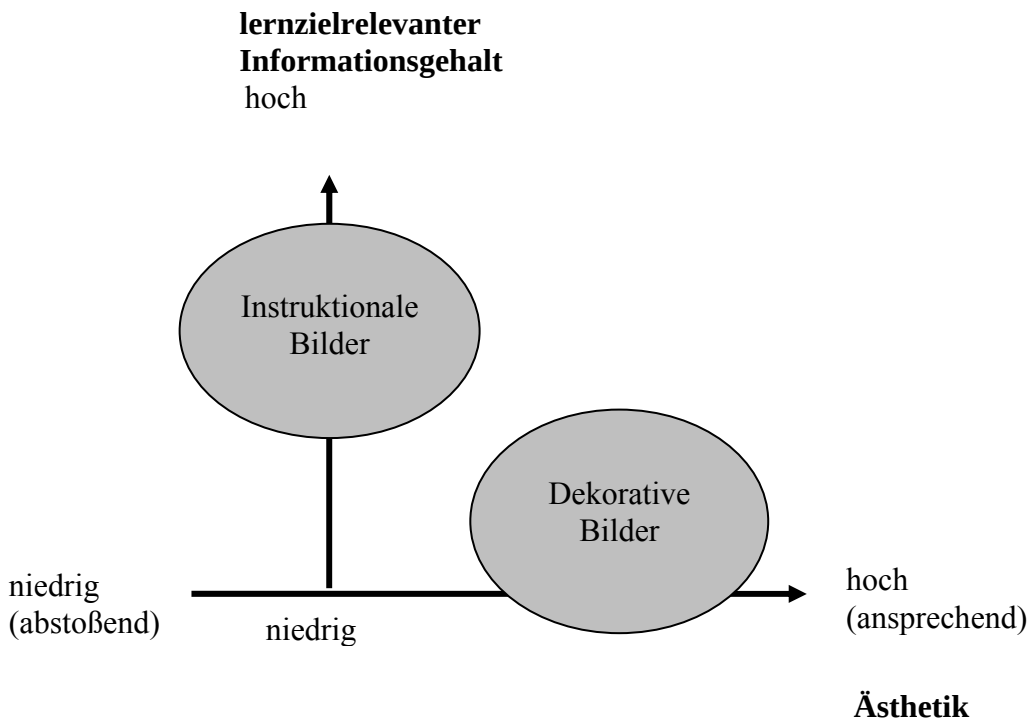


Abb. 2: Typologie zur Einordnung von Bildwirkungen

5 Schlussbemerkung

Wie bereits erwähnt wurden dekorative Bildwirkungen bislang kaum beachtet. Rein dekorative Fotografien wurden bisher in Lernmaterialien sogar negativ bewertet, weil sie vom eigentlichen Inhalt ablenken und so zu einer oberflächlicheren Informationsverarbeitung und folglich zu schlechteren Lernergebnissen führen (Harp & Mayer, 1997, 1998) können. Allerdings zeigen einzelne Studien auch, dass dekorative Bilder unter natürlichen Lernbedingungen und bestimmten individuellen Lernvoraussetzungen positive Effekte haben können (Lenzner, 2009; Sanchez & Wiley, 2006). So weisen Befunde von Lenzner (2009) darauf hin, dass dekorative Bildwirkungen bei Lernenden mit wenig Vorwissen zu einer Reduzierung der erwarteten Schwierigkeit und einem besseren Lernerfolg führen können. Allerdings steht die Forschung in diesem Bereich erst am Anfang, so dass eine weitere Absicherung der Befunde dringend notwendig erscheint.

Es lässt sich abschließend festhalten, dass Bilder zur Aktivierung kognitiver und motivationaler Prozesse sowohl Chancen als auch Risiken bergen. Vor einem Einsatz von Bildern als eingebettete Lernstrategieaktivatoren gilt es daher sowohl die situativen Lernbedingungen als auch die individuellen Voraussetzungen der Lernenden zu berücksichtigen.

Literatur

Abele, A. (1992). Positive and negative mood influences on creativity: Evidence for asymmetrical effects. *Polish Psychological Bulletin, 23*, 203-221.

Abele, A. (1995). *Stimmung und Leistung.* Göttingen: Hogrefe.

Ashby, F. G., Isen, A. M. & Turken, A. U. (1999). A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychological Review, 106*, 529-550.

Bless, H. (1997). *Stimmungen und Denken: Ein Modell zum Einfluss von Stimmungen auf Denkprozesse.* Bern: Hans Huber.

Carney, R. N. & Levin, J. R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review, 14* (1), 5-26.

Craik, F. I. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing. A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11*, 671-684.

Darwazeh, A. N. (1994, February). *Under what conditions are embedded versus generative cognitive strategy activators effective? Two prescriptive models for designing instruction.* Paper presented at the national convention of the Association for Educational Communication and Technology, Nashville, TN.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (2006). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 1-23). Göttingen: Hogrefe.

Fries, S., Horz, H. & Haimerl, C. (2006). Pygmalion in media-based learning: Effects of quality expectancies on learning outcomes. *Learning and Instruction, 16* (4), 339-349.

Harp, S. F. & Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology, 89* (1), 92-102.

Harp, S. F. & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology, 90* (3), 414-434.

Hassenzahl, M. (2004). The interplay of beauty, goodness, and usabilty in interactive products. *Human-Computer Interaction, 19*, 319-349.

Hegarty, M. & Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory and Language, 32*, 717-742.

Hekkert, P. (2006). Design aesthetics: Principles of pleasure in design. *Psychology Science, 48* (2), 157-172.

Hidi, S. (2001). Interest, reading, and learning: Theoretical and practical considerations. *Educational Psychology Review, 13* (3), 191-209.

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist, 38* (1), 23-31.

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development. Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, *12,* 383-409.

Leder, H., Belke, B., Oeberst, A. & Augustin, D. (2004). A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British Journal of Psychology, 95*, 489-508.

Lenzner, A. (2009). *Visuelle Wissenskommunikation: Effekte von Bildern beim Lernen – Affektive, motivationale und kognitive Effekte*. Kovac: Hamburg.

Ludwig, P. H. (2006). Erwartungseffekt. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 132-138). Weinheim: Beltz.

Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning.* New York: Cambridge University Press.

Neber, H. (2006). Fragenstellen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 50-58). Göttingen: Hogrefe.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach.* Oxford, England: Oxford University Press.

Peeck, J. (1994). Wissenserwerb mit darstellenden Bildern. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen* (S. 59-94). Bern: Hans Huber.

Pekrun, R. & Jerusalem, M. (1996). Leistungsbezogenes Denken und Fühlen: Eine Übersicht zur psychologischen Forschung. In J. Möller & O. Köller (Hrsg.), *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung* (S. 3-22). Weinheim: Beltz.

Reigeluth, C. M. (1983). Meaningfulness and instruction: Relating what is being learned to what a student knows. *Instructional Science, 12(3)*, 197-218.

Rheinberg, F. (1996). Von der Lernmotivation zur Lernleistung: Was liegt dazwischen? In J. Möller & O. Köller (Hrsg.), *Emotion, Kognition und Schulleistung* (S. 23-50). Weinheim: Beltz.

Salomon, G. (1984). Television is “easy” and print is “tough”: The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology, 76* (4), 647-658.

Sanchez, C. A. & Wiley, J. (2006). An examination of the seductive details effect in terms of working memory capacity. *Memory & Cognition, 34* (2), 344-355.

Schaffner, E., Schiefele, U. & Schneider, W. (2004). Ein erweitertes Verständnis der Lesekompetenz: Die Ergebnisse des nationalen Ergänzungstests. In U. Schiefele, C. Artelt, W. Schneider & P. Stanat (Hrsg.), *Struktur, Entwicklung und Förderung von Lesekompetenz: Vertiefende Analysen im Rahmen von Pisa 2000* (S. 197-242). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Schiefele, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten.* Göttingen: Hogrefe.

Schiefele, U. & Krapp, A. (1996). Topic interest and free recall of expository text. *Learning and Individual Differences, 8*, 141-160.

Schiefele, U. & Schreyer, I. (1994). Intrinsische Lernmotivation und Lernen. Ein Überblick zu Ergebnissen der Forschung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 8(1)*, 1-13.

Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review, 14* (1), 101-120.

Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 49-69). New York: Cambridge University Press.

Schnotz, W. (2006). *Pädagogische Psychologie Workbook.* Weinheim: Beltz.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representations. *Learning and Instruction, 13*, 141-156.

Schnotz, W. & Dutke, S. (2004). Kognitionspsychologische Grundlagen der Lesekompetenz: Mehrebenenverarbeitung anhand multipler Informationsquellen. In U. Schiedele, C. Artelt, W. Schneider & P. Stanat (Hrsg.), *Struktur, Entwicklung und Förderung der Lesekompetenz. Vertiefende Analysen im Rahmen von Pisa 2000* (S. 61-99). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Schraw, G., Bruning, R. & Sovoboda, C. (1995). Sources of situational interest. *Journal of Reading Behavoir, 1-17*, 1-17.

Schwarz, N. (1990). Feelings as information. Informational and motivational functions of affective states. In E. T. Higgins & R. Sorrentino (Eds.), *Handbook of motivation and cognition. Foundations of social behavior* (Vol. 2, pp. 527-561). New York: The Guilford Press.

Schwarz, N. & Bless, H. (1991). Happy and mindless, but sad and smart? The impact of affective states on analytic reasoning. In J. Forgas (Ed.), *Emotion and social judgments* (pp. 55-71). Oxford: Pregamon.

Steiner, G. (2001). Lernen und Wissenserwerb. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch* (S. 137-205). Weinheim: Beltz.

Takahashi, S. (1995). Aesthetic properties of pictorial perception. *Psychological Review, 102* (4), 671-683.

van Dijk, T. A. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.

Weidenmann, B. (1994). *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen.* Bern: Hans Huber.

Weidenmann, B. (2000). Medien und Lernmotivation: Machen Medien hungrig oder satt? In U. Schiefele & K.-P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation: Untersuchungen zur Entwicklung, Förderung und Wirkung* (S. 117-144). Münster: Waxmann.

Weidenmann, B. (2002). Abbilder in Multimediaanwendungen. In L. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet* (S. 83-96). Weinheim: Beltz.

Weidenmann, B. (2004). Bilder zur Wissenskommunikation. In H. Mandl & G. Reinmann (Hrsg.), *Psychologie des Wissensmanagements* (S. 300-309). Göttingen: Hogrefe.

Wertheimer, M. (1938). *Laws of organization in perceptual forms in a source book for Gestalt Psychology*. London: Routledge & Kegan Paul.

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Maria Bannert
Studium der Psychologie an der Universität Heidelberg; 1991 Diplom; 1991–1998 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für empirisch-pädagogische Forschung der Universität Koblenz-Landau; Promotion in Psychologie im Jahre 1996; 1998–2003 Wissenschaftliche Assistentin an der Universität Koblenz-Landau, Abteilung Allgemeine und Pädagogische Psychologie; 2004 Habilitation in Psychologie; 2003–2004 Vertretung einer Professur für Pädagogische Psychologie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg; seit 2004 Professorin für Pädagogik des E-Learning und der Neuen Medien an der Technischen Universität Chemnitz.

Bernd Borgenheimer
Ausbildung zum Industriemechaniker; Studium des Lehramts an Grund- und Hauptschulen an der Pädagogischen Hochschule Weingarten; von 2000–2006 Lehrer an Grund- und Hauptschulen mit Werkrealschulen; von 2006–2009 Kollegiat im Forschungs- und Nachwuchskolleg „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden“ an der Pädagogischen Hochschule Freiburg; seit 2009 abgeordneter Lehrer an die Pädagogische Hochschule Freiburg, Abteilung Technik.

Dipl. Psych. Isabel Braun
Studium der Psychologie an der Universität Freiburg, Diplom im Oktober 2008; einjähriges Gaststudium an der University of Texas at Austin (U.S.A.), gefördert durch ein Stipendium des DAAD; während des Studiums Wissenschaftliche Hilfskraft in den Abteilungen Pädagogische Psychologie und Allgemeine Psychologie am Institut für Psychologie der Universität Freiburg; seit April 2009 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Freiburg.

Dr. Helmut Felix Friedrich
Studium der Psychologie an der Universität Tübingen; Promotion in Psychologie an der Universität Tübingen im Jahre 1994. Bis zum Jahre 2000 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Institut für Fernstudienforschung (DIFF) in Tübingen, von 2000–2009 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wissensmedien (IWM) in Tübingen.

Dipl. Psych. Jill Gößling
Studium der Psychologie an der Universiteit van Amsterdam; Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Forschergruppe „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen.

Reinhold Haug
Lehramtsstudium an der Pädagogischen Hochschule Freiburg; Referendariat am Staatlichen Seminar für schulpraktische Ausbildung in Lörrach; Lehrer an der Haupt- und Realschule in Friesenheim; Promotionsaufbaustudium an der Pädagogischen Hochschule Freiburg; seit 2008 Akademischer Rat am Institut für Mathematik und Informatik und ihre Didaktiken der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Dipl. Päd. Uwe Kombartzky
Studium für das Lehramt an Realschulen an der Pädagogischen Hochschule Weingarten; Diplomstudium mit dem Schwerpunkt Schulpädagogik an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe; seit 1998 Realschullehrer an der Robert-Schuman-Realschule in Achern; im Jahre 2006 als Doktorand abgeordnet in das vom Land Baden-Württemberg geförderte Forschungs- und Nachwuchskolleg „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden“ an der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Dr. Alwine Lenzner
Studium der Psychologie an der Universität Freiburg und Mannheim; Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Allgemeine und Pädagogische Psychologie der Universität Landau; Promotion in Psychologie an der Universität Koblenz-Landau im Jahre 2009; seit 2008 Wissenschaftliche Assistentin am Lehrstuhl für Pädagogische Psychologie der Universität Mannheim.

Prof. Dr. Timo Leuders
Diplom- und Lehramtsstudium Physik und Mathematik an der Universität Dortmund; Promotion in der theoretischen Physik; nach dem Referendariat Gymnasiallehrer in Bottrop-Kirchhellen; Referent am Ministerium für Schule NRW und am Landesinstitut für Schule Soest im Bereich Standardentwicklung- und -überprüfung sowie Lehrerfortbildung; seit 2004 Professor für Mathematik und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Prof. Dr. Detlev Leutner
Studium der Psychologie sowie Promotion (1985) und Habilitation (1991) an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen; 1991–1993 Professur für Psychologische Methodik; 1993–2002 Lehrstuhl für Instruktionspsychologie an der Pädagogischen Hochschule bzw. Universität Erfurt; seit 2002 Lehrstuhl für Lehr-Lernpsychologie an der Universität Essen bzw. Duisburg-Essen.

Berthold Metz
Studium der Germanistik und Geschichte an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; 2. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien im Jahre 2001; Lehrtätigkeit an Gymnasien und Berufsschulen in Gengenbach, Freiburg und Titisee-Neustadt; 2001–2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Pädagogischen Hochschule Freiburg im Projekt „Virtualisierung im Bildungsbereich“; seit 2001 Beratungs- und Fortbildungstätigkeiten für das Multimediale Schulfernsehen des Südwestrundfunks; im Jahre 2006 als Doktorand abgeordnet in das vom Land Baden-Württemberg geförderte Forschungs- und Nachwuchskolleg „Lernen für die Wissensgesellschaft – Methoden erfolgreichen Lernens mit digitalen Medienverbünden“ an der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Prof. Dr. Rolf Plötzner
Studium der Psychologie an der Universität Freiburg; Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Learning Research and Development Center (LRDC) der University of Pittsburgh (U.S.A.) sowie am Institut für Psychologie der Universität Freiburg; Promotion in Psychologie an der Universität Freiburg im Jahre 1993; Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Psychologie der Universität Freiburg; Habilitation in Psychologie an der Universität Freiburg im Jahre 1998; 2001–2002 Vertretung einer Professur für Lehr- und Lernforschung am Institut für Wissensmedien in Tübingen; seit 2002 Professur für Mediendidaktik an der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Prof. Dr. Peter Reimann
Studium der Psychologie an der Universität Freiburg, Diplom 1984. 1984–1986 Visiting Scholar am Learning Research and Development Center (LRDC) der University of Pittsburgh (U.S.A). Dissertation an der Universität Freiburg im Jahr 1989; Verleihung des Heinz-Maier-Leibnitz Preis, 1990. 1990–1995 Wissenschaftlicher Assistent am Psychologischen Institut der Universität Freiburg; Habilitation 1995. Heisenbergstipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1995–1996. Professur für Pädagogische Psychologie an der Universität Heidelberg 1996–2002. Seit 2002 Professor for Education an der Faculty of Education and Social Work, University of Sydney (Australien); Ko-Direktor des Centre for Research on Computer-Supported Learning and Cognition (CoCo).

Dr. Nikol Rummel
Studium der Psychologie an der Universität Freiburg; Diplom 2002; Master of Science in Pädagogischer Psychologie an der University of Wisconsin – Madison (U.S.A.) 2000 sowie Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Psychologie der Universität Freiburg; Promotion in Psychologie an der Universität Freiburg im Jahr 2004; Wissenschaftliche Assistentin am Institut für Psychologie der Universität Freiburg seit 2004; im Wintersemester 2005/2006 Visiting Professor am Human Computer Interaction Institute an der Carnegie Mellon University, Pittsburgh (U.S.A.); seit 2008 dort Adjunct Assistant Professor.

Dipl. Päd. Sabine Schlag
Studium des Instructional Design und der Bildungsplanung (Bachelor of Arts) an der Universität Freiburg sowie der Diplom-Pädagogik an der Pädagogischen Hochschule Freiburg; bis 2008 Stipendiatin im von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Virtuellen Graduiertenkolleg „Wissenserwerb und Wissensaustausch mit neuen Medien“; seit 2008 Akademische Mitarbeiterin im Institut für Medien in der Bildung, Abteilung Mediendidaktik, der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Prof. Dr. Wolfgang Schnotz
Studium der Psychologie und Erziehungswissenschaften an der Universität zu Wien, der Universität Mannheim und der Freien Universität Berlin. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin (Promotion 1978) und Stellvertretender Arbeitsbereichsleiter am Institut für Fernstudienforschung in Tübingen (Habilitation 1991). 1993–1995 Professor für Pädagogische Psychologie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Rufe an die Humboldt-Universität Berlin und die Justus-Liebig-Universität Gießen. Seit 1995 Professor für Allgemeine und

Pädagogische Psychologie an der Universität Koblenz-Landau. Seit 1999 Leiter der Arbeitsstelle Multimedia und seit 2006 Leiter der Graduiertenschule Unterrichtsprozesse der Universität Koblenz-Landau.

Prof. Dr. Tina Seufert
Studium der Psychologie an der Universität Landau; Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung für Allgemeine und Pädagogische Psychologie der Universität Landau; Promotion in Psychologie an der Universität Landau im Jahre 2003; Wissenschaftliche Assistentin an den Universitäten Göttingen, Institut für Psychologie, und der Universität des Saarlandes, Fachrichtung Erziehungswissenschaft; Habilitation in Psychologie an der Universität des Saarlandes im Jahre 2008; seit 2008 Professur für Medienpädagogik und Mediendidaktik sowie Leitung des Instituts für Pädagogik an der Universität Ulm.

Prof. Dr. Elmar Stahl
Studium der Psychologie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster; Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Psychologischen Institut III der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster; Promotion in Psychologie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster im Jahre 2001; Wissenschaftlicher Assistent am Psychologischen Institut III der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster; Habilitation in Psychologie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster im Jahre 2006; seit 2006 Professur für Mediendidaktik an der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Dr. Hubertina Thillmann
Studium der Psychologie an der Ruhr-Universität Bochum; Promotionsstipendiatin im Graduiertenkolleg „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen; Promotion in Psychologie an der Universität Duisburg-Essen im Jahre 2007; Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Lehr-Lernpsychologie der Universität Duisburg-Essen; seit 2008 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Lehr-Lernforschung der Ruhr-Universität Bochum.

Prof. Dr. Gerhard Weber
Studium der Physik an der Technischen Universität Hannover (Abschluss Diplom), Studium der Psychologie an der Technischen Universität Braunschweig (Abschluss Diplom); Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Psychologie der Technischen Universität Braunschweig. Promotion in Psychologie an der Technischen Universität Braunschweig im Jahre 1983. Hochschulassistent am Institut für Psy-

chologie der Technischen Universität Braunschweig; Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Psychologie der Universität Trier. Habilitation in Psychologie an der Universität Trier im Jahre 1993. Hochschuldozent am Institut für Psychologie der Universität Trier. Seit 1997 Professur für Psychologie an der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Prof. Dr. Adalbert Wichert
Studium der Germanistik, Geschichte und Politikwissenschaft an der Ludwig-Maximilians-Universität München; Magister Artium und Promotion in Neuerer deutscher Literaturgeschichte; Erstes und Zweites Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien; Gymnasiallehrer am Wernher-von-Braun-Gymnasium in Friedberg; Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Deutsche Philologie und Habilitation in Neuerer Deutscher Literaturwissenschaft an der Universität München; Gymnasiallehrer am Gymnasium bei St. Anna in Augsburg; Mitarbeiter der Zentralstelle für Computer im Unterricht in Augsburg; Privatdozent am Institut für Deutsche Philologie der Universität München; Mentor für schulpraktische Ausbildung an der Universität Augsburg; seit 1994 Professor für deutsche Sprache und Literatur und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Freiburg.

Prof. Dr. Joachim Wirth
Studium der Psychologie an der Technischen Universität Berlin; Promotionsstipendiat am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung Berlin; Promotion in Psychologie an der Humboldt-Universität zu Berlin im Jahre 2003; Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Lehr-Lernpsychologie der Universität Duisburg-Essen; seit 2008 Professor für Lehr-Lernforschung an der Ruhr-Universität Bochum.

Waxmann

MEDIEN IN DER WISSENSCHAFT

Herausgegeben von der Gesellschaft für
Medien in der Wissenschaft (GMW)

■ BAND 40

Ullrich Dittler, Michael Kindt,
Christine Schwarz (Hrsg.)

Online-Communities als soziale Systeme

Wikis, Weblogs und Social Software im E-Learning

2007, 224 Seiten, br., 24,90 €,
ISBN 978-3-8309-1775-5

E-Learning in Schule, Hochschule und Betrieben ist leider vielfach hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Darüber hinaus setzt zurzeit mit den Online-Communities ein zwar langsamer, doch weit reichender Strukturwandel ein. Wie funktionieren Gemeinschaften also, wenn es sie nur online gibt? Der Band liefert viele Beispiele für die Anwendung von Wikis, Weblogs und Social Software: in virtuellen Autorenkollektiven, Unternehmen und studentischen Initiativen.

■ BAND 41

Nadine Ojstersek

Betreuungskonzepte beim Blended Learning

Gestaltung und Organisation tutorieller Betreuung

2007, 252 Seiten, br., 24,90 €,
ISBN 978-3-8309-1814-1

Anhand von theoretischen Positionen, Praxisbeispielen und empirischen Ergebnissen zeigt die Autorin auf, inwiefern die tutorielle Betreuung einen wesentlichen Erfolgsfaktor für das mediengestützte Lernen darstellt und welche Typen von Lernenden sich hinsichtlich ihrer Erwartungen an die Betreuung unterscheiden lassen.
In diesem Buch werden verschiedene Maßnahmen vorgestellt, wie die Erwartungen und ihre Veränderungen im Rahmen eines Betreuungskonzeptes berücksichtigt werden können, um die Lernenden bei der erfolgreichen Absolvierung eines Blended-Learning-Angebotes optimal zu unterstützen.

■ BAND 42

Thorsten Dresing

Entwicklung und Evaluation eines hybriden Onlineseminars zur Textanalyse

2007, 224 Seiten, br., 24,90 €,
ISBN 978-3-8309-1834-9

Im Buch werden gezielt aktuelle didaktische Ansätze und die Erfahrungen bisheriger Onlineseminare analysiert und Lösungsansätze für die Schwierigkeiten netzbasierter, kooperativer Onlineseminare extrahiert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse enthalten wichtige Handlungsansätze und praktische Anweisungen für die erfolgreiche Gestaltung und nachhaltige Integration kooperativer Onlinelehre in geisteswissenschaftliche Studiengänge.

MÜNSTER · NEW YORK · MÜNCHEN · BERLIN

Waxmann

■ BAND 43

Jakob Krameritsch

Geschichte(n) im Netzwerk

Hypertext und dessen Potenziale für die Produktion, Repräsentation und Rezeption der historischen Erzählung

2007, 328 Seiten, br., 29,90 €,
ISBN 978-3-8309-1835-6

Hypertext, eine Schlüsseltechnologie des WWW, geht mit der Versprechung einher, Dokumente und Menschen zu vernetzen. Entpuppt sich dies nun als Mythos oder stellen hypertextuelle Spezifika vielmehr zentrale Paradigmen künftiger wissenschaftlicher Tätigkeiten dar? Die kritische und liebevolle Annäherung an Möglichkeiten und Grenzen der „Spielwiese Hypertext" für die (Geschichts-)Wissenschaften und deren Rezipient/inn/en bietet zahlreiche Anregungen für den Einsatz von Hypertext im (hoch-)schulischen Unterricht.

■ BAND 44

Marianne Merkt, Rolf Schulmeister, Kerstin Mayrberger, Angela Sommer, Ivo van den Berk (Hrsg.)

Studieren neu erfinden – Hochschule neu denken

2007, 432 Seiten, br., 25,50 €,
ISBN 978-3-8309-1877-6

„Studieren neu erfinden – Hochschule neu denken" lautete das Motto der GMW-Tagung und Campus Innovation 2007 vom 12. bis 14. September 2007 an der Universität Hamburg.
Die Beiträge stellen innovative Konzepte für mediengestütztes Lehren und Lernen vor, indem sie E-Learning aus mehreren Perspektiven beleuchten: Sie entwerfen neue Lernszenarien, die auf Ideen für partizipatives Lernen beruhen, sie diskutieren deren Einbettung in die Prozesse und Prinzipien der Hochschul- und Personalentwicklung, sie erörtern die Konsequenzen für die Kompetenzenentwicklung der Lehrenden und stellen Open Educational Resources (OER) als zukünftige Strategie für Hochschulen vor.

■ BAND 45

Friederike Klippel, Gerhard Koller, Axel Polleti (Hrsg.)

Fremdsprachenlernen online

Erfahrungen und Erkenntnisse im Projektverbund SprachChancen

2007, 280 Seiten, br., 29,90 €,
ISBN 978-3-8309-1883-7

Wie können die vielfältigen Möglichkeiten der Kommunikationstechnologie sinnvoll für den Fremdsprachenerwerb eingesetzt werden? Die Erfahrungen und Erkenntnisse, die der Projektverbund SprachChancen in sechsjähriger intensiver Hochschulkooperation bei der Entwicklung von mediengestützten Fremdsprachen- und Fachfremdsprachenkursen gesammelt hat, liegen mit diesem Band vor. Es geht um Fragen der Mediendidaktik aus verschiedenen Perspektiven, um technische Aspekte des E-Learning sowie um Faktoren bei der Implementierung und Qualitätssicherung von Sprachprogrammen.

MÜNSTER · NEW YORK · MÜNCHEN · BERLIN

Waxmann

■ BAND 46

Jörg Stratmann,
Michael Kerres (Hrsg.)

E-Strategy

Strategisches Informationsmanagement für Forschung und Lehre

2008, 272 Seiten, br., 29,90 €,
ISBN 978-3-8309-1991-9

Die nachhaltige Verankerung von digitalen Medien und Services für Forschung und Lehre ist weiterhin eine große Herausforderung. In dem Sammelband beschreiben ausgewählte Autoren die strategischen Bemühungen ihrer Universitäten. Dabei kommen sowohl traditionelle (Präsenz-) Hochschulen wie auch Fern-Universitäten zu Wort.

■ BAND 47

Birgit Gaiser, Thorsten Hampel,
Stefanie Panke (Hrsg.)

Good Tags – Bad Tags

Social Tagging in der Wissensorganisation

2007, 432 Seiten, br., 29,90 €,
ISBN 978-3-8309-1877-6

„Teile und sammle“ könnte der moderne Leitspruch für das Phänomen „Social Tagging“ heißen. Die freie und kollaborative Verschlagwortung digitaler Ressourcen im Internet gehört zu den Anwendungen aus dem Kontext von Web 2.0, die sich zunehmender Beliebtheit erfreuen.
Launischer Hype oder Quantensprung – was ist dran am „Social Tagging“? Mit der Zielsetzung, mehr über die Erwartungen, Anwendungsbereiche und Nutzungsweisen zu erfahren, wurde im Frühjahr 2008 am Institut für Wissensmedien (IWM) in Tübingen ein Workshop der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft (GMW) durchgeführt. Diese Publikation fasst die Ergebnisse der interdisziplinären Veranstaltung zusammen.

■ BAND 48

Sabine Zauchner, Peter Baumgartner,
Edith Blaschitz, Andreas Weissenbäck
(Hrsg.)

Offener Bildungsraum Hochschule

Freiheiten und Notwendigkeiten

2008, 356 Seiten, br., 25,50 €,
ISBN 978-3-8309-2058-8

Die Beiträge der GMW 08 setzen sich mit der Open-Education-Bewegung, Web-2.0-Entwicklungen und Social Software bzw. mit bestehenden und bewährten E-Learning-Konzepten auseinander. Sie thematisieren Möglichkeiten und Konzepte der Integration informeller Lernwege in formale Universitätsstrukturen und stellen die Frage nach neuen Kompetenzen Lehrender und der Medienkompetenz Studierender. Es werden Chancen beleuchtet, die sich aus der freien Verfügbarkeit von Wissensressourcen ergeben. Auch rückt die Bedeutung von Web 2.0 für wissenschaftlich untermauerte didaktische Konzepte in das Zentrum der Betrachtung.

MÜNSTER · NEW YORK · MÜNCHEN · BERLIN

Waxmann

■ BAND 49

Anne Thillosen

Schreiben im Netz

Neue literale Praktiken im Kontext Hochschule

2008, 352 Seiten, br., 29,90 €,
ISBN 978-3-8309-2061-8

Diese Untersuchung zeigt exemplarisch für das Umfeld Hochschule, wie neue Textsorten und Kommunikationsformen die Praxis verändern. Sie eröffnen einerseits bisher unbekannte Möglichkeiten des öffentlichen und kollaborativen wissenschaftlichen Schreibens. Andererseits widersprechen die Veröffentlichung „unfertiger" Gedanken oder das schnelle formale und inhaltliche Verändern von Texten bisheriger Hochschulliteralität. Das bedeutet: Die digitalen Medien beeinflussen das Verständnis von Forschung und Lehre – zugleich ermöglichen sie aber auch, diesen Veränderungsprozess aktiv schreibend mitzugestalten.

■ BAND 50

Ullrich Dittler, Jakob Krameritsch, Nicolae Nistor, Christine Schwarz, Anne Thillosen (Hrsg.)

E-Learning: Eine Zwischenbilanz

Kritischer Rückblick als Basis eines Aufbruchs

2009, 344 Seiten, br., 35,90 €,
ISBN 978-3-8309-2172-1

In diesem Buch wird kritisch hinterfragt, was an nachhaltigen Projekten, konkreten Materialien, Werkzeugen und Konzepten für praktizierende Lehrende eigentlich vorgewiesen werden kann. Während die engere E-Learning-Community sich über neue Tools freut sowie eifrig neue Nutzungsszenarien entwirft und erprobt, scheinen einige Anwender eher überfordert von ständig neuen Entwicklungen und damit auch Anforderungen an ihr persönliches Zeit- und Geldbudget. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Notwendigkeit dieser Zwischenbilanz, um Fehlschläge und Fehlentwicklungen als solche zu benennen und zukünftig aus Fehlern zu lernen.

■ BAND 51

Nicolas Apostolopoulos, Harriet Hoffmann, Veronika Mansmann, Andreas Schwill (Hrsg.)

E-Learning 2009

Lernen im digitalen Zeitalter

2009, 432 Seiten, br., ca. 25,50 €
ISBN 978-3-8309-2199-8

Die Beiträge dieses Bandes widmen sich drei Themenschwerpunkten: „Neue Lehr-/Lernkulturen – nachhaltige Veränderungen durch E-Learning", „Neue (technologische) Entwicklungen im E-Learning" und „Institutionalisierung von E-Learning" und setzen sich sowohl mit der Integration von E-Learning in die Hochschulstrukturen als auch mit aktuellen (technologischen) Entwicklungen, Trends und Perspektiven für den Einsatz von E-Learning an den Hochschulen auseinander.
Dabei steht zum einen das bisher Erreichte und die sinnvolle institutionelle Verankerung von E-Learning im Fokus, zum anderen richtet sich der Blick auf die qualitativ nachhaltigen Veränderungen der Lehr- und Lernkulturen im Hochschulbereich.

MÜNSTER · NEW YORK · MÜNCHEN · BERLIN

Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft (GMW)

Im Kontext des wissenschaftlichen Lehrens und Forschens gewinnen die so genannten Neuen Medien mehr und mehr an Bedeutung. Die GMW hat sich zur Aufgabe gemacht, diesen Prozess reflektierend, gestaltend und beratend zu begleiten. Die GMW begreift sich als Netzwerk zur interdisziplinären Kommunikation zwischen Theorie und Praxis im deutschsprachigen Raum. Anwender und Forschende aus den verschiedensten Disziplinen kommen durch die GMW miteinander in Kontakt.

Mitte der neunziger Jahre begründete die GMW zusammen mit dem Waxmann Verlag die Buchreihe „Medien in der Wissenschaft“, aus der Ihnen hier der Band 52 vorliegt. Im Fokus der Buchreihe liegen hochschulspezifische Fragestellungen zum Einsatz Neuer Medien. Für die GMW stehen dabei die gestalterischen, didaktischen und evaluativen Aspekte der Neuen Medien sowie deren strategisches Potenzial für die Hochschulentwicklung im Vordergrund des Interesses, weniger die technische Seite. Autoren und Herausgeber mit diesen Schwerpunkten sind eingeladen, die Reihe für ihre Veröffentlichungen zu nutzen. Informationen zu Aufnahmekriterien und -modalitäten sind auf der GMW-Webseite zu finden.

Jährlicher Höhepunkt der GMW-Aktivitäten ist die europäische Fachtagung im September. Im Wechsel sind deutsche, österreichische und Schweizer Veranstaltungsorte Gastgeber. Die Konferenz fördert die Entwicklung medienspezifischer Kompetenzen, unterstützt innovative Prozesse an Hochschulen und Bildungseinrichtungen, verdeutlicht das Innovationspotenzial Neuer Medien für Reformen an den Hochschulen, stellt strategische Fragen in den Blickpunkt des Interesses und bietet ein Forum, um neue Mitglieder zu gewinnen. Seit 1997 werden die Beiträge der Tagungen in der vorliegenden Buchreihe publiziert.

Eng verbunden mit der Tagung ist die jährliche Ausrichtung und Verleihung des MEDIDA-PRIX durch die GMW für herausragende mediendidaktische Konzepte und Entwicklungen. Seit dem Jahr 2000 ist es damit gelungen, unter Schirmherrschaft und mit Förderung der Bundesministerien aus Deutschland, Österreich und der Schweiz gemeinsame Kriterien für gute Praxis zu entwickeln und zu verbreiten. Der Preis hat mittlerweile in der E-Learning-Gemeinschaft große Anerkennung gefunden und setzt richtungsweisende Impulse für Projekt- und Produktentwicklungen. Die jährliche Preisverleihung lenkt die öffentliche Aufmerksamkeit auf mediendidaktische Innovationen und Entwicklungen, wie dies kaum einer anderen Auszeichnung gelingt.

Die GMW ist offen für Mitglieder aus allen Fachgruppierungen und Berufsfeldern, die Medien in der Wissenschaft erforschen, entwickeln, herstellen, nutzen und vertreiben. Für diese Zielgruppen bietet die GMW ein gemeinsames Dach, um die Interessen ihrer Mitglieder gegenüber Öffentlichkeit, Politik und Wirtschaft zu bündeln.
GMW-Mitglieder profitieren von folgenden Leistungen:

- Reduzierter Beitrag bei den GMW-Tagungen
- Gratis Tagungsband unabhängig vom Besuch der Tagungen

Informieren Sie sich, fragen Sie nach und bringen Sie Ihre Anregungen und Wünsche ein. Werden Sie Mitglied in der GMW! [www.gmw-online.de]

August 2009, für den Vorstand
Dr. Eva Seiler Schiedt