

Sigrid Blömeke

Lehren und Lernen mit neuen Medien
Forschungsstand und Forschungsperspektiven

In: Unterrichtswissenschaft (Weinheim) 31 (2003) 1, S. 57-82
[Seitenzahlen bitte dem Originalbeitrag zufolge zitieren.]

Mit den neuen Medien sind Hoffnungen auf eine Verbesserung der Lernwirksamkeit von Unterricht verbunden. Der Beitrag gibt einen zusammenfassenden Überblick über den Stand der empirischen Forschung zum Lernen mit neuen Medien. Berücksichtigung finden Erkenntnisse kognitionspsychologischer, instruktionspsychologischer und mediendidaktischer Provenienz. Im Anschluss an eine methodenkritische Einschätzung der Forschungslage erfolgen zunächst Aussagen über die Lernwirksamkeit neuer Medien im Hinblick auf ihre Gestaltungsmerkmale (i. e. das Zusammenspiel von Text, Bild und Ton, das Zusammenspiel der Codierung von Lernaufgaben und Testaufgaben sowie Ablaufgeschwindigkeit und Strukturierung der präsentierten Informationen). Anschließend wird auf die Lernwirksamkeit der neuen Medien unter Beachtung von Lehr-Lernzielen und von Persönlichkeitsmerkmalen der Schüler (i. e. Interessen und Einstellungen, themenspezifische Vorkenntnisse und medien-spezifische Fertigkeiten sowie Lernstrategien) sowie im Hinblick auf mögliche instruktionale Unterstützung näher eingegangen. Auf dieser Basis werden Forschungsperspektiven entwickelt, die insbesondere auf eine Ergänzung der dominierenden Laborstudien um Forschung im realen Alltag von Lehrerinnen und Lehrern zielen.

The use of multimedia in classroom is supposed to enhance learning. The following article gives a survey of the actual state of research related to multimedia learning. The results obtained in the field of psychology are presented and discussed as well as those of pedagogy. After estimating the general value of the results from a methodological point of view the question of the efficacy of multimedia learning is approached by focussing on the immanent features (f. e. text, picture, sound, the coding of the tasks and the test items, the variability of user interaction, and the structure of the presented information). This is followed by a chapter considering the learning effects in regard to the purposes of the lessons, to the supplementary instructional aid and to the pupils and their motivation, their interests, abilities, multimedia skills and learning styles. On this basis new perspectives of research activities are outlined. They are meant as a complement to the existing experimental studies in so far as the field of research is school itself with all its complexity.

Medien im Unterricht einzusetzen ist Aufgabe von Lehrerinnen und Lehrern, seit es die Schule gibt. Comenius begründete bereits im 17. Jahrhundert die Sinnhaftigkeit des Einsatzes von Modellen und Bildern zur Veranschaulichung nicht direkt erfahrbarer Phänomene. Hoffnungen auf eine Verbesserung der Lernwirksamkeit von Unterricht waren insbesondere mit dem Aufkommen der sogenannten ‚neuen‘ (= computerbasierten) Medien verbunden – in erster Linie gestützt auf die Möglichkeiten der Digitalisierung von Abläufen, womit deren Darstellung an die räumlichen und zeitlichen Möglichkeiten von Unterricht angepasst werden konnten. Die Hoffnungen gründeten sich darüber hinaus auf die computergestützte Verarbeitung von Daten, ohne dass den Schülerinnen und Schülern die zugrunde liegenden mathematischen Verfahren bekannt sein müssen. Mit Hilfe der neuen Medien kann schließlich die kognitive Organisation von Wissen unterstützt werden und sie können die individuelle konstruktive Tätigkeit der Schülerinnen und Schüler fördern. Das Potenzial wird im Prinzip für alle Unterrichtsfächer gleichermaßen gesehen (vgl. Tulodziecki & Blömeke, 2000). Entsprechend haben die neuen Medien bereits Anfang der 90er Jahre mindestens in einigen Fächern Eingang in den Unterricht gefunden, meist im Rahmen von Modellversuchen, seit Mitte der 90er Jahre gilt dies mit der Aktion ‚Schulen ans Netz‘ in deutlich höherem Maße. Weinrich und Schulz-Zander (2000) zählen für 1998 einen durchgängigen Einsatz neuer Medien in der Sekundarstufe II und einen Einsatz in 85% der Schulen in der Sekundarstufe I, und zwar in erster Linie in Form von Kommunikation per eMail und Recherche im WWW. Inwieweit die Lernwirksamkeit des Unterrichts durch den Einsatz neuer Medien tatsächlich gesteigert wird, untersucht derzeit in erster Linie die empirische Forschung kognitionspsychologischer, instruktionspsychologischer und mediendidaktischer Provenienz. Die Kognitionspsychologie fragt danach, wie spezifische Gestaltungsmerkmale neuer Medien auf der kognitiven Ebene der Lernenden wirken. Die Instruktionspsychologie fragt demgegenüber danach, in welchem unterrichtlichen Setting welches neue Medium wie stark wirksam wird. Die Mediendidaktik richtet ihr Augenmerk auf Lehr-Lernziele, die mit dem Einsatz neuer Medien verbunden sind, und auf die didaktisch-methodische Gestaltung des Unterrichts. Im Folgenden wird ein zusammenfassender Überblick über den derzeitigen Forschungsstand gegeben, auf dessen Basis Perspektiven für zukünftige Forschungsvorhaben entwickelt werden. Schwerpunktmäßig erfahren Ergebnisse zu computergestütztem Lehren und Lernen Berücksichtigung, während webbasierte Kooperation nur kurz Erwähnung findet, da zu ihr kaum empirische Forschung vorliegt. Zuvor soll kurz auf wiederkehrende methodische Probleme der medienbezogenen Forschung eingegangen werden.

1. Zur Methodik medienbezogener Forschung

Die empirische Forschung zum Lernen mit neuen Medien wird fast gänzlich durch quantitative Studien dominiert. Das hängt nicht zuletzt mit der Stärke der Psychologie in diesem The-

menfeld zusammen, die experimentelle Designs bevorzugt. Gemessen an deren Standards weisen Medienstudien zum Teil sowohl Störfaktoren auf, die die interne Validität gefährden, als auch Störfaktoren, die zu einer Gefährdung der externen Validität beitragen. So können gerade die computerbasierten Medien aufgrund ihres noch immer vorhandenen Neuigkeitswertes einen besonderen anfänglichen Motivationsschub mit sich bringen, der im Laufe der Zeit mit der Gewöhnung verschwindet. Ein weiteres Problem stellt die Selektion der Probanden dar. Bei Experimenten zum Lernen mit neuen Medien handelt es sich in den seltensten Fällen um Zufallsstichproben (im Gegenteil: typischerweise sind Psychologie-Studierende die Versuchspersonen, zu deren Studienverpflichtung die Teilnahme an einer gewissen Zahl an Experimenten gehört), so dass die Reichweite der Aussagen immer nur begrenzt sein kann. Schließlich handelt es sich vielfach nur um sehr kurze Studien – mit einer Treatment-Dauer von wenigen Minuten – zu einem vergleichsweise einfachen Lerngegenstand. Inwieweit die dabei aufgetretenen Wirkungen auch für eine längere Nutzung neuer Medien bei komplexeren Lerneinheiten gelten können, muss offen bleiben. Während die Kriterien der Objektivität und der Reliabilität in der Regel erfüllt sind, da Medienstudien häufig mit standardisierten Testinstrumenten durchgeführt werden, kann eine Einhaltung der Anforderungen an die Validität nicht immer gewährleistet werden, und zwar sowohl in theoretischer als auch in empirischer Hinsicht. Die Indikatoren werden theoriegeleitet entwickelt; auch noch so sorgfältige Überarbeitungen können nicht verhindern, dass Probanden mit ihrem eigenen Relevanzsystem einzelne Fragen anders verstehen als intendiert. Ebenso schwierig ist das Vermeiden von Einflüssen durch die laborähnliche Erhebungssituation.

Neben den Experimenten stellen Evaluationen den zweiten großen Bereich der Erkenntnisgewinnung über den Einsatz neuer Medien in Lehr-Lernprozessen dar. In Evaluationen soll – unter der Perspektive der Handlungsrelevanz von Wissenschaft, ihrer Anwendbarkeit im unterrichtlichen Alltag also – der Grad der Zielerreichung eines bestimmten Mittels festgestellt werden. Dabei können gleichzeitig gewollte oder ungewollte Nebenwirkungen erfasst werden. Eine Durchsicht der Berichte über Evaluationen zeigt aber, dass in einigen Fällen die Anforderungen an die Varianzkontrolle zu wenig eingehalten werden. Typische Fehler, die gemacht werden, sind

- ◆ das Fehlen einer Kontrollgruppe, so dass kein Vergleich möglich ist und Veränderungen zwischen Vortest und Nachtest bei der Versuchsgruppe auch aus ganz anderen Einflüssen als dem Treatment resultieren können („one-group pretest-posttest design“). Gerade für die medienbezogene Unterrichtsforschung muss in diesem Zusammenhang auf das Problem der Tendenz zur Mitte („Regressionseffekt“) in Nachtests aufmerksam gemacht werden. Schülerinnen und Schüler mit sehr guten Leistungen im Vortest haben nachher nur die Möglichkeit, gleich gut oder schlechter abzuschneiden, während Schülerinnen und Schüler mit sehr schlechten Leistungen im Vortest nur gleich schlecht oder besser

abschneiden können. Eine Annäherung ist daher bereits ohne jegliches Treatment wahrscheinlich.

- ◆ der Verzicht auf einen Vortest, so dass Änderungen nicht bestimmbar sind, da im Treatment zu erwerbende Fähigkeiten ja bereits zuvor vorhanden gewesen sein können („one-shot case study“), oder
- ◆ die Verwendung verschiedener Versuchsleiter bei der Durchführung des Treatments, so dass sich dieses in mehr als einem Merkmal unterscheidet und keine exakte Rückführung von Wirkungen auf eine bestimmte Ursache möglich ist.

Bei der folgenden Darstellung finden solche Berichte daher keine Berücksichtigung.

2. Zur Wirkung von Gestaltungsmerkmalen der neuen Medien

„When is an illustration worth ten thousand words?“ (Mayer & Gallini, 1990) Diese Frage stand am Beginn umfassender empirischer Forschungen zum Lernen mit neuen Medien, die den Entwurf einer Theorie zur Wirkung von Gestaltungsmerkmalen zum Ziel hatten. Dabei wurden viele Fragen wieder aufgegriffen, die schon beim Lernen mit den so genannten ‚alten‘ Medien von Bedeutung waren. Bei den neuen Medien bietet sich die breite Palette an Kombinationsmöglichkeiten von Text, Bild und Ton in statischer und dynamischer Form verstärkt an. Hinzu kommen als gestalterische Instrumente die Interaktivität (i. e. in diesem Zusammenhang die Möglichkeit der Ablaufsteuerung) und die Strukturierung der Lerneinheiten. Als zentrales Ergebnis der Forschungen kann heute festgehalten werden, dass die Form der Codierung der Lerninhalte und der Prüfungsaufgaben, die angesprochenen Sinnesmodalitäten sowie die Form der Ablaufsteuerung und der Textgliederung Einfluss auf die Lernwirksamkeit der Gestaltungsmerkmale eines neuen Mediums haben. Im Mittelpunkt der folgenden Darlegungen steht die generative Theorie multimedialen Lernens von Mayer, deren Gültigkeit empirisch am stärksten untermauert werden konnte; unter anderem ermittelt Mayer (1997) selbst in einer Meta-Analyse seiner 24 Einzelstudien überzeugende Werte. Die generative Theorie multimedialen Lernens baut auf der Theorie der Doppelcodierung Paivios, der Theorie zur kognitiven Kapazität des Arbeitsgedächtnisses von Sweller und dem Konstruktivismus auf. Im Anschluss wird kurz auf die etwas anders akzentuierte Sichtweise von Schnotz eingegangen.

Verbale und nonverbale Codierung

Ziel von Lehr-Lernprozessen ist, dass die Lernenden Kenntnisse und Fähigkeiten erwerben, denen unterschiedliche Wissensarten zugrunde liegen: deklaratives Wissen („Wissen, dass ...“) und – darauf aufbauend – prozedurales Wissen („Wissen, wie ...“). Erst mit prozeduralem Wissen ist Lernenden Handeln möglich. Die bei der Prozeduralisierung ablaufenden Prozesse können über das Konstrukt des mentalen Modells beschrieben werden. Bei diesem handelt es sich um die kognitive Repräsentation von Informationselementen und deren logi-

sche Beziehung zueinander. Lernende entwickeln zu einem Gegenstand je ein bildbasiertes und ein textbasiertes mentales Modell, die aufeinander bezogen sind.

Der Theorie der Doppelcodierung von Paivio (1986) zufolge sorgt das Vorhandensein von zwei Arten der Codierung – einer verbalen und einer nonverbalen – für eine bessere Verankerung in und eine leichtere Abrufbarkeit von Wissen aus einem mentalen Modell, da sie getrennt verarbeitet werden. Text und Bild sind also ergänzende Informationsquellen, indem aus dem Text eine verbale (propositionale) und aus dem Bild eine visuelle Repräsentation gebildet wird, und zwar jeweils mit vergleichsweise geringem kognitivem Aufwand. Voraussetzung ist allerdings, dass Text und Bild nicht verschieden gedeutet werden können, sondern sinnvoll aufeinander abgestimmt sind (vgl. Weidenmann, 2002). Der Text erklärt einen Sachverhalt und das Bild

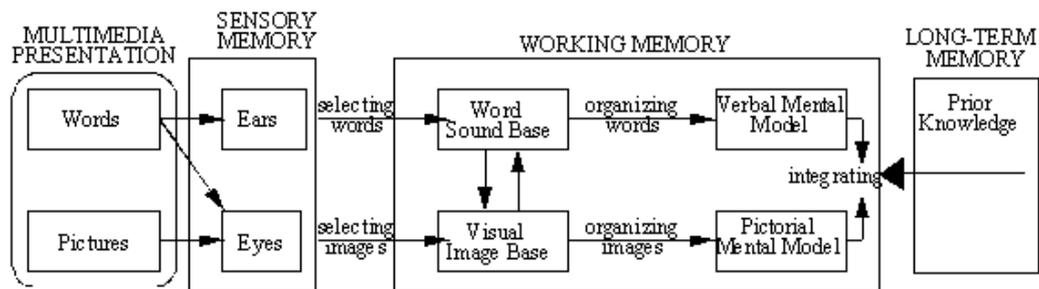
- ◆ unterstützt die Lernenden bei der Entwicklung einer bildhaften Vorstellung zu diesem Sachverhalt (Zeigefunktion)
- ◆ aktiviert Situationsvorstellungen als Rahmen für den Sachverhalt (Situierungsfunktion) oder
- ◆ unterstützt die Lernenden bei der Bildung eines mentalen Modells zu dem Sachverhalt durch Visualisierung des Zusammenspiels seiner Elemente (Konstruktionsfunktion).

Die Lernwirksamkeit verbaler und nonverbaler Codierung kann der generativen Theorie multimedialen Lernens von Mayer zufolge gesteigert werden, wenn Text und Bild räumlich gemeinsam dargeboten werden. Wenn visuelles und auditives Material zu einem Lerninhalt vorliegt, gilt dasselbe für eine gleichzeitige Präsentation dessen. Eine solche raum-zeitliche Kontiguität fördert das Herstellen von Verbindungen zwischen dem jeweiligen verbal und visuell basierten mentalen Modell zu einem Lerninhalt. Empirische Belege für diese Theorie liegen in Bezug auf das Physiklernen (vgl. Mayer, 1997; Moreno & Mayer 1999; Lewalter 1997a, b) und das Fremdsprachenlernen vor (vgl. Plass, Chun, Mayer & Leutner, 1998). Die Wirksamkeit der Kontiguität ist bei niedrigem Vorwissen besonders groß.

Neben Erkenntnissen zur raum-zeitlichen Anordnung medialer Präsentationen liegen auch Untersuchungen zum Prozess der Informationsverarbeitung vor. Der Aufbau mentaler Modelle erfolgt danach in drei Schritten (s. Grafik 1):

- ◆ Zunächst werden die Informationen aus Text und Bild von den Lernenden aktiv selektiert und in Form einer Text- bzw. Bildbasis im Arbeitsgedächtnis erfasst. Dabei handelt es sich um eine eher oberflächliche Speicherung der einzelnen Komponenten eines Lerninhalts, ohne dass deren Bezüge untereinander verstanden werden.
- ◆ Erst in einem zweiten Schritt kommt es dann zu einem echten Verständnis der aufgenommenen Informationen, indem zwei mentale Modelle aufgebaut werden, die jeweils Relationen der gespeicherten Informationen untereinander enthalten (Kausalmodelle).

- ◆ In einem dritten Schritt erfolgt dann eine Verknüpfung der beiden mentalen Modelle untereinander – sie enthalten referentielle Verbindungen, die ihre Integration gewährleisten – und mit dem Vorwissen im Langzeitgedächtnis.



Grafik 1: Verarbeitung von Informationen nach der generativen Theorie multimedialen Lernens (Quelle: Moreno & Mayer 2000)

Mayer nimmt damit Anregungen auf, die aus der Konstruktivismus-Debatte kommen, indem er den Lernenden eine deutlich aktivere Position bei der Informationsverarbeitung zuweist, als dies bei Paivio der Fall ist.

Die generative Theorie multimedialen Lernens gilt nicht nur für statische Bilder, sondern auch für Animationen, wie Schnotz (1993, 2002) nachweisen konnte. Damit können zeitliche Verlaufsstrukturen in die mediale Darstellung integriert werden und der Aufbau dynamischer mentaler Modelle kann unterstützt werden. Bei Animationen handelt es sich um die Erzeugung einer scheinbaren Bewegung in geeigneter Geschwindigkeit, um einen Ablauf zu verdeutlichen. Ihre Wirksamkeit lässt sich mit dem sogenannten Supplantationskonzept erklären (vgl. Salomon, 1979): Die exakte Simulation eines kognitiven Prozesses entlastet das Arbeitsgedächtnis der Lernenden, weil sie eine wichtige Lernaufgabe – das Vorstellen eines Ablaufs – vereinfacht. Bereits an dieser Stelle muss allerdings darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Lernwirksamkeit von Animationen durch unterschiedliche Lernstrategien, Lernvoraussetzungen und durch die Lernsituation erheblich beeinflusst wird, so dass vor vereinfachten Annahmen gewarnt werden muss (s. u.).

Mono- und bimodale Präsentation

In weiteren Forschungen ist erprobt worden, ob der Aufbau des verbal basierten mentalen Modells auch möglich ist, wenn die zugrunde liegenden Informationen nicht als Text präsentiert, sondern gesprochen werden (vgl. Mayer, 1997; Moreno & Mayer 1999). Hierfür sind in der Tat starke Belege gefunden worden. Die Daten weisen sogar auf eine Effizienzsteigerung hin, wenn gleichzeitig ein Bild bzw. eine Animation betrachtet wird.

Dieses Ergebnis lässt sich mit der Theorie Swellers (1988) zur Kapazität des Arbeitsgedächtnisses erklären. Die kognitive Verarbeitungskapazität von Lernenden ist begrenzt. Da eine Verarbeitung monomodal – also jeweils visuell – präsentierter sprachlicher und bildli-

cher Informationen im selben Subsystem des Arbeitsgedächtnisses erfolgt, ist eine Aufteilung der verfügbaren Aufmerksamkeitsressourcen notwendig, wenn ein Bild und ein Text vorliegen (,Split-Attention-Effekt'). Lernende konzentrieren sich dabei in solch einem Fall eher auf das dominierende Bild und vernachlässigen die textuell präsentierten Informationen (vgl. Brünken & Leutner 2001). Eine bimodale Präsentation der sprachlichen Information in akustischer Form und der bildlichen Information in visueller Form gewährleistet dagegen eine Verarbeitung in verschiedenen Subsystemen und entlastet die visuelle Wahrnehmung. Dem zeitlichen Kontiguitätsprinzip zufolge ist die Lernwirksamkeit dabei besonders hoch, wenn Bild und gesprochener Text gleichzeitig präsentiert werden. Die Überlegenheit der bimodalen gegenüber der monomodalen Darbietung bleibt sogar erhalten, wenn Bild und Ton nicht mehr gleichzeitig, sondern hintereinander präsentiert werden.

Das Potenzial der neuen Medien mit der Möglichkeit der Integration von Text, statischen und dynamischen Bildern sowie Ton ist offenkundig. Die Vorteile multicodaler und multimodaler Präsentation von Lerninhalten sollten aber nicht dazu verführen, durch poppig Design, ständig wechselndes Oberflächen-Aussehen oder musikalische Untermalung beeindrucken zu wollen. Um die kognitiven Ressourcen der Schülerinnen und Schüler nicht schon durch die visuelle oder auditive Wahrnehmung begleitender Programmelemente auszulasten, so dass für die Aufnahme der ,eigentlichen' Lerninhalte nicht hinreichend Kapazitäten frei bleiben, ist eine einfache, klare und sparsame Gestaltung lernförderlicher. Aussehen und Anordnung der dominierenden Elemente einer multimedial aufbereiteten Seite sollten möglichst gleich bleiben (vgl. Weidenmann, 1994, 1996) und nicht unmittelbar zum Lerninhalt gehörende Umrahmungen sollten unterbleiben (Moreno & Mayer 2000: ,coherence principle'). Die technischen Möglichkeiten gilt es aber auch sparsam zu nutzen, wenn es um die Darstellung der Lerninhalte selbst geht. Redundanzen – z. B. in Form von gleichzeitiger Präsentation in textueller und gesprochener Form – überfordern leicht die Verarbeitungskapazität von Lernenden (Moreno & Mayer 2000: ,redundancy principle'). Auffällige Gestaltungsmerkmale bei einzelnen Inhalten lenken zudem die Aufmerksamkeit der Lernenden möglicherweise so stark, dass falsche mentale Modelle gebildet werden, indem andere Informationen – im Unterschied zu ihrer thematischen Relevanz – nur unzureichend Berücksichtigung finden (vgl. Lowe, 1996, 1998).

Bezieht man die vorliegenden empirischen Erkenntnisse noch einmal zusammenfassend auf die generative Theorie multimedialen Lernens ist festzuhalten, dass der Prozess der Informationsverarbeitung im ersten Schritt der Selektion durch sparsame Gestaltung unterstützt werden kann (,coherence principle' und ,redundancy principle'), im zweiten Schritt der Organisation durch raum-zeitliche Parallelisierung der Darstellung (,spatial contiguity principle' und ,temporal contiguity principle') und im dritten Schritt der Integration durch effektive Nutzung der Sinnesmodalitäten (,split-attention principle' und ,modality principle').

Die Darstellung zur Lernwirksamkeit von statischen und dynamischen Bildern, Texten und Tönen als Gestaltungsmerkmalen der neuen Medien abschließend, soll darauf aufmerksam gemacht werden, dass es aktuell neben der generativen Theorie multimedialen Lernens von Mayer eine zweite Theorie von Schnotz gibt, die sich empirisch fundiert um Erklärungen bemüht (vgl. Schnotz, 1998, 2001, 2002; Brünken, Steinbacher, Schnotz & Leutner, 2001). Schnotz knüpft an Mayer an, indem Schnotz ebenfalls von unterschiedlichen Verarbeitungsprozessen bildlicher und verbaler Informationen sowie einer ersten oberflächlichen Repräsentation ausgeht. Seine Theorie unterscheidet sich dann aber in dem Detail der weiteren Verarbeitung von Mayers Theorie. Nach Mayer wird aus den oberflächlichen Repräsentationen jeweils ein (bildlich bzw. verbal basiertes) mentales Modell gebildet, die interagieren. Nach Schnotz entsteht aus den verbalen Informationen eine propositionale Repräsentation, anhand der ein bildliches mentales Modell entwickelt wird, und aus der bildlichen Information entsteht zunächst das mentale Modell, anhand dessen dann die propositionale Repräsentation entwickelt wird. Eine Interaktion findet bereits während der Konstruktionsprozesse statt. Auf der Basis der vorliegenden empirischen Forschung ist eine Entscheidung über die Gültigkeit der einen oder anderen Theorie derzeit noch nicht möglich (vgl. Brünken et al., 2001; Schnotz, Boeckheler, Grzondziel, Gaertner & Waechter, 1998).

Möglichkeiten, in den Ablauf einer Präsentation einzugreifen

Neben der Verwendung von Bildern, Texten und Tönen sind Interaktivität und Strukturierung weitere wichtige Gestaltungsmerkmale zur Förderung der Lernwirksamkeit einer medialen Darbietung. Bei Interaktivität handelt es sich einerseits um die Möglichkeit, dass Lernende in den Ablauf eingreifen und Entscheidungen beispielsweise über die Reihenfolge und Geschwindigkeit der Präsentation, die zu präsentierenden Inhalte und deren Codierungsform treffen (,simple user interaction'). In anderen Fällen können Lernende Parameter festlegen und erhalten Rückmeldungen über Reaktionen des simulierten Systems (Simulation). Im Zusammenhang der Frage nach Gestaltungsmerkmalen geht es um die erste Form der Interaktivität; auf die zweite wird im Zusammenhang der didaktisch-methodischen Gestaltung von Lehr-Lernprozessen eingegangen (s. u.).

Empirische Ergebnisse liegen zur Frage der Geschwindigkeit des Ablaufs einer Präsentation und ihrem Aufbau vor. Mayer und Chandler (2001) haben nachgewiesen, dass eine Kontrolle der Lernenden über die Geschwindigkeit beim ersten Ablaufen zu signifikant besseren Ergebnissen bei Transferaufgaben führt, als wenn zunächst eine ununterbrochene Präsentation stattfindet. Dieses Ergebnis gilt unabhängig davon, wie eine zweite Präsentation erfolgt, ob zusammenhängend oder erneut von den Lernenden gesteuert. Der Vorteil der selbstgesteuerten Präsentation kann zum einen damit erklärt werden, dass eine kognitive Überlastung des Arbeitsgedächtnisses vermieden wird. Die Schülerinnen und Schüler gehen erst zu einem zweiten Schritt über, wenn sie den ersten gänzlich verstanden haben. Zum anderen

bestätigt das Ergebnis die Zweistufigkeit der Informationsverarbeitung, wie sie von Mayer *und* Schnotz formuliert wird: Beim Aufbau eines mentalen Modells geht es in einem ersten Schritt um eine reine Speicherung der einzelnen Informationen (Selektion). Erst in einem zweiten Schritt werden Bezüge dieser untereinander hergestellt (Organisation), so dass eine frühzeitige Präsentation aller Zusammenhänge den Schülerinnen und Schülern nicht hilft.

Zum Teil wird diese Interpretation auch von Forschungen zum Aufbau einer Präsentation gestützt. Am Beispiel von Informationsgrafiken – charakterisiert durch eine Verschränkung von Text und Bild – prüfen Weidenmann, Paechter und Hartmannsgruber (1998) die Lerneffizienz einer Überblicks-Detail-Sequenzierung im Vergleich zu einer Step-by-step-Präsentation, bei der das Gesamtbild erst am Ende erscheint, und einer ausschließlichen Präsentation des Gesamtbildes (= Standbild). Bei begrenzter Zeit, wie es in der Schule wohl der Regelfall ist, erweist sich die schrittweise Hinzufügung von Details als am lernwirksamsten. Andere Ergebnisse bei unbegrenzter Zeit, wie es eher beim Lernen mit neuen Medien in der Freizeit der Fall ist, können nicht auf den unterschiedlichen Aufbau der Präsentation zurückgeführt werden, sondern sind dem unterschiedlichen Zeitbudget geschuldet, das die Lernenden jeweils aufwenden. In diesem Zusammenhang ist allerdings darauf hinzuweisen, dass das Zurverfügungstellen einer hinreichenden Zeit für den Lernprozess in der Schule eine wesentliche normative Entscheidung von Lehrpersonen ist.

Geht es bei der Ermöglichung von Interaktivität um mehr als nur das Bestimmen der Ablaufgeschwindigkeit (z. B. auch um die Auswahl von Beispielen oder um die Reihenfolge der Präsentation), treten Wechselwirkungen mit Persönlichkeitsmerkmalen der Schülerinnen und Schüler auf, wie sie beim Einsatz von Hypertexten beobachtet werden (insbesondere bezogen auf die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler, s. u.).

Merkmale der Struktur von Lernmaterialien und der Leistungskontrolle

Ein erfolgreiches Absolvieren der ersten beiden Stufen des Aufbaus eines mentalen Modells – Selektion und Organisation – kann weiterhin dadurch unterstützt werden, dass multimediale Lerninhalte strukturiert aufgebaut werden. Mautone und Mayer (2001) haben in mehreren Experimenten die geschlossene Schilderung eines naturwissenschaftlichen Vorgangs – das Prinzip des Auftriebs bei einem Flugzeug – mit einer strukturierten Darstellung verglichen. Diese enthielt einen Vorabhinweis auf wesentliche Faktoren des Auftriebs, darauf bezugnehmende Zwischenüberschriften und deutlich hervorgehobene Signalwörter wie ‚weil‘ oder ‚als Ergebnis‘. Die Experimente wurden jeweils mit einem gedruckten Text, einem gesprochenen Text und einem gesprochenen Text mit begleitender Animation durchgeführt. In allen drei Fällen zeigten die Schülerinnen und Schüler signifikant bessere Transferfähigkeiten bei den strukturierten Darstellungen. Mautone und Mayer führen dies auf eine Entlastung des Arbeitsgedächtnisses zurück, indem auf wichtige Lerninhalte vorab hingewiesen wird und indem die Bezüge der Inhalte untereinander leichter verständlich waren. Für die Gestaltung

multimedialer Lernumgebungen bedeuten die letztgenannten Erkenntnisse, dass wichtige Schritte und ihre Verbindungen untereinander deutlich hervorgehoben werden sollten. Vor dem Hintergrund des oben genannten Modalitätsprinzips bietet sich hierfür insbesondere die Nutzung des Tons an. Die Lernenden sollten dabei selbst bestimmen können, wie schnell die Präsentation fortschreitet.

Abschließend soll auf die Frage der Abrufbarkeit des erworbenen Wissens eingegangen werden. Mayer hat immer wieder auf die Notwendigkeit ‚sensitiver Tests‘ in der empirischen Forschung zu den Gestaltungsmerkmalen der neuen Medien hingewiesen. Er meint damit, dass es einen Zusammenhang zwischen der Codierform, in der gelernt, und der Codierform, mit der die Lernwirksamkeit getestet wird, geben könnte. Eine solche Interaktion konnte jetzt am Beispiel einer Lernsoftware über kunsthistorische Sehenswürdigkeiten in Florenz tatsächlich nachgewiesen werden (vgl. Brünken et al., 2001). In der ersten Software-Version werden einer Kontrollgruppe alle Informationen textuell präsentiert; in der zweiten Version erfolgen viele Schilderungen ebenfalls in Textform, die topographischen Hinweise werden der Versuchsgruppe dagegen bildlich präsentiert. Im anschließenden Test wird eine Hälfte der Kontrollgruppe – Lernen ausschließlich mit Texten – mit textuellen Aufgaben geprüft und die zweite Hälfte der Kontrollgruppe mit bildlichen Aufgaben. Die Versuchsgruppe der z. T. mit Bildern Lernenden wird ebenfalls gesplittet mit Text- und Bildaufgaben geprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass eine bildliche Aufgabenpräsentation bei beiden Gruppen zu signifikant höheren Testleistungen führt als eine textuelle Präsentation. Der Vorteil ist aber besonders groß, wenn die Präsentation der Informationen ebenfalls bildlich erfolgt. Die Wirksamkeit des Lernens mit neuen Medien hängt also nicht nur von der Codierform des Lehrmaterials ab, sondern auch von der Passung von Informationsdarbietung und -abruf.

Bedenkt man nun noch, dass viele der bisher dargestellten Lerneffekte eher bei Personen mit niedrigem als bei Personen mit hohem Vorwissen auftreten, wird deutlich, wie komplex die Thematik des Lernens mit neuen Medien ist. Mayer und Gallini (2001, 724) beantworten ihre Frage danach, „when is an illustration worth ten thousand words?“ entsprechend mit dem Hinweis, „that illustrations would be effective in our experiments only with explanative text (i. e. appropriate text), tests of understanding and reasoning (i. e. appropriate tests), steps-and-parts illustrations (i. e. appropriate illustrations), and low prior-knowledge learners (i. e. appropriate learners)“.

2. Zur Wirkung von neuen Medien im Unterricht

Beim Einsatz neuer Medien im Unterricht ist zu berücksichtigen, dass das Medium selbst nur *ein* Element eines komplexen hybriden Lernarrangements ist, in dem zahlreiche personale Faktoren von Bedeutung sind. Mit der Frage nach ihnen wird der pädagogische Kontext des Lernens in den Blick genommen. Aus den Ergebnissen der empirischen Forschung von

Bransford, Leutner, Spiro und anderen lässt sich vor allem folgern, dass je nach Lehr-Lernziel eine andere Medienart effektiv ist. Die Lernwirksamkeit hängt zudem stark von den Persönlichkeitsmerkmalen der Schülerinnen und Schülern sowie der instruktionalen Unterstützung entweder durch die Lehrerinnen und Lehrer oder das Medium ab. Schließlich besitzen neue Medien ein enormes Potenzial für die didaktisch-methodische Gestaltung des Unterrichts in konstruktivistischem Sinn. Diese Faktoren werden im Folgenden einzeln in den Blick genommen.

Lehr-Lernziel und Medienart

Die neuen Medien lassen sich in Übungsprogramme (z. B. Vokabeltrainer), tutorielle Programme, Simulationsprogramme (z. B. zur Leitung einer Firma oder zur Gestaltung eines Ökosystems), Datenbanken (z. B. Encarta oder Caesar II), Hypermedia-Arbeitsumgebungen und Werkzeuge (z. B. WORD oder Autorenprogramme) ausdifferenzieren. Blickt man nun zunächst auf die Lehr-Lernziele, deren Erreichen durch den Einsatz eines neuen Mediums unterstützt werden soll, so haben sich für das Wiederholen und Üben vor allem Übungsprogramme als effektiv erwiesen (vgl. im Folgenden Gruber, Mandl, Renkl, Schreiber & Weidenmann, 1992). Mit ihrer Hilfe kann gutstrukturiertes Faktenwissen oder es können einfache Fertigkeiten, also Routineexpertise, erworben werden. Nach dem Prinzip des ‚drill-and-practice‘ weisen Übungsprogramme in der Regel einen strikt linearen Ablauf auf: Eine Aufgabe wird gestellt, worauf die Lernenden eine Antwort geben. Das System reagiert mit einer Rückmeldung – meist nur in Form von ‚richtig‘ oder ‚falsch‘ –, woraufhin unabhängig von der Antwort die nächste Aufgabe erscheint.

Für den Wissenserwerb in klar strukturierten Themengebieten und die Überprüfung von Lernerfolgen zeigen sich vor allem tutorielle Programme erfolgversprechend. Im Unterschied zu Übungsprogrammen weisen sie eine einfache Form von Dialogcharakter auf, indem sie in der Lehrpräsentation flexibel auf die gegebenen Antworten reagieren. Vom Ablauf her werden in Tutorials häufig erst Informationen gegeben. Dann wird eine Aufgabe gestellt, auf die die Lernenden antworten. Im Anschluss an eine vergleichsweise differenzierte Rückmeldung (z. B. mit inhaltlichen Ausführungen zur Art gemachter Fehler) werden – je nach Antwort – weitere Informationen gegeben und es folgt eine neue Aufgabe.

Zur Unterstützung explorativer und entdeckender Prozesse besitzen Simulationsprogramme ein hohes Potenzial. Sie stellen das Modell eines Systems dar, so dass mit ihrer Hilfe Folgen von Eingriffen simuliert werden können, die in der Realität aufgrund raum-zeitlicher Hindernisse oder ihrer Gefährlichkeit nicht durchführbar wären. Die leitende Annahme ist, dass durch das Lernen mit Simulationen der Aufbau und die Differenzierung mentaler Modelle unterstützt werden.

Der Erwerb von Expertenwissen in schlecht strukturierten Themengebieten wird am effektivsten mit Datenbanken und Hypermedia-Arbeitsumgebungen unterstützt. Sie weisen auch

Vorteile auf, wenn es um komplexe Datenbestände geht, auf die schnell und mehrfach zugegriffen werden soll (vgl. Dillon & Gabbard, 1998).

Werkzeuge besitzen keine explizit instruktionalen Elemente und sie sind nicht für spezifische Inhalte vorgesehen, so dass sie zu vielfältigen unterrichtlichen Zwecken eingesetzt werden können.

Die dargelegten Erkenntnisse lassen häufig – wenn auch nicht immer – den Umkehrschluss zu, dass der Einsatz eines spezifischen neuen Mediums für einen anderen als den genannten Zweck wenig effektiv ist. Augenfällig wird dies am Beispiel der Hypermedia-Arbeitsumgebungen und Simulationen, für die Einzeluntersuchungen und Meta-Analysen bezogen auf diese Frage vorliegen. Mit ihrer Hilfe Faktenwissen oder strukturiertes Wissen erwerben zu wollen, führt nur zu geringer Lernwirksamkeit (vgl. Dillon & Gabbard, 1998; Stark, Graf, Renkl, Gruber & Mandl, 1995).

Interessen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern

Neben den Lehr-Lernzielen, die bei der Einschätzung der Effektivität des Lernens mit neuen Medien Berücksichtigung finden müssen, beeinflussen Persönlichkeitsmerkmale der Lernenden die Lernwirksamkeit („Aptitude-Treatment-Interaction“). Auf diesen Effekt hat Salomon (1979) als Erster nachdrücklich aufmerksam gemacht. Solche Merkmale stellen die Interessen und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler, ihr Vorwissen in Form von themenspezifischen Kenntnissen und medienpezifischen Fertigkeiten sowie ihre Lernstrategien dar.

Zunächst zu den Interessen der Lernenden: Beim Lernen mit Hypertexten hat sich gezeigt, dass einer intrinsischen Motivation eine hohe Bedeutung für den Lernerfolg zukommt. Eine noch so gut gestaltete Anwendung führt nur zu geringen Lernerfolgen, wenn es nicht gelingt, Interesse bei den Schülerinnen und Schülern zu wecken (vgl. Aufenanger, 1999). Liegt nur eine extrinsische Motivation bei den Schülerinnen und Schülern vor (sie setzen sich beispielsweise mit den Aufgaben der EU nur auseinander, weil eine Lehrerin bzw. ein Lehrer sonst zu negativen Sanktionen greifen würde, und nicht weil ihnen deren Bedeutung für ihren Alltag deutlich geworden ist), hat sich eher ein sequentieller Aufbau einer Lerneinheit bewährt. Gelingt es aber, jedem Einzelnen die Relevanz des anstehenden Lernprozesses bewusst zu machen, so dass er bzw. sie neugierig oder gespannt daran geht, kann der Einsatz eines Hypertextes gute Lernerfolge mit sich bringen. Empirische Untersuchungen zum Lernen mit Simulationen bestätigen diese Ergebnisse (vgl. Vollmeyer & Rheinberg, 1998). Dabei ist festzuhalten, dass der Motivationsfaktor nicht nur unmittelbar wirkt, sondern auch indirekt, indem bei Erfolgszuversicht andere Lernstrategien als bei Misserfolgsbefürchtung gewählt werden und die Konzentration der Lernenden höher ist.

Die Lernwirksamkeit eines Mediums hängt darüber hinaus von den darauf bezogenen Einstellungen der Schülerinnen und Schüler ab. Lernerfolge resultieren u. a. aus der Anstrengung, etwas verstehen zu wollen (Salomon: „invested mental effort“). Es hat sich gezeigt,

dass die Bereitschaft, sich anzustrengen, bei einem vermeintlich schwierigen Medium wie einem Text deutlich höher ist als bei einem vermeintlich leichten wie einem Film. Hier zeigt sich dann auch, dass es verfehlt ist, von einem generellen Bildüberlegenheitseffekt auszugehen (Nelson: ‚picture superiority effect‘), wenn die Rezeption eines Bildes von zahlreichen anderen Faktoren als nur von der Form der Informationscodierung beeinflusst ist.

Themen- und medienspezifisches Vorwissen

Das Vorwissen ist ein weiterer wichtiger Faktor, der die Lernwirksamkeit beeinflusst. Lehrerinnen und Lehrer können nicht davon ausgehen, dass alle Schülerinnen und Schüler gleichermaßen von den eingesetzten neuen Medien profitieren, so dass eine Abstimmung der eingesetzten neuen Medien auf die Lernvoraussetzungen eine wichtige Bedingung für den Erfolg ist. Diese lassen sich ausdifferenzieren in themenspezifische Vorkenntnisse und medienspezifische Fertigkeiten.

Zunächst zu den themenspezifischen Vorkenntnissen. Beim un gelenkten Lernen mit Hypertexten zeigen fast alle Untersuchungen, dass Schülerinnen und Schüler mit hohem Vorwissen in stärkerem Maße profitieren als schwächere Schülerinnen und Schüler (vgl. Leutner, 1989; Möller & Müller-Kalthoff, 2000). Die Ursache dafür liegt u. a. in einem unterschiedlichen Umgang mit den präsentierten Texten: Hohe Vorkenntnisse bringen eine aktive Aufnahme der Inhalte eines Hypertexte mit sich, indem entsprechende Schülerinnen und Schüler selektiv unter der Perspektive lesen, was für sie wichtig sein könnte, indem sie Verknüpfungen zu ihrem schon vorhandenen Vorwissen vornehmen, indem sie Beurteilungen der gelesenen Inhalte durchführen und indem sie weiterführende Schlussfolgerungen ziehen. Bei niedrigen Vorkenntnissen liegt das primäre – wenig effektive – Bemühen dagegen darauf, die lineare Argumentationsabfolge des Hypertextes zu verstehen (vgl. Kozma, 1991). Dementsprechend hat sich bei Simulationen gezeigt, dass für Schülerinnen und Schüler mit geringen Vorkenntnissen eine Reduktion der Komplexität und eine starke instruktionale Unterstützung lernförderlich sind, während bei hohen Vorkenntnissen ein weitgehend freies Agieren zu höheren Lernerfolgen führt.

Bereits im Zusammenhang der Darlegung des kognitionspsychologischen Forschungsstandes ist angedeutet worden, dass die empirischen Ergebnisse von Mayer zur Fundierung seiner generativen Theorie multimedialen Lernens v. a. für Lernende mit niedrigem Vorwissen zutreffen. In der Tat gilt für diese Untersuchungen wie für viele andere zum Lernen mit neuen Medien, dass jede Form von Strukturierungshilfe – sei sie auf die Anordnung von Texten und Bildern, auf das Vermeiden von kognitiver Überlastung oder auf die Steuerung des Lernprozesses bezogen – in erster Linie Schülerinnen und Schülern mit geringen Lernvoraussetzungen zu Gute kommt. Dies galt schon für das Supplantationskonzept von Salomon, von dessen Herauslösungen von Details aus dem Ganzen, Visualisierungen und Perspektivenwech-

seln (= externe Simulation kognitiver Prozesse) in erster Linie diese Gruppen an Lernenden profitierte.

Neben themenspezifischen Lernvoraussetzungen werden beim Lernen mit neuen Medien medienspezifische Voraussetzungen wirksam. Es hat sich gezeigt, dass eine automatische Verbesserung durch einfache Addition mehrerer Codiersysteme nicht erreicht wird, wenn die Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit zur Decodierung der Symbol- und Codiersysteme nicht besitzen. Wie für das Textverständnis eine hermeneutische Kompetenz notwendig ist, wird für das Verstehen multimedialer Darstellungen eine Fähigkeit zum Entschlüsseln von Bildern, Grafiken und Animationen benötigt (vgl. Salomon, 1979; Weidenmann, 1994). In dieselbe Richtung gehen empirische Erkenntnisse zum Einsatz der neuen Medien als Werkzeuge. Im Deutschunterricht soll auf diese Weise zur Förderung der Schreibfähigkeit beigetragen werden, da die Überarbeitung von Texten vereinfacht wird und das Textverarbeitungsprogramm (z. B. WORD) die Schülerinnen und Schüler in der Rechtschreibung und beim Gebrauch der Grammatik unterstützt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass im Schreiben Ungeübte die technischen Möglichkeiten nicht ohne eine entsprechende Unterstützung der Lehrperson nutzen (vgl. Greenleaf, 1996).

Lernstrategien der Schülerinnen und Schüler

Ein letzter Punkt im Bereich der Persönlichkeitsmerkmale, die das Lernen mit neuen Medien beeinflussen, ist die Lernstrategie, mit der Schülerinnen und Schüler vorgehen. Diese verändert sich je nach Präsentationsform; es kann sogar zum Ausgleich ungünstiger Lernbedingungen kommen. Paechter (1997) hat in einer empirischen Untersuchung drei Gruppen mit Lehrmaterialien zu einem Thema konfrontiert, die unterschiedlich codiert waren (visuell, auditiv und bimodal). Die anschließenden Tests ergaben – anders als es der generativen Theorie multimedialen Lernens nach zu erwarten gewesen wäre – keine signifikanten Unterschiede in den Ergebnissen. Allerdings sind die Mitglieder der einzelnen Gruppen signifikant unterschiedlich vorgegangen. In den Gruppen, die mit monomodal codiertem Material arbeiteten, wurden die Lerneinheiten wesentlich häufiger aufgerufen als in der Gruppe, die mit bimodal codiertem Material arbeitete. Unter auditiven Bedingungen war zudem die Anzahl an Wiederholungen signifikant höher als unter den beiden anderen Bedingungen und die Lernenden benötigten signifikant mehr Zeit für die Bearbeitung. Ergänzt werden diese Ergebnisse durch eine Untersuchung von Lewalter (1997a, b), in der Lernen mit Animationen und Lernen mit Bildern verglichen wurden. Auch hier konnte kein signifikanter Einfluss der verschiedenen Präsentationsformen auf die Ergebnisse des anschließenden Tests festgestellt werden. Es stellte sich aber heraus, dass nicht nur häufiger lernstrategische Maßnahmen von der Gruppe der Lernenden mit Bildern verwandt wurden, sondern dass diese auch deutlich häufiger effektivere Lernstrategien – i. e. Kontrollstrategien mit Einfluss auf den weiteren Lernprozess – einsetzten als die mit Animationen Lernenden. Aus den beiden Versuchen lässt sich

schlussfolgern, dass Lernende „eine eher ungünstige Gestaltung der Lernsoftware [...] ausgleichen können“ (Paechter, 1997, 235). Möglicherweise hatte die lerntheoretisch günstigere Gestaltung jeweils zur Folge, dass der Lerninhalt als so leichtverständlich wahrgenommen wurde, dass den Lernenden keine tiefere Auseinandersetzung notwendig zu sein schien („illusion of knowing“). Die Lernstrategie stellt in jedem Fall also eine wichtige moderierende Variable dar, so dass auch bei fehlenden signifikanten Ergebnissen in Leistungstests empirischer Untersuchungen nicht unmittelbar gefolgert werden kann, dass das Treatment wirkungslos war.

3. Zur Bedeutung instruktionaler Unterstützung des Lernens mit neuen Medien

Wie sorgfältig die Gestaltung von neuen Medien zu Lernzwecken auch immer vorgenommen wird und wie exakt die Medien auch an die Lernvoraussetzungen von Schülerinnen und Schülern angepasst werden, erfordert das Lernen mit neuen Medien doch Kompetenzen, die im traditionellen Unterricht offensichtlich nicht erworben werden konnten, so dass besondere Lernhilfen – sei es durch Lehrerinnen und Lehrer, sei es durch das Medium selbst – notwendig werden. Dies kann am Beispiel des Lernens mit Simulationen und Hypertexten deutlich gemacht werden.

Einsatz von Simulationen und Hypertexten im Unterricht

Simulationen ermöglichen entdeckendes Lernen und dieses auch bei Unterrichtsthemen, die sonst dem Zugriff der Schülerinnen und Schüler entzogen sind (zum Beispiel bei komplexen gesellschaftlichen oder naturwissenschaftlichen Phänomenen). Metaanalysen der vorliegenden Berichte über empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass Schülerinnen und Schüler offensichtlich immer wieder dieselben Probleme haben (vgl. de Jong & van Joolingen, 1998):

- ◆ Die Veränderung von Parametern verbleibt häufig auf der spielerischen Ebene; eine hypothesengeleitete Veränderung erfolgt in der Regel nicht. Dies liegt darin begründet, dass Schülerinnen und Schüler entweder nicht wissen, wie eine Hypothese von ihrer sprachlichen Struktur her auszusehen hat, dass sie keine Hypothese im Sinne der Aufgabe formulieren können oder dass sie keine Gegen- (Alternativ-)hypothese entwerfen.
- ◆ Darüber hinaus haben Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten, ein angemessenes Design ihrer Simulationen zu entwerfen. Es erfolgt zum Beispiel häufig keine systematische Variation *einer* Variablen, sondern es werden mehrere Variablen auf einmal verändert. Oder Schülerinnen und Schüler suchen gezielt nach hypothesenbestätigenden Daten. Schließlich kommt es vor, dass nicht die richtige Variable variiert wird, um eine bestimmte Hypothese zu prüfen, oder es wird immer dieselbe Hypothese mit unterschiedlichen Experimenten geprüft.

- ◆ Vor diesem Hintergrund ist es nicht überraschend, dass es Schülerinnen und Schülern dann oft nicht gelingt, die gewonnenen Daten angemessen zu interpretieren.

Erst mit auf die spezifischen Probleme ausgerichteten instruktionalen Hilfen lassen sich die Chancen der neuen Medien ausschöpfen und ihre Probleme vermeiden. Besonders hilfreich sind Informationen, die auf die spezifischen Probleme abgestimmt sind und genau zu dem Zeitpunkt gegeben werden, an dem sie benötigt werden anstatt vorab als Leitfaden oder im Nachhinein als Rückmeldung (vgl. Leutner, 1992). Das bedeutet in den genannten Fällen beispielsweise, Schülerinnen und Schülern Unterstützung für die einzelnen Schritte der Hypothesengenerierung und beim Entwurf eines angemessenen Forschungsdesigns zu geben.

Bezogen auf Hypermedia-Arbeitsumgebungen kann eine vergleichbare Bilanz wie für die Simulationen aufgemacht werden: hohes Potenzial, ebenso schwierige Integration in den Unterricht. Schülerinnen und Schüler können sich beim Lernen mit einem Hypertext selbst Ziele setzen, ihr Vorwissen wird aktiviert, sie suchen selbstständig nach Informationen und sie können metakognitive Strategien zur Kontrolle des Lernprozesses einsetzen. In der Realität weisen solche Arbeitsumgebungen aber häufig zwei grundsätzliche Probleme für die Lernenden auf (vgl. Haack, 2002; Tergan, 2002): Sie verlieren die Orientierung („lost in hyperspace“), indem sie nicht wissen, wo sie sich befinden und wohin sie weiter gehen sollen. Und es kommt zu kognitiver Überlastung, so dass unreflektiert Daten gesammelt werden. Dies zeigt sich in einem zu hohem Tempo beim Durchgehen des Hypertextes, unsystematischem Vorgehen oder einer ‚Flucht ins Detail‘, bei der die Zusammenhänge aus den Augen verloren werden. Wie bei den Simulationen konnte empirisch nachgewiesen werden, dass es instruktionale Hilfen gibt, die die Probleme mindern können: Gegen den Orientierungsverlust machen klar strukturierte Navigations- und Orientierungshilfen Sinn. Und gegen die kognitive Überforderung hat im Bereich der Medizin eine Modellierung des Vorgehens von Experten lernförderlich gewirkt. Die Lernenden konnten an schwierigen Stellen eines Diagnoseprozesses auf Protokolle zurückgreifen, in denen der Denkprozess von erfahrenen Ärztinnen und Ärzten bei der Diagnose eines anderen Falles wiedergegeben war (vgl. Fischer & Mandl, 2000). Den Lernenden wird so deutlich, wie sie sinnvollerweise vorgehen, ohne dass eine Lösung des konkreten Falles erfolgt.

Kritisch zu hinterfragen ist auch die Art des mit neuen Medien erworbenen Wissens: Handelt es sich um das avisierte Fachwissen oder eher um sogenanntes ‚Programm-Wissen‘? In Anlehnung an die Problemlösetheorie von Sweller (vgl. Sweller & Levine, 1982; Sweller, Mawer & Ward, 1983) konnten Vollmeyer, Burns und Holyoak (1996) für komplexe biologische Aufgabenstellungen nachweisen, dass beim Lernen mit Simulationen eine unspezifische Aufgabenstellung, die auf das Erkennen der grundlegenden fachlichen Regeln ausgerichtet ist, eher den Erwerb von Transferwissen fördert. Wird eine Aufgabe in Anlehnung an

Anderson (1987) dagegen sehr eng formuliert, so führt dies eher zu Wissen über die Funktionsweise des benutzten Programms, da die Versuchspersonen das Ziel zu erreichen versuchen, ohne über das zugrunde liegende Fachwissen nachzudenken. So angemessen infolge dessen Zielspezifität für einen Wissenserwerb in klar umrissenen Themengebieten ist, die sich durch wiederholte sehr ähnliche Aufgaben auszeichnen, so ineffizient scheinen direkte Ziel-Mittel-Analysen bei erwünschtem Wissenstransfer zu sein – mindestens im Hinblick auf Lernende mit niedrigen Lernvoraussetzungen. Fortgeschrittene Lerner sind möglicherweise eher in der Lage, generalisierte Aussagen aus sehr spezifischen Aufgaben zu generieren. Hier stehen weitere empirische Untersuchungen noch aus.

Positiv auf den Lernerfolg beim Lernen mit neuen Medien kann sich kooperatives Lernen auswirken. Verglichen mit individuellem Lernen experimentieren die Lernenden in Gruppen häufiger mit neuen Ideen und testen bzw. überdenken sie kritisch. Die Vorteile kooperativen Lernens sind auf eine Beeinflussung der kognitiven Entwicklung der Schülerinnen und Schüler in dreifacher Hinsicht zurückzuführen (vgl. Crook, 1994; Tao & Gunstone, 1999): Zum einen erfordert die Zusammenarbeit, dass intuitive oder sich entwickelnde Ideen den anderen Teilnehmerinnen und Teilnehmern einer Gruppe explizit gemacht werden müssen („articulation“). Um eine Aufgabe bearbeiten zu können, müssen die Lernenden ihre Meinungen artikulieren, was zu ihrer Klärung beiträgt. Zum zweiten kann es in der Gruppe zu kognitiven Konflikten kommen, wenn Lernende mit unterschiedlich adäquaten Vorstellungen zusammenarbeiten („peer conflict“). Im Sinne von Piagets Entwicklungstheorie bedingt dies Akkomodations- oder Assimilationsprozesse. Zum dritten schließlich kann es in einer Gruppe zu Ko-Konstruktionsprozessen kommen („co-construction“). Die Grundidee hierfür kommt aus dem sozialen Konstruktivismus, der von Vygotskij (1993) begründet wurde. Wissen wird in einem sozialen Prozess als gemeinsam geteilte Bedeutung entwickelt. Neben dem Einsatz von Gruppenarbeit direkt im Unterricht bieten sich auch mediale Möglichkeiten kooperativen Lernens an, z. B. in Form von virtuellen Seminaren, Chats, Videokonferenzen oder Newsgroups. Den begleitenden Evaluationen und Erfahrungsberichten lässt sich entnehmen, dass die Beteiligung der einzelnen Lernenden in virtuellen Seminaren deutlich höher ist als in konventionellen Lehrveranstaltungen.

Diese positive Erkenntnis muss allerdings in einigen Punkten erneut eingeschränkt werden. So zeigen sich die lernförderlichen Wirkungen der Gruppenarbeit beim Lernen mit neuen Medien im Unterricht nur bei entsprechender Unterstützung durch die Lehrperson, indem diese den Interaktionsprozess vorstrukturiert und Aufgaben stellt, die nicht lediglich Formelwissen zur Lösung benötigen. Beim Lernen mit Simulationen kann es durch Gruppenarbeit sogar zu kognitiver Überlastung kommen, wenn zu der Komplexität der Simulationen auch noch die Anforderung hinzukommt, die eigenen Lernaktivitäten mit denen der Lernpartner zu

koordinieren (vgl. Schnotz et al., 1998). Dies bedeutet insbesondere bei geringem Vorwissen eine Überforderung.

Kooperatives Lernen mit Hilfe der neuen Medien

Kooperatives Lernen kann mit Hilfe der neuen Medien selbst wirkungsvoll unterstützt werden. Die Chancen beruhen insbesondere auf der Vernetzung über das World Wide Web, das eine Kommunikation unabhängig von Raum und Zeit gestattet. Die medienunterstützte Gruppenarbeit weist allerdings Probleme auf: Zum einen kann es aufgrund der Möglichkeiten, Texte in beliebiger Länge und an beliebig viele Personen zu senden, zum ‚information overload‘ kommen, so dass die einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer nicht mehr in der Lage sind, alle Beiträge aufzunehmen. Zum anderen fehlt häufig eine Verbundenheit der Nachrichten untereinander, indem nicht direkt auf vorhergehende Beiträge eingegangen wird, sondern auf weit zurückliegende, oder indem zu mehreren Beiträgen Stellung genommen wird (vgl. Fischer & Mandl, 2000). Auch hier sind also stark eingreifende instruktionale Hilfen notwendig, um dem Lernprozess zum Erfolg zu verhelfen. Der kontinuierliche Betreuungsaufwand ist daher hoch (vgl. Moll, 2000).

Die Münchner Arbeitsgruppe um Mandl hat für zwei Medienarten – computerbasierte Kommunikation und Videokonferenz – die Wirksamkeit von je zwei instruktionalen Unterstützungsformen kooperativen Lernens im Vergleich zum offenen Diskurs in der Gruppe geprüft (vgl. Weinberger, Fischer & Mandl, 2001; Reiserer, Ertl & Mandl, 2001). Das zentrale Ergebnis lautet, dass in der Mehrzahl der Experimente die Hilfe durch ein sogenanntes Kooperationskript (i. e. Anweisung an die Lernenden, *wie* sie vorgehen sollen) im Hinblick auf den Erwerb von Transferwissen deutlich erfolgreicher ist als eine Unterstützung durch Scaffolding (i. e. eine *inhaltliche* Vorstrukturierung des kooperativen Lernens) oder als *fehlende* instruktionale Unterstützung. Für die computerbasierte Kommunikation von drei Lernenden gab das Kooperationskript für alle bearbeiteten Fälle abwechselnd jedem Lerner eine Rolle – Textanalysierer oder konstruktiver Kritiker – sowie eine Reihenfolge der Interaktion vor. Für die Videokonferenz von zwei Lernenden legte das Skript vier Interaktionsschritte mit jeweiliger Rollenverteilung, die ebenfalls fallweise wechselte, und das Zeitlimit fest. Das Scaffolding umfasste jeweils vorstrukturierende Fragen zu den zu bearbeitenden Texten, die sicherstellen sollten, dass alle wesentlichen Inhalte von den Studierenden berücksichtigt werden. Dass dieses nicht nur im Vergleich zum Kooperationskript, sondern auch im Vergleich zum Diskurs ohne jede instruktionale Unterstützung weniger effizient war, führen Weinberger, Fischer und Mandl (2001) darauf zurück, dass die Fixierung der Studierenden durch die Vorgaben so stark war, dass eigenständige Reflexionen unterblieben.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den bisher dargestellten Erkenntnissen zum Lernen mit neuen Medien um Forschungsergebnisse handelt, die in Untersuchungen ohne systematische Variation des inhaltlichen Gegenstandes gewonnen wurden. Die

psychologisch und erziehungswissenschaftlich ausgerichtete Medienforschung hat der Frage der fachspezifischen Prägung eines Unterrichts mit neuen Medien bisher generell eher geringe Aufmerksamkeit geschenkt. Der Expertiseforschung lässt sich nun aber entnehmen, dass dauerhaft herausragende Leistungen einer Person im Vergleich zu anderen Personen (vgl. Gruber, 1998) – wie Expertise in der Regel definiert wird – domänenspezifisch ist, so dass nicht automatisch von einer Übertragbarkeit der an einem bestimmten Gegenstand gewonnenen Erkenntnisse auf alle Schulfächer ausgegangen werden kann. Im Hinblick auf die Akzeptanz und die Implementation der neuen Medien hat denn auch Jones (1999) für Neuseeland eine fachkulturelle Prägung aufgezeigt. In diesem Zusammenhang ist insbesondere zu berücksichtigen, dass die schulischen Ziele und Inhalte i. d. R. deutlich komplexer sind, als diejenigen, die den Experimenten zugrunde liegen (vgl. Hasebrook, 1995).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es über die Gestaltungsmerkmale neuer Medien hinaus ein Bündel an Faktoren gibt, das die Lernwirksamkeit dieser Medien im realen Unterrichtsalltag beeinflusst. Daraus lässt sich auf der einen Seite die Konsequenz ziehen, dass eine einfache Aussage in der Form ‚Das neue Medium X bewirkt, dass die Schülerinnen und Schüler den Gegenstand Y besser erlernen.‘ nicht möglich ist, sondern dass die Interaktion der Faktoren Lehr-Lernziel, instruktionale Unterstützung, Vorwissen der Schülerinnen und Schüler in Form von themenspezifischen Kenntnissen und medienspezifischen Fertigkeiten, Interessen und Einstellungen sowie Lernstrategien mit dem Medium und die Interaktion der Faktoren untereinander Berücksichtigung finden müssen. Auf der anderen Seite bedeutet die festgestellte Komplexität, dass die Auswahl und ein Einsatz neuer Medien im Unterricht sorgfältiger Abstimmungen auf die eigenen Lehr-Lernziele, auf die Persönlichkeitsmerkmale der Schülerinnen und Schüler und auf die geplante didaktisch-methodische Gestaltung bedürfen und dass darüber hinaus eine umfassende instruktionale Unterstützung der Schülerinnen und Schüler während der Arbeit mit dem Medium notwendig ist.

4. Zu den Forschungsperspektiven zum Lernen mit neuen Medien

Damit kann man sich der Aussage von Kerres (2000, 19) anschließen, „dass den neuen Medien das Potenzial zu Innovationen im Bildungsbereich nicht ‚innewohnt‘ und Innovationen nicht durch Medien ‚bewirkt‘ werden können. Sie sind vielmehr Resultat bestimmter didaktischer Konzepte und ihrer Umsetzung in der Bildungspraxis“. Medien unter denselben didaktischen Prinzipien wie personalen Unterricht einzusetzen, erscheint vor diesem Hintergrund nicht adäquat. Corte (1994) vermutet allerdings gerade aus diesem Grund, dass die hohen Erwartungen an den Einsatz neuer Medien im Unterricht nicht erfüllt werden. Er begründet dies mit einem hohen Anpassungsdruck an der Schule, wo Innovationen i. d. R. in gewohnte Abläufe integriert werden, so dass die Medien voraussichtlich nur als ‚*add-on*‘ Einlass finden (vgl. auch Fischer & Mandl, 2000). Erste eigene Voruntersuchungen lassen bestätigende

Hinweise für diese Vermutung erkennen (vgl. Blömeke, 2001); systematische Untersuchungen auf empirischer Basis existieren nicht. Die Vermutung der Beibehaltung traditioneller Handlungsmuster auch beim Einsatz neuer Medien wird von den Erkenntnissen der qualitativen Lehrerforschung gestützt, die – bisher unabhängig von der Medienfrage – darauf hinweist, wie schwierig die Veränderung der Verhaltensweisen von Lehrerinnen und Lehrern ist; Fortbildungen in Form der Präsentation von neuen Handlungsweisen unabhängig von den subjektiven Theorien und ohne Anknüpfung an die bestehenden Handlungsrouinen der Lehrerinnen und Lehrer haben sich nicht bewährt (vgl. Mutzek, 1988; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; Wahl, 2002).

Für weitere Forschungsvorhaben stellt sich daher in einem ersten Schritt die Aufgabe, überhaupt erst einmal generelle Handlungsmuster von Lehrerinnen und Lehrern beim Einsatz neuer Medien zu identifizieren. Darüber hinaus stellt sich vor dem Hintergrund der Forderungen von Kerres die Frage der tatsächlichen Einbettung der neuen Medien in den Gesamtzusammenhang des Unterrichts. Angesichts der weitgehenden Unklarheit, wie der Medieneinsatz im Unterricht denn nun tatsächlich realisiert wird, gilt es in explorativer Absicht, eine eher breite Anlage der Untersuchungen zu wählen, um nicht wichtige Kontextfaktoren mit Einfluss auf die Muster unberücksichtigt zu lassen. Welche Faktoren möglicherweise eine Rolle spielen, wird im folgenden Abschnitt diskutiert.

Handlungsmuster von Lehrerinnen und Lehrern beim Einsatz von neuen Medien

Bei Handlungsmustern handelt es sich in der klassischen Definition von Ehlich/Rehbein (1979, 250) um „Formen von standardisierten Handlungsmöglichkeiten, die im konkreten Handeln aktualisiert und realisiert werden. [...] Das Muster hat einen Zweck; auf ihn ist es funktional bezogen.“ Die Muster werden dabei kollektiv geteilt; sie stellen Organisationsformen von gesellschaftlichen Handlungsprozessen dar, an denen mehrere Akteure beteiligt sind (vgl. Ehlich & Rehbein, 1977). Handlungsmuster setzen sich aus Skripts und subjektiven Theorien zusammen.

Mit dem Begriff des Skripts, der auf Schank und Abelson (1977) zurückgeht, wird die mentale Repräsentation einer systematischen Handlungsabfolge bezeichnet, die auf eine spezifische Situation ausgerichtet ist (z. B. Restaurantbesuch) und mit einem bestimmten Ziel versehen ist. Ein Skript stellt die elaborierte Ausgabe des Framekonzepts von Minsky (1975) dar, das als Schemakonzept von Mandler (1984) weiterentwickelt wurde. Danach umfasst ein Schema hierarchisch organisiertes, generalisiertes Wissen über eine Standardsituation (z. B. Unterricht), wozu auch deren sequenzielle Abfolge gehört. Im Unterschied zu Schemata sind Skripts konkreter an einen spezifischen Inhalt gebunden (z. B. die Vermittlung von Bruchrechnen als unterrichtlichen Gegenstand); es handelt sich aber noch immer um generalisiertes Wissen, insofern es nicht an ein bestimmtes Beispiel gebunden ist. Skripts weisen eine ‚Baumstruktur‘ mit Haupt- und Nebenlinien auf; sie stellen eine Abfolge vollständiger

Szenen dar, die die Handlungsgrößen Objekt – Ort – Rollen – Tätigkeit – Ergebnis umfassen (vgl. Aebli, 1980, 1983).

Übertragen auf den Einsatz neuer Medien im Unterricht bedeutet das Skript-Konzept, dass sich in den Handlungsverläufen von Lehrerinnen und Lehrern vermutlich typische Strukturen rekonstruieren und zu Skripten zusammenfassen lassen. Die Betrachtung von Unterrichtsskripten kann als eine angemessene Balance zwischen Laborstudien zum Einsatz neuer Medien, die die unterrichtliche Komplexität zu stark reduzieren, und der Detailfülle des konkreten Lehr-Lerngeschehens angesehen werden. Nachdem experimentelle Laborstudien bereits in umfangreichem Maße vorliegen, stellt die Identifikation von Unterrichtsskripten die zentrale Aufgabe zukünftiger Forschungsvorhaben dar, wobei vor dem Hintergrund des relativ hohen Konkretisierungsgrades der Frage nach Prägungen durch *Expertisegrad* der Lehrerinnen und Lehrer beim Einsatz neuer Medien, *Fachzugehörigkeit*, verfolgtes *Lehr-Lernziel* und eingesetztes *Medium* als Kontextfaktoren besonderer Raum eingeräumt werden sollte.

Skripts als Rahmenvorgaben für das Lehrerhandeln in Form von szenischen Abfolgen liegen spezifische subjektive Theorien der Lehrerinnen und Lehrer zugrunde. Groeben et al. belegen in Weiterführung und kohärenter methodologischer Fundierung von Einzelarbeiten z. B. zu ‚personal constructs‘ (Kelly, 1955), ‚impliziten Persönlichkeitstheorien‘ (Hofer, 1974), ‚naiven Verhaltenstheorien‘ (Laucken, 1974) und ‚beliefs‘ (Horwitz, 1987) sowie unter Bezug auf die Metakognitions- und die Attributionsforschung die handlungsleitende Wirkung von subjektiven Theorien. Analog zu objektiven Theorien wird von einer gewissen Komplexität dieser Selbst- und Weltansicht ausgegangen, die die Funktionen der Erklärung, Prognose und Technologie erfüllen und eine entsprechende implizite Argumentationsstruktur besitzen (vgl. Groeben, Wahl, Schlee & Scheele, 1988, Scheele & Groeben, 1998). Unterschiedliche Skripts haben ihre Ursache in unterschiedlichen subjektiven Theorien über die einzelnen gespeicherten Handlungsgrößen und ihre Bezüge untereinander. Aus der Expertiseforschung lassen sich als relevante Theoriebestandteile das fachliche Wissen (einschließlich der Leitideen bezogen auf die Wissenschaftsdisziplin), das fachspezifisch-pädagogische Wissen (einschließlich der Leitideen bezogen auf das Schulfach), das pädagogische Wissen und das curriculare Wissen ausdifferenzieren (vgl. Bromme, 1997). Wesentliche Bestimmungsmerkmale der subjektiven Theorien gelten zwar als nicht beobachtbar, aber als interpretativ erschließbar. Dem Individuum wird zugestanden, „einen privilegierten Zugriff zum Inhalt seiner bewusst ablaufenden mentalen Vorgänge“ zu besitzen (Grotjahn, 1998, 40). Damit stellt sich die Aufgabe, unter der Perspektive des Einsatzes neuer Medien im Unterricht die subjektiven Theorien jeweils in den dargestellten Facetten nach Bromme zu rekonstruieren und in Hinblick auf ihre Bezüge zu fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Theorien und Konzepten zu untersuchen.

Auf diese Weise würden nicht nur qualitative Ansätze Eingang in die medienbezogene Forschung finden, die Ergebnisse würden es auch erlauben, künftige Interventionsstudien gezielter anzusetzen: Deutlich würde zum einen, inwieweit Lehrerhandeln überhaupt weiterentwickelt werden muss. Zum anderen könnten die Ergebnisse Entscheidungshilfen geben, welche Interventionen sinnvoll sind. Und schließlich könnte durch die gewonnenen differenzierten Kenntnisse die Detailstruktur der Interventionen besser geplant werden.

Literatur

- Aebli [1980], H.: *Denken: das Ordnen des Tuns*. Bd. 1: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie. Stuttgart: Ernst Klett
- Aebli [1983], H.: *Zwölf Grundformen des Lehrens*. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Stuttgart: Klett
- Anderson [1987], J. R.: Skill Acquisition. Compilation of Weak-Method Problem Solutions. In: *Psychological Review* 94, 192-210
- Aufenanger [1999], St.: Lernen mit neuen Medien – Was bringt es wirklich? Forschungsergebnisse und Lernphilosophien. In: *Medien praktisch*. Zeitschrift für Medienpädagogik 23/4, 4-8
- Blömeke [2001], S.: *Kompetenzerwerb in der universitären Lehrerausbildung*. Theoretische und empirische Fundierung am Beispiel medienpädagogischer Kompetenz. Paderborn: Universität/Fachbereich Erziehungswissenschaft (unveröff. Habilitationsschrift)
- Bromme [1997], R.: Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In: Weinert, F. E. (Hg.): *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 177-212). Göttingen u. a.: Hogrefe (= Enzyklopädie der Psychologie; D, 1, 3)
- Brünken [et al. 2001], R./Steinbacher, S./Schnotz, W./Leutner, D.: Mentale Modelle und Effekte der Präsentations- und Abrufkodalität beim Lernen mit Multimedia. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 15, 16-27
- Brünken, R./Leutner, D. [2001]: Aufmerksamkeitsverteilung oder Aufmerksamkeitsfokussierung? Empirische Ergebnisse zur „Split-Attention-Hypothese“ beim Lernen mit Multimedia. In: *Unterrichtswissenschaft* 29, 357-366
- Corte [1994], E. De: Toward the Integration of Computers in Powerful Learning Environments. In: Vosniadou, St./Corte, E. De/Mandl, H. (Hg.): *Technology-Based Learning Environments*. Psychological and Educational Foundations (S. 19-25). Berlin/Heidelberg: Springer
- Crook [1994], Ch.: *Computers and the Collaborative Experience of Learning*. London/New York: Routledge
- Dillon, A./Gabbard, R. [1998]: Hypermedia as an Educational Technology. A Review of the Quantitative Research Literature on Learner Comprehension, Control, and Style. In: *Review of Educational Research* 68, 322-349
- Ehlich, K./Rehbein, J. [1977]: Wissen, kommunikatives Handeln und die Schule. In: Goepfert, H. C. (Hg.): *Sprachverhalten im Unterricht*. Zur Kommunikation von Lehrer und Schüler in den Unterrichtssituationen (S. 36-114). München: Wilhelm Fink
- Ehlich, K./Rehbein, J. [1979]: Sprachliche Handlungsmuster. In: Soeffner, H.-G. (Hg.): *Interpretative Verfahren in den Sozial- und Textwissenschaften* (S. 243-274). Stuttgart: Metzler
- Fischer, F./Mandl, H. [2000]: *Lehren und Lernen mit neuen Medien*. München: Institut für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität (= Forschungsberichte; 125)
- Greenleaf [1996], C.: *Technological Indeterminacy*. The Role of Classroom Writing Practices in Shaping Computer Use. Berkeley: University
- Groebe [et al. 1988], N./Wahl, D./Schlee, J./Scheele, B.: *Das Forschungsprogramm Subjektive Theorien*. Eine Einführung in die Psychologie des reflexiven Subjekts. Tübingen: Francke

- Grotjahn [1998], R.: Subjektive Theorien in der Fremdsprachenforschung. Methodologische Grundlagen und Perspektiven. In: *Fremdsprachen Lehren und Lernen*. Zur Theorie und Praxis des Sprachunterrichts an Hochschulen 27, 33-59
- Gruber [1998], Hans: Expertise. In: Rost, Detlef H. (Hg.): *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 126-129). Weinheim: Psychologie Verlags Union
- Gruber [et al. 1992], H./Mandl, H./Renkl, A./Schreiber, W. H./Weidenmann, B.: Lehr- und Lernforschung. Neue Unterrichtstechnologien. In: Ingenkamp, K./Jäger, R. S./Petillon, H./Wolf, B. (Hg.): *Empirische Pädagogik 1970-1990*. Eine Bestandsaufnahme der Forschung in der Bundesrepublik Deutschland Bd. II (S. 471-516). Weinheim: Deutscher Studien Verlag
- Haack [2002], J.: Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. In: Issing, L. J./Klimsa, P. (Hg.): *Information und Lernen mit Multimedia* (S. 127-136). Weinheim: Psychologie Verlags Union, 3. vollst. überarb. Aufl.
- Hasebrook [1995], J.: Lernen mit Multimedia. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 9, 95-103
- Hofer [1974], M.: *Die Schülerpersönlichkeit im Urteil des Lehrers*. Eine dimensionsanalytische Untersuchung zur impliziten Persönlichkeitstheorie. Weinheim /Basel: Beltz, 3. überarb. Aufl.
- Horwitz [1987], E. K.: Surveying Student Beliefs About Language Learning. In: Wenden, A./Rubin, J. (Hg.): *Learner Strategies in Language Learning* (S. 119-129). Englewood Cliffs u. a.: Prentice-Hall International (= Language Teaching Methodology Series)
- Jones [1999], A.: Teachers' Subject Subcultures and Curriculum Innovation. The Example of Technology Education. In: Loughran, J. (Hg.): *Researching Teaching*. Methodologies and Practices for Understanding Pedagogy (S. 155-171). London/Philadelphia: Falmer
- Jong, T. de/Joolingen, W. R. v. [1998]: Scientific Discovery Learning With Computer Simulations of Conceptual Domains. In: *Review of Educational Research* 68, 179-201
- Kelly [1955], George A.: *The Psychology of Personal Constructs*. Bd. 1: A Theory of Personality. New York: Norton
- Kerres [2000], M.: Medienentscheidungen in der Unterrichtplanung. Zu Wirkungsargumenten und Begründungen des didaktischen Einsatzes digitaler Medien. In: *Bildung und Erziehung* 53, 19-39
- Kozma [1991], R. B.: Learning With Media. In: *Review of Educational Research* 61, 179-211
- Laucken [1974], U.: *Naive Verhaltenstheorie*. Ein Ansatz zur Analyse des Konzeptrepertoires, mit dem im alltäglichen Lebensvollzug das Verhalten der Mitmenschen erklärt und vorhergesagt wird. Stuttgart: Ernst Klett (= Konzepte der Humanwissenschaften)
- Leutner [1989], D.: Angeleitetes Lernen mit Planspielen. Lernerfolg in Abhängigkeit von Persönlichkeitseigenschaften sowie Ausmaß und Zeitpunkt der Anleitung. In: *Unterrichtswissenschaft* 17, 342-358
- Leutner [1992], D.: *Adaptive Lehrsysteme*. Instruktionspsychologische Grundlagen und experimentelle Analysen. Weinheim: Psychologie Verlags Union
- Lewalter [1997a], D.: *Lernen mit Bildern und Animationen*. Studien zum Einfluss von Lernermerkmalen auf die Effektivität von Illustrationen. Münster: Waxmann
- Lewalter [1997b], D.: Kognitive Informationsverarbeitung beim Lernen mit computerpräsentierten statischen und dynamischen Illustrationen. In: *Unterrichtswissenschaft* 25, 207-222
- Lowe [1996], R. K.: Background Knowledge and the Construction of a Situational Representation from a Diagram. In: *European Journal of Psychology of Education* 11, 377-397
- Lowe [1998], R. K.: Verarbeitungsanforderungen beim Verstehen komplexer animierter Bilder. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 12, 125-134
- Mandler [1984], J. M.: *Stories, Scripts, and Scenes*. Aspects of Schema Theory. Hillsdale, NJ/London: Lawrence Erlbaum
- Mautone, P. D./Mayer, R. E. [2001]: Signaling as a Cognitive Guide in Multimedia Learning. In: *Journal of Educational Psychology* 93, 377-389
- Mayer [1997], R. E.: Multimedia Learning. Are We Asking the Right Questions? In: *Educational Psychologist* 32, 1-19
- Mayer, R. E./Chandler, P. [2001]: When Learning Is Just a Click Away. Does Simple User Interaction Foster Deeper Understanding of Multimedia Messages? In: *Journal of Educational Psychology* 93, 390-397
- Mayer, R. E./Gallini, J. K. [1990]: When Is an Illustration Worth Ten Thousand Words? In: *Journal of Educational Psychology* 82, 715-726

- Mayer, R. E./Heiser, J./Lonn, St. [2001]: Cognitive Constraints on Multimedia Learning. When Presenting More Material Results in Less Understanding. In: *Journal of Educational Psychology* 93, 187-198
- Minsky [1975], M. A.: A Framework for Representing Knowledge. In: Winston, P. (Hg.): *The Psychology of Computer Vision*. New York: McGraw-Hill
- Moll [2000], St.: Telelernen an der Hochschule. In: *Beiträge Jugendliteratur und Medien*. Vom Papiertheater zum Computer (= 11. Beiheft), 108-118
- Möller, J./Müller-Kalthoff, Th. [2000]: Lernen mit Hypertext. Effekte von Navigationshilfen und Vorwissen. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 14, 116-123
- Moreno, R./Mayer, R. E. [1999]: Cognitive Principles of Multimedia Learning. The Role of Modality and Contiguity. In: *Journal of Educational Psychology* 91, 358-368
- Moreno, R./Mayer, R. E. [2000]: A Learner-Centered Approach to Multimedia Explanations. Deriving Instructional Design Principles from Cognitive Theory. In: *Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning* (<http://imej.wfu.edu/articles/2000/2/05/index.asp>, Ausdrucken v. 26.09.2001)
- Mutzek [1988], W.: *Von der Absicht zum Handeln*. Rekonstruktion und Analyse subjektiver Theorien zum Transfer von Fortbildungsinhalten in den Berufsalltag. Weinheim: Deutscher Studien Verlag
- Paechter [1997], M.: Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware. In: *Unterrichtswissenschaft* 25, 223-240
- Paivio [1986], A.: *Mental Representations*. A Dual-Coding Approach. New York: Oxford University
- Plass [u. a. 1998], J. L. /Chun, D. M./Mayer, R. E./Leutner, D.: Supporting Visual and Verbal Learning Preferences in a Second-Language Multimedia Learning Environment. In: *Journal of Educational Psychology* 90, 25-36
- Reinmann-Rothmeier, G./Mandl, H. [1998]: Wenn kreative Ansätze versanden. Implementation als verkannte Aufgabe. In: *Unterrichtswissenschaft* 26, 292-311
- Reiserer, M./Ertl, B./Mandl, H. [2001]: *Fostering Collaborative Knowledge Construction in Desktop Videoconferencing*. Effects of Content Schemes and Cooperation Scripts in Peer Teaching Setting. München: Institut für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität (= Forschungsberichte; 143)
- Salomon [1979], G.: *Interaction of Media, Cognition and Learning*. San Francisco/Washington/London: Jossey-Bass
- Schank, R. C./Abelson, R. P. [1977]: *Scripts, Plans, Goals and Understanding*. An Inquiry into Human Knowledge Structures. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum (= The Artificial Intelligence Series)
- Scheele, B./Groeben, N. [1998]: Das Forschungsprogramm Subjektive Theorien. Theoretische und methodologische Grundzüge in ihrer Relevanz für den Fremdsprachenunterricht. In: *Fremdsprachen Lehren und Lernen*. Zur Theorie und Praxis des Sprachunterrichts an Hochschulen 27, 12-32
- Schnotz [1993], W.: Some Remarks on the Commentary. On the Relation of Dual Coding and Mental Models in Graphics Comprehension. In: *Learning and Instruction* 3, 247-249
- Schnotz [2001], W.: Wissenserwerb mit Multimedia. In: *Unterrichtswissenschaft* 29, 292-318
- Schnotz [2002], W.: Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen. In: Issing, L. J./Klimsa, P. (Hg.): *Information und Lernen mit Multimedia* (S. 65-81). Weinheim: Psychologie Verlags Union, 3. vollst. überarb. Aufl.
- Schnotz [et al. 1998], W./Boeckheler, J./Grzondziel, H./Gaertner, I./Wächter, M.: Individuelles und kooperatives Lernen mit interaktiven animierten Bildern. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 12, 135-145
- Stark [et al. 1995], R./Graf, M./Renkl, A./Gruber, H./Mandl, H.: Förderung von Handlungskompetenz durch geleitetes Problemlösen und multiple Lernkontexte. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 27, 289-312
- Sweller [1988], J.: Cognitive Load During Problem Solving. Effects on Learning. In: *Cognitive Science* 12, 257-285
- Sweller, J./Levine, M. [1982]: Effects of Goal Specificity on Means-Ends Analysis and Learning. In: *Journal of Experimental Psychology*. Learning, Memory, and Cognition 8, 463-474
- Sweller, J./Mawer, R. F./Ward, M. R. [1983]: Development of Expertise in Mathematical Problem Solving. In: *Journal of Experimental Psychology*. General 112, 639-661

- Tao, P.-K./Gunstone, R. F. [1999]: Conceptual Change in Science Through Collaborative Learning at the Computer. In: *International Journal of Science Education* 2, 37-57
- Tergan [2002], O.-S.: Hypertext und Hypermedia. Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme und Perspektiven. In: Issing, L. J./Klimsa, P. (Hg.): *Information und Lernen mit Multimedia* (S. 99-112). Weinheim: Psychologie Verlags Union, 3. vollst. überarb. Aufl.
- Tulodziecki, G./Blömeke, S. (Hg.) [2000]: *Neue Medien – neue Aufgaben für die Lehrerbildung*. Tagungsdokumentation. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung, 2. Aufl.
- Urhahne [et al. 2000], D./Prenzel, M./Davies, M. v./Senkbeil, M./Bleschke, M.: Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 6, 157-186
- Vollmeyer, R./Burns, B. D./Holyoak, K. J. [1996]: The Impact of Goal Specificity on Strategy Use and the Acquisition of Problem Structure. In: *Cognitive Science*. A Multidisciplinary Journal of Artificial Intelligence, Linguistics, Neuroscience, Philosophy, Psychology 20, 75-100
- Vollmeyer, R./Rheinberg, F. [1998]: Motivationale Einflüsse auf Erwerb und Anwendung von Wissen in einem computersimulierten System. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 12, 11-23
- Vygotskij [1993], L. S.: Denken und Sprechen. Frankfurt/M.: Fischer
- Wahl [2002], D.: Mit Training vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln? In: *Zeitschrift für Pädagogik* 48, 227-241
- Weidenmann [1994], B.: Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film, Video und Computerprogrammen. Bern u. a.: Huber
- Weidenmann [1996], B.: Instruktionsmedien. In: Weinert, Franz E. (Hg.): *Psychologie des Lernens und der Instruktion* (S. 319-368). Göttingen u. a.: Hogrefe (= Enzyklopädie der Psychologie; D, 1, 2)
- Weidenmann [2002], B.: Abbilder in Multimediaanwendungen. In: Issing, L. J./Klimsa, P. (Hg.): *Information und Lernen mit Multimedia* (S. 83-96). Weinheim: Psychologie Verlags Union, 3. vollst. überarb. Aufl.
- Weidenmann, B./Paechter, M./Hartmannsgruber, K. [1998]: Strukturierung und Sequenzierung von komplexen Text-Bild-Kombinationen. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 12, 112-124
- Weinberger, A./Fischer, F./Mandl, H. [2001]: *Scripts and Scaffolds in Problem-Based Computer Supported Collaborative Learning Environments*. Fostering Participation and Transfer. München: Institut für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität (= Forschungsberichte; 144)
- Weinrich, F./Schulz-Zander, R. [2000]: Schulen am Netz – Ergebnisse der bundesweiten Evaluation. Ergebnis einer Befragung der Computerkoordinatoren und -koordinatorinnen an Schulen. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 3, 577-593

Anschrift:

Prof. Dr. phil. Sigrid Blömeke

Humboldt-Universität zu Berlin

Philosophische Fakultät IV

Abt. Systematische Didaktik und empirische Unterrichtsforschung

Unter den Linden 6

10099 Berlin