

LEHRMITTEL NEU DISKUTIERT

*ERGEBNISSE DES 1. SCHWEIZER LEHRMITTELSYMPOSIUMS
VOM 29. UND 30. JANUAR 2004
AUF DEM WOLFSBERG IN ERMATINGEN TG*

*DAS SYMPOSIUM WURDE UNTERSTÜTZT DURCH
DIE INTERKANTONALE LEHRMITTELZENTRALE (ILZ),
DIE JACOBS FOUNDATION SOWIE
DEN LEHRMITTELVERLAG DES KANTONS ZÜRICH.*

CHRISTIAN AEGERLI (HRSG.) / AUGUST 2004

INHALT

VORWORT <i>CHRISTIAN AEGERLI</i>	5
BEGRÜSSUNG <i>THOMAS HELD</i>	7
INDIVIDUELLE LERNVORAUSSETZUNGEN ZWISCHEN SECHS UND SECHZEHN JAHREN: ALLGEMEINE UND DIFFERENTIELLE ENTWICKLUNGSVERÄNDERUNGEN <i>MARCUS HASSELHORN</i>	11
WAS IST MATHEMATIK UND WAS BEDEUTET DIES FÜR DIE ENTWICKLUNG VON LEHRMITTELN FÜR DEN MATHEMATIKUNTERRICHT <i>ERICH CH. WITTMANN</i>	27
E-LEARNING ALS CHANCE FÜR EINE NEUE LERNKULTUR <i>FRIEDRICH W. HESSE</i>	41
LERNEN MIT ALTEN UND NEUEN MEDIEN: PÄDAGOGISCHE VERHEISSUNGEN UND EMPIRISCHE BEFUNDE <i>WOLFGANG SCHNOTZ</i>	53
BOTTOM UP UND TOP DOWN – DIE VERSCHRÄNKUNG VON SCHULPRAKTISCHEN UND GRUNDLEGENDEN FACHDIDAKTISCHEN ANLIEGEN BEI DER ENTWICKLUNG VON LERN- UND LEHRMATERIALIEN <i>MARCO ADAMINA</i>	67
LERNSTOFF UND LANGZEITGEDÄCHTNIS <i>HENNING SCHEICH</i>	87
LEHRMITTEL ALS «FUTTER FÜR DEN UNTERRICHT» <i>DORIS FISCHER</i>	93
AUTOREN UND AUTORIN	97

VORWORT

Gerade in wirtschaftlich schwierigen Zeiten mehren sich die Forderungen nach guter Schulbildung. Da besinnt sich die öffentliche Meinung auf das wichtigste Kapital einer Gesellschaft: die Bildung. Verlangt werden Reformen, Innovationen und auch Investitionen in das Schul- und Bildungswesen. Unterricht, Lehrpersonen und die Institutionen kommen unter Druck.

Ausgeschlossen aus den Debatten bleiben interessanterweise die Schulbücher beziehungsweise die Lehrmittel und Unterrichtsmaterialien. Und das, obwohl ihr Einfluss und ihre Wirkung auf Schule und Unterricht beträchtlich sind. Zusammen mit den Lehrpersonen und den Schülerinnen und Schülern werden sie vom Pädagogikprofessor Jürgen OELKERS aus Zürich zu den drei starken kausalen Faktoren des durchschnittlichen Unterrichts gezählt. Dennoch ist über die Wirksamkeit von Lehrmitteln sonst kaum etwas bekannt.

Kaum bekannt ist auch die Tatsache, dass Lehrmittel praktisch jeder öffentlichen oder demokratischen Kontrolle entzogen sind. Sie werden kontinuierlich von öffentlichen und privaten Schulbuchverlagen produziert; aber die Initiative oder der Wandel, der sie treibt, ist häufig unklar. Sicher ist nur, dass der Absatz der Bücher in vielen Fällen über Jahre garantiert ist, da der Staat die Bücher für obligatorisch erklären kann. Dass in diesem Bereich die Spiesse für öffentliche und private Anbieter nicht immer gleich lang sind, ist nicht zu bestreiten, war aber auch nicht Thema des 1. Schweizer Lehrmittelsymposiums vom 29. und 30. Januar 2004 auf dem Wolfsberg in Ermatingen TG.

Der Titel des zweitägigen Anlasses lautete «Lehrmittel neu diskutiert». «Neu» sollte dabei den Wandel und die permanente Wissensproduktion innerhalb der Wissenschaften ausdrücken, die den Lehrmitteln zugrunde liegen. Es sind dies unter anderem die Hirnforschung, die Entwicklungspsychologie, die Methodik/Didaktik und natürlich auch die Informationswissenschaften. Gerade weil die Lehrmittel in den Reformdiskursen fast immer vergessen gehen, weil sie durch staatlichen Schutz nur teilweise dem Wettbewerb ausgesetzt sind und weil viele Akteure im Bildungsbereich nicht unbedingt mit den neuesten Erkenntnissen der Lehr-/Lern-

forschung vertraut sind, ergriff Avenir Suisse die Initiative zu dieser Tagung. Es sollte überprüft werden, inwieweit die heutigen, meist hervorragend gemachten Lehrmittel «up to date» sind; es sollte überlegt werden, in welche Richtung und auf welchen Grundlagen sie sich weiterentwickeln müssten. Dazu bildete der Wolfberg den idealen «extraterritorialen» Raum und Rahmen, innerhalb dessen sich intelligente und innovative Köpfe aus Verlagen, der Lehrerbildung, der Verwaltung und andere Schulbuch-Interessierte treffen konnten, um mit intelligenten und innovativen Köpfen aus der Wissenschaft ausserhalb des formalen Rollenspiels Neues zu denken.

In diesem Sinne war das Symposium auch ein Think Tank. Think Tanks sind Orte, an denen Ideen entwickelt werden, die anschliessend in die Öffentlichkeit gebracht werden. Die Ergebnisse des 1. Schweizer Lehrmittelsymposiums, die Referate und die Diskussionen wurden deshalb im vorliegenden Buch festgehalten und damit einem grösseren Kreis von Interessierten zur Verfügung gestellt. Noch wichtiger als die Publikation der Erkenntnisse ist aber, dass, der Bedeutung entsprechend, Lehrmittelfragen in einem breiteren Kreis öffentlich diskutiert werden. Dazu laden wir Sie, geschätzte Leserin, geschätzter Leser, herzlich ein.

Christian AEBERLI, Avenir Suisse, Zürich

BEGRÜSSUNG

THOMAS HELD, AVENIR SUISSE, ZÜRICH

Sehr geehrte Damen und Herren

Ich habe die angenehme Pflicht und Aufgabe, Sie herzlich zu unserer Tagung begrüßen zu dürfen. Damit habe ich auch die Gelegenheit, eine Frage, die mir schon bei der Herfahrt im Bus gestellt wurde, zu beantworten. Wieso kommt AVENIR SUISSE auf die Idee, eine solch spezifische, wissenschaftliche, fast – wenn Sie mir den Ausdruck gestatten – technische Tagung durchzuführen, und das erst noch in einem kleinen Kreis von Experten? Wie kommt AVENIR SUISSE als wirtschaftspolitische Organisation zu diesem Thema? Die Diskussion über die Hochschulfinanzierung – Sie haben sicher von der Studie gehört, die letzte Woche erschienen ist –, das könne man im politischen Kontext ja gerade noch verstehen. Aber wieso jetzt Lehrmittel? Und wieso jetzt Fragen bis hin zur Hirnforschung oder zu neuesten kognitiven Erkenntnissen?

Ich kann Ihnen diese Fragen beantworten. Es gibt zwei Linien, die auf eine solche zunächst vielleicht auf den ersten Blick für uns etwas abseitig anmutende Tagung hinweisen. Seit den Anfängen von AVENIR SUISSE ist die Bildung – oder im Grunde genommen die Volksschule beziehungsweise die Primarschule – ein zentraler Arbeitsbereich. Unsere allererste Studie beschäftigte sich mit dem Potenzial der Primarschule. Diese Studie haben wir gemacht, weil wir der Überzeugung waren und auch heute noch der Überzeugung sind, dass das Feld der Primarschule, gemessen an den vielfältigen Bemühungen im Bereich der tertiären Bildung und der Beschäftigung der Politik mit Dingen der tertiären Bildung, eher «understudied» ist und dass dort Potenziale brachliegen, die nicht genutzt werden.

Wir haben mit einer Auslegeordnung der Situation der Primarschulen in der deutschen und in der französischen Schweiz begonnen, die immerhin dazu geführt hat, dass der Vorschlag nach früherer Einschulung einen höheren politischen Stellenwert gefunden

hat und zum Beispiel in offizielle Forderungskataloge übernommen worden ist. Diese Linie haben wir fortgesetzt mit einer Studie über Best Practice in der Schule, in der wir die Idee der Transparenz der Leistungen der Schulen, vor allem aber auch der Leistungen der einzelnen Lehrpersonen, und die Wirkung einer solchen Transparenz demonstriert haben. Auch dort ist das letzte Wort noch nicht gesprochen. Es gibt mehrere Kantone, die ähnliche Ideen aufnehmen und eine Art ständige Evaluation ihrer Primarschulen vornehmen wollen. Das ist die eine Linie.

Die andere Linie kommt von ganz woanders her. Sie wissen, dass wir bei AVENIR SUISSE einen weiteren Schwerpunkt verfolgen, der sich sozusagen mit etwas vom «Heiligsten» in der Schweiz – mit dem schweizerischen Föderalismus – beschäftigt. Wir haben das nicht so deklariert, wir nennen das immer etwas anders und sprechen von «Institutionen» oder von «regionalen Einheiten». Wir haben eine ganze Terminologie entwickelt, damit wir nicht immer das Heiligste direkt ansprechen müssen und somit in Schwierigkeiten geraten. Aber Sie haben sicher gemerkt, aus vielen unserer Studien, dass es unsere Position oder Überzeugung ist, dass eine Weiterentwicklung des Föderalismus nur über eine Art Essentialisierung läuft, dass, wenn man die positiven Effekte – die Wettbewerbseffekte und die Vielfalt – wirklich langfristig stärken will, man nicht darum herumkommt, sozusagen auch die Absurditäten oder das Zuviel, das in der gegenwärtigen Extremföderalmussituation drinsteckt, zu untersuchen. Das heisst, dass man eben nach «economies of scales» suchen muss, dass man nach Fragmentierungen fragen muss, dass man nach Spill-over-Effekten fragen muss.

Eigentlich wollten wir im Anschluss an die Primarschulstudie eine Art Auslegeordnung der Lehrmittel der Kantone machen, ursprünglich geplant in Form einer Ausstellung, nicht in Form einer Tagung. Wir wollten sozusagen die echte Vielfalt, aber auch die Pseudo-

vielfalt an Lehrmitteln aufzeigen. Eine Pseudovielfalt, wie sie auch in der Presselandschaft zu sehen ist, denn wenn Sie die Kopfblätterttexte zählen, sind es am Ende nicht mehr sehr viele Texte, die über ein Ereignis geschrieben werden. Aber sie werden in vielen unterschiedlichen Zeitungen abgedruckt. Das wollten wir ursprünglich darstellen. Von dieser Fragestellung aus sind wir zur grundsätzlicheren Fragestellung gelangt. Wir sagten uns: Eigentlich braucht es für Qualitätsverbesserungen und für diese Potenzialausnutzungsfrage eine Beschäftigung neuer Art mit Lehrmitteln. Eine Beschäftigung neuer Art mit einem Gebiet, das merkwürdigerweise in der gesamten Schuldiskussion, in der über Strukturen geredet wird, über geleitete Schulen, über alles, was man sich im betriebswirtschaftlichen Bereich vorstellen kann, nicht wirklich existiert.

Es gibt auch nach der PISA-Debatte keine ernsthafte Debatte über Lehrmittel, unabhängig von der Föderalismusfrage, von Pfründen und nichtmarktwirtschaftlichen Elementen, die auch im Lehrmittelbereich drinstocken – einem Markt von immerhin etwa 220 Millionen Franken. In der Schweiz ist das kein sehr freier Markt, wenn Sie mir diese Bemerkung gestatten, und in vielen Bereichen ist er auch nicht sehr wettbewerbsintensiv.

Wir sind dann darauf gekommen, dass, wenn wir die Frage nach den Potenzialen von Lehrmitteln angehen wollen, wir sie auf dieser Ebene angehen müssen – mit Ihnen, auf einer wissenschaftlichen Ebene, auf einer Expertenebene –, dass es sonst keinen Sinn macht. Deswegen ist der Titel der Tagung so gewählt: «Lehrmittel neu denken». Das heisst, dass man eben auch Hirnforschung, Entwicklungspsychologie, Methodik/Didaktik und natürlich auch die Informationswissenschaft mit einbezieht.

Sie sehen, das Tagungsthema ist zwar eher am Rande unseres Projektportfolios, aber es hat durchaus einen Sinn. Es hat auch deswegen einen Sinn, weil es um die

grundsätzliche Frage der medialen Hoheit geht, die die Schule einmal genossen hat und die wir auf den Anker-Bildern sehen – die ja auch von einigen unserer Politiker sehr hochgehalten werden –, weil es aber diese mediale Hoheit heute überhaupt nicht mehr gibt. Diese mediale Hoheit der Schule oder der Lehranstalten hat wesentlich mit den Lehrmitteln zu tun. Und wenn wir nicht akzeptieren, was Herr Professor Jürgen OELKERS einmal formuliert hat – er hat das natürlich zynisch oder kritisch formuliert, nicht positiv –, dass die Primarschule eine Art Wartesaal sei oder ein Hort höherer Art, bis dann die Selektionen und Ausbildungen stattfinden, wenn wir das nicht akzeptieren, wenn wir wirklich daran glauben, dass Potenziale vorliegen, die ausgeschöpft werden müssen, wenn wir daran glauben, dass man ohne diese Potenzialausschöpfung im internationalen Wettbewerb nicht bestehen kann, dann macht eben auch das Nachdenken über diese Lehrmittel wirklich Sinn.

Ich möchte ganz herzlich danken der Interkantonalen Lehrmittelzentrale, der Jacobs Foundation und dem Lehrmittelverlag des Kantons Zürich und natürlich der Wolfsberg-Organisation für die sehr gute Zusammenarbeit und die Vorbereitung, Ihnen, insbesondere den Referenten, für Ihr Interesse und Ihr Kommen. Ich wünsche Ihnen allen ein interessantes zweitägiges Symposium.

AVENIR SUISSE (Hrsg.) (2002): Der Preis des Föderalismus, Orell Füssli, Zürich

AEERLI, Ch. und Ch. LANDERT (2001): Potenzial Primarschule. Eine Auslegeordnung, einige weiterführende Ideen und ein Nachgedanke, Avenir Suisse, Zürich, www.avenir-suisse.ch/4.0.html

MOSER U. und S. TRESCH (2003): Best Practice in der Schule – von erfolgreichen Lehrerinnen und Lehrern lernen, Avenir Suisse, Lehrmittelverlag des Kantons Aargau, Zürich

RENTSCH H. (2003): Umweltschutz auf Abwegen – Wie Verbände ihr Beschwerderecht einsetzen, Avenir Suisse, Orell Füssli, Zürich

INDIVIDUELLE
LERNVORAUSSET-
ZUNGEN ZWISCHEN
SECHS UND
SECHZEHN JAHREN:
ALLGEMEINE UND
DIFFERENTIELLE
ENTWICKLUNGS-
VERÄNDERUNGEN

MARCUS HASSELHORN, UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Lehrmittel sollen nicht das Lernen von Kindern und Jugendlichen ersetzen, sondern zum selbständigen Lernen anleiten. Wie das erreicht werden kann, ist aus Sicht der Entwicklungspsychologie nicht generell zu beantworten. Dafür entscheidend ist die Frage nach den individuellen Lernvoraussetzungen bei den Kindern und Jugendlichen, auf die diese Lehrmittel treffen. Erst wenn geklärt ist, welche Veränderungen in Abhängigkeit des Lebensalters bestehen, lässt sich aus der Sicht der Entwicklungspsychologie die Frage klären, wie denn die Lehrmittel zu gestalten seien.

In den letzten Jahren hat sich meine Arbeitsgruppe an der Universität Göttingen mit verschiedenen Fragen zu lernrelevanten Entwicklungsveränderungen beschäftigt. Vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen entstanden die Grundzüge der folgenden Vorstellungen zu allgemeinen und differenziellen Entwicklungsveränderungen individueller Lernvoraussetzungen, die ich in drei Schritten skizzieren möchte. Im ersten Schritt geht es um kognitive Lernvoraussetzungen, die einen ganz wesentlichen Baustein der individuellen Lernbedingungen darstellen. Im zweiten Schritt gehe ich kurz auf motivationale Lernvoraussetzungen ein, vor allem insofern diese als relativ stabile Personenmerkmale Einfluss auf das allgemeine Lernverhalten haben. Es geht in diesem Schritt weniger um Fragen des Motivierens, also nicht darum, dass eine Lehrperson die Schülerinnen und Schüler besonders motivieren kann, in der Stunde mitzumachen, oder ein Schulbuchautor die geniale Idee hat, mehr Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Seite seines Buches zu lenken. Ich spreche vielmehr die individuellen, relativ stabilen motivationalen Dispositionen auf Seiten der Kinder und Jugendlichen an. In einem dritten Schritt werde ich die unseres Erachtens wichtigsten lernrelevanten Wendepunkte in der Entwicklung skizzieren. Dabei werde ich aufzeigen, welche fünf Entwicklungsstufen zwischen sechs und sechzehn Jahren wir ausgemacht zu haben glauben, die so etwas wie allgemeine Ent-

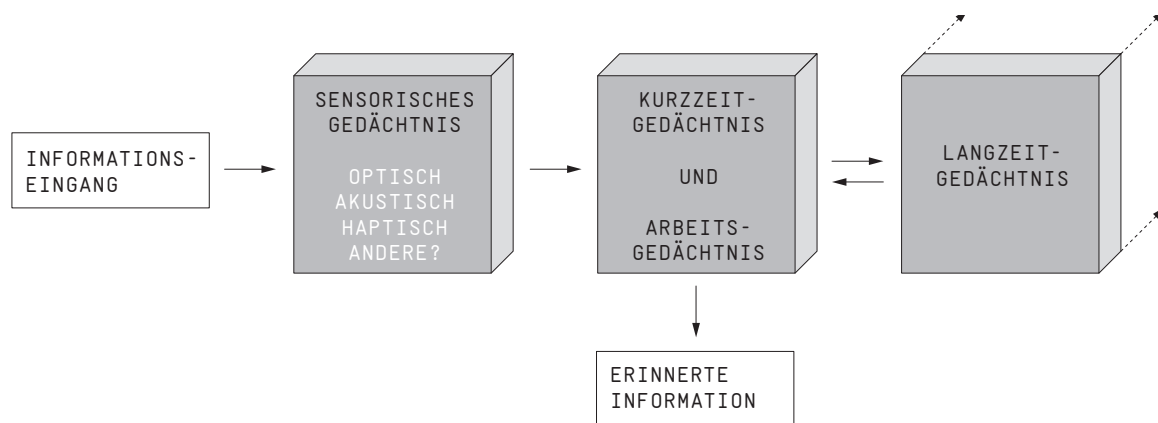
wicklungsveränderungen darstellen. Zu vier dieser fünf Stufen werden zusätzlich Hinweise gegeben, wo differentielle Besonderheiten bestehen, die auf systematische individuelle Unterschiede zwischen Kindern in den einzelnen Lernvoraussetzungen zurückzuführen sind, und welche Implikationen sich aus den skizzierten allgemeinen Entwicklungsveränderungen für die Lehrmittelgestaltung ergeben.

..... **Kognitive Lernvoraussetzungen**

Es gibt fünf Bereiche kognitiver Lernvoraussetzungen, deren Mechanismen und Funktionen für das Lernen ich in diesem Abschnitt aufzeigen möchte. Dabei handelt es sich um die selektive Informationsaufnahme, die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, bereichsspezifisches Wissen, Strategien und Metakognitionen. Jeden dieser fünf Bereiche werde ich im Folgenden kurz ausführen.

Seit 35 Jahren sind in der kognitiven Psychologie so genannte Informationsverarbeitungsmodelle des menschlichen Gedächtnisses verbreitet. Das Mehrspeichermodell von ATKINSON und SHIFFRIN [1968] gehört zu den bekanntesten dieser Modelle. Es eignet sich gut, um die erwähnten fünf individuellen kognitiven Lernvoraussetzungen einzuordnen. Nehmen wir an, wir schreiben ein Lehrbuch und bereiten darin alle Informationen auf, die ein Schüler oder eine Schülerin verstehen muss, um ein bestimmtes Lernziel zu erreichen. Liest der Schüler oder die Schülerin das Buch, trifft die darin enthaltene Information auf die erste individuelle Bedingung des Lernprozesses, einen Speichermechanismus, der von ATKINSON und SHIFFRIN «sensorisches Gedächtnis» genannt wurde. Wir haben uns mittlerweile angewöhnt, in diesem Zusammenhang eher von der «selektiven Informationsaufnahme»

Abb. 1 Allgemeines Modell der Informationsverarbeitung



Quelle: ATKINSON & SHIFFRIN 1968

zu sprechen, da dieser wahrnehmungsnahe Mechanismus dafür sorgen muss, dass relevante Informationen mit besonderer Konzentration der Aufmerksamkeit bedacht werden und irrelevante Informationen eher ausgeblendet oder sogar gehemmt werden. Die Information, die dort mit Aufmerksamkeit bedacht wird, muss nun verarbeitet werden. Sie wird nach ATKINSON und SHIFFRIN im Kurzzeitgedächtnis beziehungsweise im Arbeitsgedächtnis verarbeitet [vgl. Abb. 1].

Die Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis kann dazu führen, dass man unmittelbar nach der Konfrontation mit einer Aufgabe auf eine gestellte Lernfrage eine Antwort gibt. Beispielsweise wird beim Einführen der Addition in der Primarstufe einem Kind die Aufgabe « $3 + 5 = ?$ » gestellt. Wenn es seine Aufmerksamkeit auf die Aufgabe gerichtet hat und anschliessend im Arbeitsgedächtnis berechnet, könnte es, ohne weitere Systeme hinzuzufügen, die erinnerte Information, das heisst die Lösung, die es gefunden hat, angeben. Sehen wir uns das Rechnenlernen in der ersten Klasse an,

dann merken wir, dass die Kinder das Rechnenlernen nicht nur im Gedächtnis leisten, sondern auch nach aussen transportieren und zum Beispiel mit den Fingern zählen. Alle diese Prozesse spielen sich aber im Arbeitsgedächtnis ab.

Sind die Kinder in der Entwicklung der einfachen Arithmetik etwas weiter, dann gibt es so etwas wie einen Rückgriff auf eine Wissensbasis über einfache Arithmetik. Somit kommt die dritte individuelle Lernvoraussetzung, das bereichsspezifische Wissen, zur Geltung. Bereits verfügbares Wissen kann direkt aktiviert werden, zurückgeführt werden ins Arbeitsgedächtnis und so dazu beitragen, dass keine Zählstrategie oder Ähnliches mehr gebraucht wird, sondern « $3 + 5 = 8$ » aus der Wissensbasis aufgerufen werden kann.

Diese Abrufprozesse selbst und wann wir sie nutzen oder nicht, haben etwas damit zu tun, welche Strategien wir kennen und welche wir anwenden. Wenden wir die Zählstrategie noch einmal an, um zu prüfen,

ob unsere Wissensbasis in Ordnung war? Bei diesem Austausch zwischen Langzeit- und Kurzzeitgedächtnis und der Lösung der gestellten Aufgabe spielen Strategien (die vierte kognitive Lernvoraussetzung) im Arbeitsgedächtnis und natürlich die Überwachung des Strategieeinsatzes eine Rolle. Das sind die so genannten Metakognitionen, die fünfte individuelle kognitive Lernvoraussetzung.

Gehen wir die fünf individuellen Lernvoraussetzungen im Einzelnen durch:

Selektive Informationsaufnahme — Selektive Informationsaufnahme ist deshalb notwendig, weil bei der Vielfalt der ständig auf uns einströmenden Information unser menschliches Informationsverarbeitungssystem schlicht überfordert wäre und zusammenbräche, wenn wir keine Selektion der Information vornehmen würden. Lehr- und Schulbücher sind also der Versuch, Informationen bereits zu kanalisieren. Gerade an dieser Stelle können die immer bunteren und vielseitigeren Mathematiklehrbücher an Grenzen stoßen und zu einer Schwierigkeit bei Kindern und Jugendlichen führen, weil sie durch ihre Animation und ihre «tollen» kindgerechten Kontexte, die sich Erwachsene ausgedacht haben, häufig die Aufmerksamkeit nicht mehr auf die eigentlichen Anforderungen lenken, sondern auf Irrelevantes im Sinne des Arbeitsschrittes. Da ist es eine Kunst, Lehrmittel so zu gestalten, dass die tatsächlich zentrale Information auch noch zentral bleibt.

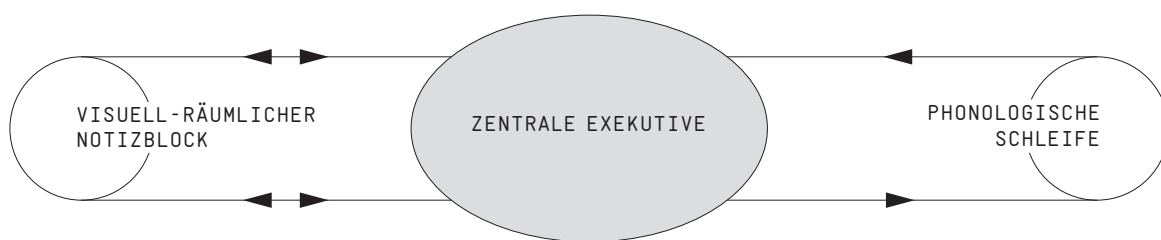
Neben der Unterscheidung von relevanter und irrelevanter Information kann zwischen zwei Prozessen der selektiven Aufmerksamkeit unterschieden werden. Das ist zum einen das Fokussieren relevanter Information und zum anderen das Hemmen irrelevanter Information. Vor allem beim zweiten Punkt gibt es Hinweise darauf, dass sich noch bis weit ins Jugendalter hinein Entwicklungszunahmen vollziehen, die

vielleicht auch bei der Gestaltung von Lehrbüchern mit einbezogen werden müssen.

Kapazität des Arbeitsgedächtnisses — Unter Arbeitsgedächtnis versteht man ein internes kognitives System, das es uns ermöglicht, mehrere Informationen vorübergehend zu speichern, simultan bereitzuhalten und miteinander in Beziehung zu setzen. Hätten wir kein solches System, dann wäre der Strom der Information, den wir verarbeiten können, sehr viel eingeschränkter, als er tatsächlich ist. Das Arbeitsgedächtnis mit seinen Teilsystemen kann unserem Informationsverarbeitungssystem somit zu sehr viel mehr Funktionalität verhelfen.

Wir haben in unserer Arbeitsgruppe an der Universität Göttingen hauptsächlich mit dem Arbeitsgedächtnismodell nach BADDELEY [1986; 1996] gearbeitet, das von einem System mit mehreren Komponenten ausgeht [vgl. Abb. 2]. Es unterscheidet drei Bereiche des Arbeitsgedächtnisses: Eine zentrale Exekutive stellt eine Art Supervisionseinheit des Arbeitsgedächtnisses dar und ist für die Kontrolle, Überwachung und Regulation von ablaufenden Lernprozessen mitverantwortlich. Hinzu kommen wenigstens zwei modalitätsspezifische Subsysteme, von denen das eine für die Verarbeitung visuell-räumlicher Informationen und das andere für die Verarbeitung sprachlich-akustischer Informationen zuständig ist (phonologische Schleife). Wenn wir beispielsweise mitbekommen, dass auf einer bunt gestalteten Mathematikbuchseite die Aufgabe « $3 + 5 = ?$ » die zentrale Information ist und dass die Bilder nebenan irrelevant sind, dann wird die zentrale Exekutive an dieser Stelle entscheiden, dass die phonologische Schleife mit mehr Kapazität der zentralen Exekutive versorgt wird, weil Kinder schon sehr früh dieses Ziffernsystem in phonologische Codes rekodieren und dann vermutlich in der phonologischen Schleife bearbeiten. Das visuell-räumliche System lenkt bei einem bunten Lehrbuch eher von der zentralen Information

Abb. 2 Modell des Arbeitsgedächtnisses nach BADDELEY



Quelle: BADDELEY 1986

ab, weil es zu Informationen führt, die nicht zur Aufgabe leiten, sondern nur der Steigerung der Motivation dienen sollen.

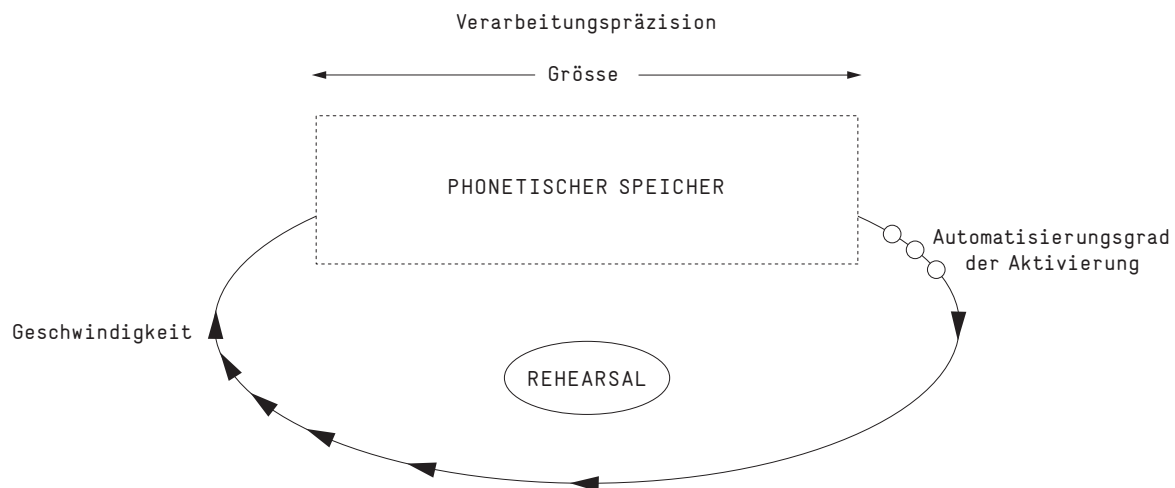
Die verschiedenen Subsysteme des Arbeitsgedächtnisses haben unterschiedliche Bedeutungen für schulisches Lernen. Das Arbeitsgedächtnis ist nicht nur ein Speicher beziehungsweise Container, der Information aufnimmt, sondern es bewegt und verarbeitet sie auch. Ein gut funktionierendes Arbeitsgedächtnis optimiert das Lernen und erleichtert den späteren Wissensabruf. Das sind Bausteine, die auch für schulisches Lernen bedeutsam sind. Insbesondere hat sich das sprachliche – das phonologische – Teilsystem des Arbeitsgedächtnisses als besonders relevant erwiesen.

Welche Mechanismen sind es eigentlich, die die Leistungsfähigkeit dieses phonologischen Teilsystems des Arbeitsgedächtnisses determinieren, das nach BADDELEY [1986] phonologische Schleife genannt wird? BADDELEY unterscheidet zwei Komponenten

in diesem Teilsystem [vgl. Abb. 3]. Da ist zum einen ein phonetischer Speicher. Jede akustische und sprachliche Information, die wir hören, wird auf eine Art Tonband-Endlosschleife in unserem Gedächtnis eingelesen. Der Speicher arbeitet also wie ein Echo-Gedächtnis, das ungefähr zwei Sekunden währt und uns ein akustisches Abbild und später mit zunehmender Schriftsprachbeherrschung auch ein Abbild von Sprachcodes gibt, die wir beim Lesen von visueller Information sofort in der phonologischen Schleife rekodieren und dann abspeichern. Der Speicher überschreibt nach zwei Sekunden die alten Informationen wieder mit neuen Einträgen.

Die zweite Komponente ist eine Art innerer Nachsprechprozess, der dafür sorgt, dass die Information, die in unseren Speicher gelangt ist und von der unsere zentrale Exekutive signalisiert, dass es relevante Information ist, auch für grössere Zeiträume präsent gehalten wird. Wir haben demnach auf der einen Seite den phonetischen Speicher und simultan dazu den Mecha-

Abb. 3 Das phonologische Teilsystem



Quelle: BADDELEY 1986

nismus des inneren Nachsprechens von Informationen aus dem Speicher. Das gibt dem Arbeitsgedächtnis den Raum und die Möglichkeit, viele Informationen gleichzeitig zu bearbeiten. Ändert sich in diesem System etwas, hat das entscheidende Konsequenzen für die individuellen Lernmöglichkeiten.

Die Arbeitsweise der phonologischen Schleife verändert sich im Laufe der Entwicklung. Ganz entscheidend ist dabei die Frage nach der Geschwindigkeit, mit welcher der Prozess des inneren Nachsprechens abläuft. Dieser Prozess entwickelt sich bis ins 16. Lebensjahr immer weiter, wird also immer schneller, und die Effizienz des Gesamtsystems wird immer besser. Es ist aber nicht nur eine Frage der Geschwindigkeit, sondern auch der Leichtigkeit, mit der dieser Prozess aktiviert wird; dies ist eine Frage seiner automatisierten Verfügbarkeit. Hat das Kind eine Aufgabe gehört und die zentrale Information entdeckt, muss es diese wiederholen. Macht es das nicht, weil der Automatisierungsgrad des inneren Nachsprechens nicht so weit

entwickelt ist, dann wird es Schwierigkeiten haben, weil es nicht alle Informationen präsent hat, die benötigt werden, um überhaupt eine Lösung zu finden. Das innere Nachsprechen ist nicht von Anfang an automatisiert. Man kann heute zeigen, dass dieser Prozess im Vorschulalter nicht automatisch aktiviert wird. Erst im 6. Lebensjahr kommt es bei den meisten Kindern zur entsprechenden Automatisierung. Meiner Meinung nach sollte das Einschulungsalter dem Zeitpunkt des Eintretens eines solchen Automatismus angepasst werden. Aber darüber lässt sich natürlich streiten.

Der phonetische Speicher kann sich ebenfalls individuell unterscheiden, und zwar in der Grösse. Trotz vorhandener interindividueller Unterschiede ist die Grösse des Speichers zwischen dem 3. und dem 70. Lebensjahr jedoch altersinvariant. Es gibt darüber hinaus auch Unterschiede in der Verarbeitungspräzision. Ist die Tonband-Endlosschleife schon ein älteres Modell, dann nimmt die Aufnahmequalität ab und es kommt vermehrt zu Problemen bei der Unterscheidung von

akustischen Informationen. So etwas scheint es auch unter differenzieller Perspektive im phonetischen Speicher zu geben. Menschen scheinen sich darin zu unterscheiden, mit welcher Klangklarheit ihr phonetischer Speicher die Information repräsentiert.

Bereichsspezifisches Wissen — Unter bereichsspezifischem Wissen verstehen wir das Ausmass und die Qualität inhaltspezifischen Vorwissens. Ein Kind, das bereits die Zahlen bis 100 kennt, geht zum Beispiel anders um mit der Rechnung « $3 + 5 = ?$ » als ein anderes Kind, das sich erstmals mit einer einfachen Addition im Zehneraum zu beschäftigen anfängt. Das Ausmass und die Qualität inhaltspezifischen Vorwissens erklären die meisten schulischen Lernleistungen besser als allgemeine Fähigkeiten wie Testintelligenz. Das Intelligenzkonstrukt befindet sich auf einer zu abstrakten Ebene, als dass es bei der Beschreibung und auch bei der anwendbaren Umsetzung von Kenntnissen individueller Lernbedingungen helfen würde.

Die Repräsentation des inhaltspezifischen Vorwissens im Langzeitgedächtnis stellt man sich im Wesentlichen im Rahmen von semantischen Netzwerken vor, bestehend aus vielen Begriffen – Knoten eines Netzes, die miteinander verbunden sind. Unser Wissen entsteht dadurch, dass immer wieder neue Knoten, das heisst neues Wissen, hinzukommen und dieses Wissen sich über die Relationen zu anderen Knoten unseres Netzwerks neu vernetzt.

Strategien — Kommen wir auf unser Additionsbeispiel zurück und damit auf die erste Strategie, die wir beim Rechnenlernen in der ersten Klasse anwenden. Man nennt sie «counting all». Um eine Rechenübung zu lösen, zählen wir, bis wir auf die gesuchte Zahl kommen. Die Finger können dabei helfen, zum Beispiel in « $3 + 5 = ?$ » einmal die Drei und einmal die Fünf zu symbolisieren. Im nächsten Schritt merken wir, dass wir nicht mehr alles zu zählen brauchen, sondern einfach

zur Drei, die wir haben, die Fünf dazuzählen können. Im dritten Schritt merken wir, dass « $3 + 5$ » dasselbe wie « $5 + 3$ » ist, was beim Vereinfachen hilft und die Anwendung der so genannten Min-Strategie nahe legt. Bei dieser Strategie nimmt man den grösseren Summanden und addiert den kleineren dazu. Bezogen auf unser Beispiel bedeutet das, wir merken uns die Fünf und zählen weiter «sechs, sieben, acht».

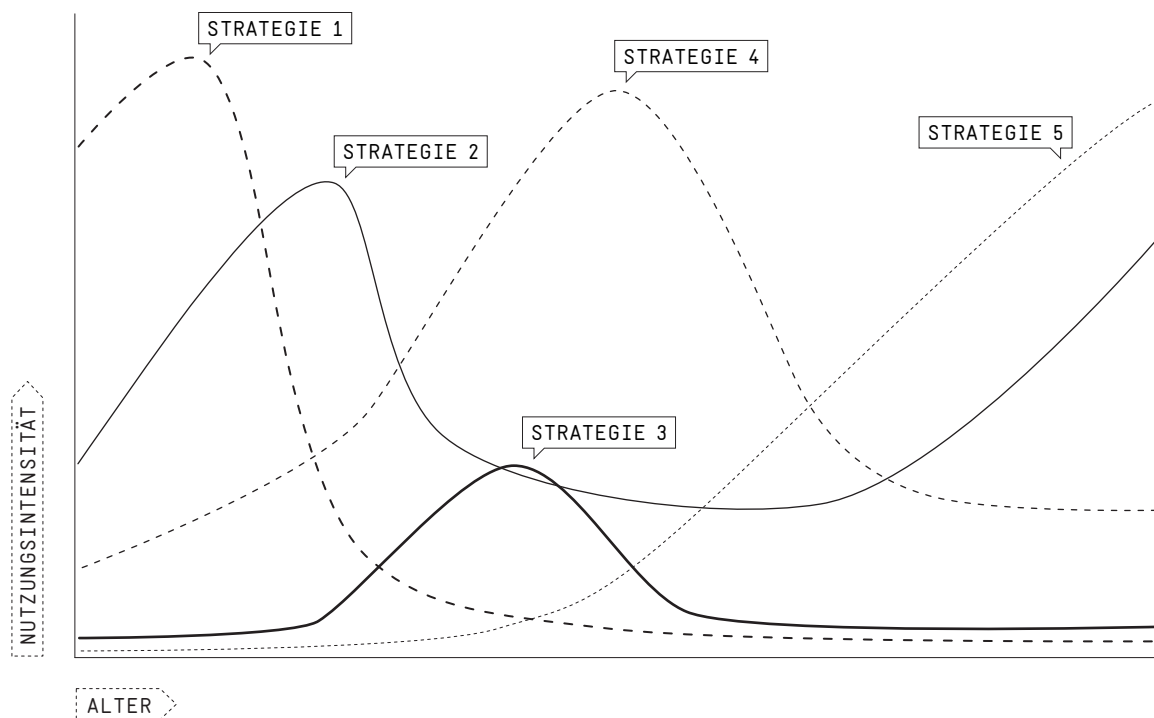
Strategien sind zielgerichtete, bewusste und kontrollierbare Prozesse, die vom Arbeitsgedächtnis Kapazität abziehen, aber andererseits zu besseren Lernleistungen führen. Welche Strategie wir auch immer wählen, es gibt ein allgemeines Phasenmodell, das vier Stufen der Strategieentwicklung von Kindern und Jugendlichen beschreibt. Es gibt eine Phase, in der die Kinder zu einer bestimmten Strategie nicht in der Lage sind, weil ihnen die Voraussetzungen dafür noch fehlen. Auch wenn man den Kindern in dieser Entwicklungsphase genau erklärt, was sie zu tun haben, sind sie nicht in der Lage, dies umzusetzen. Das wird Mediationsdefizit genannt: Es fehlen die inneren Vermittlungsprozesse, die es braucht, um eine Strategie überhaupt anwenden zu können. Im Schulalter ist dieses Mediationsdefizit in der Regel nicht mehr vorhanden. Es kann demnach alles in bestimmten Häppchen vermittelt werden, die Frage ist nur, wie.

Die Kinder zeigen im Schulalter jedoch häufig Produktionsdefizite. Das heisst, obwohl sie durch systematische Anleitung dazu gebracht werden könnten, die Strategie zu zeigen, zeigen sie sie nicht spontan von sich aus. Dieses Produktionsdefizit behindert das selbständige Lernen. Das hat Implikationen für eine der Zielsetzungen von Schule, denn Schule hat auch das Ziel, das Lernen zu lehren. Es geht daher häufig darum, dass Lernstrategien gelehrt werden müssen. Das Produktionsdefizit wird in einer bestimmten Phase überwunden (das kann je nach Strategie zu unterschiedlichen Zeitpunkten sein), und die Kinder können anschlies-

send die Strategien perfekt nutzen. Aber auch in dieser Phase ist häufig noch ein Defizit zu beobachten: Wenn Kinder anfangen, solche Strategien selbständig zu nutzen, kommt es häufig zu einem Nutzungsdefizit. Die Strategie wird zwar produziert, aber ineffizient. Das Kind hat zwar die Strategie verstanden, braucht aber so viel Zeit, um alles noch einmal zu sortieren, dass es schließlich die eigentliche Aufgabenstellung vergisst. Erst wenn dieses Nutzungsdefizit überwunden ist, kommt es zur kompetenten Strategienutzung, die auch kontextunabhängig effizient eingesetzt werden kann. So viel zur klassischen Entwicklungslinie von Lern- und Gedächtnisstrategien.

Relevant ist in diesem Zusammenhang aber noch ein anderes Phänomen: Kinder wenden nämlich in der Regel nicht nur eine Strategie an, sondern simultan verschiedene. SIEGLER [1996] hat darauf hingewiesen, dass Strategien immer multipel angewandt werden. Strategien ändern sich allerdings in ihrer Nutzungshäufigkeit mit dem Alter. So kommt es im Laufe der Entwicklung nicht nur dazu, dass es einen Höhepunkt gibt und die Nutzung anschliessend wieder abnimmt, sondern auch, dass die Strategien zu einem späteren Zeitpunkt wieder neu zum Einsatz kommen, wenn sich das Kind weiterentwickelt hat und nun eine Strategie in neuen Kontexten als hilfreich erlebt. Hieraus folgt, dass wir auf jeder Altersgruppe vielfältige Strategien beobachten können [vgl. Abb. 4].

Abb. 4 Multipler Strategiegebrauch nach SIEGLER



Quelle: SIEGLER 1996

Metakognitionen — Unter Metakognition werden alle Phänomene, Aktivitäten und Erfahrungen verstanden, die mit der Bewusstheit, dem Wissen über eigene kognitive Funktionen sowie der Kontrolle, Steuerung und Regulation dieser kognitiven Funktionen zu tun haben. BADDELEY [1996] subsumiert viele dieser Phänomene unter die exekutiven Funktionen des Arbeitsgedächtnisses. Es gibt eine entwicklungspsychologische Tradition, die sich mit dem Konstrukt Metakognition beschäftigt, und eine andere Tradition aus der allgemeinen Psychologie, die mit den exekutiven Funktionen arbeitet.

Zur Metakognition gehört zum Beispiel systemisches Wissen, das heisst, dass jeder von sich selbst weiss, wo die Stärken und Schwächen seines eigenen kognitiven Systems sind, beispielsweise, dass er besser visuell als auditiv verarbeitet. Ob das dann stimmt oder nicht, ist eine zweite Frage, aber dieses Wissen gehört unter den Begriff der Metakognition.

Als weiteres Beispiel für Metakognitionen gibt es das epistemische Wissen. Dieses ist in komplexen Lernprozessen sehr wichtig, also auch bei schulischem Lernen. Epistemisches Wissen ist das, was man gerade über den gegenwärtigen Status seines verfügbaren Wissens weiss. Um dies zu veranschaulichen: Beim Lernen von Englischvokabeln ist es wichtig zu wissen, welche Vokabeln aus welcher Lektion man bereits gut kann und welche man noch lernen muss. Dies entscheidet darüber, worin man bei der Lernvorbereitung auf den Test seine Zeit investiert.

Des Weiteren zählen auch die im Arbeitsgedächtnis angesprochenen exekutiven Prozesse, das heisst all die Kontroll-, Regulations- und Steuerungsprozesse, zu den Metakognitionen.

Während wir über all diese Metakognitionen heute relativ gut Bescheid wissen, ist eine weitere Art von Me-

takognition, die Sensitivität, bisher noch nicht so gut erforscht. Man hat aber herausgefunden, dass Kinder sich in einem intuitiven Gefühl unterscheiden, das sie ahnen lässt, in welcher Lernsituation verstärkte Konzentration aufzubringen ist. Die Intuition, dass man regulierend in einen Lernprozess eingreifen muss, wird Sensitivität genannt. Ebenfalls noch zu wenig erforscht sind die Aha-Erlebnisse, die zu den metakognitiven Erfahrungen gehören. Bei diesen Erfahrungen erfährt die Person beim Reflektieren dessen, was sie gerade gemacht hat, plötzlich die persönliche Bedeutung dieser Erfahrung auch für andere Kontexte.

Motivationale Lernvoraussetzungen

Neben den kognitiven sind auch die motivationalen Lernvoraussetzungen von zentraler Bedeutung. Insbesondere scheinen mir hier zwei Bereiche beachtenswert, zum einen die subjektiven Kompetenzüberzeugungen und zum anderen das dispositionelle Lern- und Leistungsmotiv. Diese Bereiche sind individuell relativ stabil, sodass sie eher als dispositionelle Lernvoraussetzungen einzustufen sind.

Bei den subjektiven Kompetenzüberzeugungen geht es um Bewertungen der eigenen Kompetenz, die wir alle vornehmen. Wir alle haben ein Bild davon, wo wir eher kompetent und wo wir eher inkompetent sind. Wenn Kinder in die Schule kommen, haben sie in der Regel eine sehr gute Meinung über ihre Kompetenzen in allen Bereichen. Das ändert sich dann im Laufe der Entwicklung. Das schlechtere Kompetenzgefühl beeinflusst nachhaltig verschiedene Lernverhaltensfacetten: die Initiierung, das heisst, ob wir überhaupt anfangen, uns mit etwas zu beschäftigen, die Intensität, mit der wir uns beschäftigen, und die Persistenz, das heisst die Ausdauer. Das sind alles wesentliche

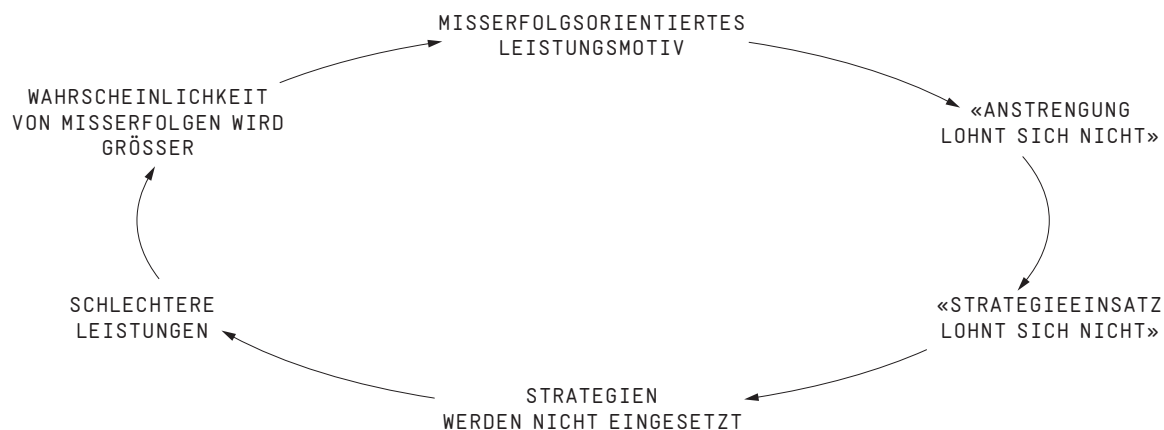
Parameter, die motivationale Bedingungen von Lernprozessen widerspiegeln.

PINTRICH und ZUSHO [2002] haben vor kurzem in einem Übersichtsartikel gezeigt, wie subjektive Kompetenzüberzeugungen Einfluss nehmen auf die Funktionsweise der zentralen Exekutive oder auf die Nutzung von exekutiven Metakognitionen. Ausführungen dieser Art machen deutlich, dass am Begriff der zentralen Exekutive und der Metakognition kognitive und motivationale Lernvoraussetzungen verschwimmen. Sie sind dort nicht mehr analytisch sauber zu trennen.

Das dispositionelle Lern- und Leistungsmotiv ist der andere erwähnenswerte Bereich. Nach HECKHAUSEN [1980] kann man zwei verschiedene Ausprägungen des Lern- und Leistungsmotivs unterscheiden: eine erfolgsorientierte und eine eher misserfolgsängstliche. Diese Unterscheidung wurde für Jugendliche und Erwachsene formuliert. Sie gilt noch nicht für Schulanfänger.

Ein misserfolgsängstliches Leistungsmotiv ist extrem ungünstig für Lernprozesse, weil es durch unrealistische Zielsetzung gekennzeichnet ist. Personen mit solchen Leistungsmotivausprägungen sind nicht in der Lage, sich selbst realistische Ziele zu setzen. Sie wählen entweder viel zu schwere oder viel zu leichte Anforderungen. Da mittelschwere subjektive Aufgabenanforderungen die leistungsproduktivsten sind, haben Personen mit einem misserfolgsängstlichen Leistungsmotiv bereits bei der Auswahl von Anforderungen einen Nachteil. Ausserdem haben sie ungünstige Attributionstendenzen. Das heisst, wenn sie etwas subjektiv als Erfolg erleben, dann attribuieren misserfolgsängstliche Personen das eher external. Sie denken zum Beispiel «Ich hab Glück gehabt» oder «Die Aufgabe war so leicht». Wenn sie Misserfolg erleben, dann attribuieren sie das internal stabil. Kompetenzüberzeugungen gehen damit immer weiter den Keller runter; die Vorstellung «Ich kann's halt nicht», «Mathematik kann ich nicht» ist Ausdruck der ungünstigen Attributionstendenz.

Abb. 5 Misserfolgsorientiertes Leistungsmotiv nach HECKHAUSEN



Quelle: HECKHAUSEN 1980

Schliesslich resultiert aus der Erfahrung von Lernerfolgen und -misserfolgen auch eine ungünstige Selbstbewertungsbilanz. Die Kinder erleben stärker den negativen Affekt von Misserfolgen als den positiven Affekt von Erfolgserlebnissen. Das führt zu einem Teufelskreis. Kinder mit misserfolgsorientiertem Leistungsmotiv haben die Vorstellung «Anstrengung lohnt sich nicht», weil sie eine geringe Kompetenzüberzeugung haben. Sie glauben: «Ich kann es nicht, ich muss mich auch nicht anstrengen.» Mit dieser Einstellung sagen sie sich auch: «Strategien kosten Anstrengungen, die sich nicht lohnen.» Sie greifen so nicht auf ihre vielleicht verfügbaren kognitiven Ressourcen zurück. Die Strategien werden also nicht eingesetzt, was tatsächlich schlechtere Leistungen zur Folge hat, und diese erhöhen wiederum die Wahrscheinlichkeit für subjektiv erlebte Misserfolge, was die Stabilisierung des misserfolgsorientierten Leistungsmotivs nach sich zieht [vgl. Abb. 5].

..... Fünf-Stufen-Modell der Veränderung individueller Lernvoraussetzungen

Vor dem Hintergrund der skizzierten kognitiven und motivationalen Entwicklungsvoraussetzungen lässt sich nun ein Fünf-Stufen-Modell der Entwicklung individueller Lernvoraussetzungen zwischen dem 6. und dem 16. Lebensjahr darstellen.

1. In der ersten Stufe, im sechsten Lebensjahr, setzt durch eine Effizienzsteigerung des Arbeitsgedächtnisses eine wesentliche Entwicklungsveränderung ein. Diese eröffnet die Möglichkeit zur Verarbeitung viel grösserer Informationsmengen.
2. Mit acht Jahren etwa ist ein zweiter Wendepunkt der Entwicklung auszumachen. Der kindliche Überop-

timismus wird abgelöst durch realistischere Selbsteinschätzungen.

3. Mit ungefähr zehn Jahren kommt es zum erstmaligen Hervortreten abstrakter Selbstreflexivität, worauf bereits PIAGET [1971] hingewiesen hat. Die abstrakte Selbstreflexivität hat eine grosse Bedeutung für die zentral exekutiven sowie für die metakognitiven Facetten von Lernvoraussetzungen.
4. Im elften und zwölften Lebensjahr erfolgt eine Stabilisierung der eher erfolgsorientierten oder eher misserfolgsorientierten Ausprägung des individuellen Leistungsmotivs.
5. Zwischen zwölf und sechzehn Jahren kommt es schliesslich zu einer Effizienzsteigerung der selektiven Informationsaufnahme.

Gehen wir nun auf die einzelnen Stufen genauer ein:

Erste Stufe — Im sechsten Lebensjahr erfolgt die Automatisierung des subvokalen Rehearsalprozesses in der phonologischen Schleife. Irgendwann zwischen dem fünften und dem sechsten Geburtstag beginnt das automatische Aktivieren des inneren Nachsprechens. Das können zwar prinzipiell auch schon jüngere Kinder, aber sie tun es nicht spontan beziehungsweise automatisch. Man kann mit direkten Unterweisungen auch jüngere Kinder zu den Nachsprechprozessen bringen, wobei der Grad der Leitung durch die Lehrperson dabei sehr gross ist. Die Wiederholungen müssen öffentlich gemacht werden, weil sie noch nicht automatisch ablaufen. Der Arbeitsspeicher hat eben nur Kapazität für zwei Sekunden, dann wird er wieder überschrieben.

Wir haben in einer Reihe von Experimenten zeigen können, dass es bei Kindern mit einer Intelligenzmin- derung, die durchschnittliche IQ-Werte zwischen 65

und 85 aufzeigen, bis zum zehnten Lebensjahr noch immer nicht zu einer Automatisierung des subvokalen Rehearsalprozesses kommt. Man bedenke, dass zu diesem Zeitpunkt andere Kinder schon vier Jahre mit einer viel effektiveren phonologischen Schleife arbeiten. Bei erwachsenen Personen mit einer Intelligenzminderung zeigt sich dagegen eine automatisierte Nutzung des inneren Nachsprechens [vgl. MÄHLER und HASSELHORN 2003]. Es muss sich hierbei also um eine radikale Entwicklungsverzögerung handeln.

Zweite Stufe — Nun zur zweiten Stufe, der Lösung des kindlichen Überoptimismus. Werden Kinder beim Schuleintritt einzeln befragt, wer denn der Beste in der Klasse sei, dann nennen 95 Prozent der Kinder sich selbst bei einer Auflistung der drei Leistungsstärksten. Dieser Überoptimismus erfüllt eine ganz wesentliche Funktion, dass nämlich die Kinder glauben, Fähigkeit sei kein Thema. Das Einzige, was zählt, ist die Anstrengung: Es gibt nichts, was ein anderer kann, das ich nicht auch könnte, wenn ich mich nur genügend anstrengte. Das führt dazu, dass die motivationale Seite im Eingangsunterricht eigentlich kein Problem darstellt – gemessen an dem, was nachher kommt.

Dieses überoptimistische und unrealistische Wunschdenken macht in der zweiten Stufe einer realistischen Selbsteinschätzung Platz. Die Kinder verlieren ihren Überoptimismus, wobei das bei den Mädchen etwa ein halbes Jahr früher geschieht als bei den Jungen. Hier kann man sich zu Recht fragen, ob dieses Zeichen für eine kognitive Akzeleration der Mädchen nicht motivational einen Vorteil der Jungen darstellt. Unabhängig davon lässt sich aber feststellen, dass alles, was subjektive Kompetenzeinschätzung und Leistungsmotiv angeht, vor dem achten Lebensjahr keine grosse Rolle spielt.

Dritte Stufe — Vermutlich ist es kognitiv der gleiche Prozess, der die motivationalen Veränderungen

im achten Lebensjahr auslöst und dann zwischen acht und zehn Jahren für einen deutlichen Anstieg systemischer und exekutiver Metakognitionen sorgt. Die Kinder beginnen immer mehr über sich selbst nachzudenken, über ihr eigenes Wissen sowie über ihr eigenes Lernen. Als Konsequenz daraus wenden sie plötzlich spontan Strategien an. Die Produktionsdefizite vieler Strategien verlieren sich am Ende der Grundschulzeit vermutlich als Folge der abstrakten Selbstreflexivität.

Vierte Stufe — Auch im elften beziehungsweise im zwölften Lebensjahr ist ein lernrelevanter Wendepunkt im Entwicklungsverlauf auszumachen. Die entscheidenden Veränderungen sind hier der deutliche Anstieg der systemischen metakognitiven und exekutiven Funktionen sowie die zunehmend selbstständige Strategienutzung. Bei Kindern mit höherer Intelligenz treten solche Veränderungen deutlicher und bisweilen auch früher ein. Ebenfalls entsteht in diesem Alter ein Vorteil auf der kognitiven Seite. Dieser Vorteil ist gleichzeitig die Basis für die Herausbildung eines stabilen Leistungsmotivs, allerdings mit der Gefahr, dass sich dabei eine misserfolgsängstliche Ausprägung ergibt.

Im elften beziehungsweise im zwölften Lebensjahr fangen die Jugendlichen plötzlich an, Fähigkeiten als Konzept von Anstrengungen zu trennen. Fähigkeit gab es zwar schon als Konzept in den Köpfen der Kinder, es war jedoch noch nicht getrennt von Anstrengungen. Das hatte zur Folge, dass Fähigkeitsattributionen einen internal variablen Charakter hatten. Jüngere Kinder hatten entsprechend bei Misserfolgserlebnissen Überlegungen der folgenden Art angestellt: «Ich bin zwar nicht so gut in Mathematik, aber wenn ich mich jetzt anstrengte, dann werde ich bald auch so gut sein wie die anderen.» Diese Variabilität geht nun in der vierten Stufe verloren, da Fähigkeiten nun als internal stabil aufgefasst werden: «Wenn ich keine Mathematik kann, dann kann ich eben keine Mathematik!»

Parallel hierzu kommt es auch zu Veränderungen in den subjektiven Kompetenzeinschätzungen, die erst zu hoch liegen und dann mit etwa acht Jahren zu sinken beginnen. Dies ergibt ein Risikofeld, das zusätzlich noch durch die reflexive Selbstabstraktion der Kinder gefüttert wird. Die Kinder neigen nun zur Generalisierung, sogar zur Übergeneralisierung von Begründungsstrukturen für erlebten Erfolg und Misserfolg. Das beinhaltet die Gefahr, dass bei ungünstig erlebten Misserfolgsserien und bei massiv in den Keller gegangenen Selbstkonzepten sich ein misserfolgsängstliches Persönlichkeitsmerkmal herausbildet.

Fünfte Stufe — Nun zur fünften und letzten Stufe: Man könnte annehmen, es sei jetzt alles «gelaufen». Es kommt aber zu einer weiteren Veränderung, und diese hat primär etwas Kognitives an sich. Sie hat mit der Aufmerksamkeit und der selektiven Verarbeitung von Information zu tun.

Die Fokussierung auf relevante Information ist etwas vergleichsweise früh Verfügbares. Experimentell kann gezeigt werden, dass dies eigentlich schon ab dem Einschulungsalter eine sehr gut ausgeprägte Fähigkeit ist. Was sich aber ab zwölf Jahren noch einmal qualitativ verändert und bis zum sechzehnten Lebensjahr deutlich an Effizienz gewinnt, ist die Fähigkeit, irrelevante Information auszublenden. In der Grundlagenforschung sprechen wir von kognitiver Hemmung. Die Effizienz der selektiven Informationsverarbeitung, dass heisst, in möglichst komplexen Informationsfeldern Irrelevantes zu ignorieren und Relevantes auch trotz aller Ablenkungen im Auge zu behalten, ist zu Beginn der Sekundarstufe nicht abgeschlossen. Diese Fähigkeit erfährt zwischen dem zwölften und dem sechzehnten Lebensjahr nochmals einen deutlichen Entwicklungsschub.

Um noch einmal auf mein Eingangsbeispiel zurückzukommen: Das Mathematiklehrbuch für die erste Klas-

se, das gut gemeint viele bunte Bilder und Szenarien darstellt, die nicht immer mit den Anforderungen, die auf der Seite bearbeitet werden, zu tun haben, ist erst ab dem zwölften Lebensjahr von der didaktischen Idee her gut. Aber bestimmt nicht in der Primarschule, in der die Effizienz der Hemmung irrelevanter Informationen keineswegs den dafür notwendigen Grad gewonnen hat.

Ich möchte meine Ausführungen abschliessen, allerdings nicht ohne drei Fragen aufzuwerfen:

1. Welche Gestaltungsprinzipien und -elemente von Lehrmitteln sind bei welchem Entwicklungsstand von Kindern besonders wirksam?
2. Kann man bei der Gestaltung von Lehrmitteln auch die differentiellen Besonderheiten einzelner Altersgruppen berücksichtigen?
3. Was ich von den Kollegen der Didaktik mitbekommen habe, ist, dass die entscheidende Wende der Didaktik vor zehn Jahren erfolgte, als das differenzierte Unterrichten zum A und O wurde, um die Schullektivität zu optimieren. – Hat das auch seine Umsetzungsmöglichkeit im Bereich der Lehrmittel?

Literatur

.....

- ATKINSON, R. C. und R. M. SHIFFRIN (1968): Human memory: A proposed system and its control processes, in: SPENCE, K. W. und J. T. SPENCE (Hrsg.): The psychology of learning and motivation, New York, Vol. 2, S. 89–195
- BADDELEY, A. D. (1986): Working memory, Oxford
- BADDELEY, A. D. (1996): The concept of working memory, in: Gathercole, S. E. (Hrsg.): Models of short-term memory, Hove, S. 1–27
- HECKHAUSEN, H. (1980): Motivation und Handeln, Berlin
- MÄHLER, C. und M. HASSELHORN (2003): Automatische Aktivierung des Rehearsalprozesses im phonologischen Arbeitsgedächtnis bei lernbehinderten Kindern und Erwachsenen, in: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 17, S. 255–260
- PIAGET, J. (1971): Biology and knowledge, Chicago
- PINTRICH, P. R. und A. ZUSHO (2002): The development of academic self-regulation: The role of cognitive and motivational factors, in: Wigfield, A. und J. S. Eccles (Hrsg.): Development of achievement motivation, San Diego, S. 249–284
- SIEGLER, R. S. (1996): Emerging minds. The process of change in children's thinking, New York

WAS IST MATHEMATIK UND WAS BEDEUTET DIES FÜR DIE ENT- WICKLUNG VON LEHRMITTELN FÜR DEN MATHEMATIK- UNTERRICHT?

ERICH CH. WITTMANN, UNIVERSITÄT DORTMUND

Die Mathematik ist kein zwischen zwei Deckel gebundenes und mit bronzenen Spangen verschlossenes Buch... Ihre Entfaltungsmöglichkeiten sind so unendlich wie die kosmischen Welten, die sich unter dem Blick des Astronomen vervielfältigen. Es ist ebenso unmöglich, die Mathematik in zugewiesenen Grenzen oder dauernd gültigen Definitionen einzuschliessen – wie das Leben, das in jedem Atom der Materie, in jeder Zelle, in jedem Blatt und in jeder Knospe zu schlummern scheint und stets bereit ist, zu neuen Formen pflanzlichen oder tierischen Lebens aufzubrechen.

J. J. SYLVESTER (1814–1897)

Die im Folgenden vorgetragenen Überlegungen zur Bedeutung des Einflusses fachlicher und fachdidaktischer Forschungsergebnisse auf die Entwicklung von Lehrmitteln beruhen auf der stufenübergreifenden Entwicklungsforschung zum Mathematikunterricht, die im Projekt «mathe 2000» seit etwa 20 Jahren durchgeführt wird. Das dem Projekt zugrunde liegende Forschungsparadigma entspricht der Auffassung von Mathematikdidaktik als interdisziplinär verankerter «design science» [WITTMANN 1992; WILSON/DAVISS 1994]. Im Mittelpunkt der Arbeit stehen daher das Design, die empirische Erforschung und die Implementation von Lernumgebungen unter Beachtung der jeweiligen schulischen Randbedingungen. Obwohl die Projektarbeit durch Forschungsergebnisse und Forschungsmethoden der Psychologie, Soziologie, Pädagogik, Philosophie und anderer Disziplinen nicht unwesentlich beeinflusst wird, spielt für die konstruktive Arbeit im Kern der Mathematikdidaktik, wozu auch die Entwicklung von Lehrmitteln gehört, das «wohlverstandene» Fach die überragende Rolle. Die Erfahrungen zeigen, dass sich mathematische Lernprozesse global und lokal nicht planen, anregen und steuern lassen, ohne die im Fach liegenden Spielräume zu nutzen. Fachinhalte (zum Beispiel die Bruchrechnung)

dürfen nicht einfach als gegebene Inhalte angesehen werden, die man mit Hilfe inhaltsneutraler psychologisch-didaktischer Methoden für den Unterricht bearbeiten könnte.

Natürlich kann sich das Design von Lernumgebungen für den Mathematikunterricht an allgemein bildenden Schulen nicht am Fachverständnis der Spezialisten orientieren. Benötigt wird ein breit verankertes, an die Ursprünge der mathematischen Erkenntnistätigkeit anknüpfendes Bild von Mathematik.

Der Beitrag ist folgendermassen strukturiert: Der erste Abschnitt dreht sich um die Kennzeichnung von Mathematik als Wissenschaft von Mustern. Im zweiten und dritten Abschnitt wird an einfachen Beispielen aus der Arithmetik (Einmaleins) und der Algebra (Lösung quadratischer Gleichungen) aufgezeigt, welche Bedeutung mathematische Muster für das Lernen von Mathematik in allen Phasen haben. Im letzten Abschnitt werden aus aktuellem Anlass die gegenwärtig im Rahmen von PISA laufenden Bemühungen um eine Reform des Mathematikunterrichts vom Standpunkt der fachdidaktischen Entwicklungsforschung aus einer kritischen Analyse unterzogen.

[Für eine ausführliche Behandlung der Abschnitte 1–3 sei auf WITTMANN 2003 verwiesen.]

Mathematik als Wissenschaft von Mustern

In seinen Büchern «Mathematics: Science of Patterns» und «The Math Gene» beschreibt der in den USA wirkende englische Mathematiker Keith DEVLIN die Veränderungen im Bild der Mathematik während der letzten Jahrzehnte folgendermassen: «Eine bestimmte Untersuchung wurde [früher] als mathematisch angesehen nicht so sehr aufgrund dessen, was untersucht wurde, als vielmehr aufgrund dessen, wie vorgegangen wurde, das heisst, die Methode war entscheidend. Erst in den letzten zwanzig Jahren ist eine Definition auf gekommen, der wohl die meisten heutigen Mathematiker zustimmen würden: Mathematik ist die Wissenschaft von den Mustern. Der Mathematiker untersucht abstrakte «Muster» – Zahlenmuster, Formenmuster, Bewegungsmuster, Verhaltensmuster und so weiter. Solche Muster sind entweder wirkliche oder vorgestellte, sichtbare oder gedachte, statische oder dynamische, qualitative oder quantitative, auf Nutzen ausgerichtete oder bloss spielerischem Interesse entspringende. Sie können aus unserer Umgebung an uns herantreten oder aus den Tiefen des Raumes und der Zeit oder aus unserem eigenen Innern» [DEVLIN 1998, S. 3].

«Die Muster und Beziehungen, mit denen sich die Mathematik beschäftigt, kommen überall in der Natur vor: die Symmetrien von Blüten, die oft komplizierten Muster von Knoten, die Umlaufbahnen der Himmelskörper, die Anordnung der Flecke auf einem Leopardfell, das Stimmverhalten der Bevölkerung bei einer Wahl, das Muster bei der statistischen Auswertung von Zufallsergebnissen beim Roulettespiel oder beim Würfeln, die Beziehungen der Wörter, die einen Satz ergeben, die Klangmuster, die zur Musik in unseren Ohren führen. Manchmal lassen sich die Muster durch Zahlen beschreiben, sie sind «numerischer Natur», etwa das Wahlverhalten der Bevölkerung. Oft sind sie jedoch nicht numerischer Natur; so haben

Strukturen von Knoten oder Blütenmuster nur wenig mit Zahlen zu tun.

Weil sie sich mit solchen abstrakten Mustern beschäftigt, erlaubt uns die Mathematik oft, Ähnlichkeiten zwischen zwei Phänomenen zu erkennen (und oft erst zu nutzen), die auf den ersten Blick nichts miteinander zu tun haben. Wir könnten die Mathematik also als eine Brille auffassen, mit deren Hilfe wir sonst Unsichtbares sehen können – als ein geistiges Äquivalent zu dem Röntgengerät der Ärzte oder dem Nachtsichtgerät eines Soldaten» [DEVLIN 2000, S. 97].

Tatsächlich reichen die Wurzeln des Verständnisses von Mathematik als Wissenschaft von Mustern weiter als zwei Jahrzehnte zurück. DEVLIN bezieht sich ausdrücklich auf einen anderen englischen Mathematiker, W.W. SAWYER, der in den 1950er bis 1970er Jahren weltweit eine intensive Vorlesungstätigkeit entfaltete und in seinem Buch «Prelude to Mathematics» schon den Satz prägte: «Mathematik ist die Wissenschaft von Mustern» [SAWYER 1955]. Wenn man die englische Literatur zum Mathematikunterricht seit den 1950er Jahren aufmerksam studiert, zeigt sich, dass «Pattern» (Muster) zu dieser Zeit ein Schlüsselbegriff der Unterrichtsvorschläge war. Besonders markant zeigt sich das in dem 1967 von Mitgliedern der Association of Teachers of Mathematics verfassten Buch «Notes on Primary Mathematics» [WHEELER 1970]. Bereits der erste Abschnitt dieses Buches befasst sich mit «Zahlenmustern», «Mustern von Stäben», «Punktmustern» und «Mustern von Relationen». Diese didaktische Literatur hat der Auffassung von Mathematik als Wissenschaft von Mustern noch einen fundamentalen Aspekt hinzugefügt, der in den Büchern der Mathematiker SAWYER und DEVLIN völlig fehlt: Muster sind nicht einfach fertig gegebene statische Muster, die von wissenden Lehrern unwissenden Lernenden mitgeteilt werden, sondern dynamische Strukturen, die Lernende interaktiv erforschen, fortsetzen, umgestalten und erfinden können [vgl. die

wunderbare Einleitung in WHEELER 1970]. Dies steht in Übereinstimmung mit der heutigen Auffassung von Lernen als konstruktivem Prozess. Erst durch die interaktive Erforschung von Mustern wird auch das Gefühl für die Schönheit der Mathematik entwickelt, die für das «wohlverstandene» Fach konstitutiv ist. Im Projekt «mathe 2000» spielt die Ästhetik der mathematischen Muster aus gutem Grund eine zentrale Rolle.

Muster im Einmaleins

In diesem Abschnitt wird an einem einfachen Inhalt des zweiten Schuljahrs, dem Einmaleins, aufgezeigt, welche überragende Bedeutung mathematische Muster für das Lernen und Üben haben, sowohl aus Sicht der Lehrpersonen als auch aus Sicht der Schülerinnen und Schüler.

Muster beim Erlernen des Einmaleins — Zunächst ist festzustellen, dass der Multiplikation selbst ein grundlegendes mathematisches Muster zugrunde liegt: Jede Malaufgabe ist eine verkürzte Darstellung einer Summe mit gleichen Summanden. Dies kommt am besten zum Ausdruck in der Darstellung von Malaufgaben als rechteckige Punktmuster [Abb. 1]: Aufgrund der Symmetrie erkennt man auf einen Blick, dass jede Zeile gleich viele Punkte hat.

Abb. 1

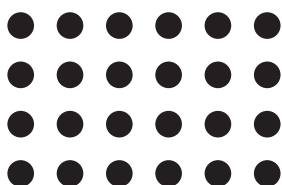
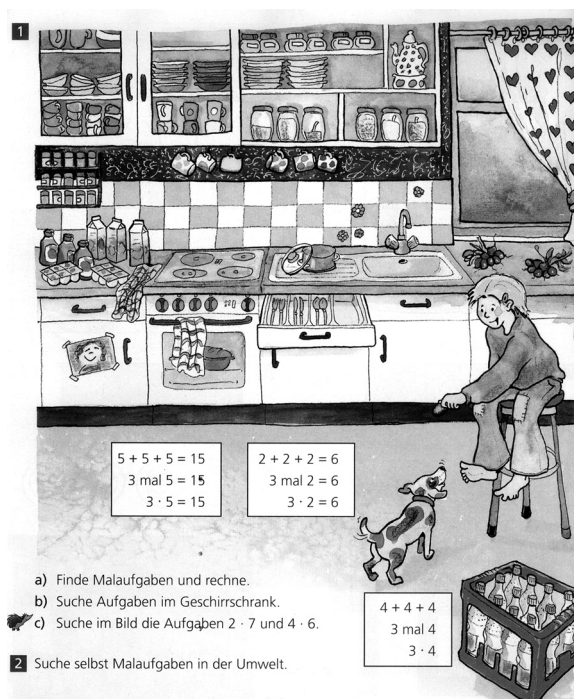


Abb. 2



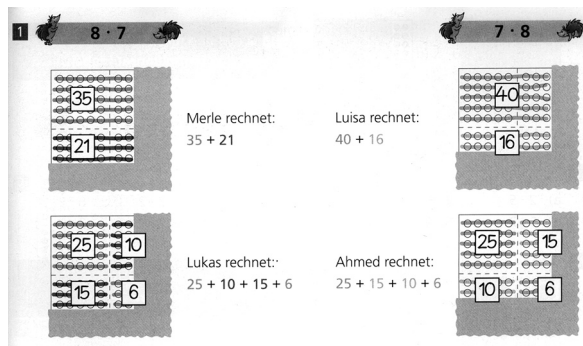
Quelle: Das Zahlenbuch, Klett, Stuttgart

Natürlich beginnt der Lernprozess mit der Suche solcher Muster in der Umwelt. Abbildung 2 zeigt das Interieur einer Küche. Einige der Einmaleins-Muster sind den Kindern wohl bekannt, beispielsweise $3 \cdot 4$ beim Limokasten oder $2 \cdot 3$ bei den Yoghurtpackungen. Auf andere Muster müssen sie hingewiesen werden, zum Beispiel die Verteilung der Herzchen im Vorhang, die teilweise verdeckt sind.

In einem zweiten Durchgang durch das Einmaleins werden schematische Darstellungen von Malaufgaben betrachtet. Dieser Schritt ist typisch für die Mathematik: Was zählt, ist nicht die spezielle Natur der betrachteten Objekte. Vielmehr kommt es auf die abstrakten Beziehungen zwischen ihnen an. Ein ideales Operationsfeld für die schematische Darstellung von Einmaleins-

Aufgaben ist das Hunderterfeld, an dem alle Aufgaben des Einmaleins mit einem Pappwinkel abgegrenzt werden können. Die Kinder können die Anzahl der Punkte auf unterschiedliche Weise bestimmen, indem sie komplexere Muster geeignet in einfache Muster unterteilen [vgl. Abb. 3].

Abb. 3

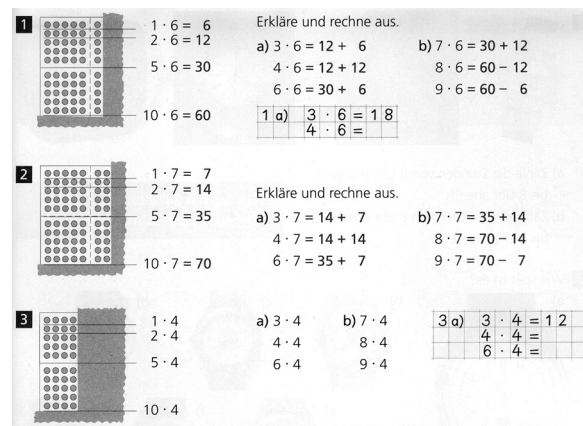


Quelle: Das Zahlenbuch, Klett, Stuttgart

Dabei entdecken sie, dass Tauschaufgaben das gleiche Ergebnis haben. Dieses Gesetz ist eines der beiden grundlegenden Muster, die das Einmaleins beherrschen. Weiter wird auf dieser Stufe entdeckt, dass einige der Aufgaben sehr einfach sind: Aufgaben, bei denen mindestens einer der beiden Faktoren 1, 2, 5 oder 10 ist. Diese Aufgaben heißen Kernaufgaben.

Mit Hilfe des Distributivgesetzes, des zweiten grundlegenden Musters der Multiplikation, können die Ergebnisse aller anderen Aufgaben aus den Kernaufgaben abgeleitet werden, wie Abbildung 4 zeigt. Die Zurückführung komplexer Malaufgaben auf die einfachen Kernaufgaben ist in der deutschsprachigen Mathematikdidaktik seit Beginn des 20. Jahrhunderts bekannt. Sie ist aber erst in den 1960er Jahren als systematische Methode begründet worden, als Arnold FRICKE seinen

Abb. 4



Quelle: Das Zahlenbuch, Klett, Stuttgart

operativen Rechenunterricht aufbauend auf der psychologischen Didaktik von Hans AEBLI entwickelte. Heute ist man noch einen Schritt weiter. Bei den neuen Ansätzen zum Einmaleins werden die Einmaleins-Reihen nicht mehr getrennt, sondern ganzheitlich behandelt. Es macht ja aus Sicht der Mathematik keinen Sinn, zum Beispiel $7 \cdot 4$ bei der Viererreihe und $4 \cdot 7$ erst viel später bei der Siebenerreihe zu behandeln, wie es vor Jahren in einzelnen deutschen Bundesländern noch vorgeschrieben war.

Von den hundert Einmaleins-Aufgaben bleiben nach Abzug der einfachen Aufgaben und unter Berücksichtigung des Vertauschungsgesetzes nur rund 20 «schwere» Aufgaben übrig, die besonders gelernt werden müssen. Für die Kinder ist diese Erkenntnis sehr wichtig, denn damit wird für sie das Erlernen des Einmaleins zu einem überschaubaren Projekt.

Muster beim Üben des Einmaleins — Die Auffassung von Mathematik als Wissenschaft von Mustern kommt bei produktiven Übungen noch mehr zur Geltung. Das sind Übungen, die mit der Förderung der

allgemeinen Lernziele «Mathematisieren, Explorieren, Argumentieren und Formulieren» verbunden sind. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Bei dem Päckchen in Abbildung 5 geht es um den Vergleich benachbarter Malaufgaben. Die Kinder werden aufgefordert, die Reihen fortzusetzen. Das ist möglich, weil schon die Aufgabenstellung nach einem Muster erfolgt. In der ersten Zeile stehen Aufgaben mit gleichen Faktoren, das heisst Quadratzahlaufgaben, in der zweiten Zeile ist einer der Faktoren jeweils um 1 reduziert, der zweite um 1 erhöht. Frage: Wie wirkt sich das auf das Ergebnis aus? Antwort: Die Ergebnisse weisen ebenfalls ein Muster auf: Sie unterscheiden sich immer um 1. Damit ist eine aus dem Muster entspringende Kontrolle der Ergebnisse gegeben: Wenn der Unterschied bei einem Pärchen nicht 1 ist, muss ein Rechenfehler vorliegen.

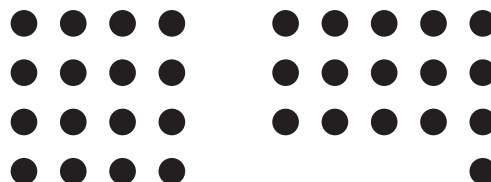
Abb. 5

1 a) $3 \cdot 3$	b) $4 \cdot 4$	c) $5 \cdot 5$	d) $6 \cdot 6$	e) $7 \cdot 7$	f) $8 \cdot 8$	Setze fort.
$2 \cdot 4$	$3 \cdot 5$	$4 \cdot 6$	$5 \cdot 7$	$6 \cdot 8$	$7 \cdot 9$	

Quelle: Das Zahlenbuch, Klett, Stuttgart

Die Kinder rechnen zuerst die Aufgaben, entdecken zuerst das Muster in den Aufgaben, dann das Muster in den Ergebnissen, bestätigen es durch weitere Rechnungen und beschreiben es. Anschliessend kann im Klassengespräch überlegt werden, warum sich die Ergebnisse in jedem Pärchen um 1 unterscheiden. Dazu braucht man nur auf die Darstellung der Aufgaben mit Punktmustern zurückgehen [vgl. Abb. 6]: Aus dem Muster für $4 \cdot 4$ kann das Muster für $3 \cdot 5$ gewonnen werden, indem eine Zeile weggenommen und daraus eine weitere Spalte gemacht wird. Dabei bleibt 1 Plättchen übrig. Analog kann das Muster von $5 \cdot 5$ in das Muster von $4 \cdot 6$ verwandelt werden. Wieder bleibt ein Plättchen übrig.

Abb. 6



Das ist bei jedem quadratischen Muster so: Am Anfang ist die Anzahl der Plättchen in allen Zeilen und Spalten gleich. Wenn eine Zeile weggenommen wird, reduziert sich die Anzahl der Plättchen in einer Spalte um 1. Daher wird für eine weitere Spalte ein Plättchen weniger benötigt, als man vorher in einer Zeile hatte. Ein Plättchen steht über. In Fortführung dieses Arguments erkennt man: Werden die zwei letzten Zeilen eines quadratischen Musters in Spalten verwandelt, bleiben immer $2 \cdot 2 = 4$ Plättchen übrig.

Diese Verwandlungen von Malaufgaben sind keineswegs Spielereien. Vielmehr handelt es sich um eine erste Begegnung mit der dritten binomischen Formel: $(a-b) \cdot (a+b) = a^2 - b^2$. Das verdeutlicht, dass die Auffassung von Mathematik als Wissenschaft von Mustern nicht nur lokale, sondern globale Bedeutung hat. Spezielle Muster bilden die Grundlage allgemeinerer Muster.

Nach dem Vorbild des Päckchens in Abbildung 5 können die Kinder selbst weitere Päckchen konstruieren. Damit zeigt sich bei diesem Beispiel: Muster können interaktiv erforscht, fortgesetzt, umgestaltet und selbst erfunden werden.

Auch die Übung des Einmaleins in Abbildung 7 veranschaulicht die didaktische Leistungsfähigkeit der Auffassung von Mathematik als Wissenschaft von Mustern.

Abb. 7

Forschen und Finden

Wähle eine 2-stellige Zahl.
Nimm die Zehnerziffer mal 3
und zähle die Einerziffer dazu.
Ziehe das Ergebnis von der
gewählten Zahl ab.

Zahl:	2 8
$2 \cdot 3 + 8 =$	14
$28 - 14 =$	14

Zahl:	7 7
$7 \cdot 3 + 7 =$	28
$77 - 28 =$	49

Zahl:	6 4
$6 \cdot 3 + 4 =$	22
$64 - 22 =$	42

Zahl:	2 9
$2 \cdot 3 + 9 =$	15
$29 - 15 =$	14

Zahl:	3 0
$3 \cdot 3 + 0 =$	9
$30 - 9 =$	21

a) Rechne selbst mit weiteren Zahlen.
b) Welche Zahlen kommen als Ergebnis vor?
c) Welche Zahlen kann man wählen, um das Ergebnis 42 zu erhalten?
d) Nimm die Zehnerziffer mal 4 und rechne genauso.

Quelle: Das Zahlenbuch, Klett, Stuttgart

Bei dieser Übung ist für jede zweistellige Zahl nach einer bestimmten Rechenvorschrift ein Ergebnis zu berechnen. Werden die Ergebnisse geordnet, erhält man die Zahlen 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, das heisst die Siebenerreihe.

Genauer: Alle Zahlen mit der gleichen Zehnerziffer führen zum gleichen Ergebnis: Zehnerziffer mal 7. Natürlich ist dieses Muster wieder ein wirksamer Mechanismus, um die Richtigkeit von Rechnungen zu überprüfen. Warum gilt das Muster?

Abb. 8

40	41	42
$4 \cdot 3 = 12$	$4 \cdot 3 + 1 = 13$	$4 \cdot 3 + 2 = 14$
$40 - 12 = 28$	$41 - 13 = 28$	$42 - 14 = 28$

In Abbildung 8 werden einige Rechnungen mit Zahlen aus dem Vierzigerbereich als Startzahlen verglichen: Die erste Zahl ist 40, ein reiner Zehner. Da ist

das Zwischenergebnis leicht zu berechnen: $4 \cdot 3$. Dieses Zwischenergebnis muss von $40 = 4 \cdot 10$ abgezogen werden. Die Differenz ist $4 \cdot 10 - 4 \cdot 3 = 4 \cdot 7 = 28$. Wenn man die Rechnung für 41 durchführt, erhöht sich das Zwischenergebnis um 1, denn $4 \cdot 3 + 1 = 13$. Bei der Subtraktion $41 - 13$ kommt nach dem Gesetz von der Konstanz der Differenz wieder 28 heraus. 42 führt zum Zwischenergebnis 14 und $42 - 14 = 28$, usw. Bei 50 erfolgt ein Sprung: $50 - 5 \cdot 3 = 5 \cdot 10 - 5 \cdot 7 = 35$. Dann geht es analog wie bei den Vierzigerzahlen weiter. Ergebnis: Für reine Zehnerzahlen als Startzahlen ergibt sich als Endergebnis Zehnerziffer $\cdot 7$. Dieses Ergebnis zieht sich für alle Zahlen mit dem gleichen Zehner durch.

Im Rückblick auf die beiden oben besprochenen produktiven Übungen zum Einmaleins sei eine pädagogische Anmerkung angebracht: Diese Übungen enthalten Lernangebote für alle Kinder. Alle Kinder können rechnen, manche schaffen weniger, manche mehr Aufgaben. Alle Kinder können etwas entdecken, manche viel, manche weniger. Manche Kinder können die eine oder andere Beziehung begründen, einige sogar den Beweis verstehen. Alle Kinder können auch die Regel verändern und analog rechnen, zum Beispiel statt «immer Zehnerziffer $\cdot 3$ » rechnen sie «immer Zehnerziffer $\cdot 4$ oder «immer Zehnerziffer $\cdot 2$ » oder «immer Zehnerziffer $\cdot 8$ ». Ganz mutige Kinder können auch «immer Zehnerziffer $\cdot 11$ oder $\cdot 12$ » rechnen und werden eine Überraschung erleben: Es treten negative Zahlen auf.

Das pädagogische Prinzip, das hier zur Anwendung kommt, heisst natürliche Differenzierung. Es handelt sich dabei nicht um eine Differenzierung, bei der den Kindern je nach Leistungsstand Aufgaben zugeteilt werden, sondern um Lernangebote, die von jedem Kind auf seinem Niveau sinnvoll wahrgenommen werden. Es sind also keine getrennten Arbeitsblätter für unterschiedliche Niveaugruppen nötig, lernschwache und leistungsstarke Kinder können aus dem Un-

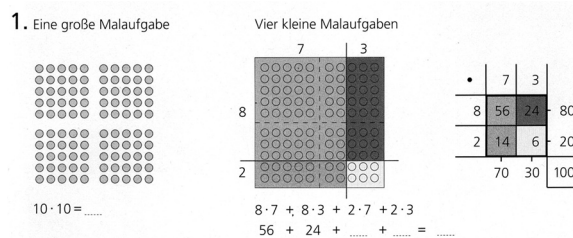
terricht heraus gefördert werden. Um dieses pädagogische Prinzip anwenden zu können, ist die Auffassung von der Mathematik als Wissenschaft von Mustern, die interaktiv erforscht, fortgesetzt und selbst erfunden werden können, eine *Conditio sine qua non*. Kinder können sich in einem solchen Rahmen individuell entfalten, produktiv tätig werden, eigene Wege gehen, und die Kommunikation mit anderen Kindern wird gefördert.

Muster bei der Automatisierung des Einmaleins — Es kann nicht deutlich genug betont werden, dass die Automatisierung grundlegender Fertigkeiten und Wissens Elemente – dazu gehört das Einmaleins – unentbehrlich ist, denn die Erforschung von Mustern auf einer höheren Ebene setzt die sichere Beherrschung vorhergehender Fertigkeiten voraus. Aber auch die Automatisierung selbst wird erheblich unterstützt, da im Lernprozess zwischen den zu automatisierenden Wissens Elementen und Fertigkeiten mit Hilfe des Vertauschungs- und Distributivgesetzes (Kernaufgaben) Beziehungen gestiftet worden sind. Sinnvolles Wissen kann man sich um Größenordnungen besser merken als sinnloses Wissen.

Fortsetzung arithmetischer Muster in die Algebra

Wird ein anderes Punktmuster vertikal und horizontal zerlegt, entstehen vier Teilfelder, die kleinere Malaufgaben darstellen. Diese Zerlegung beruht auf dem Distributivgesetz. In Abbildung 9 beispielsweise wird die grosse Malaufgabe $10 \cdot 10$ in vier kleine Malaufgaben unterteilt. Werden deren Ergebnisse berechnet und addiert, muss 100 herauskommen (was eine schöne Kontrolle ist). Diese Zerlegung am Punktmuster kann im so genannten Malkreuz, einem geometrischen

Abb. 9



Quelle: Das Zahlenbuch, Klett, Stuttgart

Schema, in das Zahlen beliebig eingetragen werden können, schematisch dargestellt werden.

Diese Schematisierung gestattet es, in die Vorspalte und Kopfzeile eines Malkreuzes auch negative Zahlen einzutragen und genauso die Zwischenergebnisse zu berechnen und zu addieren. Abbildung 10a zeigt ein Malkreuz für die Aufgabe $11 \cdot 4$, wobei 11 als $8 + 3$ und 4 als $9 - 5$ geschrieben ist. Die Addition der Teilprodukte liefert das gewünschte Ergebnis 44.

Mit dem Malkreuz kann auch begründet werden, warum es zwingend ist $(-1) \cdot (-1) = +1$ zu setzen: Jeder der beiden Faktoren 10 tritt in Abbildung 10b in der Form $(11 - 1)$ auf. Das Ergebnis muss also $10 \cdot 10 = 100$ sein. Die Teilsumme der drei Teilprodukte oben und links ist aber $121 - 11 - 11 = 99$. Damit sich das Endergebnis 100 ergibt, muss das Produkt $(-1) \cdot (-1)$ im Feld rechts unten +1 sein.

Das Malkreuz zeigt auch einen sehr schönen Weg zur Lösung quadratischer Gleichungen, der in enger Beziehung zur historischen Entwicklung der Algebra bei den Arabern steht. Dies soll abschliessend am Beispiel $x^2 - 6x = 7$ erläutert werden. Die linke Seite dieser Gleichung lässt sich in ein Malkreuz verwandeln, wenn $-6x$ in zweimal $-3x$ [Abb. 10c] aufspaltet wird.

Abb. 10a

•	9	-5	
8	72	-40	32
3	27	-15	12
			44

10b

•	11	-1	
11	121	-11	110
-1	-11	+1	-10
			100

10c

•	x	-3	
x	72	-3x	
-3	-3x		

10d

•	x	-3	
x	72	-3x	
-3	-3x	+9	

Das Malkreuz regt die quadratische Ergänzung $(-3) \cdot (-3) = 9$ an [Abb. 10d], was zur Gleichung $(x-3)^2 = 16$ führt, die durch das Ziehen der Wurzel gelöst werden kann: $x-3 = \pm 4$, $x_1 = 7$, $x_2 = -1$.

Das Malkreuz ist ein typisches Beispiel dafür, wie grundlegende mathematische Muster das mathematische Lernen stufenübergreifend tragen können. Die Herausarbeitung solcher Grundideen ist eines der wichtigsten fachdidaktischen Prinzipien für globales Design von Lernumgebungen in jedem Inhaltsbereich.

Der schiefe Turm von PISA

Im diesem letzten Abschnitt soll ein kritischer Blick auf die aktuellen Bemühungen zur Verbesserung des Unterrichts geworfen werden, der es erlaubt, die von verschiedenen Disziplinen zu erwartenden Beiträge zur Entwicklung von Lehrmitteln besser einzuschätzen.

Mathematik zu unterrichten, ist weltweit ein Problem, auch in den Ländern, deren Schülerinnen und Schüler bei internationalen Vergleichsstudien regelmässig gut abschneiden. Ende 2000 hat in Berlin eine japanisch-deutsche Tagung zum Mathematikunterricht

stattgefunden, an der Mathematiker, Didaktiker und Bildungsforschende aus beiden Ländern teilgenommen haben. Dabei wurde deutlich, dass japanische Studienanfängerinnen und Studienanfänger genauso schlechte Vorkenntnisse in Mathematik aufweisen wie deutsche. Hinzu kommt, dass die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer in kaum einem Land ein so negatives Image haben wie in Japan. Ein instruktives Beispiel sind auch die Niederlande, wo in der Vergangenheit viel für den Mathematikunterricht getan wurde und ebenfalls gute Leistungen bei internationalen Leistungstests erbracht werden. Nichtsdestoweniger ist in diesem Land die Zahl der Studienanfänger in Mathematik drastisch zurückgegangen. Gute Ergebnisse bei internationalen Vergleichstests besagen daher relativ wenig und lenken von einer tieferen Analyse nur ab. Nach Einschätzung des Autors besteht das Hauptproblem bei der Reform des Mathematikunterrichts in allererster Linie darin, die intellektuelle Attraktivität dieses Faches wiederherzustellen beziehungsweise überhaupt erst herzustellen.

Heute gibt es in der Bildungspolitik intensive Bemühungen um eine Reform des Mathematikunterrichts, die im Wesentlichen in zwei Richtungen verlaufen: einerseits möchte man den Bezug des Faches zum Alltagsleben und zu den Anwendungen im Berufsleben stärken, zweitens wird versucht, die Effizienz des Un-

terrichts mit Hilfe von «Bildungsstandards» zu sichern, Stichwort PISA.

Beide Ansätze enthalten durchaus sinnvolle Aspekte. Gemessen am Charakter der Mathematik als Wissenschaft von Mustern, eignen sie sich für die Reform des Mathematikunterrichts allerdings nicht als Orientierung. Zur Anwendungsorientierung ist kritisch anzumerken, dass Anwendungen der Mathematik nur in Verbindung mit der Strukturorientierung Sinn machen. Wer die Anwendungsorientierung einseitig verfolgt, verfälscht das Fach und beeinträchtigt die Lernerfolge. Die Reformbemühungen im Rahmen von PISA sind vom hier vorgetragenen Standpunkt aus ebenfalls kritisch zu beurteilen: Die Mathematik ist ein lebendiger Organismus. Verständnis und Kompetenzen werden erworben, indem man sich mit mathematischen Themen ganzheitlich befasst. Mathematisches Wissen ist kein toter Stoff, der sich in Lernziele sezieren liesse, die durch entsprechende «Treatments» sichergestellt und durch schriftliche Tests geprüft werden könnten, wie es dem Wissenschaftsverständnis von Cognitive Science entspricht. Mit schriftlichen Leistungstests der üblichen Art lassen sich mathematische Fähigkeiten überhaupt nicht zuverlässig ermitteln, und Nonstop-Testing ist kein aussichtsreicher Weg zu besseren Leistungen, wie das Beispiel der USA zeigt, wo standardisierte Tests seit Jahrzehnten eingesetzt werden [vgl. zu diesem Punkt auch MÜLLER, STEINBRING & WITTMANN 2002, S. 38ff.].

Geht man den in der empirischen Psychologie, der Bildungsforschung und der Bildungspolitik herrschenden Vorstellungen auf den Grund, so stösst man auf den alten Wunsch der Wissenschaftler/Lehrpersonen/Manager aller Ebenen, ihre jeweilige kleine oder grosse Welt durch «Directions» und «Inspections» unter Kontrolle zu bringen. Diese Form des Managements hat der St. Galler Unternehmensforscher MALIK als mechanistisch-technomorph bezeichnet [MALIK 1986].

Sie eignet sich für das Management von Systemen mit geringer Komplexität. Schule, Unterricht, Lernen aber sind Bereiche mit einer hochgradigen Komplexität, denen man auf diese Weise nicht beikommt. MALIK hat überzeugend aufgezeigt, dass für die Entwicklung dieser Bereiche systemisch-evolutionäres Management benötigt wird: Es müssen sinnvolle Ziele gesetzt, spontane Kräfte genutzt und Kräfte geweckt werden.

Aus systemischen Gründen ist es ein grundlegender Irrtum zu glauben, das Bildungsniveau könne auf tayloristische Weise gehoben werden: durch Output-Steuerung in Form von «Bildungsstandards», Benchmarking, Leistungstests usw. Im Gegenteil: Dadurch wird dem Unterricht der Sinn entzogen und langfristig das Bildungsniveau untergraben. Bruno FREY, Wirtschaftswissenschaftler an der Universität Zürich, ist in seinen empirischen Untersuchungen der Frage nachgegangen, ob in der Wirtschaft durch Sekundärmotivation, zum Beispiel durch finanzielle Anreize, höhere Leistungen erzielt werden können. Seine Erkenntnis: Bei einfacheren Tätigkeiten, bei denen keine intrinsische Motivation vorausgesetzt werden kann, eignet sich extrinsische Motivation zur Leistungssteigerung, bei qualifizierten Tätigkeiten nicht.

Die Frage ist also, ob wir das Lernen in der Schule auf das Niveau einfacherer Tätigkeiten herabstufen wollen, bei denen intrinsische Motivation nicht vorausgesetzt werden kann. Wir würden damit zugeben, dass der Stoff, den wir den Kindern zum Lernen anbieten, für sich genommen bedeutungslos und uninteressant ist und dass es nur die im Schulleben und im Wirtschaftsleben zu erwartenden Vorteile sind, derentwegen Kinder diesen Stoff lernen und in Leistungskontrollen nachweisen sollen. Das wäre eine Bankrotterklärung der schulischen Bildung auf der ganzen Linie. Was für die Gesellschaft langfristig schädlich ist, liegt auch nicht im wohlverstandenen Interesse der Wirtschaft. Genauso wenig, wie man bei den Anwendungen der

Mathematik langfristig ohne die reine Mathematik auskommt, die nicht auf unmittelbaren Nutzen ausgerichtet ist, genauso wenig kommt man in der Wirtschaft ohne Bildung aus, die nicht auf unmittelbaren Nutzen ausgerichtet ist. Nachhaltiges Wirtschaften setzt solide Bildung voraus, die sich einer Aufzählung in Bildungsstandards entzieht.

Gefragt ist daher systemisches Bildungsmanagement, das sich, was Eingriffe anbelangt, auf eine kluge Ordnungspolitik beschränkt und auf den effektiven Einsatz der Mittel achtet. Das Einfordern von Leistungen gehört selbstverständlich dazu. Diese Leistungen müssen aber an echten Massstäben gemessen werden, und es müssen Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass sie erbracht werden können.

Wie alle Erfahrungen zeigen, spielen Lehrmittel bei der Reform des Unterrichts eine zentrale Rolle. Der Autor ist davon überzeugt, dass in allen Fächern, nicht nur in der Mathematik, die konkrete Verbesserung von Lehrmitteln wesentlich auf den didaktischen Möglichkeiten beruht, die aus dem jeweiligen «wohlverstandenen» Fach selbst erwachsen. Der konstruktiv arbeitenden Fachdidaktik kommt daher bei der Entwicklung von Lehrmitteln eine viel grössere Bedeutung zu, als ihr gegenwärtig beigemessen wird. Damit gute Lehrmittel entsprechend genutzt werden können, müssen ausserdem die Lehrpersonen fachlich und fachdidaktisch gut ausgebildet sein, wobei es wiederum entschieden auf die fachdidaktische Entwicklungsforschung ankommt. Und Lehrpersonen werden umso erfolgreicher arbeiten können, je förderlicher die schulischen Randbedingungen sind.

Für eine Gesamtschau des Bildungssystems aus der Perspektive der fachdidaktischen Entwicklungsforschung ist in diesem Beitrag kein Raum. Dazu sei auf MÜLLER, STEINBRING & WITTMANN 2002 verwiesen.

Literatur

- DEVLIN, K. (1997): Muster der Mathematik, Spektrum, Heidelberg/Berlin
- DEVLIN, K. (2000): Das Mathe-Gen, Klett-Cotta, Stuttgart
- MALIK, F. (1986): Strategie des Managements komplexer Systeme, Haupt, Bern
- MÜLLER, G.N., STEINBRING, H. und E.Ch. WITTMANN (2002): Jenseits von PISA. Bildungsreform als Unterrichtsreform. Ein Fünf-Punkte-Programm aus systemischer Sicht, Kallmeyer, Seelze
- SAWYER, W.W. (1955): Prelude to Mathematics, Penguin, London
- WHEELER, D. (Hrsg.) (1970): Modelle für den Mathematikunterricht der Grundschul, Klett, Stuttgart (Übersetzung von Notes on Mathematics for Primary Schools, verfasst von Mitgliedern der Association of Teachers of Mathematics)
- WILSON, K.W. und B. DAVISS (1994): Redesigning Education, New York
- WITTMANN, E.Ch. (1992): Mathematikdidaktik als «design science», in: Journal für Mathematik-Didaktik 13 (1992), S. 55–70
- WITTMANN, E.Ch. (2003): Was ist Mathematik und welche pädagogische Bedeutung hat das wohlverstandene Fach auch für den Mathematikunterricht der Grundschule?, in: BAUM, M. und H. WIELPÜTZ: Mathematik im Schulprogramm. Ein Arbeitsbuch, Kallmeyer, Seelze, S. 18–46

E-LEARNING ALS CHANCE FÜR EINE NEUE LERN- KULTUR

FRIEDRICH W. HESSE, UNIVERSITÄT TÜBINGEN

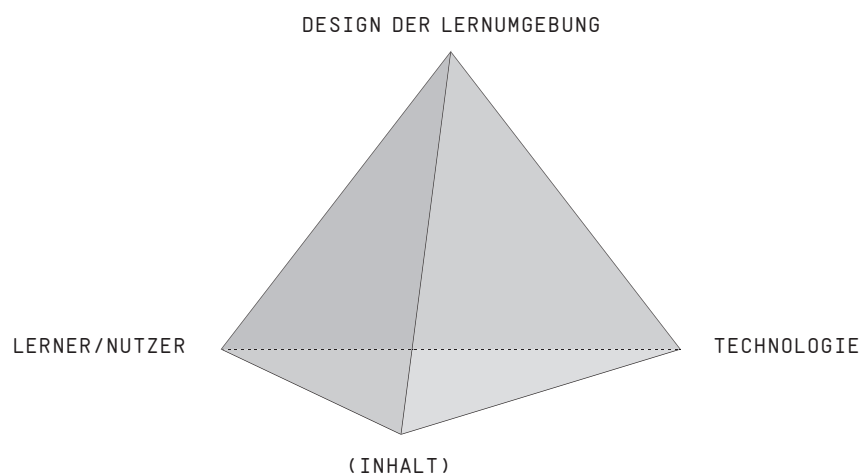
In nahezu allen Bereichen des Lehrens und Lernens wird inzwischen der Computer zur Wissensvermittlung eingesetzt: in den Schulen, den Hochschulen wie auch in der beruflichen und privaten Weiterbildung. Die Möglichkeiten, die sich durch den Einsatz von E-Learning-Lösungen eröffnen, beinhalten jedoch auch neue Herausforderungen – nicht automatisch bedeutet «neues Lernen» auch «besseres Lernen». So kann der Einsatz neuer Medien im Lehr-Lern-Kontext sehr wohl eine neue Lernkultur hervorbringen – jedoch nur dann, wenn die Potenziale der neuen Medien gezielt herausgearbeitet werden und man diese Medien nur dann einsetzt, wenn sie im Vergleich zu herkömmlichen Unterrichtsmethoden einen echten Mehrwert versprechen.

Die angesprochenen Potenziale der neuen Medien können durch die Entwicklung adäquater Lernumgebungen (so genannter Powerful Learning Environments) nutzbar gemacht werden. Bei der Analyse solcher Lernumgebungen müssen mehrere Kompo-

nenten betrachtet werden: Lernen mit neuen Medien findet in einer soziotechnischen Umgebung statt, die bestimmt wird durch die Technologie, durch die Art und Weise, wie sie für eine Lernumgebung gestaltet wird (Design), durch die Eigenschaften und Voraussetzungen der Lernenden und natürlich durch den zu lernenden Inhalt. Obwohl der Inhalt selbstverständlich entscheidend ist für die Möglichkeiten des Lernens, sollen die folgenden Betrachtungen insbesondere auf die drei anderen Einflussdimensionen bezogen werden [vgl. Abb. 1].

Eine entscheidende Komponente sind dabei die Eigenschaften und Voraussetzungen der Lernenden. Umfang und Geschwindigkeit der Informationsaufnahme sind beim Menschen relativ festgelegt; sie haben sich über die letzten Jahrhunderte nicht wesentlich verändert und werden auch in Zukunft kaum variieren. Dass weltweit mehr Informationen generiert werden und verfügbar sind, ändert nicht den Umfang des individuell erwerbbaaren Wissens; Lernen kann nicht beliebig

Abb. 1 «Powerful Learning Environments»: Einflussdimensionen



Quelle: Eigene Darstellung

beschleunigt und massiert werden. Man weiss jedoch einiges darüber, wie zum Beispiel Informationen besser dargestellt und sequenziert werden können, damit sie leichter verständlich sind. Man weiss, wie Motivation und Handlungskontrolle ausgeprägt sein sollten, um Lernen zu begünstigen, und man weiss, wie eine positive Einstellung der Lernenden – etwa in dem Sinne, dass sie die Aufgabe als machbar, als verstehbar einschätzen – sich günstig auf das Lernen auswirkt. Die Technologie, die die neuen Medien ausmacht, kann dazu eingesetzt werden, auf diese Voraussetzungen der Lernenden adäquat zu reagieren. Selbstverständlich kann nun aber nicht bereits eine möglichst hoch technische Umgebung als günstig betrachtet werden. Entscheidend ist, wie diese Technik für die konkrete Gestaltung der Lernumgebung eingesetzt wird und wie die darin enthaltenen Potenziale nutzbar gemacht werden.

Zunächst stellt sich die Frage, worin diese Potenziale bestehen. Zur Unterstützung des Lernens kann von folgenden spezifischen Potenzialen der neuen Medien ausgegangen werden [HESSE & FRIEDRICH 2001; HESSE, GARSOFFKY & HRON 2002]:

- Computerunterstützung kann dazu dienen, ein höheres Mass an Individualität und ein besseres Feedback zu erreichen. Dies sind zentrale Einflussgrössen für besseres Lernen. So wird Eigenaktivität, konstruktives und selbstbestimmtes Vorgehen unterstützt.
- Vernetzte Computer können genutzt werden, um in höherem Masse soziale Informationen verfügbar zu machen und damit bestimmte Formen von Kooperation und Wissensaustausch zu unterstützen. Ein ergänzender Effekt resultiert aus dem Zugriff auf grosse Wissensbestände, wie sie in Datenbanken gespeichert sind.
- Mit den neuesten Generationen von Computern ermöglichen qualitativ hochwertige Benutzeroberflächen mehr als jemals zuvor, Gegenstände und

Sachverhalte realistisch und authentisch zu visualisieren. Das Spektrum reicht dabei von statischen über animierte Visualisierungen bis hin zu virtuellen Realitäten. Das Lernen wird hier durch die grössere Anschaulichkeit oder die Aufmerksamkeitssteuerung unterstützt. Mit virtuellen Realitäten können sogar motivationsförderliche Effekte erzielt werden, die sich aus dem Gefühl ergeben, in eine (virtuelle) Umgebung eingetaucht zu sein, als sei sie nahezu real.

Möchte man diese Potenziale wirklich fruchtbar machen, muss man sowohl das Lernen als auch die Nutzung der Technologie aus der richtigen Perspektive betrachten. So darf Lernen nicht reduziert werden auf reines Faktenlernen und den Erwerb dekontextualisierten Wissens, das lediglich der individuellen Informationsaufnahme dient. Vielmehr muss Lernen aus Aktivitäten bestehen, die ein konstruktives Vorgehen zum Aufbau integrierten Wissens erlauben. Es sollte mit Bezug zu authentisch verankerten Situationen ein verständnisbasiertes Lernen unterstützt werden. Bestandteil solcher Lernszenarien sollte zudem die Möglichkeit zum selbstbestimmten, aber auch kooperativ organisierten Wissenserwerb sein. Damit ist die Forderung nach einer neuen Lernkultur verbunden, wie sie auch ohne die neuen Medien sinnvoll ist, die aber durch die zuvor aufgezeigten Potenziale der neuen Medien eine deutlich erhöhte Chance erhält.

Auf der technologischen Seite impliziert diese Sicht eine Abkehr von computerbasierten «drill and practice»-Programmen, Multimedia-Lehrbüchern oder gar so genannten intelligenten Tutorsystemen, in denen eine intelligente Führung der Lernenden zumeist nicht gelingt. Vielmehr muss sich die Technologie hinwenden zu einer Unterstützung des (inter)aktiven, Rückmeldung nutzenden, konstruktiven und kooperativen Lernens. Dafür ist die vorhandene Technologie sehr gut geeignet: Ihr Einsatz kann Interaktivität erforderlich

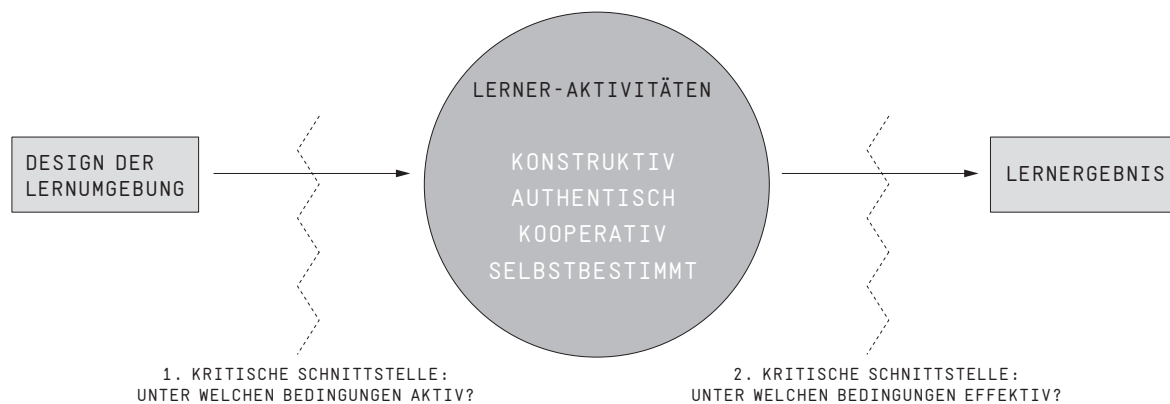
machen, durch Animationen die Aufmerksamkeit gezielt lenken, mit Simulationen ein exploratives Handeln zulassen, mit Hypermedien zum selbstorganisierten Vorgehen motivieren und durch webbasierte Kooperationsangebote zum Wissensaustausch anregen. Dabei sind mit der Weiterentwicklung der Technologie die Möglichkeiten zur Unterstützung neuer Formen des Lernens auch zukünftig noch offen. Die derzeit ersten Ansätze zur Motivationssteigerung durch das Gefühl, in höherem Masse in einer bestimmten Umgebung zu sein, wie es durch den Einsatz virtueller Realitäten möglich ist, sollen dafür nur ein erster Hinweis sein.

Diese optimistisch klingenden Perspektiven könnten nun zu der Annahme verleiten, mit einem positiven Lernergebnis sei automatisch zu rechnen, sobald eine Lernumgebung konstruktive, authentische, kooperative und selbstbestimmte Lerneraktivitäten adressiert. Diese Annahme muss jedoch zumindest im Hinblick auf zwei kritische Schnittstellen relativiert werden [vgl. Abb. 2].

Die erste Schnittstelle befindet sich zwischen Lernumgebung und Nutzer. So nehmen Lernende keineswegs automatisch die angebotenen Aktivitäten auf: Zum Beispiel führt das Bereitstellen einer Kooperationsmöglichkeit allein noch nicht zu einer gewinnbringenden Kooperation, und nur weil selbstbestimmtes Verhalten angeregt und gefördert wird, muss es keineswegs auch gezeigt werden. Genauso kritisch sollte auch die Schnittstelle zwischen Lernenden und Lernergebnis gesehen werden. Selbst wenn es gelingt, die oben beschriebenen konstruktiven, authentischen, kooperativen und/oder selbstbestimmten Lerneraktivitäten auszulösen, ist damit nicht gewährleistet, dass effektives Lernen resultiert und positive Lernergebnisse zu verzeichnen sind. Es besteht gar die Gefahr, negative Lernergebnisse zu erhalten.

Nach den vorausgegangenen Potenzialbeschreibungen mag diese Skepsis verwundern. Sie ist jedoch dann berechtigt, wenn aus der Potenzialanalyse lediglich Empfehlungen resultieren, die zuvor genannten

Abb. 2 Lernumgebung – Lernergebnis: Kritische Schnittstellen



Quelle: Eigene Darstellung

Lerneraktivitäten zu unterstützen, ohne an dieser Stelle sehr viel konkreter zu werden. So müssen mit Bezug auf beide kritischen Schnittstellen spezifische Analysen durchgeführt werden, um herauszufinden,

- unter welchen Bedingungen und bei welchen Voraussetzungen die gewünschten Lerneraktivitäten überhaupt ausgeführt werden und
- unter welchen Bedingungen zu erwarten ist, dass diese Lerneraktivitäten wirklich zu effektivem Lernen führen [vgl. Abb. 3].

Daraus resultieren im günstigen Fall Empfehlungen, die diese Bedingungen und Voraussetzungen enthalten und sicherlich spezifischer sind als der Hinweis, man erhalte bereits positive Lernergebnisse, wenn Lernen – zum Beispiel aktiver – werden. An dieser Stelle gilt es, aus psychologisch-pädagogischer Perspektive ein bestimmtes Selbstverständnis deutlich zu machen. Die Komplexität des hier beobachteten soziotechnischen Lernarrangements sowie die Komplexität und Individualität menschlicher Lernvorgänge lassen es nicht

zu, auf der Basis von zum Beispiel «zehn didaktischen Geboten» brauchbare Empfehlungen zu formulieren. Sieht man beispielsweise im Vergleich die Arbeit eines Arztes, so wird auch niemand erwarten, dass einfache Regeln sein Handeln bestimmen können – medizinische Diagnosen und Therapievorschläge können nur auf dem ärztlichen Wissen über die differenzierten Wirkmechanismen des menschlichen Körpers beruhen. Gleiches gilt für viele andere Bereiche. Keine Strassen- oder Eisenbahnbrücke könnte gebaut werden, wenn sich die daran beteiligten Ingenieure nicht bestens mit dem hoch differenzierten Zusammenspiel von Funktion und Statik auskennen würden. Ebenso wird eine differenzierte psychologisch-pädagogische Expertise benötigt, um einen solch komplizierten Sachverhalt wie neue Formen des Lehrens und Lernens durch neue Medien adäquat und erfolgreich behandeln zu können.

In der kognitionspsychologischen Forschung haben sich daher verschiedene Theorien ausdifferenziert,

Abb. 3 Lernumgebung – Lernergebnis: Spezifische theoretische Analysen



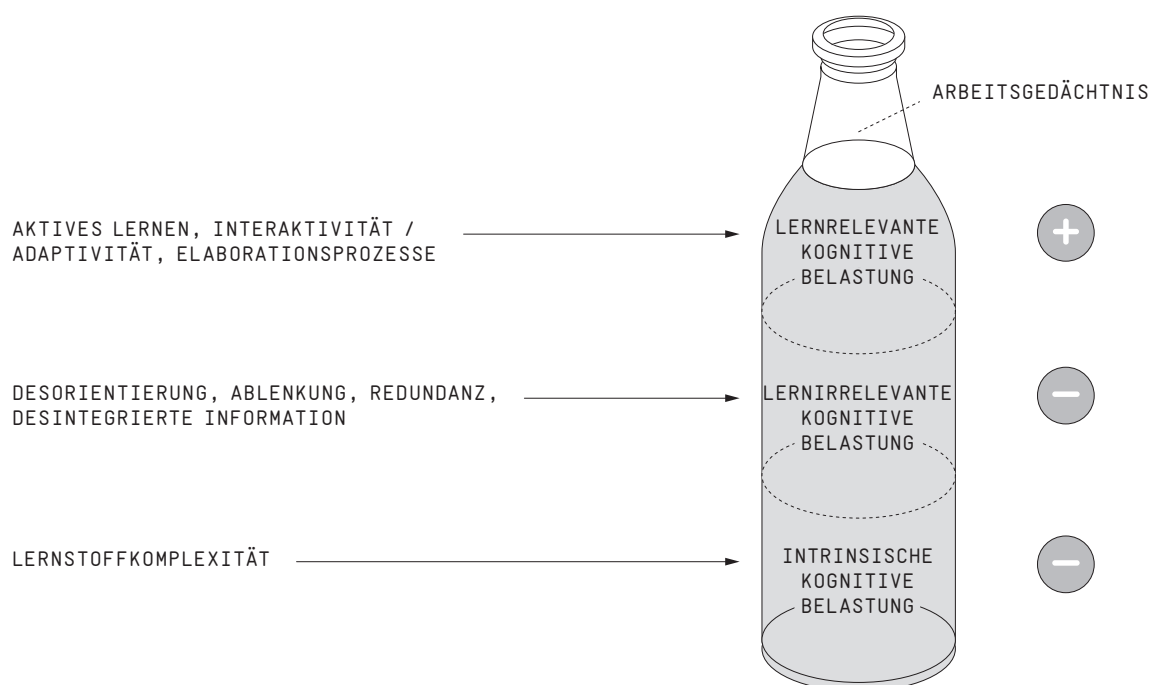
Quelle: Eigene Darstellung

um die Verarbeitungsprozesse zu beschreiben, die dem Lernen mit multimedialen Lernumgebungen zugrunde liegen. Unter diesen Theorien richtet die Cognitive Load Theory besonderes Augenmerk auf die Begrenzung der kognitiven Ressourcen bei Lernenden [SWELLER, VAN MERRIËNBOER & PAAS 1998]. Sie geht von einem limitierten Arbeitsgedächtnis aus, das mit einem unbeschränkten Langzeitgedächtnis interagiert. Die zentrale Idee der Theorie ist es, durch geeignete instruktionale Massnahmen den Erwerb und die Automatisierung von Schemata zu fördern, die eine Entlastung des Arbeitsgedächtnisses bedeuten und die Speicherung und Organisation von Informationen im Langzeitgedächtnis unterstützen. Die kognitive Belastung während des Lernens mit Hypermedia setzt sich

nach dieser Theorie aus drei Komponenten zusammen [vgl. Abb. 4]:

1. Intrinsische kognitive Belastung (Intrinsic Cognitive Load), die von der Komplexität des zu erlernenden Sachverhalts und dem Vorwissen der Lernenden abhängt.
2. Lernirrelevante kognitive Belastung (Extraneous Cognitive Load), die im Wesentlichen davon abhängt, wie Lernmaterialien gestaltet werden. Sie entsteht durch Desorientierung, Ablenkung, Redundanz des Materials und desintegrierte Information; diese Form der kognitiven Belastung kann durch geeignete Gestaltungsmassnahmen reduziert werden.
3. Lernrelevante kognitive Belastung (Germane Cognitive Load), die aus einer vertieften und aktiven

Abb. 4 Kognitive Belastungen beim Hypermedia-Lernen: Ursachen



Quelle: Eigene Darstellung

Verarbeitung der im Arbeitsgedächtnis zur Verfügung stehenden Informationen resultiert und durch adäquate Unterstützungsmassnahmen gefördert werden kann.

Aus der Cognitive Load Theory lassen sich Hinweise ableiten, wie Lernumgebungen so gestaltet werden können, dass lernförderliche Prozesse gestärkt und lernhinderliche Prozesse reduziert werden [vgl. Abb. 5].

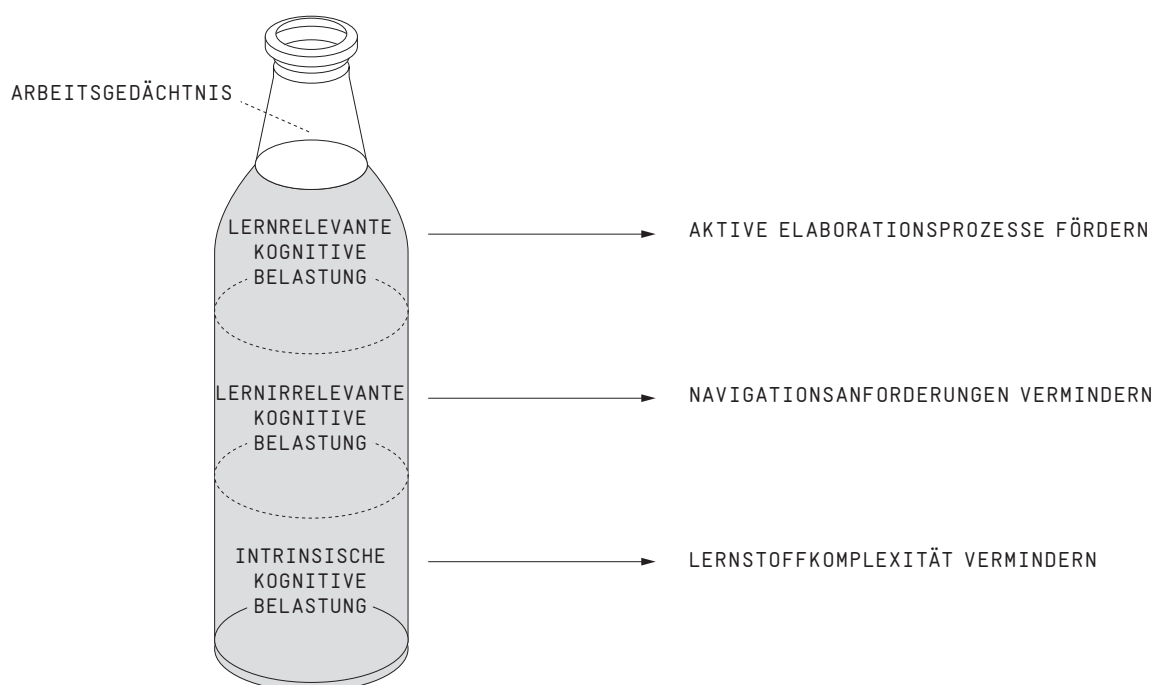
So kann die Intrinsic Cognitive Load beim Lernen mit Hypermedia verringert werden, indem die Komplexität des Lernstoffs herabgesetzt wird. Die Extraneous Cognitive Load lässt sich durch eine Verminderung der Navigationsanforderungen innerhalb der Lernum-

gebung reduzieren, und eine Steigerung der lernförderlichen Germane Cognitive Load lässt sich erzielen, indem beim Lernenden aktive Elaborationsprozesse angeregt werden.

Anhand von drei Beispielen möchte ich im Folgenden vorstellen, welche Erkenntnisse zur Unterstützung des Lernens mit computerbasierten Lernumgebungen wir aus unseren eigenen Forschungsarbeiten am Institut für Wissensmedien in Tübingen gewonnen haben.

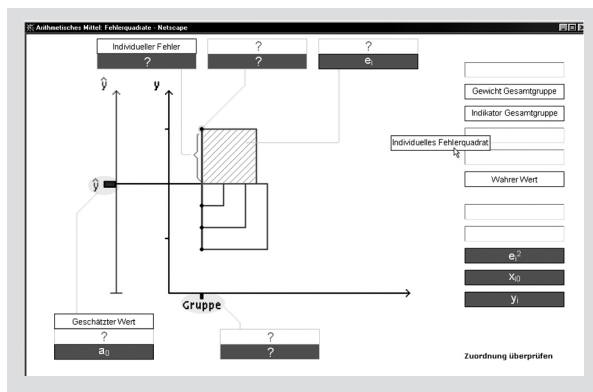
Beispiel 1: Aktives Integrieren — Ausgehend von der These, dass es nicht ausreichend ist, lediglich aktives Lernen zu unterstützen, liegt bei diesem Beispiel der Schwerpunkt darauf, die kognitive Belastung des

Abb. 5 Kognitive Belastungen beim Hypermedia-Lernen: Unterstützungsmassnahmen



Quelle: Eigene Darstellung

Abb. 6 Aktives Integrieren

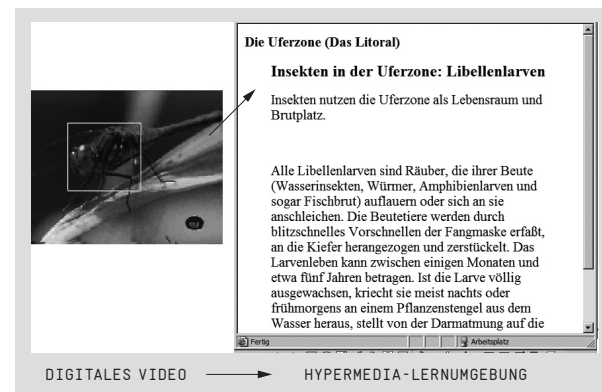


Quelle: BODEMER, PLÖTZNER, FEUERLEIN & SPADA (in press)

Lernenden in einer Lernsituation sorgfältig zu analysieren. Ziel ist, das Lernarrangement von unnötigen Anforderungen zu befreien und die damit frei gewordene Kapazität des Lernenden gezielt zu nutzen, um eine interaktive Verknüpfung der Inhalte zu etablieren. Es geht also um den sinnvollen Einsatz der im Rahmen der Cognitive Load Theory postulierten Germane-Cognitive-Load-Komponente. Hierzu haben BODEMER und PLÖTZNER in einer Statistik-Lernumgebung einzelne Konzepte durch multiple und dynamisch-interaktive Repräsentationen dargestellt [BODEMER et al., in press].

Abbildung 6 zeigt einen Screenshot der Lerneinheit zur Ermittlung des arithmetischen Mittels durch die Methode der kleinsten Quadrate. Hier wurde gezielt die Eigenaktivität des Lernenden dadurch gefördert, dass er selbst die Bezeichnungen einzelner Komponenten in die Darstellung einfügen muss (in der Abbildung wird die Bezeichnung «Individuelles Fehlerquadrat» mit der Maus auf die Abbildung zubewegt). Diese Methode bezeichnen die Autoren als «Aktives Integrieren». Die erwünschte vertiefte Verarbeitung

Abb. 7 Hypervideo



Quelle: ZAHN 2003

wird unterstützt, indem der Lernende im Anschluss an die Bearbeitung der Aufgabe ein Feedback erhält, welche Bezeichnungen korrekt zugeordnet wurden.

Beispiel 2: Hypervideo — Die fortgeschrittenen technischen Entwicklungen erlauben es heute, Videos so zu gestalten, dass an beliebigen Stellen des Films Markierungen angebracht werden können, von denen aus Verzweigungen zu weiteren Informationen (Filmen, Bildern, Grafiken, Texten usw.) möglich sind. Diese Verzweigungen sind von der Betrachterin oder dem Betrachter selbst aufrufbar. In Anlehnung an den Begriff Hypertext wird bei dieser Verbindung von Filmen und weiteren Informationen in Form eines interaktiven Videos von Hypervideo gesprochen.

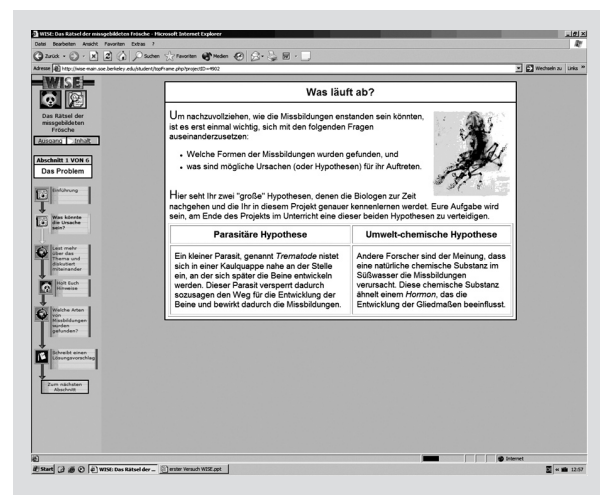
Abbildung 7 zeigt einen Ausschnitt aus dem von ZAHN [2003] verwendeten Hypervideo zum Thema «Ökosystem See». Interessant für die Argumentation in diesem Beitrag ist das Zusammenspiel von Nutzungsgewohnheiten. Während der Film ein Medium ist, das eher passiv rezipiert wird, lässt sich ein Hypertext nur über aktive Interaktion erschliessen. Hier gilt es also, die

zunächst passive Haltung eines Filmbetrachters in eine aktive, explorative Erarbeitung des dargestellten Sachverhalts zu überführen.

Beispiel 3: Kooperatives Argumentieren — Als letztes Beispiel soll das kooperative Lernen angesprochen werden. Bereits zuvor wurde argumentiert, dass das Angebot zur Kooperation nicht ausreicht, um kooperatives Lernen zu gewährleisten. Dieses Beispiel beschreibt den Spezialfall des kooperativen Argumentierens. Unabhängig von der Nutzung computerbasierter Arrangements ist hier bereits problematisch, dass bei dieser Form des Wissensaustauschs die Argumentation zumeist unvollständig ausfällt; beispielsweise werden in den meisten Fällen keine Begründungen für aufgestellte Behauptungen gegeben. Hinzu kommt, dass die Argumentationssequenzen sehr häufig in einer falschen Reihenfolge ablaufen und auch auf diese Weise zu suboptimalen Ergebnissen führen. Inhaltlich wird in diesem Beispiel Bezug genommen auf kooperatives Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, unterstützt durch eine an der Universität Berkeley entwickelte Lernumgebung.

Abbildung 8 zeigt einen Screenshot der von KOLLAR angepassten deutschen Version [KOLLAR, FISCHER & HESSE 2003]. Thema dieser Lerneinheit ist die Frage nach der Ursache bestimmter Missbildungen bei Fröschen. Die neuen Medien unterstützen das Lernen in mehrfacher Hinsicht: In dieser Situation erhalten die beteiligten Personen nicht nur – wie aus der Abbildung deutlich wird – Informationen über den Computer, sie werden auch zusätzlich durch die technische Umsetzung «gezwungen», in einer festgelegten Folge von Schritten ihre Argumente, Gegenargumente und schließlich ihre gemeinsame argumentative Position zu erarbeiten und dabei jeweils Behauptungen und deren Begründungen darzulegen. Da in diesem Fall der rechnerseitige Prozess nicht fortgesetzt wird, wenn die Lernenden die aus diesen Argumentationsregeln

Abb. 8 Kooperatives Argumentieren



Quelle: KOLLAR, FISCHER & HESSE 2003

erwachsenen Anforderungen nicht erfüllen, liegt hier eine starke Kontrolle durch den Rechner vor («floor control»).

Ich hoffe, mit diesen Beispielen unserer eigenen Forschungsarbeiten gezeigt zu haben, dass zur Unterstützung des Lernens mit neuen Medien in jedem Einzelfall differenzierte Analysen der Lernsituation mit Bezug auf das Lernziel erforderlich sind und erst dadurch differenzierte Konzepte möglich werden. Einfache Rezepte würden hier nicht weiterhelfen.

Literatur

.....

- BODEMER, D., PLÖTZNER, R., FEUERLEIN, I. und H. SPADA (in press): The Active Integration of Information during Learning with Multiple and Interactive Visualisations. *Learning and Instruction*
- HESSE, F.W. und H.F. FRIEDRICH (2001): Zum Potenzial virtueller Lernumgebungen. Neue Möglichkeiten und Grenzen. *DIE – Zeitschrift für Erwachsenenbildung*, 8, S. 25–27
- HESSE, F.W., GARSOFFKY, B. und A. HRON (2002): Netzbasiertes kooperatives Lernen, in: ISSING, L.J. und P. KLIMSA (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis*, Psychologie Verlags Union, Weinheim, S. 283–298
- KOLLAR, I., FISCHER, F. und F.W. HESSE (2003): Cooperation Scripts for Computer-Supported Collaborative Learning, in: WASSON et al. (Hrsg.), *Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning – CSCL 2003, COMMUNITY EVENTS – Communication and Interaction*, InterMedia, Bergen (NO), S. 59–61
- SWELLER, J., VAN MERRIËNBOER, J. J. G. und F. G. W. C. PAAS (1998): Cognitive architecture and instructional design, *Educational Psychology Review*, 10(3), S. 251–296
- ZAHN, C. (2003): *Wissenskommunikation mit Hypervideos – Untersuchungen zum Design nicht-linearer Informationsstrukturen für audiovisuelle Medien*, Waxmann, Münster

LERNEN MIT ALTEN UND NEUEN MEDIEN: PÄDAGOGISCHE VERHEISSUNGEN UND EMPIRISCHE BEFUNDE

WOLFGANG SCHNOTZ, UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU

Einleitung

.....

Wir alle wissen, dass neue Technologien – und hier insbesondere Multimedia – eine zunehmend wichtige Rolle auch im Bildungswesen unserer Gesellschaft spielen. Obwohl es durchaus noch Lehrpersonen gibt, die Schwierigkeiten haben, einen Computer einzuschalten oder die Return-Taste auf ihrer Tastatur zu finden, zeichnen die Propheten eines neuen Zeitalters der Lerntechnologien ein enthusiastisches Bild künftigen Lehrens und Lernens, in dem Online-Teaching, E-Learning, virtuelle Klassenzimmer und Laptop-Universitäten eine immer wichtigere Rolle spielen.

Manchmal wird dabei auch versprochen, dass die didaktische Utopie vom mühelosen Lernen jetzt endlich Wirklichkeit wird, indem an die Stelle der bisher erforderlichen Lerneranstrengungen der Spass mit multimedialen Informationsangeboten treten wird. Wenn es trotzdem nicht ganz ohne Anstrengung geht, dann soll das Lernen durch die neuen Medien zumindest effektiver werden.

Manche Skeptiker allerdings sehen in der Multimedia- und Internet-Manie der Cyperspace-Enthusiasten eher eine Art klinisches Syndrom, das einer therapeutischen Behandlung bedarf, als eine valide Vorhersage. Sie weisen darauf, dass es in der Geschichte der Lerntechnologien immer wieder manische Phasen gab, auf die dann regelmässig depressive Phasen folgten. Immer wenn ein neues technisches Medium erfunden wurde, verbanden sich damit euphorische Zukunftserwartungen. Die Erfindung des Radios sollte es ermöglichen, didaktisch hochwertige Vorträge landesweit ausstrahlen; Film und später das Fernsehen sollten helfen, Lernenden hervorragendes audiovisuelles Lehrmaterial zu präsentieren, und damit den Unterricht grundlegend verändern. Letztlich hat sich durch diese damals neuen Medien im Unterricht wenig geändert. Deshalb

könnte man davon ausgehen, dass es sich auch bei dem jetzigen Multimedia-Boom nur um eine dieser manischen Phasen handelt, auf die bald eine Depression folgen wird. In einigen Jahren werde der Spuk vorüber sein, und die Zukunftsvisionen werden sich als Fata Morgana erwiesen haben.

Obwohl diese Sichtweise eine gewisse Plausibilität hat, macht sie es sich aber vielleicht zu einfach. Es gibt durchaus eine Reihe von inhaltlichen Gründen, die Multimedia pädagogisch attraktiv machen. Multimediale Lernumgebungen erscheinen nämlich besonders geeignet, den Besonderheiten des menschlichen Lernens Rechnung zu tragen. Lernen wird heute allgemein als ein aktiver, konstruktiver und zielorientierter Prozess angesehen. Das heisst, Lernende konstruieren aktiv ihre eigenen Wissensstrukturen so, dass dieses Wissen für künftige, antizipierte Anforderungen möglichst funktional ist. Ausserdem ist Lernen immer in einen bestimmten gegenständlichen und sozialen Kontext eingebunden und insofern situiert.

Aus der Sicht einer solchen konstruktivistischen Auffassung des menschlichen Lernens bietet sich die Verwendung von Multimedia geradezu an: Beispielsweise ermöglichen Filme beziehungsweise Videosequenzen die Präsentation von authentischen Lernsituationen, die die Lernenden nicht nur motivieren, sondern auch eine adäquate Situierung des Lernens sicherstellen sollen. Statische und animierte Bilder ermöglichen eine grössere Realitätsnähe und helfen, das didaktische Prinzip der Anschaulichkeit praktisch umzusetzen. Die Kombination von Bild und Ton wiederum entspricht dem in der Mediendidaktik vertretenen Prinzip, bei der Informationsvermittlung mehrere Sinneskanäle zu nutzen. Darüber hinaus bieten computerbasierte multimediale Lernumgebungen die Möglichkeit der Interaktion mit dem Lerngegenstand: Sie erlauben ein selbstgesteuertes, entdeckendes Lernen, bei dem Lernende einen Gegenstand zu Explorationszwecken

manipulieren und die Ergebnisse der Manipulation beobachten.

Multimedia verspricht insofern, Lernen in grundlegender Weise positiv zu verändern. Die Frage ist natürlich, ob dieses Versprechen auch eingelöst wird. Leider wird das gerade skizzierte Idealbild multimedialen Lernens von der empirischen Forschung nicht ohne weiteres gestützt. Manche der behaupteten Lernvorteile beruhen auf einem Missverständnis, und viele dieser Vorteile lassen sich nur zum Teil und nur unter bestimmten Bedingungen nachweisen.

Ziel

Ich verfolge deshalb in meinem Vortrag vier Ziele: Ich möchte

1. zeigen, dass der Begriff «Multimedia» sich auf unterschiedliche Ebenen bezieht und dass wir einiges an Verwirrung vermeiden können, wenn wir diese Ebenen klar voneinander unterscheiden,
2. einige verbreitete Missverständnisse klären, die mit der Vermischung dieser Ebenen verbunden sind.
3. einen Überblick über den gegenwärtigen Forschungsstand über Multimedia geben und dabei vor allem die beiden folgenden Fragen beantworten:
 - Wann (unter welchen Bedingungen) ist multimediales Lernen effektiv?
 - Warum ist multimediales Lernen effektiv?
 Ich möchte dabei zeigen, dass die naiven Daumenregeln, die häufig bei der Entwicklung multimedialer Lernumgebungen angewandt werden, falsch sind – und ich möchte erklären, warum sie falsch sind.
4. einige praktische Schlussfolgerungen ziehen. Dabei handelt es sich um Empfehlungen, was wir tun sollten und was wir vermeiden sollten, um multimediales Lernen zu unterstützen.

Ebenen von Multimedia

Wenn man von Multimedia spricht, denkt man meist an die Kombination verschiedener technischer Geräte (von Computern, Netzwerken und Displaytechniken), um Information mit Hilfe verschiedener Darstellungsformen (Texten, Bildern und Diagrammen) über verschiedene Sinnesmodalitäten zu vermitteln.

Der Begriff «Multimedia» wird damit auf verschiedenen Ebenen angewandt: Es gibt hier erstens eine technische Ebene; sie betrifft die Geräte, die bei der Informationsvermittlung als Zeichenträger eingesetzt werden. Zweitens gibt es eine semiotische Ebene; sie betrifft die Formen der Darstellung (Texte, Bilder und Diagramme), das heisst die verschiedenen Zeichenarten. Und drittens gibt es eine sensorische Ebene; diese betrifft die zur Zeichenrezeption verwendeten Sinnesmodalitäten.

Missverständnisse über Multimedia

Es gibt einige weit verbreitete Missverständnisse über Multimedia, die sich auf die Nichtbeachtung dieser verschiedenen Ebenen zurückführen lassen. Wer meint, Multimedia beträfe in erster Linie die Informationstechnik und sei deshalb eine Sache von Informatikern und Ingenieuren, übersieht, dass er damit nur eine Ebene anspricht. Die technische Ebene ist natürlich eine wesentliche Grundlage. Doch die beiden anderen Ebenen sind genauso wichtig, und hier sind Experten aus der Kognitionswissenschaft – Psychologen, Pädagogen und Semiotiker – gefragt. Es kann zu gigantischen Fehlinvestitionen beziehungsweise zur Verschwendung von Ressourcen führen, wenn nur eine dieser Ebenen und nicht alle drei betrachtet werden.

Ein anderes häufiges Missverständnis ist, dass das technische Medium einen Einfluss auf das Lernen hätte. Auch dieses Missverständnis entsteht durch die Nichtbeachtung der verschiedenen Ebenen. Die früheren Forschungen über so genannte Medienwirkungen haben gezeigt, dass es keinen Sinn macht, verschiedene technische Medien hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit zu vergleichen. Ähnlich wie gute Bücher und schlechte Bücher auf wertvolles und auf billiges Papier gedruckt werden können, kann man mit Multimedia gute und schlechte Instruktion vermitteln. Worauf es für ein erfolgreiches multimediales Lernen vielmehr ankommt, ist das Zusammenspiel von Lerninhalt, instruktionaler Darbietung und der Funktionsweise des kognitiven Systems.

Ein drittes Missverständnis ist, dass ein reichhaltiges multimediales Informationsangebot zu einer intensiveren geistigen Verarbeitung und damit zu elaborierteren Wissensstrukturen führt. Die Folge ist, dass man die Möglichkeiten des neuen Mediums oft so weit wie möglich ausnutzt, indem man möglichst unterschiedliche Darbietungsformen verwendet, unterschiedliche Sinnesmodalitäten anspricht, Animationen und Videoclips einbindet, Interaktionsmöglichkeiten anbietet usw. Wie wir im Folgenden sehen werden, ist das häufig wenig sinnvoll, denn weniger ist oft mehr.

..... Wirkungen des multimedialen Lernens

Ich komme nun zur Frage, wann (das heisst unter welchen Bedingungen) multimediales Lernen tatsächlich wirksam ist, und vor allem, warum es wirksam ist. Die Frage nach dem Warum ist von ganz besonderer Bedeutung: Anstelle einfacher Daumenregeln benötigen wir eine Theorie des multimedialen Lernens, um adäquate praktische Entscheidungen bei der Gestal-

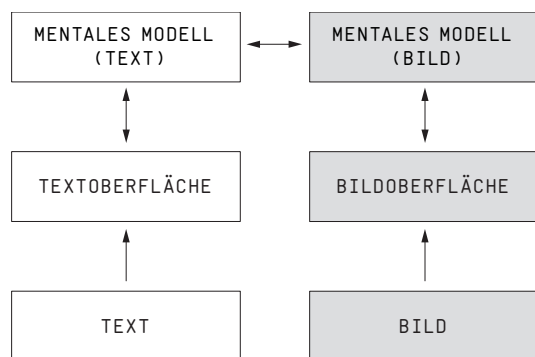
tung und der Verwendung von Multimedia zu treffen. Der viel zitierte Satz «Nichts ist so praktisch wie eine gute Theorie!» gilt hier in ganz besonderem Masse.

Im Folgenden möchte ich einen Überblick über Forschungsergebnisse zum multimedialen Lernen und die entsprechenden Erklärungsansätze geben. Es handelt sich dabei um die Wirkungen von multiplen Repräsentationsformen, von Animationen, von multiplen Sinnesmodalitäten, von Nichtlinearität, von Interaktivität

Multiple Formen der Repräsentation — Multiple Repräsentationsformen meint die Kombination von Texten, realistischen Bildern und Diagrammen. Ein ziemlich gut gesichertes Forschungsergebnis hierzu ist, dass Textinformation besser erinnert wird, wenn sie gleichzeitig durch Bilder veranschaulicht wird. Dieser Effekt wurde meist durch eine von PAIVIO [1986] entwickelte Theorie erklärt, die so genannte duale Kodierungstheorie. Dieser Theorie zufolge enthält das kognitive System des Menschen unter anderem zwei Subsysteme: ein verbales System und ein imaginales System. Worte und Sätze werden (ausser bei sehr konkreten Inhalten) nur im verbalen System verarbeitet, während Bilder sowohl im imaginalen als auch im verbalen System verarbeitet werden. Der behaltensfördernde Effekt von Bildern wurde damit auf die Vorteile einer doppelten (dualen) Kodierung gegenüber einer einfachen Theorie zurückgeführt.

Diese Theorie ist aber aus mehreren Gründen problematisch. Erstens hat die Forschung der letzten zwei Jahrzehnte gezeigt, dass auch beim Verstehen von Texten ohne Bilder multiple mentale Repräsentationen gebildet werden. Zweitens erklärt die duale Kodierungstheorie nur Gedächtniseffekte. Die Verwendung von Bildern in Texten dient jedoch nicht nur dem besseren Behalten, sondern vor allem auch dem besseren Verstehen komplexer Sachverhalte.

Abb. 1 Multimediales Lernen nach MAYER



Quelle: MAYER 1997

MAYER [1997] hat deshalb eine Theorie des multimedialen Lernens entwickelt [vgl. Abb. 1], in der er die Annahme der dualen Kodierung kombiniert mit der Annahme, dass beim Verstehen im Kopf der Lernenden immer multiple Repräsentationsebenen gebildet werden. Er geht also auch davon aus, dass Sprachinformation und Bildinformation in verschiedenen Systemen verarbeitet werden, nimmt aber zusätzlich an, dass die Verarbeitung in beiden Fällen zu einem spezifischen mentalen Modell führt. Wenn demnach ein Individuum einen Text mit Bildern versteht, dann selektiert es verbale Informationen, konstruiert intern eine aus Sinneinheiten (so genannte Propositionen) bestehende Textbasis und organisiert dann die Information in ein verbales mentales Modell. Ähnlich wählt es beim Verstehen eines Bildes relevante Information aus, erzeugt eine so genannte Bildbasis und organisiert dann die Information in ein bildhaftes mentales Modell. Der letzte Schritt besteht darin, Verknüpfungen zwischen dem textbasierten Modell und dem bildbasierten Modell herzustellen.

Dieses Modell kann erklären, warum Bilder in Texten unter bestimmten Bedingungen die Gedächtnis- und Verstehensleistungen erhöhen: Lernende stellen mit höherer Wahrscheinlichkeit Verknüpfungen zwischen der verbalen Information und der Bildinformation her, wenn Text und Bild inhaltlich kohärent sind und wenn die verbale Information und die Bildinformation zeitlich und räumlich möglichst benachbart präsentiert werden. MAYER nennt dies das Prinzip der Kontiguität.

Die hier angenommene Parallelität von Textverarbeitung und von Bildverarbeitung ist allerdings problematisch, denn Texte und Bilder basieren auf ganz unterschiedlichen Zeichensystemen und verwenden ganz unterschiedliche Repräsentationsprinzipien. Texte sind deskriptionale Repräsentationen. Eine deskriptive Repräsentation besteht aus Symbolen mit einer arbiträren Struktur, die einfach aufgrund einer Konvention mit dem Gemeinten verknüpft sind. Bilder hingegen sind depiktionale Repräsentationen. Eine depiktionale Repräsentation besteht aus ikonischen Zeichen, die mit dem Gemeinten durch gemeinsame Strukturmerkmale verknüpft sind.

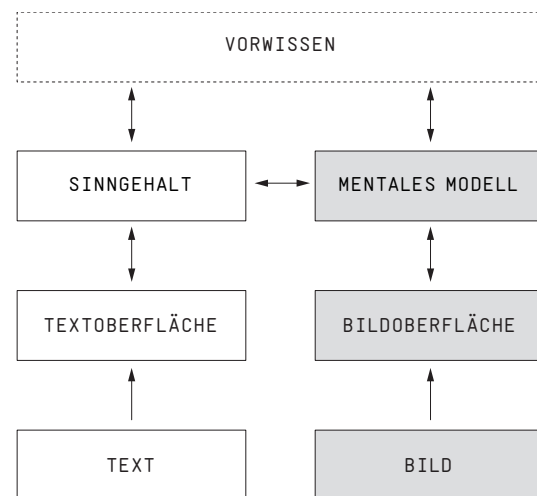
Deskriptionale und depiktionale Repräsentationen haben unterschiedliche Nutzungseigenschaften. Deskriptionale Repräsentationen sind einerseits ausdrucksmächtiger als depiktionale Repräsentationen. Zum Beispiel kann man in deskriptionalen Repräsentationen problemlos allgemeine Negationen ausdrücken («Haustiere nicht gestattet») oder allgemeine Oder-Verknüpfungen (Disjunktionen) vornehmen («Sitzplatz für Gebrechliche oder Mütter mit Kleinkindern»). In einer depiktionalen Repräsentation hingegen kann man nur spezifische Negationen vornehmen (zum Beispiel indem man einen Hund und Verbotsschild zeigt), Disjunktionen können nur durch mehrere Bilder dargestellt werden (zum Beispiel das Bild eines alten Mannes und das Bild einer Mutter mit Kleinkind).

Andererseits stellen Bilder immer eine ganze Informationsklasse vollständig zur Verfügung. Beispielsweise kann man von einer geometrischen Figur (zum Beispiel einem Dreieck) sämtliche geometrischen Eigenschaften ablesen. Ähnlich enthält ein Bild eines Gegenstands nicht nur Information über dessen Form, sondern auch über die Grösse, über seine Lage und vieles mehr. In einer Deskription hingegen ist es möglich, nur Information über die Form zu vermitteln und Grösse oder Lage unspezifiziert zu lassen. Depiktionale Repräsentationen sind deshalb besonders gut geeignet, auf neue Information zu schliessen, da die neue Information unmittelbar von der Repräsentation abgelesen werden kann.

Aufgrund dieser Unterschiede haben Maria BANNERT und ich ein alternatives Modell entwickelt, in dem diese unterschiedlichen Repräsentationsprinzipien stärker betont werden [vgl. Abb. 2]. Das Modell besteht aus einem deskriptionalen Repräsentationszweig (links) und einem depiktionalen Repräsentationszweig (rechts): Der deskriptionale Zweig besteht aus dem externen Text, der internen mentalen Repräsentation der Textoberfläche sowie der internen propositionalen Repräsentation des semantischen Textgehalts. Die Interaktion zwischen diesen Repräsentationen beruht auf Symbolverarbeitung. Der depiktionale Zweig besteht aus dem externen Bild, der internen visuellen Wahrnehmung oder Vorstellung sowie dem internen mentalen Modell des dargestellten Sachverhalts. Die Interaktion zwischen diesen Repräsentationen basiert auf Prozessen der Strukturabbildung.

Beim Verstehen eines Texts konstruiert der Leser demnach eine mentale Repräsentation der Textoberfläche, generiert dann eine propositionale Repräsentation des Sinngehalts und konstruiert schliesslich ein mentales Modell. Beim Verstehen eines Bildes generiert der Betrachter zunächst durch Wahrnehmungsprozesse eine visuelle Repräsentation des Bildes. Darauf aufbauend

Abb. 2 Unterschiedliche Repräsentationsprinzipien



Quelle: BANNERT & SCHNOTZ 2003

konstruiert er durch semantische Verarbeitungsprozesse ein mentales Modell und eine propositionale Repräsentation des dargestellten Sachverhalts.

Unserem Modell zufolge bieten Textverstehen und Bildverstehen unterschiedliche Wege zum Aufbau eines mentalen Modells an, der ausserdem noch durch Vorwissen gestützt wird. Das beinhaltet die Möglichkeit, dass ein Weg (zumindest teilweise) den anderen Weg ersetzen kann. Das heisst, Bilder können anstelle von Texten verwendet werden, und Texte können anstelle von Bildern verwendet werden.

Dieses Modell erklärt die bereits erwähnten Befunde, und es bietet auch eine Erklärungsmöglichkeit für weitere Forschungsergebnisse. So wurde in verschiedenen Untersuchungen gezeigt, dass es besser ist, ein Bild vor einem zugehörigen Text zu zeigen als umgekehrt. Da ein Text einen Sachverhalt nie so ausführlich beschreiben kann, dass damit dessen Veranschaulichung ein-

deutig festgelegt wäre, wird ein mentales Modell oder eine Vorstellung, die nur anhand eines Textes gebildet wurde, sich meist von dem Bild unterscheiden, wenn dieses anschliessend gezeigt wird. Mit anderen Worten: Es kommt zu einer Interferenz zwischen Bild und mentalem Modell, die vermieden werden kann, wenn das Bild vor dem Text gezeigt wird.

Das Modell bietet auch einen Rahmen, um Unterschiede zwischen Individuen beim multimedialen Lernen zu erklären. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass Lernende mit hohem Vorwissen von Bildern in Texten oft nur wenig profitieren, während Lernende mit niedrigem Vorwissen daraus einen deutlichen Nutzen ziehen. Offenbar erlaubt hohes Vorwissen eine mentale Modellkonstruktion auch ohne Bilder, während Lernende mit niedrigem Vorwissen eher auf Bildunterstützung angewiesen sind.

Die verschiedenen Wege der mentalen Modellkonstruktion können ausserdem noch aus dem Blickwinkel der kognitiven Ökonomie – also des sparsamen Umgangs mit geistigen Ressourcen – gesehen werden. Wie AINSWORTH [1999] gezeigt hat, können multiple Repräsentationen das Verstehen unterstützen, da diese Repräsentationen die jeweils vorhandenen Interpretationsmöglichkeiten wechselseitig einschränken. Aber die Verarbeitung multipler Repräsentationen ist auch mit «kognitiven Kosten» verbunden. Wenn die Zahl der Repräsentationen zunimmt, steigen auch die kognitiven Kosten. Ab einem bestimmten Punkt kann dann der Nutzen, der aus einer zusätzlichen Repräsentation gewonnen wird, geringer sein als der damit verbundene Aufwand. In diesem Fall wird der Lernende – entsprechend dem Prinzip der kognitiven Ökonomie – keine weitere Verarbeitung vornehmen. Er wird sich vielmehr auf einige Repräsentationen konzentrieren und die anderen unbeachtet lassen.

Animation — Multimedia bietet unter anderem die Möglichkeit animierter Darstellungen, wobei hier unter Animationen Bilder mit sich zeitlich verändernder grafischer Struktur verstanden werden. Animationen können sehr unterschiedlichen Zwecken dienen: Ein Verwendungszweck besteht darin, die räumliche Wahrnehmung eines zweidimensional dargebotenen Objekts zu unterstützen, indem das Objekt (scheinbar) gedreht wird. Animationen können verwendet werden, um die Aufmerksamkeit der Lernenden zu lenken. Sie werden eingesetzt, um prozedurales Wissen zu vermitteln – wie zum Beispiel beim Softwaretraining, wo die einzelnen Bedienschritte per Animation am Bildschirm demonstriert werden können. Ausserdem erwartet man von Animationen eine Supplantationsfunktion. Dabei wird ein kognitiver Prozess, den ein Lernender im Augenblick noch nicht selbständig vollziehen kann, mit Hilfe der externen Unterstützung durch eine Animation nachvollziehbar gemacht.

Tatsächlich findet sich in der Literatur eine Reihe von Befunden, wonach Lernen mit Animationen zu besseren Ergebnissen führte als Lernen mit statischen Bildern. Dies zeigte sich zum einen beim Softwaretraining, wo das unmittelbare Nachmachen der gezeigten Bedienungsschritte einen zumindest kurzfristig höheren Lernerfolg ermöglichte, zum anderen beim Erwerb von Wissen über naturwissenschaftliche Prozesse, die durch eine Animation extern simuliert wurden. Hier zeigen sich bessere Lernergebnisse allerdings nur dann, wenn die Lernenden eine zielorientierte Verarbeitung vornehmen.

In verschiedenen Studien führten Animationen aber auch zu schlechteren Lernergebnissen. Animationen wurden häufig oberflächlicher verarbeitet als statische Bilder, und die Probanden erwarben dabei häufiger Fehlkonzepte. Ausserdem können Lernende, die eigentlich zum selbständigen Vollzug bestimmter kognitiver Prozesse durchaus in der Lage wären, durch

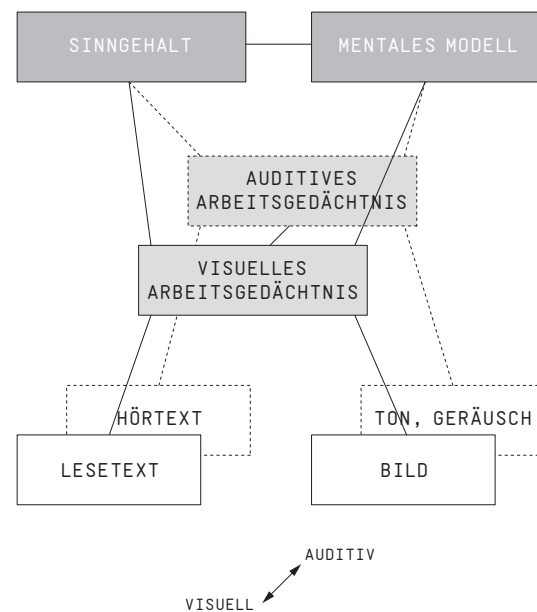
Animationen zur kognitiven Bequemlichkeit verleitet werden, indem sie einen Prozess einfach anhand der Animation passiv nachvollziehen. Die Lernenden werden so vom Vollzug lernrelevanter kognitiver Prozesse abgehalten, und der Lernprozess wird nicht gefördert, sondern behindert, weil den Lernenden eine Unterstützung angeboten wird, die sie gar nicht benötigen.

Multiple sensorische Modalitäten — Die bisher dargestellten theoretischen Modelle haben nicht berücksichtigt, dass multimediales Lernen auch die Möglichkeit bietet, mehrere Sinneskanäle anzusprechen, wobei Auge und Ohr eine besonders wichtige Rolle spielen. Maria BANNERT, Tina SEUFERT und ich haben deshalb unser Modell noch um eine dritte Dimension für die unterschiedlichen Sinnesmodalitäten erweitert, indem wir ein visuelles Arbeitsgedächtnis und ein auditives Arbeitsgedächtnis hinzugefügt haben [vgl. Abb. 3].

Beim Lesen eines Textes und beim Betrachten eines Bildes gelangt demnach Information ins visuelle Arbeitsgedächtnis und führt dort zu einer visuellen Textoberflächenrepräsentation beziehungsweise einer visuellen Wahrnehmung des Bildes. Beim Leseverstehen wird die Information als Folge von Sprachzeichen interpretiert und führt – direkt oder über phonologische Umkodierung – zu einer propositionalen Repräsentation des Gelesenen. Beim Bildverstehen wird die Information als Konfiguration von Bildzeichen interpretiert, die auf ein entsprechend strukturiertes mentales Modell abgebildet wird.

Beim Hören eines Textes oder beim Hören von Geräuschen gelangt die Information ins auditive Arbeitsgedächtnis und führt dort zu einer auditiven Textoberflächenrepräsentation beziehungsweise auditiven Wahrnehmung der Geräusche. Beim Hörverstehen eines Textes wird die Information als Folge von Sprachzeichen interpretiert, was zu einer propositionalen Re-

Abb. 3 Unterschiedliche Sinnesmodalitäten

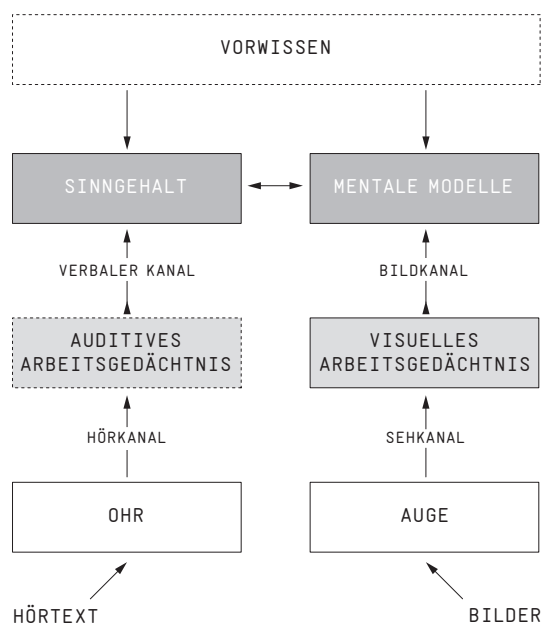


Quelle: BANNERT, SEUFERT & SCHNOTZ 2002

präsentation des Textes führt. Beim Hören von Tönen beziehungsweise Geräuschen wird die Information als Klangbild interpretiert und auf ein entsprechend strukturiertes mentales Modell abgebildet.

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass Lernende beim Wissenserwerb mit Texten und Bildern oder Animationen bessere Lernergebnisse erzielen, wenn der Text auditiv und nicht visuell dargeboten wird. Bei einem Bild mit schriftlichem Text muss der Lernende seine begrenzte visuelle Aufmerksamkeit auf zwei Informationsquellen aufteilen. Wird das Bild hingegen mit einem auditiven Text dargeboten, so steht der visuelle Teil des Arbeitsgedächtnisses ausschliesslich dem Bild und der auditive Teil ausschliesslich dem Text zur Verfügung. Das verfügbare Kontingent an kognitiven Ressourcen kann so besser genutzt werden [vgl. Abb. 4].

Abb. 4 Aufnahme über zwei Sinneskanäle



Keine geteilte Aufmerksamkeit führt zu höherer Verarbeitungskapazität und vermeidet visuelle Suchprozesse.

Quelle: BANNERT, SEUFERT & SCHNOTZ 2002

Für den Einsatz von Multimedia wird häufig ins Feld geführt, dass Lernende unterschiedliche Verarbeitungspräferenzen hätten. Deshalb sollte man multiple Darbietungsformen und Darbietungsmodalitäten einsetzen, damit jeder das für ihn persönlich Beste abrufen kann. Manchmal wird daher der erläuternde Text zu einem Bild sowohl visuell-schriftlich als auch auditiv-mündlich dargeboten. Forschungsbefunde von MAYER haben jedoch gezeigt, dass ein Bild mit einem schriftlichen Text, der zugleich auditiv (also über zwei Sinneskanäle) dargeboten wird, zu einem schlechteren Lernergebnis führt als ein Bild nur mit einem auditiven Text.

Dafür scheinen zwei Faktoren verantwortlich zu sein: Zum einen erfordert die gleichzeitige Darbietung von schriftlichem Text und Bild eine Teilung der visuellen Aufmerksamkeit, was sich auf die Verarbeitung negativ auswirkt. Zum anderen sind Hörverstehen und Leseverstehen hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit und Verlaufsmerkmale im Allgemeinen verschieden, so dass es zu Interferenzen durch fehlende Synchronisierung beider Prozesse kommt.

Nichtlineare Instruktion — Multimediale Lernumgebungen sind meist als Hypermedium organisiert und bieten einen flexiblen Zugriff auf ein nicht-lineares, vernetztes Informationsangebot. Damit wird häufig die Erwartung verbunden, dass ein solches vernetztes Informationsangebot auch zu einem stärker vernetzten Denken und zu vernetzteren Wissensstrukturen führen würde. Faktisch gibt es zum einen Untersuchungen, in denen Hypertexte zu besseren Lernergebnissen geführt haben, und zum anderen gibt es Untersuchungen, in denen sich die traditionellen, linearen Texte besser bewährten.

Was die Idee der Nichtlinearität betrifft, so muss man sich darüber klar sein, dass ein Hypertext ebenso wie ein linearer Text Kodierungen von Sprachäusserungen enthält und dass die menschliche Sprache immer auf sequentieller Zeichenproduktion basiert. Diese Zeichen müssen beim Textverstehen notwendig auch sequentiell verarbeitet werden. Das heisst, die Informationsverarbeitung erfolgt auch bei einem Hypertext linear. Der Unterschied besteht nur darin, dass bei einem traditionellen Text ein Weg der sequentiellen Verarbeitung vorgegeben ist, während ein Hypertext eine Vielzahl von Möglichkeiten der sequentiellen Verarbeitung anbietet – wobei Lernende gute Chancen haben, einen didaktisch ungünstigen Weg zu wählen.

Nichtlineare Informationsangebote in Form von Hypermedien erfordern – neben dem Verstehen des

eigentlichen Inhalts – Prozesse der Navigation, der Informationssuche und der Bewertung der vorgefundenen Information. Diese Prozesse binden kognitive Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses, die dann dem eigentlichen Verstehensprozess nicht mehr zur Verfügung stehen, und sie verlangen von Lernenden eine klare Zielorientierung. Insgesamt scheinen Hypermedien eher als Informationssysteme für Experten und weniger als Lernsysteme für Novizen geeignet zu sein.

Interaktivität — Im Gegensatz zu den traditionellen, nichtinteraktiven Medien sind multimediale Systeme im Allgemeinen interaktiv. Das heisst, Lernende können nicht nur Informationen auswählen, sondern auch einen Gegenstand in Form von Simulationen manipulieren und explorieren. Von einem solchen aktiven, selbstgesteuerten und teilweise entdeckenden Lernen erwartet man ein tieferes Verständnis, eine bessere Enkodierung im Gedächtnis und eine bessere Anwendbarkeit des erworbenen Wissens.

Die Befundlage ist hier allerdings sehr uneinheitlich, und man findet zum Teil positive, zum Teil negative und zum Teil keine Effekte. Ausserdem hat sich gezeigt, dass die vorhandenen Interaktionsmöglichkeiten von vielen Lernenden nur wenig genutzt werden. Die Handhabung des Mediums bindet jeweils einen Teil der kognitiven Ressourcen, und die hier erforderliche Selbststeuerung des Lernens kann zu einer metakognitiven Überforderung der Lernenden führen.

Ausserdem muss man darauf hinweisen, dass aktives Lernen nicht dasselbe ist wie eine Vielzahl von Interaktionen mit der Lernumgebung. Oder anders ausgedrückt: Verhaltensaktivität ist nicht dasselbe wie kognitive Aktivität. Deshalb kommt es nicht darauf an, die Lernenden in der Interaktion mit einem multimedialen Lernsystem zu möglichst vielfältigen Verhaltensaktivitäten zu bringen. Entscheidend ist vielmehr,

ob die Lernenden jene kognitiven Prozesse vollziehen, die sie den Lernzielen näher bringen.

..... Konsequenzen

Aus dem bisher Gesagten möchte ich nun einige Schlussfolgerungen ziehen. Ich hoffe gezeigt zu haben, dass die Gestaltung von multimedialen Lernumgebungen und der adäquate Umgang mit diesen Lernumgebungen nicht eine Sache einiger didaktischer Daumenregeln ist. Solche Daumenregeln führen häufig zu falschen Entscheidungen, die im günstigen Fall zwar nicht schaden, aber auch nichts Positives bewirken, und die im ungünstigen Fall das Lernen eher behindern als fördern und die in jedem Fall eine Fehlinvestition von Zeit und Geld bedeuten.

Wie wir gesehen haben, sorgt Multimedia nicht immer für ein besseres Lernen, sondern kann unter bestimmten Bedingungen auch zu schlechteren Ergebnissen führen als eine Ein-Medium-Präsentation. Im Gegensatz zu einem weit verbreiteten didaktischen Glauben sollte man die Möglichkeiten des neuen technischen Mediums nicht so weit wie möglich nutzen, um ein möglichst reichhaltiges, abwechslungsreiches Informationsangebot zu machen. Vielmehr ist weniger oft mehr: Es gilt, multimediale Angebote auf die jeweiligen Inhalte, Lernvoraussetzungen, Zielsetzungen und vor allem auf die Funktionsweise des kognitiven Systems abzustimmen.

Aufgrund des gegenwärtigen Forschungsstandes können wir eine Reihe von Hinweisen geben, was man tun und was man nicht tun sollte.

Multiple Repräsentationsformate — Was die Verwendung von multiplen Repräsentationsformaten

betrifft, so wissen wir, dass multimediale Lehrangebote inhaltlich kohärent sein müssen und dass die jeweils aufeinander zu beziehenden Darstellungsformen entsprechend dem Kontiguitätsprinzip in räumlich-zeitlicher Nähe präsentiert werden müssen, um dem Lernenden eine integrative Verarbeitung zu ermöglichen. Multiple Repräsentationsformate anzubieten, ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn der Aufwand der integrativen Verarbeitung für den Lernenden nicht zu hoch ist und wenn der kognitive Nutzen (benefit) an tieferem Verständnis die Kosten der integrativen Verarbeitung übersteigt. Bei hohem Vorwissen, bei hohen kognitiven Fähigkeiten und bei Inhalten, die vom Lernenden auch ohne Hilfe leicht intern vorgestellt werden können, ist das Hinzufügen von Visualisierungen in Form von Bildern und Diagrammen häufig entbehrlich.

Animationen — Was die Verwendung von Animationen betrifft, so wissen wir, dass die verbreitete Annahme, ein dynamischer Gegenstand sollte möglichst naturalistisch in seiner natürlichen Dynamik per Animation gezeigt werden, nicht haltbar ist. Animationen haben keine inhärente Überlegenheit gegenüber statischen Bildern im Hinblick auf den Lernerfolg.

Animationen können die räumliche Wahrnehmung eines auf einem zweidimensionalen Display dargebotenen Objekts unterstützen. Sie können die Aufmerksamkeit der Lernenden auf Wichtiges lenken – und ebenso können sie (was sehr häufig geschieht) die Aufmerksamkeit vom Wichtigsten auf weniger Wichtiges ablenken.

Animationen können sinnvoll eingesetzt werden, um Lernenden kurzfristig das (zumindest oberflächliche) Beherrschen von Bedienungsschritten eines Gerätes zu ermöglichen. Sie können auch sinnvoll eingesetzt werden, um schwächeren Lernenden zu helfen, kognitive Prozesse zu vollziehen, zu denen sie ohne äussere Unterstützung nicht in der Lage wären.

Animationen sollten hingegen nicht verwendet werden, wenn die Lernenden genügend kognitive Voraussetzungen mitbringen, um die mentale Simulation eines dynamischen Prozesses selbständig, das heisst ohne äussere Hilfe zu vollziehen. Andernfalls werden diese Lernenden in ihrem Fortschritt gehemmt, indem ihnen eine Unterstützung angeboten wird, die sie gar nicht mehr benötigen. Entscheidend ist auch hier die Frage: How can we help individuals to engage in cognitive (! – not only behavioral) activities, that help them to achieve the aims of learning?

Multiple sensorische Modalitäten — Was die Verwendung von multiplen Sinnesmodalitäten beim Lernen mit Multimedia betrifft, so wissen wir, dass durch Verteilung der zu vermittelnden Information auf unterschiedliche Sinneskanäle eine möglichst optimale Auslastung des Arbeitsgedächtnisses angestrebt werden sollte, um Split-Attention-Effekte zu vermeiden. Dabei sollten die aufeinander bezogenen verbalen und piktorialen Informationen entsprechend dem «Principle of temporal contiguity» möglichst gleichzeitig angeboten werden, um die Wahrscheinlichkeit der gleichzeitigen Verfügbarkeit im Arbeitsgedächtnis zu erhöhen und die Kohärenzbildung zu erleichtern.

Die Verwendung von multiplen Sinnesmodalitäten sollte jedoch nicht dazu verwendet werden, um ein und dieselbe Textinformation auditiv und zugleich visuell darzubieten. Eine solche Form der multiplen Textdarbietung führt zu einem Split-Attention-Effekt und zum anderen zu Interferenz-Effekten zwischen Hör- und Leseverstehen, was letztlich den Lernprozess behindert.

Was speziell die auditive Modalität betrifft, so ist die Verwendung von Geräuschen und Musik durchaus sinnvoll. Sie kann dazu dienen, ein bestimmtes Setting herzustellen und die Lernenden auf ein Thema einzustimmen beziehungsweise entsprechendes Vorwissen

zu aktivieren. Sie kann auch dazu dienen, eine instruktionale Sequenz zu segmentieren beziehungsweise deren verschiedene Phasen voneinander abzugrenzen. Es ist jedoch nicht sinnvoll, Musik oder Geräusche während der Informationsverarbeitung der Lernenden darzubieten, da dies einen Teil der auditiven Verarbeitungskapazität beansprucht und damit die für den Lernprozess verfügbaren Ressourcen reduziert.

Nichtlineare Instruktion und Interaktivität — Was die so genannt nichtlinearen Formen der multimedialen Instruktion betrifft, so haben wir gesehen, dass es sich hier nicht um nichtlineare Instruktionen, sondern lediglich um mehrere (multiple) Varianten von linearen Instruktionen handelt, zwischen denen sich der Lernende entscheiden kann. Da diese Entscheidungen jeweils kognitive Ressourcen binden und immer die Möglichkeit beinhalten, dass Lernende didaktisch schlechte Entscheidungen treffen (indem sie eine ungünstige Sequenzierung wählen), sollte der Grad der Nichtlinearität jeweils sorgfältig an das Lernniveau und die metakognitiven Fähigkeiten der Selbststeuerung der Lernenden angepasst werden.

Gleiches gilt für das Thema «Interaktivität»: Auch hier gilt, dass das Lernen mit Multimedia einerseits zusätzliche Anforderungen stellt, sodass die für den eigentlichen Wissenserwerb verfügbaren kognitiven Ressourcen reduziert sind, dass Multimedia aber partiell auch zu einer Unterforderung der Lernenden führen kann, die den Lernfortschritt beeinträchtigt. (Hier bietet sich das von WYGOTSKI formulierte Konzept der «Zone der nächsten Entwicklung» als eine Heuristik an, um Überforderung und Unterforderung zu vermeiden.)

Vorwissen und kognitive Fähigkeiten — Multimediales Lernen kann nur dann erfolgreich sein, wenn die Lernenden nicht nur die kognitiven Voraussetzungen hinsichtlich Vorwissen und kognitiver Fähigkeiten mitbringt, die erforderliche integrative Verarbeitung

vorzunehmen, sondern auch bereit sind, diese tatsächlich einzusetzen. Hierzu benötigen Lernende ein Set von Strategien, das man als multimediale Kompetenz bezeichnen kann. Diese Strategien betreffen die anforderungsorientierte Auswahl und Sequenzierung von Informationen, die Auswahl der jeweils geeigneten Kombination von Darstellungsform und Sinnesmodalität und die integrative Verarbeitung der aus verschiedenen Quellen stammenden Informationen.

Schluss

Eingangs habe ich die Utopie eines Lernens mit neuen Medien erwähnt, bei der die Aneignung von neuem Wissen durch Multimedia mühelos vonstatten gehen und vor allem Spass machen soll. Vor dem Hintergrund der oben skizzierten Ergebnisse stellt sich die Frage, ob wir Lernen wirklich so leicht wie möglich machen sollten. Tatsächlich finden sich in der Forschung keine Anhaltspunkte für die Realisierbarkeit dieser Utopie. Vielmehr können sich multimediale Erleichterungen, wie wir gesehen haben, negativ auswirken, indem sie Lernende davon abhalten, bestimmte kognitive Prozesse selbstständig zu vollziehen. Wir können davon ausgehen, dass tatsächliches Lernen nicht ohne Anstrengung möglich ist, und wir sollten akzeptieren, dass der Lohn dieses Lernens nicht in kurzweiliger Unterhaltung durch multimedial dargebotenes «Edutainment» besteht, sondern im dauerhaften Verstehen von Zusammenhängen – was übrigens nicht ausschliesst, dass dieses Lernen (trotz der Anstrengung) auch Spass macht.

Literatur

.....

- AINSWORTH, S. (1999): The functions of multiple representations, in: *Computers & Education*, 33, S. 131–152
- KULHAVY, R. W., STOCK W.A. und L. C. CATERINO (1994): Reference maps as a framework for remembering text, in: SCHNOTZ, W. und R.W. KULHAVY (Hrsg.): *Comprehension of graphics*, Amsterdam, S. 153–162
- MAYER, R.E. (1997): Multimedia Learning: Are we asking the right questions? in: *Educational Psychologist*, 32, S. 1–19
- MAYER, R.E. und R. MORENO (in press): Animation as an aid to multimedia learning, in: *Educational Psychology Review*
- PAIVIO, A. (1986): *Mental representations: A dual coding approach*, Oxford, England
- SCHNOTZ, W. und M. BANNERT (2003): Construction and interference in learning from multiple representations, in: *Learning and Instruction*, 13, S. 141–156
- SCHNOTZ, W., BANNERT, W. und T. SEUFERT (2002): Towards an integrative view of text and picture comprehension: Visualization effects on the construction of mental models, in: GRAESSER, A., OTERO, J. und J.A. LEON (Hrsg.): *The psychology of science text comprehension*, Hillsdale, NJ, S. 385–416
- SPIRO, R.J., FELTOVICH, P.J., JACOBSON, M.J. und R.L. COULSON (1991): Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains, in: *Educational Technology*, 31, S. 24–33

BOTTOM UP UND
TOP DOWN –
DIE VERSCHRÄN-
KUNG VON SCHUL-
PRAKTISCHEN UND
GRUNDLEGENDEN
FACHDIDAKTISCHEN
ANLIEGEN BEI
DER ENTWICKLUNG
VON LERN- UND
LEHRMATERIALIEN

MARCO ADAMINA, LEHRMITTELAUTOR, NIEDERMUHLERN BE

Fragestellungen

.....

Wenn wir «Lehrmittel neu diskutieren» und uns dabei die Frage stellen, welchen Ansprüchen sie in Zukunft genügen müssen, dann bedarf dies meines Erachtens aus dem Kontext heraus, wie Lehrmittel entwickelt und im Unterricht verwendet werden, einer Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Ich will dies mit Stichworten zu fünf ausgewählten Perspektiven aufzeigen:

1. *Perspektive Unterricht – Bedeutungen und Funktionen von Lehrmitteln im Lehr-/Lernsystem Unterricht* — Wir müssen den Fragen nachgehen, welche Funktionen Lehrmittel im Lehr-/Lernsystem Unterricht haben, wie sie im heutigen Unterrichtsalltag verwendet werden, welches dabei ihre Stärken und Schwächen sind, wie belastbar die intendierten Lehrmittelkonzeptionen im Unterrichtsalltag sind.
2. *Perspektive Schülerin/Schüler – Vorverständnis, Voraussetzungen* — Wir müssen den Fragen nachgehen, von welchem Vorverständnis aus, vor welchem Erfahrungshintergrund und mit welchen Voraussetzungen bezüglich Motivation, Interessen, Vorkenntnissen und Kompetenzen Schülerinnen und Schüler im Unterricht mit Materialien arbeiten und wie verschieden diese Voraussetzungen innerhalb von Lerngruppen sind.
3. *Perspektive Lehrerin/Lehrer – Handlungsleitende Kognitionen, Voraussetzungen für Innovationen und Entwicklungen* — Wir müssen den Fragen nachgehen, welche handlungsleitenden Kognitionen bei Lehrpersonen bei der Unterrichtsplanung und -gestaltung dominant sind, nach welchen Gesichtspunkten Lehrpersonen Lehrmittel und Unterrichtshilfen auswählen, bearbeiten und im Unterricht einsetzen und welche Voraussetzungen notwendig sind, damit Lehrpersonen sich zum Beispiel auf

neue (neu akzentuierte, erweiterte) Konzeptionen in Lehr- und Lernmaterialien einlassen.

4. *Perspektive «Lernen für die Zukunft» – Was ist zu tun?* — Wir müssen den Fragen nachgehen, von welchen Perspektiven für eine Bildung für die Zukunft wir ausgehen und welche Akzente bezüglich des «Was» (Inhalte) und des «Wie» (Kompetenzen, Fähigkeiten/Fertigkeiten) in Lehrmitteln gesetzt werden sollen. Bezogen auf das Lehr-/Lernsystem Unterricht, müssen wir uns fragen, wie Materialien ausgerichtet sein müssen, damit sie Schülerinnen und Schüler sowie Lehrende erreichen und das Lehren und Lernen möglichst optimal unterstützen (Wirksamkeit).
5. *Perspektive Entwicklung: Was bedeuten die Punkte 1–4 für die Entwicklung von Lehr- und Lernmaterialien?* — Wir müssen den Fragen nachgehen, wie wir bei der Lehrmittelentwicklung die unter 1–4 genannten Stichworte aufnehmen können, welche Kompetenzen und welchen Erfahrungshintergrund wir bei den Projektverantwortlichen und den Autorinnen und Autoren berücksichtigen beziehungsweise einfordern müssen, wie das Verfahren der Entwicklungsarbeit gestaltet werden kann.

Die genannten Stichworte zeigen, dass wir uns mit dem Anliegen, «Lehrmittel neu zu diskutieren», in einem anspruchsvollen Diskussionsfeld bewegen:

- Was sollen und müssen Lehr- und Lernmittel im Lehr-/Lernsystem Unterricht «erfüllen»?
- Wie sollen sie konzipiert sein und was sollen sie enthalten, damit sie das erfüllen, was sie erfüllen müssen?
- Wie und in welcher Form sollen und müssen Lehr- und Lernmittel entwickelt werden, damit sie den formulierten Anforderungen genügen?

Es bedarf einiges an Systemwissen, an Zielwissen und an Handlungswissen, um auszuleuchten, welchen

Ansprüchen Lehrmittel in Zukunft genügen müssen. Und es braucht dabei einerseits den Blick auf die Schul- und Unterrichtsrealität und andererseits auf die Theorien, Modelle und Forschungsergebnisse der Fachdidaktik und des Lehrens und Lernens – die Bottom-up- und die Top-down-Perspektive!

Ausgehend von meinen Erfahrungen und Erkenntnissen aus der Lehrmittelarbeit im Lernbereich «Mensch und Umwelt» beziehungsweise «Natur–Mensch–Mitwelt», will ich im Folgenden wichtige Punkte zu diesem Kontext ausleuchten. Dabei vertrete ich meine persönliche Meinung und nicht eine Projekt- oder Kommissionsmeinung. Wenn ich dabei auch kritische Bemerkungen zum Unterrichtsalltag anstelle, so möchte ich vorweg betonen, dass ich weiss, wie viel Gutes von vielen Lehrerinnen und Lehrern im Unterrichtsalltag geleistet wird.

Ich stelle einleitend einige Betrachtungen an zur Situation von Lehr- und Lernmaterialien im Lehr-/Lernsystem Unterricht und zur Frage, wie weit Aspekte des Schulalltags bei der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien berücksichtigt werden können beziehungsweise zu berücksichtigen sind. Hier geht es um ausgewählte Aspekte des Systemwissens.

In einem zweiten Teil gehe ich der Frage nach, was Lehr- und Lernmaterialien im Sinne von guten Hilfsmitteln für das Lehren und Lernen auszeichnen kann und welche Orientierungspunkte dabei zu berücksichtigen sind. In diesem Teil beleuchte ich Aspekte des Zielwissens.

Im dritten Teil zeige ich am Beispiel der Lehrmittelreihe «Lernwelten Natur–Mensch–Mitwelt» auf, nach welchen Grundlagen und Modellen wir uns bei der Entwicklung von Lehr- und Lernmaterialien richten und wie wir den Entwicklungsprozess anlegen. Hier geht es um Handlungs- und Prozesswissen.

Zum Schluss werde ich mir erlauben, einige Anliegen bezüglich der Lehrmittelentwicklung in der Schweiz anzubringen und dazu eine Vision zu skizzieren.

.....

Das «System» Lehrmittelentwicklung und die Verwendung von Lehrmitteln bei der Unterrichtsplanung und -gestaltung (Systemwissen)

.....

Als Grundlagen und Hilfestellungen für den Unterricht steht Lehrerinnen und Lehrern ein breites (vielleicht zu breites) Spektrum von unterschiedlichen Materialien zur Verfügung; Lehrmittel mit unterschiedlichsten Möglichkeiten – und auch Grenzen – für den Einsatz im Unterricht. Das gilt – mit Einschränkungen – für die Fächer Mathematik und Fremdsprachen und in einem hohen Masse für Fächer wie Deutsch, Mensch und Umwelt beziehungsweise Natur–Mensch–Mitwelt, Gestalten, Musik.

Nach welchen Gesichtspunkten entscheiden nun die Lehrpersonen über die Auswahl und die Verwendung von Materialien im Unterricht? Wie gehen sie mit diesen Materialien um, wie bearbeiten sie diese, wie leiten sie die Lernenden an, mit den Materialien zu arbeiten?

Materialien positionieren sich sehr unterschiedlich im fachlichen Kontext, im Verständnis von Lehren und Lernen, in der methodischen Zugänglichkeit und Verwendbarkeit, in der Anlage von Problemstellungen, bezüglich Aufgabensammlungen, Anleitungen, Gerüsten für die Erschliessung von Inhalten und für den Aufbau von Kompetenzen [vgl. Abb. 1]. Die Gegenüberstellung soll nicht als Entweder-oder-Position verstanden werden, sondern will zeigen, dass es auf verschiedenen Ebenen Positionen gibt, wobei

Abb. 1 Positionierungen in Lehr- und Lernmaterialien – Beispiele von Gesichtspunkten

subjektiv, auf eigene Erfahrungen, Einschätzungen, Haltungen gestützt	intersubjektiv, auf diskursive Grundlagen, auf Erprobungen, auf Forschungsergebnisse u.a. abgestützt
aus dem eigenen Unterricht entwickelt	aus Theorien und Modellen zum Unterricht entwickelt
deklarativ, sachbezogen	prozedural
implizite Konzeption	explizite, transparente Konzeption
eng anleitend konzipiert	offen konzipiert
auf Lernergebnisse ausgerichtet	auf Lernwege, Lernprozesse ausgerichtet
auf bestimmte Lernformen ausgerichtet	auf Variationen von Lernformen und mehrperspektivische Zugänge ausgerichtet
mit geschlossenen Aufgabenstellungen	als Lernumgebung mit offenen Aufgabensituationen
unabhängige Repräsentationsformen	kombinierte Repräsentationsformen
Medium Heft, Buch	Medienpaket, E-Formen
Einwegmittel	Mehrwegmittel

diese allerdings häufig in den Materialien nicht oder nur ansatzweise transparent gemacht werden. Es ist weitgehend die Aufgabe der Lehrpersonen, sich im Angebot zu orientieren, für den eigenen Unterricht eine Auswahl zu treffen und Einsatzmöglichkeiten zu testen. Dass diese Arbeit selbst zu leisten ist, wird, so zumindest in den Rückmeldungen von Lehrpersonen zu Unterrichtsmitteln im Fach «Natur–Mensch–Mitwelt», stark kritisiert.

Im Rahmen einer Analyse zur Lehrmittelsituation im Fach «Natur–Mensch–Mitwelt» im Kanton Bern haben wir 1998 die Ausleihstatistiken des Medienzentrums Schulwarte Bern (Didaktisches Zentrum für den Kanton Bern) analysiert und festgestellt, dass die zehn am meisten ausgeliehenen Materialien (alles hoch aufbereitete, eng geführte Arbeitsblättersammlungen, zum Teil über zwanzig Jahre alt und in Teilen nicht mehr aktuell) bezüglich der Positionen den fachlich-inhaltlichen und den didaktischen Intentionen des

Lehrplans nicht oder nur unzureichend entsprechen [ADAMINA und MAYER 1998]. Man kann einen Trost darin sehen, dass die Lehrpersonen die Materialien, die den Lehrplänen entsprechen, selbst besitzen und deshalb nicht mehr ausleihen müssen; es muss aber auch beunruhigen, wenn man bedenkt, dass ein wesentlicher Anteil der Ausleihen von Studierenden in der Lehrerausbildung getätigt wird, die sich somit zumindest teilweise an veralteten, möglicherweise im Unterricht selbst erlebten Positionen orientieren.

Aus der Befragung von 400 Fachlehrkräften der Sekundarstufe I zum Stellenwert von Lehrplan und Lehrmitteln für die Unterrichtsplanung [KÜNZLI et al. 1999] wissen wir, dass Lehrpersonen ihrer Unterrichtsplanung folgende Materialien zugrunde legen (Selbstdeklaration):

- eigene Unterrichtsmaterialien der letzten Jahre (84%)
- das in der Klasse eingeführte Schulbuch (69%)
- weitere Unterrichtsmaterialien (61%)

- auf das eingeführte Schulbuch bezogene Hinweise in Lehrerhandbüchern (58,6%)
- Lehrplan (58,3%)

Alle mir bekannten Studien aus dem Bereich der Lehrerprofessionalisierungsforschung zeigen auf, dass alltagstheoretische Grundlagen, persönliche Erfahrungen und Einschätzungen der Lehrpersonen in hohem Masse für den Unterricht handlungsleitend sind. Das lässt sich auch auf die Auswahl, Bearbeitung und den Einsatz von Lehr- und Lernmaterialien im Unterricht übertragen. Über die Verwendung von Lehrmitteln wird primär bottom-up entschieden, ausser bei denjenigen, die von offizieller Seite als verbindlich für den Unterricht erklärt werden.

Was ist dabei für die Lehrerinnen und Lehrer von Bedeutung? In der bereits erwähnten Analyse zur Lehrmittelsituation im Fach «Natur–Mensch–Mitwelt» im Kanton Bern haben wir die Lehrpersonen von je elf Kollegien der Primarstufe und der Sekundarstufe I über die Verwendung und über eine Einschätzung der Qualität von Lehrmitteln befragt. Lehrpersonen äussern sich zu diesen Fragen zusammenfassend wie folgt [ADAMINA und MAYER 1998]:

Verwendet werden vor allem Materialien mit folgenden Merkmalen («Selbstdeklaration der Lehrkräfte»):

- hoher Strukturierungs- und Aufbereitungsgrad
- Angebot an Arbeitsmöglichkeiten im Unterricht (mit konkreten Aufgabenstellungen)
- Einsatzmöglichkeiten für selbständiges Arbeiten und für Formen des individualisierenden Unterrichts (vor allem Werkstattunterricht)
- einfache Texte, einfache Sprache
- gute Darstellungen (Bilder, graphische Materialien)
- Bezüge zur Lebenssituation der Kinder und Jugendlichen, Identifikationsmöglichkeiten für die Schülerinnen und Schüler

Gewünscht werden Unterlagen, die diesen Merkmalen entsprechen.

Die Unterlagen sollen

- im Unterricht variantenreich eingesetzt werden können,
- den Zielen des Lehrplans entsprechen (der Lehrplan soll mit Hilfe der Materialien «erfüllbar» sein),
- inhaltlich exemplarisch sein, die grundlegenden Inhalte zu einem Themenfeld enthalten,
- offen konzipiert und gleichzeitig strukturiert sein,
- eine breite Palette von unterschiedlichen Materialien (Medien) enthalten.

Gewünscht sind Unterlagen zu aktuellen Themen, die für die Schülerinnen und Schüler bedeutsam sind.

Lehrpersonen kritisieren bei Lehr- und Lernmaterialien Folgendes (Aussagen von Lehrpersonen, zusammengefasst):

- häufig nicht stufengerecht
- Texte zu dicht, schlecht strukturiert, sprachlich zu anspruchsvoll
- zu viele Fremdwörter und Fachbegriffe
- zu lange Texte
- schlechtes Verhältnis Bild–Text
- zu kleine Schrift

Schülerinnen und Schüler haben häufig Mühe,

- eigenständig mit Texten zu arbeiten,
- in Texten Wesentliches von Unwesentlichem zu trennen,
- Gelesenes zu verstehen und in eigene Worte umzusetzen.

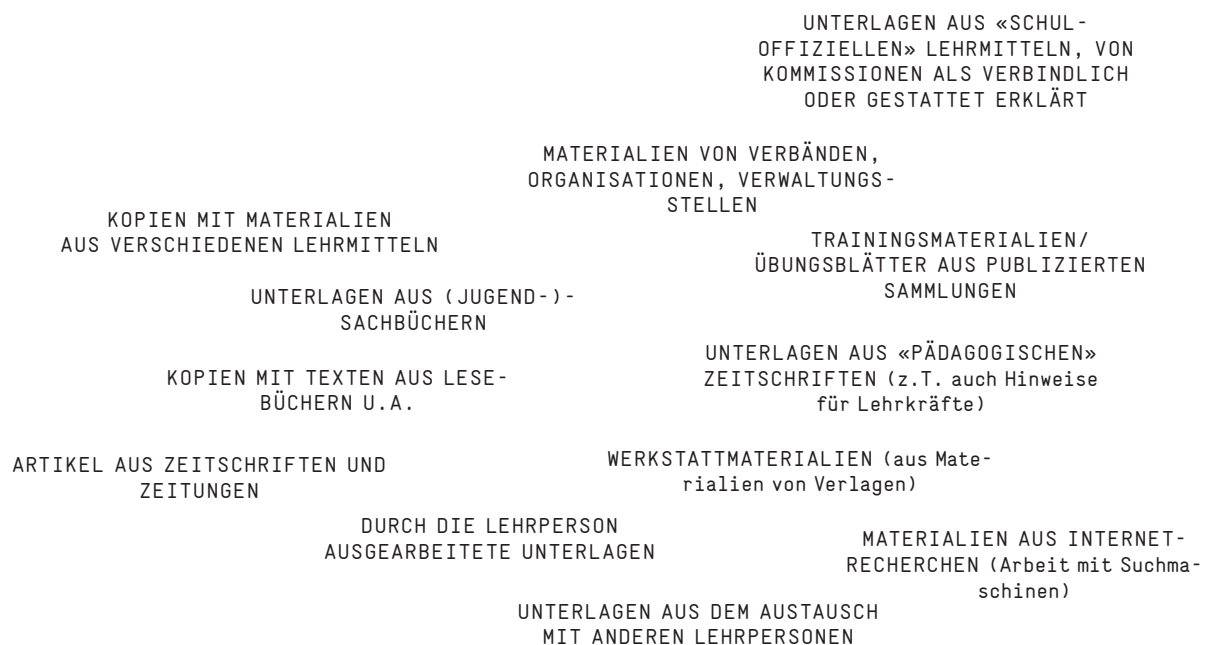
Zu diesen Aspekten haben wir einige Hinweise, wenn auch in einem beschränkten Rahmen. Zur Frage jedoch, wie in der Alltagssituation im Unterricht die Lehr- und Lernmaterialien eingesetzt werden, wie die Lehrpersonen die Positionen von Lehrmitteln erkennen und im Unterricht entsprechend umsetzen, wie

stark Lehrpersonen die Unterlagen aus Lehrmitteln für den Einsatz im Unterricht überarbeiten und anpassen – darüber wissen wir leider viel zu wenig, und es gibt diesbezüglich auch kaum Forschungsergebnisse.

Wenig wissen wir – zumindest so weit ich die Ergebnisse zu diesem Bereich überblicke – auch darüber, wie Schülerinnen und Schüler mit Materialien umgehen, wie sie sich auf die verschiedenen Konzepte und Ausrichtungen von Materialien einstellen können, wie sie Aufgabenstellungen verstehen, welche Prozesse die Materialien auslösen, wo Schwierigkeiten auftreten. Vor allem stellt sich auch die Frage, wie das Insgesamt und die Mischung von Materialien auf die Schülerinnen und Schüler wirkt, wie sie das Nebeneinander von unterschiedlichsten Materialien bewältigen. Ich vernehme von Personen, die in der ambulanten Heilpädagogik, in der Aufgabenhilfe, in der Lernbegleitung

und an Klassen mit einem hohen Anteil an fremdsprachigen Schülerinnen und Schülern tätig sind, dass dieser Aspekt nicht zu unterschätzen ist. Mit einem kurzen Einblick will ich diesen Aspekt noch verdeutlichen und aufzeigen, mit welchen unterschiedlichsten Materialien Schülerinnen und Schüler im Unterricht zum Teil konfrontiert werden. Ein Konglomerat von Materialien, die sich an unterschiedliche Adressatinnen und Adressaten wenden, die verschiedenste Ausrichtungen, Informationshintergründe, methodische Konzeptionen usw. enthalten. Die Unterschiedlichkeit der Materialien wird im Unterricht kaum aufgenommen und besprochen. Die Aufstellung in Abbildung 2, entstand aus einer kurzen, nicht repräsentativen «explorativen Studie» («Einblicke in Schülerpulte und Schülerdokumentationen...») im Rahmen des Fachdidaktikunterrichts in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung Bern, Primarstufe, im Jahr 2003.

Abb. 2 Materialien, Medien und «Lernhilfen», mit denen Schülerinnen und Schüler im Unterricht arbeiten



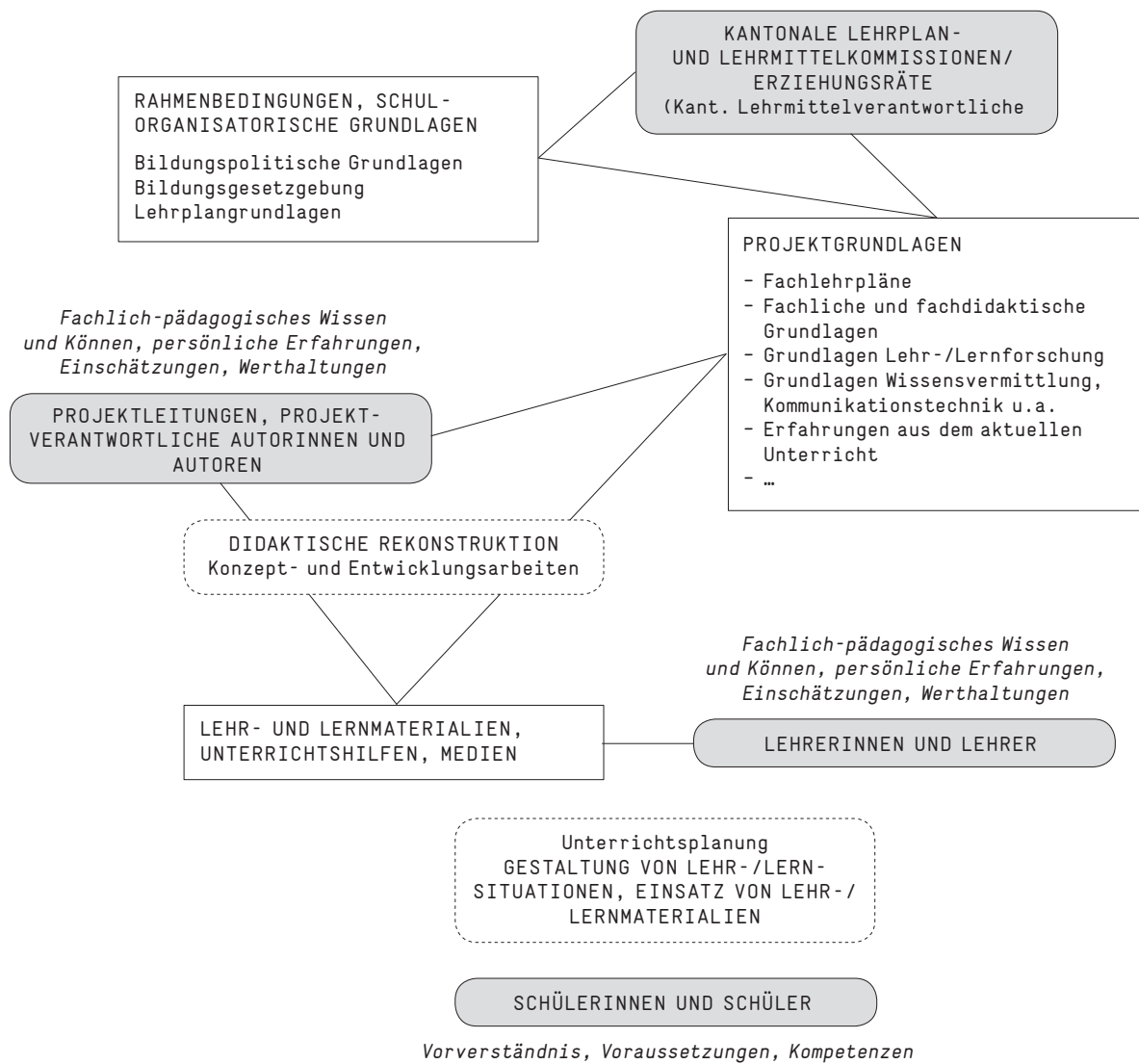
Übertragen wir diese Betrachtungen auf die Handlungsfelder im Bereich Lehrmittel, zeigen sich verschiedene Bezugspunkte und Verbindungen zwischen den Rahmenbedingungen und dem Wissen, Können und den Einstellungen der Akteurinnen und Akteure auf verschiedenen Ebenen. Wenn wir die ganze Lehrmittelsituation in der Entwicklung betrachten, haben wir ein Dreieckmodell [vgl. Abb. 3]. Das erste Dreieck bestimmt die Vorgaben, die für die Entwicklung von Lehrmitteln gemacht werden, im Sinne von Lehrplänen, Bildungsgesetzgebungen, Rahmenbedingungen, auch von fachdidaktischen Abstützungen. Im Rahmen dieses Dreiecks müssen sich Projektleitungen, Autorinnen und Autoren von Lehrmittelprojekten mit ihrem eigenen Wissen beschäftigen. Jedes Lehrmittel hat vor diesem Hintergrund eine ganz bestimmte Positionierung. Sie hängt davon ab, wie stark das Lehrmittel geleitet wird durch Vorgaben, Projektgrundlagen, die Abstützung, das fachlich-pädagogische Wissen und Können sowie persönliche Erfahrung von Projektleitungen und von Autorinnen und Autoren. Diese nehmen eine Art didaktische Konstruktion vor, machen Konzepte, entwickeln Materialien und Lehrmittel. Im Bereich von Unterrichtsplanung und Gestaltung von Lehr-/Lernsituationen passiert sehr vieles im Dreieck. Lehrerinnen und Lehrer arbeiten mit Materialien, die die Schülerinnen und Schüler anwenden. An dieser Stelle haben wir keine Kontrolle darüber, wie weit nun die Anwendungssituationen der Materialien abgestützt auf die Grundlagen sind. Die Lehrerinnen und Lehrer nehmen die Adaption vor. Sie gehen vielleicht von einer ganz anderen Konstellation aus, haben völlig andere Bezugspunkte und unter Umständen auch ein anderes Fachverständnis oder ein anderes didaktisches Konzept. Je besser die Transparenz, je einsichtiger die Position eines solchen Lehrmittels für Lehrpersonen, desto grösser ist die Chance, dass etwas wie vorgesehen im Unterricht umgesetzt wird.

Aus der Forschung wissen wir einiges darüber, welche Wirkungen Lehr- und Lernmaterialien für das Lehren und Lernen haben können, wenn sie entsprechend konzipiert sind. Wir wissen dies in erster Linie aus Forschungen, die unter bestimmten Rahmenbedingungen abgelaufen sind und begleitet wurden. Wir wissen aber zu wenig darüber, was diese Ergebnisse bei der unkontrollierten und unbegleiteten Freisetzung im Unterrichtsalltag bewirken, weil wir wenig Einblick haben, was im Unterrichtsalltag mit diesen Materialien passiert. WEINERT, der über Jahrzehnte in der Lehr-/Lernforschung in einer «pole position» tätig war und dem wir bemerkenswerte Resultate verdanken, hatte 1996 beklagt, dass Lehr-/Lernforschungen im Wesentlichen unter Laborbedingungen ablaufen und die Ergebnisse von Lehrerinnen und Lehrern kaum für die tägliche Unterrichtspraxis genutzt werden.

Über die Auswahl und das Arrangement von Unterlagen für den Unterricht, über die Art der Verwendung von Materialien durch Lehrende und Lernende im Unterricht, über die Entwicklung und Aufbereitung von Materialien für den Unterricht wird erfahrungsbezogen vor Ort entschieden, wobei die oben erwähnten Grundlagen wenig Einfluss haben. Dies trifft auch für einen grossen Teil von Materialien zu, die von verschiedenen Verlagen als Arbeitsblattsammlungen, Werkstattunterlagen usw. entwickelt, angeboten und zum Teil auch häufig im Unterricht verwendet werden.

Um die Frage der Lehrmittel «neu zu denken», brauchen wir – was das Systemwissen betrifft – neben den wichtigen Ergebnissen aus der fachdidaktischen Forschung und der Lehr-/Lernforschung mehr Informationen über die Situation in der Unterrichtsplanung und im Unterricht, über die Gesichtspunkte der Lehrpersonen bei der Auswahl von Materialien, über die Wirksamkeit von Materialien nach ihrer «Freisetzung» für den Unterrichtsalltag und damit auch über die

Abb. 3 Handlungsfelder, Bezugspunkte, Akteurinnen und Akteure im Bereich «Lehrmittel»



Möglichkeiten und Chancen der Implementierung von Lehrmitteln im Unterrichtsalltag.

.....

Was zeichnet Lehrmittel im Sinne von guten Hilfsmitteln für das Lehren und Lernen aus? – Orientierungspunkte für die Lehrmittelentwicklung (Zielwissen)

.....

Zielwissen im Zusammenhang mit Fragen der Lehrmittelentwicklung bezieht sich im Wesentlichen auf Fragestellungen, wie ich sie einleitend in der vierten Perspektive aufgeführt habe. Wir benötigen in der Lehrmittelentwicklung – in Anlehnung an die Diskussion über Lehrpläne und Bildungsstandards – die Verständigung über die allgemeinen Bildungsziele, über die Kompetenzmodelle bezogen auf die Ausrichtung des fachlichen und überfachlichen Lernens und darüber, mit und in welchen Lernumgebungen und mit welchen Materialien möglichst optimale Voraussetzungen für das Lernen geschaffen werden können.

Was die inhaltlich-thematische Ausrichtung, die Akzente bezüglich der Förderung von Kompetenzen und die Vorstellungen zum Lernen und Lehren betrifft, so gibt es heute sehr viele Übereinstimmungen in den Fachdidaktiken und auch zwischen den Fächern. Die allgemeinen Bildungsziele, die in den Deutschschweizer Lehrplänen für die Volksschule aufgeführt sind, zeigen ebenfalls recht hohe Übereinstimmungen. Auch der Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen ordnet sich in diesen Strang ein.

In den Kompetenzmodellen, die zum Beispiel in den PISA-Studien entwickelt und in der IGLU-Studie für die Grundschule übernommen wurden, sind grundlegende Positionen aus den Fachdidaktiken der Fächer

Deutsch, Mathematik und Naturwissenschaften aufgenommen worden. Sie zeigen hohe Kongruenzen bezüglich der Ausrichtung. Auch das Konzept der «Gestaltungskompetenz» zur Bildung für nachhaltige Entwicklung zum Beispiel lässt sich hier einordnen. DE HAAN, der Hauptverfasser dieses Konzeptes, weist denn auch darauf hin, dass die Förderung von Gestaltungskompetenz die richtige Antwort auf die PISA-Diskussion in Deutschland sei.

Zum Lehr- und Lernverständnis liegen empirische Studien der Unterrichtsforschung, Befunde zum Lehren und Lernen sowie (fach)didaktische Ratschläge zu Merkmalen guten Unterrichts vor, die eine Bündelung fast gleich lautender Aussagen zeigen. Speziell sei in diesem Zusammenhang auf die Zusammenstellungen von HELMKE in «Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern» [2003], die Publikation zur Scholastikstudie von WEINERT und HELMKE [1997], den Bericht von BROPHY «Gelungsbedingungen von Lernprozessen» in der Reihe Schulprogramm und Weiterbildung des Landesinstitutes für Schule und Weiterbildung Nordrhein-Westfalen [2002] und das «Oldenburger-Konzept» von KIPER, MEYER et al. [2003] hingewiesen.

Nach KIPER et al. [2003], HELMKE [2003] und WEINERT [2001] gibt es folgende Merkmale guten Unterrichts:

- Klare Strukturierung des Lehr-Lern-Prozesses
- Intensive Nutzung der Lernzeit
- Stimmigkeit der Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen
- Methodenvielfalt
- Intelligentes Üben
- Individuelles Fördern
- Lernförderliches Unterrichtsklima
- Sinnstiftende Unterrichtsgespräche
- Regelmässige Nutzung von Schüler-Feedback
- Klare Leistungserwartungen und -kontrollen

Auch in der jüngsten Phase der kantonalen und interkantonalen Lehrmittelentwicklung in der Schweiz lässt sich meines Erachtens eine solche «Bündelung» des Lehr- und Lernverständnisses feststellen. Bei allen Nuancierungen, die sich im Detail zeigen, weisen zum Beispiel die Lehrmittel «Zahlenbuch», «mathbuch.ch», «Sprachfenster», «Sprachwelt Deutsch» und «Lernwelten Natur–Mensch–Mitwelt» kongruente Profile auf. Dies zeigt sich beispielsweise in der Art der Gestaltung von Lernumgebungen, in den Materialien und in der Art der Aufgabenstellungen.

Ich versuche auf der Grundlage dieser Ergebnisse aus der Bildungsplanung und der Lehr-/Lernforschung eine Zusammenstellung vorzunehmen, was «gute» Lehrmittel kennzeichnet. Es sind für mich auch eine Art Checklisten bezüglich der Qualität von Lehr- und Lernmaterialien.

Wann sind Lern- und Lehrmaterialien gute Mittel? —

Lehr- und Lernmaterialien sind dann gute Mittel, wenn sie das Lernen fördern und das Lehren unterstützen. Wie können sie das? Sie können das durch:

- Anknüpfungen an die Lebenswelt der Kinder und Jugendlichen («Wege von der Alltagswelt zur Sachwelt und wieder zurück»)
- Hilfen zur Differenzierung und zur Entwicklung von Vorstellungen
- Hilfen zu individuellen Konstruktionen und Co-Konstruktionen
- Hilfen zum angeleiteten und eigenständig-selbständigen Lernen, zur Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten (Kompetenzen)
- Anzün-der zu eigenen Begegnungen einerseits, zu Orientierung und Einordnung andererseits, Aufbau und Erweiterung von «thematischen Basiskonzepten»
- das Öffnen mehrperspektivischer Zugänge durch gute Kombinationen von Repräsentationsformen (zum Beispiel Bild–Text–Skizze)

- Mitberücksichtigung der Interessen der Schülerinnen und Schüler, von Mädchen und Knaben
 - Ausrichtung der Lernumgebungen auf vollständige, problemorientierte Lernprozesse und auf Förderorientierung (Reflexion, Begutachten und Beurteilen)
- [ergänzt und bearbeitet in Anlehnung an K. REUSSER; Unterlagen zum Thema «Lehrmittel- und Lernmaterialien» anlässlich einer Tagung in Bern, Zentralstelle für Lehrerinnen- und Lehrerfortbildung 2001]

> *«Gute Lehr- und Lernmaterialien sind Landkarten und Wegweiser mit Bezug auf das Was und das Wie des fachlichen Lernens.»*

Anleitungs- und Aufgabenkultur von Lern- und Lehrmaterialien — Gute Lern- und Lehrmaterialien enthalten Anleitungen und Aufträge,

- die mehrere Zugänge, Lösungswege und Denkwege zulassen (flexibles Wissen, Strategiewissen),
- die offen sind und authentisches Problemlösen ermöglichen,
 - mit variierenden Kontexten (gleiches Basiskonzept, verschiedene Situationen usw.),
 - auf Transfer ausgerichtet (übertragen und anwenden),
- mit denen bisherige Inhalte mit neuen verknüpft werden,
- die der persönlichen Konzeptentwicklung mit Bezug zum Vorwissen (Erweiterung/Differenzierung, Korrektur, Aufbau) dienen,
- die variable, variantenreiche Lernwege mit Möglichkeiten der neigungs-/interessenbezogenen Differenzierung und der leistungsbezogenen Differenzierung ermöglichen,
- mit denen Informationen erschlossen, bearbeitet, eingeordnet werden können (Förderung von Lesekompetenzen),
- die den Austausch von Erfahrungen, das gemeinsame Entwickeln, Bearbeiten, das Besprechen und Diskutieren von Situationen, Fragen usw. ermöglichen,

- die zur Reflexion von Lernprozessen und Lernwegen führen und das Selbst- und Fremdbegutachten ermöglichen,
- die die Verknüpfung von Zielen mehrerer Fächer ermöglichen.

[in Anlehnung an die Grundlagen in der Gesamtprojektskizze und die Projektarbeiten zur Lehrmittelreihe «Lernwelten Natur–Mensch–Mitwelt», projektinterne Grundlagenarbeiten]

> *«In der Anlage der Materialien und der Anleitung- und Aufgabenkultur eines Lehrmittels widerspiegelt sich das Lernverständnis des Faches.»*

Worüber gute Lehrmittel Auskunft geben — Gute Lehrmittel sind transparent und geben Auskunft über:

- die Ausrichtung, die didaktische Konzeption
- das Lernverständnis
- die inhaltlichen Basiskonzepte, die sach-/fachbezogene Orientierung
- die Verknüpfung der Inhalte, die Verbindung von Inhalten/Themen und Fähigkeiten und Fertigkeiten
- die Konzeption und Anlage vollständiger Lernprozesse
- die Wahl der Repräsentationsformen und die Kombination von medialen Zugängen im Dienste des verstehenden Lernens
- die Möglichkeiten der Differenzierung und Individualisierung
- die «Treffpunkte» (als typische Lernsituationen, in denen sich die Schülerinnen und Schüler bewegen können sollen ...)

[eigene Zusammenstellung]

> *«Lehrmittel sind Hilfsmittel und nicht Leit-Mittel für den Unterricht.»*

Vom Zielwissen her lässt sich die Thematik der Tagung «Lehrmittel neu diskutiert» mit solchen Grundlagen angehen. Freilich müssen auch zu diesem Punkt einige Relativierungen angebracht werden:

- Die Ergebnisse der Forschung zu den vorher aufgeführten Bereichen werden im Unterrichtsalltag bei weitem noch nicht breit zur Kenntnis genommen und – von Ausnahmen abgesehen – auch nicht umgesetzt,
- Ein kritischer Blick in bestehende und zum Teil häufig verwendete Lehrmittel zeigt, dass viele Unterlagen den oben aufgeführten Merkmalen nicht oder nur teilweise entsprechen. Die Lehrmittelsituation ist heterogen, Positionen stehen einander oft diametral gegenüber.

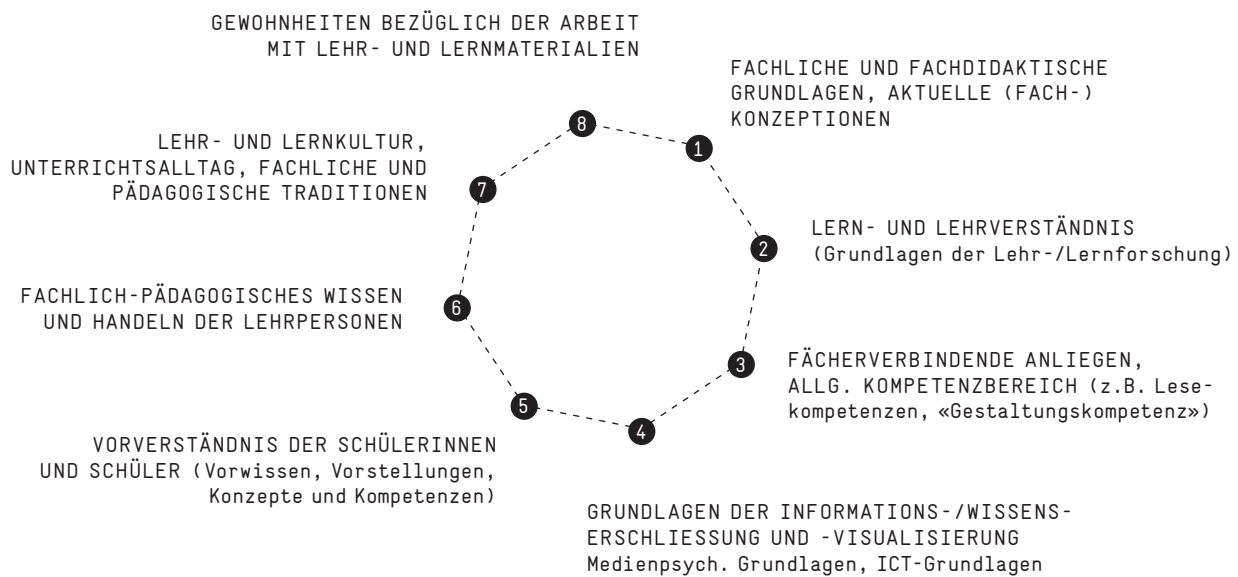
Hier zeigen sich einmal mehr Differenzen in der Bottom-up- und der Top-down-Perspektive.

Überlegungen zur Entwicklung von Lehr- und Lernmaterialien (Handlungswissen)

Aus den in den beiden vorangehenden Abschnitten aufgeworfenen Aspekten zur Ausrichtung von Lehr- und Lernmaterialien stelle ich einen Bezugsrahmen für die Entwicklung von Materialien zusammen, der auch der Konzeption der Lehrmittelreihe «Natur–Mensch–Mitwelt» zugrunde lag [vgl. Abb. 4].

Der Bezugsrahmen gruppiert sich um ein Achteck. Es braucht (1) die Orientierung an fachdidaktischen Grundlagen, und zwar an aktuellen Konzeptionen; es braucht (2) die Orientierung am Lehr- und Lernverständnis, an Grundlagen aus der Lehr-/Lernforschung; es braucht (3) die Orientierung nicht nur im Fach selbst, sondern auch bezüglich fächerverbindender Anliegen. Ich erwarte beispielsweise von jedem Deutschlehrmittel, dass es sich bezogen auf die Sache, aber auch auf den Lehrplan zu «Natur–Mensch–Mitwelt» abstützt, was nicht immer der Fall ist, andererseits erwarte ich

Abb. 4 Bezugsrahmen für die Entwicklung von Lehr- und Lernmaterialien



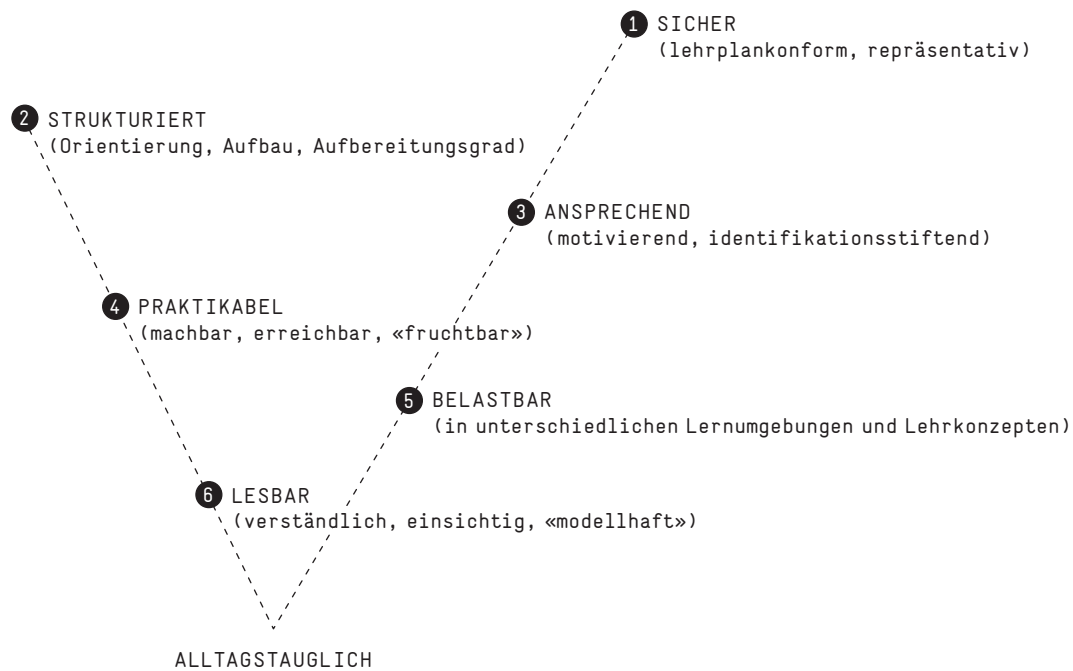
von Lehrmitteln zu «Natur–Mensch–Mitwelt», dass sie sich an Kompetenzmodellen orientieren, die auch für den Deutschunterricht gelten. (4) Es braucht weiter eine Orientierung im Bereich der Informations-, Wissenserschließung und Visualisierung sowie (5) die Orientierung am Vorverständnis der Schülerinnen und Schüler. (6) Wir brauchen Einsichten in das fachlich-pädagogische Handeln und Wissen der Lehrpersonen. Weiterhin müssen wir uns orientieren (7) an der Lehr-/Lernkultur und (8) an den Gewohnheiten, die bezüglich des Arbeitens mit Lehrmitteln vorhanden sind. Sonst sind die Voraussetzungen nicht gegeben, dass wir mit neuen Materialien im Unterrichtsalltag letztlich Erfolg haben werden.

Diesen Bezugsrahmen ergänze ich mit einigen Merkmalen, was den Aspekt der Alltagstauglichkeit von Materialien betrifft. Es geht dabei auch um die Frage,

was die Chancen erhöht, dass Materialien im Unterrichtsalltag Verwendung finden, und welche Kriterien sie zu erfüllen haben, damit sie alltagstauglich sind. Damit möchte ich auch diese Bottom-up- und Top-down-Perspektive verdeutlichen [vgl. Abb. 5].

Wir versuchen die Materialien, die wir im Projekt «Natur–Mensch–Mitwelt» momentan entwickeln, bezogen auf die sechs Aspekte der Alltagstauglichkeit zu prüfen. (1) Lehrpersonen wollen sicher sein, dass Lehrmittel repräsentativ sind. Lehrmittel sollen also das bieten, was die Lehrpersonen im Alltag machen müssen. (2) Sie sollen Hilfen bieten in Form von Struktur und Orientierung. In diesem Bereich gibt es eine Gratwanderung, da Lehrmittel nämlich einen genügenden Aufbereitungsgrad von Materialien haben sollen, ohne damit die notwendige Variabilität zu schmälern. (3) Lehrmittel haben nur dann eine Chance, in den Lehr-

Abb. 5 Die sechs Aspekte der Alltagstauglichkeit



alltag zu geraten, wenn sie aus der Sicht der Lehrpersonen ansprechend sind. Die häufigste Aussage, die man in Interviews zu hören bekommt, ist «Sie müsse amächeligsii», motivierend, Identifikation stiftend, sie müssen praktikabel sein. (4) Wenn ich also ein Lehrmittel zum ersten Mal öffne, muss es mir entgegen kommen und ich muss danach sagen können: «Doch, ich denke das ist machbar.» Es sind primär Schnellentscheide, die passieren, wenn man beispielsweise an einer WORLD-DIDAC rasch in ein Lehrmittel schaut. (5) Unter Belastbarkeit fällt, dass wir, wenn das Lehrmittel auf dem Markt ist, es nicht mehr im Griff haben, ob es in dem Sinne gehandhabt wird, wie das die Autorinnen und Autoren intendiert haben, oder was dann die Lehrpersonen daraus machen. (6) Schliesslich müssen die Lehrmittel verständlich und einsichtig, also lesbar sein.

Ich habe einleitend und im ersten Abschnitt darauf hingewiesen, dass Entwicklungsarbeiten zu Lern- und Lehrmaterialien sich sowohl an der Unterrichtsrealität als auch an Grundlagen (Theorien, Konzeptionen, Ergebnissen der Forschung) aus der Fachdidaktik und zum Lehren und Lernen orientieren sollen. Dies wird mit diesem Bezugsrahmen nochmals verdeutlicht.

Am Beispiel der Lehrmittelreihe «Lernwelten Natur–Mensch–Mitwelt» versuche ich im Folgenden darzulegen, wie dieser Bottom-up- und Top-down-Prozess in den Entwicklungsarbeiten aussehen kann. Bei den Entwicklungsarbeiten für die einzelnen Lehr- und Lernmaterialien dieser Reihe wird versucht, die einzelnen Schritte bei der Ausarbeitung der Materialien

diesen Grundlagen entsprechend zu planen und umzusetzen [vgl. Abb. 6].

Dies geschieht auf drei Ebenen. Zum einen passiert es auf der Ebene der Grundlagenarbeit für die gesamte Reihe. Wir haben vorgängig an die Konzeption der Lehrmittelreihe Erhebungen durchgeführt zum Unterrichtsalltag, zur Lehrmittelsituation in diesem Bereich, unter anderem, wie diese verwendet werden. Weiter haben wir Einblick gewonnen in die handlungsleitenden Aktionen der Lehrpersonen bei der Planung, aus Zeitgründen nicht in repräsentativer Form. Auf der anderen Seite haben wir versucht, durch Recherchen im fachdidaktischen Bereich und im Grundlagenbereich der Lehr-/Lernforschung die Grundlagen auszuloten. Das Ergebnis haben wir im Grundlagenband zur Lehrmittelreihe «Lehrwelten Natur–Mensch–Mitwelt» publiziert. Dabei haben wir versucht, durch mehrperspektivische Zugänge den Stoff vermittelbar zu machen. Einerseits über das Bild, über den Text und andererseits mit einer CD über den auditiven Bereich, damit Kombinationen von auditiv und visuell möglich sind. Dies aber nicht in einer gebundenen, sondern in einer freien Form. Ausserdem haben wir 15 Unterrichtsbeispiele aufgenommen – in der Praxis entwickelt, in der Praxis erprobt –, womit wir aufzeigen konnten, welches Verständnis dahintersteckt.

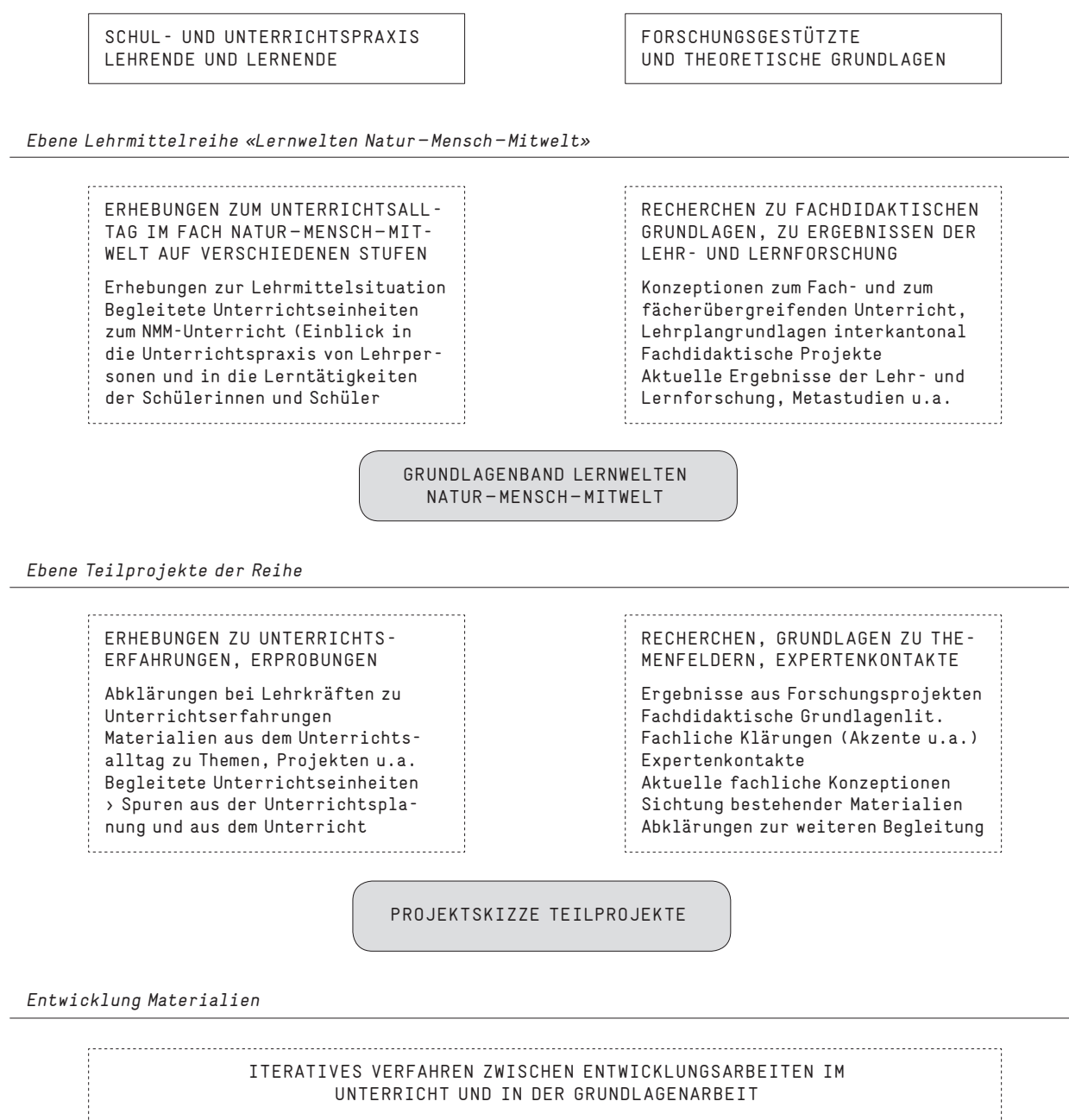
Wer sich also diesem Grundlagenbereich nähern will, hat nun die Möglichkeit, das über den Unterricht selbst zu tun, über Stichworte zum Lehr-/Lernverständnis oder indem er Grundlagenbereiche aus Texten der Lehr-/Lernforschung liest. Mit dieser Kombination haben wir versucht, auf der Ebene der Gesamtreihe, die Grundlagen festzulegen. Dieser Grundlagenband ist auch Referenz für die Autorinnen und Autoren bei der Realisierung der einzelnen Projekte. Einzelne Teilprojekte zu einzelnen Themenbereichen werden nun so entwickelt, dass wir – immer im Vorfeld der Projektierung – Erhebungen zu Unterrichtserfahrungen

machen, Erprobungen auswerten, so genannte begleitete Unterrichtseinheiten durchführen und auf der anderen Seite wieder die Abstützung durch die fachdidaktische Seite sicherstellen.

Auf dieser Grundlage bearbeiten wir die Projektskizze, und mit diesen Ausgangsvoraussetzungen realisieren wir nachher die einzelnen Projekte. Diese Realisierung erfolgt nach einer Art iterativem Verfahren zwischen Grundlagenentwicklungsarbeit und Erprobungs- und Erfahrungsarbeit. Nach der Projektskizze auf der Basis der Grundlagen ist das einzelne Entwicklungsteam daran, Materialien im Unterricht zu entwickeln, zu erproben, diese nachher auszuwerten, weiterzuentwickeln, zum Teil wieder neu zu bearbeiten und noch einmal zu überprüfen. Realisiert wird erst, wenn die Materialien dieses zweimalige Hin und Her zwischen Grundlagenarbeit und Erprobungsarbeit hinter sich haben.

Ich will dabei nicht verschweigen, dass ich hier eher die Modellsituation darstelle und sich in der Umsetzung selbstverständlich viele Schwierigkeiten zeigen. Trotzdem meine ich aufgrund der bisherigen Erfahrungen, dass sich dieses Wechselspiel – das Verknüpfen unterschiedlicher Perspektiven – lohnt.

Abb. 6 Die Verschränkung von schulpraktischen und grundlegenden Anliegen der fachdidaktischen Forschung und der Lehr-/Lernforschung im Projekt Lehrmittelreihe «Lernwelten Natur-Mensch-Mitwelt»



Schlusspunkte: Anliegen bezüglich der Lehrmittellentwicklung in der Schweiz – eine Vision

.....

Im Bereich Lehrmittel besteht nach meiner Einschätzung weniger ein Grundlagen- als vielmehr ein Umsetzungs- und Implementierungsproblem. Insgesamt haben wir zudem eher zu viele Lehrmittel. Viele Materialien entsprechen den Kriterien, die ich oben beschrieben habe, nicht oder nur ungenügend. Quantität und Qualität stimmen in verschiedener Hinsicht nicht überein, und es gibt auch kein eigentliches Controlling.

Ich habe aufzuzeigen versucht, wo in diesem «System» Stärken und wo Schwächen liegen. Das Potenzial und die Ressourcen in den einzelnen Kantonen sind oft zu klein, um die Aufgaben in diesem Bereich anzugehen. Kooperationsprojekte wie bei den Projekten «Sprachwelt Deutsch» oder «mathbuch.ch» sind zwingend. Es braucht mehr Investitionen in Entwicklung und Implementation, Weiterbildung und Evaluation.

Die Entwicklung von Materialien verläuft sehr heterogen. Neben kantonalen und interkantonalen Projekten stehen Projekte von Privatverlagen sowie von privaten, halböffentlichen und öffentlichen Institutionen. Wir verfolgen die Lehrmittelsituation für den Bereich «Mensch und Umwelt» und stellen fest, dass bezüglich Koordination und Nutzung von Synergien ein grosser Bedarf besteht.

Wir brauchen – und unter diesen Gesichtspunkten könnten wir Lehrmittel auch neu denken – (noch) mehr:

- Koordination und Absprachen zwischen den Kantonen, zwischen verschiedenen Institutionen
- Zusammenarbeit bei der Entwicklung von Materialien zwischen Forschung, Entwicklung und Schulpraxis

- Bündelung der Ressourcen, in personeller, aber auch in finanzieller Hinsicht
- Wissenstransfer zwischen verschiedenen Stellen

Wir brauchen meines Erachtens weniger Lehrmittel, dafür mehr Investition in die Qualität, die Umsetzung und Implementierung sowie in den Transfer zwischen Forschung, Aus- und Weiterbildung und den Unterrichtsaltag. Wir brauchen bezüglich der Inhalte mehr Koordination und Absprachen, vor allem im Bereich «Mensch und Umwelt» beziehungsweise «Natur–Mensch–Mitwelt» und bei den zusätzlichen Aufgaben der Schule wie Gesundheitsförderung, politischer Bildung usw.

Es macht meines Erachtens wenig Sinn, wenn Bundesstellen, Fachverbände, Nichtregierungsorganisationen usw. unabhängig voneinander Unterlagen für die Schule entwickeln. Sinnvoller wäre es, in einzelnen Bereichen möglichst gut zu koordinieren, zum Beispiel im Bereich der Gesundheitsförderung, der politischen Bildung, der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung, der interkulturellen Bildung, der Konsumerziehung.

Aus der Perspektive von Institutionen mögen Eigenproduktionen sinnvoll sein, und es braucht solche zum Teil auch, um die eigene Arbeit zu legitimieren. Der Schul- und Unterrichtssituation sind diese häufig wenig angepasst, insbesondere, wenn sie lediglich «Kleinstthemen» für den Unterricht aufnehmen und in einer Vielzahl und den Schulen unkoordiniert angeboten werden. Mit einer überzeichneten Situationsbeschreibung möchte ich dies zeigen: Wenn neben so genannten offiziellen Lehrmitteln weitere Verlage Materialien zu einer Thematik wie «Gesunde Ernährung» entwickeln und zudem der Schweizerische Milchverband, der Verband der Obst produzierenden Betriebe, die Schweizerische Gemüsevereinigung, der Metzgermeisterverband, die Verbandsorganisation

der Bäckereien, die Migros und der Coop, die Ernährungsberaterinnen und -berater, die Interessengemeinschaft Magersucht und andere Unterlagen für den Unterricht anbieten und zum Teil auch den Schulen fast aufdrängen (selbstverständlich unentgeltlich), dann kommt auf die Schulen eine unkoordinierte Übersättigung von Materialien zu, die nicht «verdaubar» ist und wenig Sinn macht.

In dieser Hinsicht braucht es innerhalb der Bereiche eine Koordination, die zum Beispiel mit der Schaffung der Stiftung Bildung und Entwicklung realisiert, aber möglicherweise noch zu wenig umgesetzt wurde, und es braucht eine Art Koordinations- und Partnerstelle der Kantone, an die sich Institutionen wenden können, wo Anliegen besprochen und allenfalls auch Investitionen in die Bildungsarbeit koordiniert werden können. Das könnte möglicherweise eine weitere Aufgabe für die Interkantonale Lehrmittelzentrale (ILZ) sein.

Wir benötigen Wissenstransferzentren – zum Beispiel in Zusammenarbeit mit den Pädagogischen Hochschulen. In solchen Zentren könnten Ergebnisse der Forschung gesichtet und in Bezug gestellt werden zu Fragen der Schul- und Unterrichtsentwicklung. Die Verschränkung zwischen Grundlagenarbeit und Unterrichtsalltag wäre damit realisierbar, zum Beispiel in der Art, wie die Landesinstitute für Schule und Weiterbildung in Deutschland arbeiten. Für die Deutschschweiz brauchen wir dabei nicht gleich zehn solcher Institute.

Meine Vision, wie Entwicklungen im Bereich von Lehr- und Lernmaterialien aussehen könnten:

- Die interkantonale Koordinationsgruppe für Bildungsfragen reicht im Auftrag von acht Kantonen bei der ILZ einen Antrag für die Schaffung von Materialien zum Unterricht X ein. Sie unterbreitet dabei auch die Ergebnisse eines Evaluationsverfahrens zu

den bisher gebräuchlichen Lehrmitteln in diesem Bereich und legt einen Bedürfniskatalog vor.

- Die ILZ schreibt einen Projektwettbewerb aus, an dem sich drei Arbeitsgemeinschaften von Pädagogischen Hochschulen, Verlagen und Institutionen beteiligen. Mehrere Institutionen melden sich zudem, weil sie Interesse an der Mitwirkung bei der Projektbearbeitung haben. Sie stellen ressourcenbezogen und finanziell Unterstützung in Aussicht.
- Die Ergebnisse aus dem Projektwettbewerb zeigen, dass das Konzept Y den Vorstellungen der Auftraggeber am besten entspricht und im Evaluationsverfahren der Jurygruppe am besten abschneidet.
- Mit der Arbeitsgemeinschaft wird die Projektrealisierung vereinbart. Es findet sich eine Verlagsgemeinschaft von drei grösseren Verlagen. Acht Kantone beteiligen sich an der Entwicklungs- und Erprobungsphase.

In dieser Hinsicht hoffe ich, dass Entwicklungen im Bereich von Lehr- und Lernmaterialien neu diskutiert werden können und dabei die Verschränkung von Bottom-up- und Top-down-Prozessen möglich wird.

Literatur

- ADAMINA, M. und B. MAYER (1998): Lehr- und Lernmaterialien zum Fach Natur–Mensch–Mitwelt. Analyse zur Lehrmittelsituation im Fach Natur–Mensch–Mitwelt, Bern
- ADAMINA, M. (2000): Ausrichtung von Lernsituationen im Fach Natur–Mensch–Mitwelt auf der Primarstufe. Grundlagen, Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Projekt «Begleitete Unterrichtseinheiten zum Fach Natur–Mensch–Mitwelt, Diplomarbeit NDS Fachdidaktik, Bern
- DE HAAN, G. (ab 2001): Bildung für Nachhaltige Entwicklung, Entwicklung von Gestaltungskompetenz. Diverse Publikationen zum BLK Projekt 21. www.blk.de
- HELMKE, A. (2003): Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern, Seelze
- KIPER H., MEYER, H., MISCHKE, W. und F. WESTER (2003): Qualitätsentwicklung in Unterricht und Schule. Das Oldenburger Konzept, Universität Oldenburg, Didaktisches Zentrum
- KÜNZLI, R. und St. HOPMANN (Hrsg.) (1998): Lehrpläne. Wie sie entwickelt werden und was von ihnen erwartet wird, Chur und Zürich
- KÜNZLI, R. et al. (1999): Lehrplanarbeit – Über den Nutzen von Lehrplänen für die Schule und ihre Entwicklung, Chur und Zürich
- MEYER, H. (2003): Zehn Merkmale guten Unterrichts. Empirische Befunde und didaktische Ratschläge, in: Pädagogik 10/2003
- MÜLLER, H. und M. ADAMINA (2000): Lernwelten Natur–Mensch–Mitwelt. Grundlagenband zur Reihe der Lern- und Lehrmaterialien zum Fach Natur–Mensch–Mitwelt, Bern
- PROJEKTLEITUNG REIHE LERN- UND LEHRMATERIALIEN «LERNWELTEN NATUR–MENSCH–MITWELT (ab 1998): Projektskizze zum Gesamtprojekt der Reihe sowie Grundlagenarbeiten zur Entwicklung der Lern-

und Lehrmaterialien, Unveröffentlichte Projektunterlagen, Bern

- RAUCH, M. und E. WURSTER (1997): Schulbuchforschung als Unterrichtsforschung. Vergleichende Schreib- und Praxisevaluation von Unterrichtswerken für den Sachunterricht, Frankfurt, Bern, New York, Paris, Wien
- REINMANN-ROTHMEIER, G. und H. MANDL (1999): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten, Forschungsbericht 60, München
- REUSSER, K. (1995): Lehr-Lernkultur im Wandel – Zur Neuorientierung in der kognitiven Lernforschung, in: DUBS, R. und R. DÖRIG (Hrsg.): Dialog Wissenschaft und Praxis, Berufsbildungstage St. Gallen, St. Gallen
- REUSSER, K. (2000): Anforderungen an Lehrmittel für Lehr-/Lernprozesse. Unterlagen zur Tagung zu Fragen der Lehrmittelentwicklung im Kanton Bern, Unveröffentlichte Materialien aus der Präsentation
- WEINERT, F. E. (2001): Qualifikation und Unterricht zwischen gesellschaftlichen Notwendigkeiten, pädagogischen Visionen und psychologischen Möglichkeiten, in: METZLER, W. und U. SANDEFUCHS (Hrsg.): Was Schule leistet, Weinheim

Eine ausführliche Literaturliste zum Lehr-/Lernverständnis in den Projektarbeiten der Lehrmittelreihe «Lernwelten Natur–Mensch–Mitwelt» findet sich in der Broschüre «Ergänzende Texte zum Lehren und Lernen im Fach Natur–Mensch–Mitwelt» im Grundlagenband «Lernwelten Natur–Mensch–Mitwelt» [vgl. oben].

Vertiefende Unterlagen zur Projektentwicklung und zu den Publikationen aus dem Lehrmittelprojekt «Lernwelten Natur–Mensch–Mitwelt» (ab 2000) siehe unter www.nmm.ch.

LERNSTOFF UND LANGZEIT- GEDÄCHTNIS

HENNING SCHEICH, LEIBNIZ-INSTITUT
FÜR NEUROBIOLOGIE, MAGDEBURG

Lernen ist ein regelhafter Prozess, der quantitativ beschrieben werden kann im Hinblick auf Abspeicherung von Informationen, Erinnerungsleistung und Auffrischen der Gedächtnisinhalte durch Wiederholung. Dies wurde vom Pionier Hermann EBBINGHAUS schon im 19. Jahrhundert gezeigt. Inzwischen weiss die Hirnforschung viel mehr über optimales Lernen und die Mechanismen von Lern- und Gedächtnisprozessen im Gehirn von Tier und Mensch, die offenbar keine prinzipiellen Unterschiede zeigen. Solche Einsichten sind wichtig, um besser zu beurteilen, welchen Anforderungen Lernstoff genügen muss, damit er besonders nachhaltig gespeichert wird. Dies betrifft die konzeptionelle Aufbereitung von Lernstoff ebenso wie die Lernsituation und die zeitliche Organisation des Angebots.

Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis

Neue Informationen werden zunächst kurzfristig (bis zu wenigen Stunden) gespeichert. Die Einspeicherung ins Kurzzeitgedächtnis ist durch Aufmerksamkeit und Konzentration willentlich steuerbar. Wie viel davon ins Langzeitgedächtnis übertragen wird, hängt von emotionalen und rationalen Bewertungen ab, die nur indirekt kontrollierbar sind. Hinter der Übertragung ins Langzeitgedächtnis verbergen sich molekulare Signalketten in Nervenzellen, die schliesslich einen Umbau der Kontaktstellen zwischen den Zellen, das heisst der Synapsen, bewirken. Diese unbewussten Prozesse laufen in mehreren Wellen über mindestens 24 Stunden ab. Während der Kurzzeitspeicher für neue Informationen immer wieder frei gemacht werden kann, überlagern sich die nachfolgenden molekularen Langzeitprozesse in den Netzwerken des Gehirns für alle Informationen eines Tages. Daraus ergibt sich eine begrenzte Kapazität, aber auch eine gegenseitige Beeinflussung von Informationen.

Verstärkend wirkt die Beschäftigung mit denselben oder ähnlichen Informationen nach einer längeren Pause. Dies ist wahrscheinlich der Mechanismus, der anspruchsvollen Hausaufgaben oder einer entsprechend organisierten Ganztagschule einen tieferen Sinn gibt. Konkurrieren umgekehrt zu viele unterschiedliche Informationen, die wahllos im Laufe des Tages aufgenommen wurden, um die Abspeicherung, so verwässern sie sich gegenseitig. Eine solche negative Auswirkung hat wahrscheinlich ungebremster Konsum von Fernsehsendungen und anderen visuellen Medien mit enorm hoher Informationsdichte und emotionaler Ladung, aber relativ geringem Erklärungswert.

Internes Belohnungssystem

Die von Bewertungen abhängige Bedeutungsentstehung (Konzeptbildung) ist besonders tief greifend und damit langzeitgedächtnisfördernd, wenn neue Erfahrungen praktisch angewendet werden. Die dabei auftretenden Konsequenzen (Erfolg und Misserfolg) wirken zurück auf die Abspeicherung. Grundlage dafür ist ein internes Belohnungssystem des Gehirns, das mit der Nervenübertragungssubstanz Dopamin arbeitet. Unmittelbarer Erfolg, Überwindung von Misserfolg oder Lösung eines Problems bewirken eine erhöhte Dopaminausschüttung, die ein positives Gefühl erzeugt und die Gedächtnisabspeicherung fördert.

Eine optimale Lernsituation muss deshalb so gestaltet werden, dass alle Schülerinnen und Schüler möglichst eine individuelle positive Bilanz von durch Anstrengung erzielten Erfolgen und der Überwindung von Misserfolgen erreichen.

Bewertung von Wissen

.....

Einer der fundamentalen Unterschiede zwischen Lernprozessen im Gehirn und in technischen Speichersystemen ist, dass die geordnete Abspeicherung im Gehirn von einer Bewertung einlaufender Informationen abhängt, das heisst, Informationen müssen Bedeutungen annehmen. Das wäre für CDs oder Speicherchips eine Katastrophe, ist aber für Organismen, die sich sinnvoll verhalten wollen, lebenswichtig.

Zu diesem Unterschied ist zunächst noch eine Erklärung nötig. Informationen sind die in allen Details beschreibbaren Eigenschaften von Gegenständen, Bildern, Schriften, Schallereignissen inklusive Sprache und beobachtbarer Abläufe von Ereignissen und Handlungen, die wir über Sinneseindrücke im Gehirn aufnehmen oder als Daten in Computer einspeisen. Diese haben überhaupt keine primäre Bedeutung, das heisst, Bedeutung ist prinzipiell keine Eigenschaft von etwas Wahrnehmbarem. Bedeutung misst jedes individuelle Gehirn den Wahrnehmungsobjekten erst zu, indem es funktionelle Beziehungen zwischen solchen Objekten und dem eigenen Organismus sowie zwischen Objekten untereinander herstellt. Manche Bedeutungen sind angeboren und lösen reflexartig Reaktionen aus, zum Beispiel schmerzzerzeugende Ereignisse, aber auch ein Lächeln. Die allermeisten Bedeutungen entstehen jedoch mit zunehmenden Erfahrungen, die eine immer bessere und subtilere Interpretation von Informationen ermöglichen.

Es ist nun sehr interessant, dass die bedeutungsvolle Interpretation von Gegenständen und Ereignissen nicht nur ein Selektionsprinzip für ankommende Information darstellt, um sie im Langzeitgedächtnis zu verankern, sondern ein fundamentales Prinzip ist, nach dem dieser Speicher intern organisiert ist, um Informationen wieder zu finden (Erinnern). Um die Wichtigkeit

dieser Erkenntnis vorwegzunehmen, sollte sogleich gesagt werden, dass die Speicherorganisation entscheidend für die Frage «Lernstoff und Langzeitgedächtnis» ist. Hierzu muss der Begriff «Kategorie» eingeführt werden. Kategorien sind zum Beispiel Äpfel und Birnen, Zahlen, Buchstaben, geometrische Figuren. Dies sind nicht nur sprachliche Begriffe, sondern dahinter stehen Objekte, die sehr unterschiedlich sein können, aber aufgrund von bestimmten ähnlichen Eigenschaften die Einordnung in eine Klasse ermöglichen. Das Merkwürdige daran ist, dass die Klassengrenzen zwischen gebildeten Kategorien sich nicht notwendig an scharfen Grenzen der auffälligsten Eigenschaften von Objekten orientieren, sondern an den zugemessenen Bedeutungen. Beispiele sind Äpfel und Birnen, deren überlappende Eigenschaften im Vergleich zu den trennenden überwiegen; oder Buchstaben und Zahlen, die sich als Figuren überhaupt nicht prinzipiell unterscheiden. Bedeutungskategorien werden vom Gehirn von der ersten Stunde an gebildet, in der es Erfahrungen machen kann. Kinder bilden ständig neue Kategorien (Hunde, Katzen), füllen sie mit weiteren Erfahrungen und bilden Unterkategorien (Dackel, Perser) und Überkategorien (Haustiere).

Es war lange Zeit ein Missverständnis, dass Kategoriebildung ein bewusster Prozess sein muss, der eine kognitive Erklärungsmöglichkeit des Individuums voraussetzt, was da zusammengefasst und unterschieden wird. Dies ist ein Irrtum, weil auch relativ primitive Tiergehirne quasi automatisch aufgrund von vielen ähnlichen Erfahrungen Kategorien bilden, wenn sie entdecken, dass diese Klassenbildung im Verhalten Sinn macht. Aber natürlich werden bei Menschen viele Kategorien und insbesondere Oberkategorien, zum Beispiel «Haustiere», «Früchte», über Bewusstseinsprozesse gebildet. Wichtige Hinweise, dass das Langzeitgedächtnis nach Bedeutungskategorien organisiert ist, gibt das Verhalten gegenüber neuen Erfahrungen. Es kommt sofort zu einer richtigen Interpretation von

solchen Erfahrungen, wenn es dafür schon eine Bedeutungskategorie gibt. Aufgrund des ungeheuer verschiedenen Aussehens und Verhaltens versteht es sich überhaupt nicht von selbst, dass Kinder nach einer Reihe von Erfahrungen jeden beliebigen Hund richtig als Hund identifizieren. Das heisst, das Kategorienschema im Gedächtnis ermöglicht richtige Hypothesen über Neues. Zudem gibt das Erinnerungsvermögen für Details von früheren Erfahrungen Aufschluss über den Speicher. Kriminalisten klagen oft darüber, wie wenig man sich auf das Detailgedächtnis von Zeugen eines Ereignisses verlassen kann, die sich häufig widersprechen. Die wiedergegebenen Ereignisse sind dann überlagert von Interpretationen (Bedeutungskategorien), für deren Bildung bei dem ursprünglichen Erlebnis nur bestimmte Wahrnehmungen herangezogen wurden. Der Rest wird vergessen und bei der Erinnerung offenbar je nach Wahrscheinlichkeit dazu erfunden.

Kategoriebildung ist eine Grundlage für die meisten weiterführenden kognitiven Leistungen des Gehirns, insbesondere für Abstraktionsleistungen. Sie beschränkt sich nicht auf Objekte, sondern betrifft auch ihre funktionalen und kausalen Zusammenhänge und Konzepte, die sich sprachlich vorwiegend in Verben niederschlagen (arbeiten, auslösen).

Welche Schlüsse können aus diesen Zusammenhängen für die Organisation von Lernstoff gezogen werden? Lernstoff sollte so strukturiert werden, dass er nachhaltig die Bildung von Bedeutungskategorien und Konzepten im Bereich des Wissens fördert. Dazu ist die heutige Tendenz, Lehrpläne und Schulbücher mit Detailwissen zu überfrachten, eher schädlich. Stattdessen sollten prototypische Beispiele mit hohem Erklärungswert bevorzugt werden. Diese können, wie schon gesagt, auch «intuitiv» erfasst und erinnert werden. Die Verankerung einer wichtigen Bedeutungskategorie oder eines Konzeptes pro Tag und Fachstunde ist ein Ziel, das mit Gedächtnismechanismen kompa-

tibel ist und auf die Dauer mehr Verstehen von Wissenswertem bewirkt als detaillierte Stoffsammlungen. Zur Schärfung von Kategorien und Konzepten sollte wieder vermehrt auf sprachliche Begriffsbildungen geachtet werden.

LEHRMITTEL ALS «FUTTER FÜR DEN UNTERRICHT»

DORIS FISCHER, «BILDUNG SCHWEIZ», ZÜRICH

Wer sagt, was gute Lehrmittel sind? Wie trennen Lehrpersonen die Spreu vom Weizen? Noch gibt es keine verbindlichen Qualitätskriterien. AVENIR SUISSE hat mit dem 1. Schweizer Lehrmittelsymposium die Diskussion angestoßen.

«Es gibt Hustenmittel gegen Husten, Schmerzmittel gegen Schmerzen, und es gibt Lehrmittel.» Mit dieser Betrachtung von Peter P. FRATTON, Lehrer an der Schule für Beruf und Weiterbildung am Schlossberg, Romanshorn, sollten die Teilnehmenden am 1. Schweizer Lehrmittelsymposium Ende Januar bewusst provoziert oder zumindest irritiert werden.

Welche Rolle spielen Lehrmittel generell? Welchen Anforderungen müssen moderne Lehrmittel genügen? Und tun sie das? Mit diesen und ähnlichen Fragen beschäftigten sich sowohl Didaktiker, Lernpsychologen und Lehrpersonen als auch Lehrmittelverlage und ihre Autorinnen und Autoren an dem von AVENIR SUISSE organisierten Symposium. Die Palette möglicher Anforderungen an Lehrmittel darf als Wunschkatalog verstanden werden:

- stufengerecht
- praktikabel
- ansprechend
- motivierend
- identifikationsstiftend
- erreichbar
- lesbar
- strapazierfähig und belastbar in unterschiedlichen Lehrkonzepten
- gut strukturiert und dennoch multifunktional einsetzbar
- selbstständiges Arbeiten ermöglichend

Der Wunschkatalog könnte beliebig ergänzt werden.

«Haben Lehrmittelverlage überhaupt die Grundlagen, diesen Ansprüchen gerecht zu werden?», wurde unter anderem gefragt. Daniel FRIEDERICH, Lehrmittelauteur, tätig in der Lehrerfortbildung, möchte einerseits den Lehrpersonen bei der Entwicklung der Lehrmittel

mehr Bedeutung geben, andererseits der Einführung eines neuen Lehrmittels ein stärkeres Gewicht geben. «Lehrpersonen lesen oft die Begleitbände nicht», kritisierte er.

Die Bedeutung der Lehrmittel für den Lernerfolg dürfe nicht überschätzt werden, gab Urs RUF, Professor für Schulpädagogik und Didaktik an der Uni Zürich, zu bedenken. «Lehrmittel erdrücken oft», weshalb er «kurze Lehrmittel» forderte. Auf «Standards» legt Andreas HELMKE von der Universität Koblenz-Landau Wert. «Im Zuge von PISA muss guter Unterricht belegbar sein. Bis jetzt waren Lehrmittel noch gar nie auf dem Prüfstand.»

«Die Botschaft hör ich wohl», meinte Josef WINKELMANN, Direktor der Interkantonalen Lehrmittelzentrale (ILZ), «allein die neuen Ansätze in den Lehrmitteln werden von den Lehrpersonen selten zur Kenntnis genommen.»

Futter für den Unterricht bevorzugt

Noch immer sind 90 Prozent der im Unterricht auf der Primarstufe verwendeten Lehrmittel «gedruckte Medien», wie der Autor Marco ADAMINA festhielt. Die Auswahl treffen vorwiegend die Lehrpersonen selber. Relativ gut erforscht seien die Auswahlkriterien der verwendeten Lehrmittel, aber über deren Einsatz im Unterricht und wie die Schülerinnen und Schüler damit umgehen, sei wenig bekannt, stellte er fest. Die Untersuchungen zeigten, dass 84 Prozent der Lehrpersonen Lehrmittel bevorzugten, welche auf ihren persönlichen Unterricht zugeschnitten seien, oder sie wandelten sie für ihre Zwecke ab. 69 Prozent übernahmen das in einer Schule eingeführte, und nur an fünfter Stelle der Auswahlkriterien stehe das vom Lehrplan vorgeschriebene Lehrmittel. «Nicht immer wird jedoch ein Lehrmittel so verwendet, wie es der Autor bezweckt», kritisierte er.

In der Beliebtheitsskala ganz oben stünden pfannenfertige Lehrmittel und solche, welche Arbeits- und

Übungsmöglichkeiten bieten. «Futter für den Unterricht», wie es eine Lehrperson treffend formulierte.

«Lehrmittel sollen verführen»

In Anbetracht der (noch) wenig genutzten elektronischen Medien (5%) erstaunt der Aufruf, «Lehrer müssen verführt werden, etwas zu machen» von Friedrich HESSE, Medienpsychologe an der Universität Tübingen, nicht. Er relativierte diese Aufforderung jedoch gleich selber, indem er dafür plädierte, den Computer nur dort einzusetzen, wo er mehr bringe als ein anderes Medium.

Marco ADAMINA stellte generell ein grosses Angebot an Lehrmitteln (ja in einigen Fächern sogar ein Überangebot) fest: «Die Lehrpersonen ersticken in der Flut.» Mehr Bündelung der Ressourcen und der finanziellen Mittel und vermehrte Koordination zwischen den Kantonen erachtet er als nötig. Dazu geeignet könnten so genannte Wissenstransfer-Zentren sein.

Lehrmitteln ganz ohne Bilder – als Antwort auf die heutige Reizüberflutung – wurde nicht ernsthaft eine Chance eingeräumt. Die Idee veranlasste aber Peter P. FRATTON zu einer weiteren Provokation: «Lassen wir nicht nur die Bilder weg, sondern auch den Text und machen ein Leerbuch als Mittel gegen die Leere.» Durchaus ernst gemeint war hingegen die Anregung einer Teilnehmerin ganz zum Schluss der zweitägigen Veranstaltung: «Lehrmittel sollten beide Geschlechter gleichermaßen ansprechen.» Tagungen ebenfalls – eine weibliche Referentin am 2. Schweizer Lehrmittelsymposium könnte ein Schritt in diese Richtung sein.

Artikel erschienen in «Bildung Schweiz», Zeitschrift des Dachverbands Schweizer Lehrerinnen und Lehrer (LCH), Nr. 5a, Samstag, 11. Mai 2004

AUTOREN UND AUTORIN

Marco ADAMINA, Lehrmittelauteur, Niedermuhlern BE.
www.nmm.ch

Christian AEBERLI, Bildungsexperte, Avenir Suisse,
Zürich. www.avenir-suisse.ch

Doris FISCHER, Redaktorin, «Bildung Schweiz», Zeitschrift des Dachverbands Schweizer Lehrerinnen und Lehrer (LCH), Zürich. www.bildungschweiz.ch

Prof. Dr. Marcus HASSELHORN, Universität Göttingen, Georg-Elias-Müller-Institut für Psychologie, Abteilung Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie. www.psych.uni-goettingen.de/abt/4/

Dr. Thomas HELD, Direktor Avenir Suisse, Zürich.
www.avenir-suisse.ch

Prof. Dr. Friedrich HESSE, Universität Tübingen, Lehrstuhl für Angewandte Kognitionspsychologie und Medienpsychologie. www.uni-tuebingen.de/uni/sii/abtkmps/kmindex.htm

Prof. Dr. Henning SCHEICH, Leiter Leibniz-Institut für Neurobiologie, Magdeburg, Abteilung Akustik, Lernen, Sprache. www.ifn-magdeburg.de

Prof. Dr. Wolfgang SCHNOTZ, Universität Koblenz-Landau, Allgemeine und Pädagogische Psychologie. www.uni-landau.de/fb8/index.htm

Prof. Dr. Erich Ch. WITTMANN, Universität Dortmund, Institut für Entwicklung und Erforschung des Mathematikunterrichts, Fachbereich Mathematik. www.uni-dortmund.de/mathe2000

© 2004 Avenir Suisse, Zürich

www.avenir-suisse.ch

Alle Rechte vorbehalten

Transkript: Nadja ZEHNDER, Avenir Suisse, Zürich

Lektorat: Eva WOODTLI WIGGENHAUSER, Zürich

Korrektorat: Marianne SIEVERT, Zürich

Gestaltung und Satz: Avenir Suisse, Zürich

Verlag und Auslieferung:

Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, Zürich

www.lehrmittelverlag.com

Printed in Switzerland

ISBN 3-03713-062-8

LEHRMITTEL NEU DISKUTIERT

CHRISTIAN AEBERLI (HRSG.) \ AUGUST 2004