

Multimedia und Gedächtnis

Kognitionspsychologische Sicht auf das Lernen mit Technologien

Multimediale Lerninhalte können motivierend, abwechslungsreich und anschaulich gestaltet werden. Jedoch gilt bei der Gestaltung von multimedialen Lernmaterialien die Besonderheiten der menschlichen Informationsverarbeitung zu berücksichtigen um Lernen bestmöglich zu unterstützen. In diesem Beitrag werden die wichtigsten kognitionspsychologischen Grundlagen des multimedialen Lernens dargestellt. Zunächst wird das Drei-Speicher-Modell des Gedächtnisses und die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses vorgestellt. Anschließend wird auf die Theorie der kognitiven Belastung näher eingegangen, welche sich in intrinsische, extrinsische und lernförderliche Belastung unterteilen lässt. Weitere beachtenswerte Bereiche unseres Arbeitsgedächtnisses sind die modalitäts- und kodaltätsspezifische Verarbeitung. Darunter ist zu verstehen, dass die Informationsaufnahme visuell und/ oder auditiv erfolgen und Informationen bildlich oder als Text dargestellt werden können. Vor allem ist die Aufmerksamkeit beim Lernen bedeutsam. Um dem Effekt der geteilten Aufmerksamkeit entgegen zu wirken sollen Lernmaterialien zusammengehörig dargestellt werden. Neue Informationen müssen auch miteinander sinnvoll verknüpft werden um sie zu verstehen und langfristig zu behalten. Dies bedeutet, dass eine kohärente mentale Wissensstruktur seitens der Lernenden gebildet werden muss. Basierend auf diese Forschungsergebnisse ergeben sich verschiedene instruktionale Maßnahmen zur Gestaltung und Darstellung von Lernmaterialien. Dabei werden die Prinzipien zum multimedialen Lernen von Mayer (2009) vorgestellt.



Cognitive Overload

Quelle: Tanja Jadin, URL: <http://www.flickr.com/photos/tjadin/5354332208/> [2011-01-10]

L3T' Lehrbuch für
Lernen und Lehren
mit Technologien
<http://l3t.eu> M. Ebner und S. Schön (Hrsg.)

#gedaechtnis
#vertiefung
#theorieforschung

Version vom 1. Februar 2011



Jetzt Pate werden!

Für dieses Kapitel wird noch ein Pate gesucht,
mehr Informationen unter: <http://l3t.eu/patenschaft>

1. Einleitung

Lerninhalte können multimedial aufbereitet und unterschiedlich repräsentiert werden, als Text, Bild, Animation oder Video, in Form von dynamischen Repräsentationen, Audio, oder in Tabellen, Diagrammen, Abbildungen und Simulationen. Dabei spielt die Darstellung und Gestaltung der Lernmaterialien für eine adäquate Informationsverarbeitung eine bedeutsame Rolle. Die kognitive Psychologie beschäftigt sich unter anderem mit der Informationsaufnahme, -speicherung und dem Informationsabruf. Diese Prozesse sind insbesondere für das Lernen relevant, da das Ziel beim Erwerb von Kenntnissen und Fähigkeiten die langfristige Speicherung und auch der Abruf dieser Informationen ist. Wie gut dabei die entsprechenden neuen Fähigkeiten abgespeichert werden unterliegt bestimmten Bedingungen und Einschränkungen. Sie werden in diesem Kapitel die wichtigsten Grundlagen zum menschlichen Gedächtnis vermittelt bekommen, die begrenzten kognitiven Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses und die Bedeutsamkeit von Kenntnissen menschlicher Informationsverarbeitung für die Gestaltung von Lernmaterialien kennenlernen.

2. Gedächtnisprozesse

Unser Gedächtnis unterteilt sich in verschiedene Bereiche. Prinzipiell ist es verantwortlich für die Aufnahme, die Enkodierung von Informationen, die Weiterverarbeitung dieser Informationen, Speicherung und langfristig auch für den Abruf relevanter Informationen.

! Das Gedächtnis ist für die Aufnahme, Verarbeitung sowie für das Speichern und Abrufen von Informationen zuständig.

Wir haben ein sensorisches Gedächtnis, ein Arbeitsgedächtnis und ein Langzeitgedächtnis. Dabei spricht man auch vom **Drei-Speicher-Modell** (Zimbardo & Gerrig, 2004, siehe Abbildung 1).

Informationen aus der Umwelt nehmen wir durch unsere Sinnesorgane auf. Hierbei spielen die Wahrnehmung dieser Informationen und Aufmerksam-

keitsprozesse eine wichtige Rolle. Diese Informationen gelangen in einen kurzfristigen sensorischen Speicher, ins sogenannte **sensorische Gedächtnis**, welches die physikalischen Reize von außen kurzfristig behält. Wird diesen Informationen keine Aufmerksamkeit geschenkt, so gehen sie verloren. Da man davon ausgeht, dass wir sinnesmodalitätsspezifische Gedächtnissysteme haben (Baddeley, 2003), unterscheidet man zwischen ikonischem (visuellem) und echoischem (auditivem) Gedächtnis.

Nach dem sensorischen Gedächtnis gelangen die Informationen ins **Arbeitsgedächtnis**, unsere zentrale Verarbeitungsinstanz. Als Arbeitsgedächtnis wird jene Gedächtnisressource bezeichnet, welche für Aufgaben wie Schlussfolgern und Sprachverstehen zuständig ist. Baddeley (2003) unterscheidet diesen Gedächtnisbereich in drei weitere Bereiche, nämlich in „phonologische Schleife“ (engl. „phonological loop“), „visuell-räumlichen Notizblock“ (engl. „visuo-spatial sketch-pad“) und der „zentralen Exekutive“ (engl. „central executive“). Der „visuell-räumliche Notizblock“ ist für die Verarbeitung visuell-räumlicher Informationen zuständig, die „zentrale Exekutive“ für das Denken, Schlussfolgern, Erinnern, Steuern und die so genannte „phonologische Schleife“ ist verantwortlich für die Verarbeitung verbal-textlicher Informationen. Das Arbeitsgedächtnis besitzt nur begrenzte Kapazität. Unser Arbeitsgedächtnis hat einen sehr kurzfristigen Behaltensspeicher. Um die Informationen adäquat weiter zu verarbeiten bedarf es Maßnahmen damit diese vollständig und richtig gespeichert werden können. Solche Maßnahmen können dabei „Chunking“ (Informationseinheiten gruppieren) und „Rehearsal“ (Wiederholung) sein.

Das **Langzeitgedächtnis** ist für die dauerhafte Speicherung und für den Abruf von Informationen zuständig. Dieser Bereich ist gekennzeichnet durch eine maximale Kapazität und unbegrenzte Speicherdauer. Hier werden alle Erfahrungen, Informationen, Emotionen und Fertigkeiten gespeichert, die über das sensorische Gedächtnis und Kurzzeitgedächtnis angeeignet wurden. Bei der Informationsverarbeitung spielen unsere bisherigen Erfahrungen und Vor-

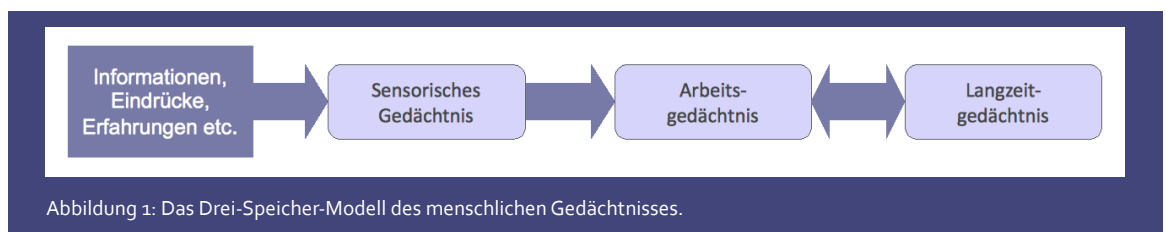


Abbildung 1: Das Drei-Speicher-Modell des menschlichen Gedächtnisses.

In der Praxis : „Chunking“

Folgende Situation kommt sehr oft vor. Bei einem Telefongespräch teilt Ihnen Ihr Gesprächspartner eine Telefonnummer mit. Wie merken Sie sich diese Telefonnummer? Ihr Gesprächspartner am anderen Ende liest Ihnen folgende Ziffern vor: 06507939567845. Wie gehen Sie vor, damit Sie sich diese Nummer merken können? Jede Zahl einzeln oder jeweils zwei oder drei Zahlen zusammen? Probieren Sie folgendes: Gruppieren Sie die Ziffern sinnvoll in Informationseinheiten. Also zum Beispiel: Die Vorwahl lautet

0650. Da erinnern Sie sich vielleicht an den Telefonanbieter und können diese Information schon einmal sehr gut mit Ihrem Vorwissen verknüpfen. Weitere Strategien können unterschiedlich sein, ob Sie sich die Ziffern wie folgt 793 956 784 oder als 79 39 56 784 merken. Auf alle Fälle gruppieren Sie die Ziffern und reduzieren dadurch die Informationen in sogenannte „Chunks“, in Informationseinheiten. So können Sie sich die Nummer besser merken: Sie haben die Informationseinheiten von 14 auf 4 bzw. 5 Einheiten reduziert.

kenntnisse eine wesentliche Rolle und werden dazu verwendet um neues zu verarbeitendes Wissen im Arbeitsgedächtnis zu verknüpfen.

3. Begrenzte kognitive Ressourcen

Wenn es zu einer Überschreitung der kognitiven Ressourcen kommt, dann kann es zu Verstehens- und Speicherungsproblemen kommen. Damit die Informationen adäquat verarbeitet und behalten werden können, spielen eine Vielzahl an Faktoren eine Rolle. Einerseits sind da die Komplexität des zu vermittelnden Inhalts, die mediale Darstellung und Umgebung, die Art und Anzahl an unterschiedlichen Zeichensystemen, die verwendet werden, zu nennen. Andererseits relevante Eigenschaften des Lernenden, nämlich die verfügbaren kognitiven Ressourcen seitens des/der Lernenden, und auch die zur Verfügung stehende Zeit zur Verarbeitung der Lerninhalte (Schwan & Hesse, 2004).

Wenn wir mit Informationen überfrachtet werden, diese nur schwer oder nicht mehr aufnehmen und verarbeiten können, unterliegen wir der so genannten kognitiven Belastung. Die **Theorie der kognitiven Belastung** (engl. „cognitive load theory“) bezieht sich auf die beschränkten Ressourcen unseres Arbeitsgedächtnisses (Chandler & Sweller, 1991). Bei einer Überschreitung der zur Verfügung stehenden Ressourcen kommt es zu Verstehens- und Speicherungsproblemen. Diese Belastung ist abhängig von der individuellen Informationsverarbeitungskapazität und der Gestaltung der Lernmaterialien. Die kognitive Belastung wird in drei Unterbereiche gegliedert, in eine intrinsische, extrinsische und in eine lernförderliche kognitive Belastung.

▶ **Intrinsische kognitive Belastung** (engl. „intrinsic cognitive load“) Diese ist abhängig vom Lerninhalt. Je komplexer und schwieriger der Lerninhalt für die Lernenden ist, desto mehr müssen kognitive Ressourcen in Anspruch ge-

nommen werden. Ein wesentlicher Einflussfaktor stellt hierbei die Element-Interaktivität dar. Darunter versteht man die Anzahl der unterschiedlichen zusammenhängenden Lerninhalte, die erfasst werden müssen um den ganzen Sachverhalt verstehen zu können (zum Beispiel das Ökosystem der Erde). Das Vorwissen der Lernenden spielt auch eine wichtige Rolle. Je höher der Kenntnisstand im jeweiligen Inhaltsbereich und umso vertrauter der Lernende mit den Inhalten ist, desto leichter kann die Wissensverarbeitung stattfinden.

▶ **Extrinsische kognitive Belastung** (engl. „extraneous cognitive load“) Eine weitere Rolle bei der Beanspruchung der kognitiven Ressourcen spielen die ungünstige Darstellung der Lerninhalte und die mediale Präsentation. Diese Belastungsform bezieht sich auf irrelevante, unnötige Aktionen, die nichts mit den Lerninhalten zu tun haben. So kann zum Beispiel ein zusammenhängendes Bild zu weit vom Text getrennt sein. Stattdessen sollen die zusammengehörigen Informationen integriert präsentiert werden.

▶ **Lernförderliche kognitive Belastung** (engl. „germane cognitive load“) Die lernförderliche kognitive Belastung kann bei noch verbleibenden kognitiven Ressourcen für eine tiefgehende Verarbeitung des Medieninhalts aufgewendet werden. Hier spielen insbesondere Lernstrategien eine Rolle, die dazu verwendet werden, um beispielsweise neue Informationen mit bestehenden zu verknüpfen, diese zu elaborieren und zu organisieren (Chandler & Sweller, 1991).

In Abbildung 2 auf der folgenden Seite sind das Arbeitsgedächtnis und zwei Varianten der kognitiven Belastung dargestellt. Einmal führt die ungünstige mediale Präsentation zu einer kognitiven Belastung und lenkt somit vom eigentlichen Lerninhalt ab. Im zweiten Fall führen die schwer zu erlernenden Inhalte

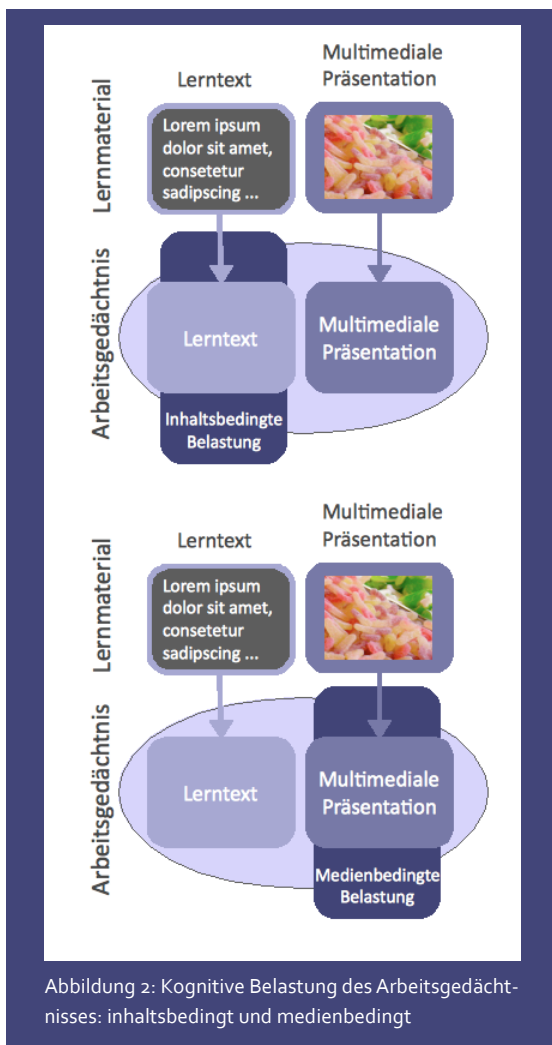


Abbildung 2: Kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses: inhaltsbedingt und medienbedingt

zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses. Die Theorie der kognitiven Belastung spielt daher eine wichtige Rolle bei der Gestaltung von Lernmaterialien und zwar nicht nur bezüglich des Lerninhalts, sondern auch bei der Präsentation in multimedialen Lernumgebungen.

Eine kognitive Belastung findet auch beim **Effekt der geteilten Aufmerksamkeit** (engl. „split attention“) statt (Chandler & Sweller, 1992). Und zwar dann, wenn zusammenhängende Abbildungen und Text räumlich und zeitlich voneinander getrennt dargestellt werden, so dass ein Teil der Information während des Suchprozesses im Arbeitsgedächtnis bleiben muss bis die relevante Information gefunden und verknüpft werden kann. Durch diese geteilte Aufmerksamkeit entsteht eine unnötige kognitive Belastung.

Weitere zentrale Kernpunkte bei der Informationsverarbeitung stellen die Doppelcodierungstheorie dar sowie die Annahme der modalitätsspezifischen Verarbeitung in unserem Arbeitsgedächtnis.

Die **Doppelcodierungstheorie** von Paivio (1986) besagt, dass verbale (sei es als Text oder gesprochene Sprache) und nicht verbale, also bildliche Informationsmaterialien unterschiedlich, aber parallel verlaufend verarbeitet, interpretiert und mental repräsentiert werden. Außerdem wird von einer **modalitätsspezifischen Verarbeitung des Arbeitsgedächtnisses** ausgegangen (Baddeley, 2003). Sowohl das sensorische als auch das Arbeitsgedächtnis weisen eine modalitätsspezifische Verarbeitung neuer Informationen auf. Würde man beispielsweise einen Lerninhalt als Text und Bild darstellen, würde man zwar gemäß der Doppelcodierungstheorie beide Kodierungsformen berücksichtigen, aber nur den visuellen Kanal ausschöpfen, jedoch nicht den „Audio-Kanal“. Unter Umständen kann es hier wiederum zu einer Ressourcenüberschreitung und somit zu einer kognitiven Belastung kommen. Gibt man jedoch statt des begleitenden Textes eine auditive Erklärung zu dem Bild gelingt die Informationsverarbeitung effektiver. Dieser Effekt ist in der Literatur auch als „Modalitätseffekt“ (engl. „modality effect“ bekannt; Mayer, 2009; siehe Tabelle 1 auf der folgenden Seite).

Lernende müssen aufgrund diverser Repräsentationen eine **kohärente mentale Wissensstruktur** bilden. Die zu lernenden Informationen, die dabei zum Beispiel in Text und Bild dargestellt werden, müssen als Gesamtsachverhalt richtig interpretiert und miteinander verknüpft werden, so dass der Lerninhalt kohärent repräsentiert ist (Brünken et al., 2005). Dabei sollen die Informationen zusammenhängen, sich aufeinander beziehen und sich logisch ergänzen. Es gibt jedoch keine explizite Kohärenzbildungstheorie. Die bisherigen Arbeiten greifen auf die **Strukturabbildungstheorie** von Gentner (1983) zurück. Die unterschiedlichen Repräsentationen wie etwa Text und Bild müssen zunächst getrennt voneinander analysiert und verarbeitet werden. So werden etwa im Bild relevante Elemente identifiziert, miteinander verknüpft und in Beziehung gesetzt. Auf dieser Ebene findet eine lokale Kohärenzbildung statt. In einem nächsten Schritt müssen Text und Bild kombiniert werden, sozusagen der Zusammenhang zwischen beiden hergestellt werden. Dieser Prozess wird bei Gentner (1983) Strukturabbildung (engl. „structure mapping“) genannt beziehungsweise auch als globale Kohärenzbildung bezeichnet (Brünken et al., 2005).

? Welche Arten von kognitiver Belastung können bei der Bearbeitung von multimedialen Lernmaterialien auftreten?

? Fassen Sie die wichtigsten Annahmen bezüglich der begrenzten Informationsverarbeitungskapazität unseres Gedächtnisses zusammen und gestalten Sie ein entsprechendes Plakat, dass diese Effekte visualisiert!

Dieser Strukturabbildungsprozess gelingt nicht immer. Zum einen kann es durch die Überschreitung der Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses und zum anderen aufgrund des geringen Vorwissens zu Pro-

blemen bei der Strukturabbildung kommen. Maßnahmen zur Förderung der Strukturabbildung stellen jene dar, die zu einer Reduzierung der extrinsischen Belastung und Erhöhung der lernförderlichen kognitiven Belastung führen. Nachfolgend sollen einige wichtige instruktionale Maßnahmen vorgestellt werden. Die Prinzipien von Mayer (2009) gehen auf seine kognitive Theorie des multimedialen Lernens zurück, die auf der Annahme basiert, dass es einen verbalen und einen auditiven Verarbeitungskanal im Arbeitsgedächtnis mit beschränkten Ressourcen gibt. Lernen bedeutet dabei aktives Selektieren, Organisieren und Integrieren von Informationen.

Prinzipien zur Entlastung der extrinsischen Belastung	Konsequenz für die Gestaltung und Darstellung von Lernmaterialien
Kohärenzprinzip	Irrelevante Wörter, Bilder und Töne sollen vermieden werden.
Signalprinzip	Hinweise, die die Organisation wesentlicher Lernelemente hervorheben, sind hilfreich.
Redundanzprinzip	Wenn Grafiken, Abbildungen mit einer verbalen Schilderung präsentiert werden, wird kein simultaner Text dazu benötigt.
Räumliches Kontiguitätsprinzip	Zusammengehöriger Text und Bild sollen räumlich zusammen und nicht weit auseinander präsentiert werden.
Zeitliches Kontiguitätsprinzip	Zusammengehöriger Text und Bild sollen simultan und nicht sukzessive dargestellt werden.
Prinzipien zur Unterstützung wesentlicher mentaler Prozesse	Konsequenz für die Gestaltung und Darstellung von Lernmaterialien
Segmentierungsprinzip	Lerneinheiten sollen in Teileinheiten aufgeteilt und nicht als eine Gesamteinheit angeboten werden. Lernende sollen in ihrer eigenen Geschwindigkeit die Einheiten bearbeiten können.
Prinzip des Vorwissens	Bessere Lerneffekte werden erzielt, wenn vor der Bearbeitung des multimedialen Lernmaterials wesentliche Konzepte, Begriffe und Bezeichnungen der Lerninhalte bekannt sind.
Modalitätsprinzip	Statt einem erklärenden Text zu einer Abbildung oder Grafik soll ein gesprochener Text angeboten werden.
Prinzipien zur Förderung generativer Prozesse	Konsequenz für die Gestaltung und Darstellung von Lernmaterialien
Multimediaprinzip	Statt nur Lerntexte anzubieten, sollen Texte und dazugehörige Bilder verwendet werden.
Personalisierungsprinzip	Bessere Lernergebnisse werden erzielt, wenn der Text nicht in einer formalen Sprache, sondern in einen dialogorientierten Stil formuliert ist (direkte Anrede; zum Beispiel „Achten Sie auf“).
Stimmeprinzip	Menschliche Stimmen sind computergenerierten Stimmen vorzuziehen.
Bildprinzip	Es wird nicht besser gelernt, wenn der/die Sprecher/in einer multimedialen Präsentation auch zu sehen ist.

Tabelle 1: Die zwölf Multimedia-Prinzipien von Mayer (2009)



Überlegen Sie sich wie Sie in multimedialen Lernumgebungen die Kohärenzbildung unterstützen können und schreiben Sie konkrete Maßnahmen auf.



Meist haben Lernende ein unterschiedliches Vorwissen. Wie können die Lernmaterialien dargestellt werden, damit Personen mit unterschiedlichem Vorwissen unterstützt werden?

4. Instruktionale Prinzipien zum multimedialen Lernen

Aus den verschiedenen kognitionspsychologischen Grundlagen zum Wissenserwerb ergeben sich direkte Implikationen für die Darstellung und Gestaltung von Lernmaterialien. Die zwölf Prinzipien zum multimedialen Lernen nach Mayer (2009) mit den jeweiligen zentralen Aussagen werden in Tabelle 1 dargestellt. Diese Prinzipien wurden in diversen Untersuchungen von Mayer und Kollegen, aber auch zum Teil von anderen Forscher/innen bestätigt. In der linken Spalte sind die Prinzipien aufgelistet und rechts die jeweilige abzuleitende instruktionale Maßnahme für multimediale Lernumgebungen.

Weitere Gestaltungsmaßnahmen bezeichnet Mayer (2009) als Randbedingungen, da es bezüglich des Einsatzes der instruktionalen Prinzipien Einschränkungen gibt. So gilt es das Vorwissen der Lernenden zu berücksichtigen, da je nach Kenntnisstand diverse Prinzipien unterstützend aber auch lernhinderlich sein können. Nach einer Studie von Kalyuga et al. (2000) profitierten erfahrene Lerner von einer reduzierten Darstellung der Materialien, während für die Unerfahrenen eine komplexere Präsentation von Vorteil war. Für die Erfahrenen waren einige der präsentierten Informationen redundant. Mayer (2009) fasst zusammen, dass der Multimedia- und Kontiguitätseffekt für Lernende mit geringem Vorwissen hilfreich ist, jedoch nicht für Lernende mit hohem Vorwissen. Er bezeichnet dies als „individual differences principle“ (Mayer, 2009, 271). Kalyuga et al. (2003) benennen das Phänomen als „**Expertise-Umkehr-Effekt**“ (engl. „expertise reversal effect“).

Weitere Randbedingungen stellen die Komplexität des Inhalts und die Geschwindigkeit, mit der eine multimediale Präsentation abläuft, dar. So wirken die Prinzipien vor allem dann, wenn die Komplexität der Lerninhalte hoch und die Geschwindigkeit in der die Inhalte bearbeitet werden für die Lernenden als schnell wahrgenommen wird (Mayer, 2001).

Eine weitere Maßnahme stellen **intertextuelle Hyperlinks** (Brünken et al., 2005) dar und die aktive Zuordnung durch die Lernenden von separat darge-

stellten Information in dynamischen und interaktiven Lernumgebungen (Bodemer et al., 2004). Gezielte Kohärenzbildungshilfen wie etwa textbezogene (durch Überprüfungsfragen, die sich auf den Text beziehen), bildbezogene (Zuweisungsaufgaben relevanter Bildelemente) oder globale Kohärenzhilfen (durch integrierte Hyperlinks) können die Informationsverarbeitung unterstützen und verbessern somit den Wissenserwerb (Brünken et al., 2005). Wobei hier anzumerken gilt, dass textbezogene und bildbezogene Hilfen auch nur die entsprechenden Text- bzw. Bildleistungen unterstützen. Lediglich eine gezielte integrationsanleitende Kohärenzbildungsmaßnahme kann sowohl die Text- als auch die Bildverarbeitung unterstützen.

Die bisherigen Befunde beziehen sich auf multimediale Lernmaterialien, in denen der Lernende nur begrenzt eingreifen kann. In einer Studie von Gerjets et al. (2009) wurde untersucht inwieweit die gefundenen Prinzipien auf andere Bereiche wie etwa Hypermedia, die durch eine höhere Lernerkontrolle gekennzeichnet sind, anwendbar sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die Prinzipien nicht ohne weiteres auf andere Lernbereiche übertragbar sind. In einer Untersuchung von Jadin et al. (2009), in der zwei unterschiedlich aufbereitete E-Lectures eingesetzt wurden, zeigte sich, dass Lernstrategien einen wesentlichen Einfluss auf das Lernergebnis haben und nicht nur allein die Darstellung der Lernmaterialien. Dieses Ergebnis kann als Beleg für die lernförderlichen Aktivitäten seitens der Lernenden gesehen werden, welche zur Reduzierung der kognitiven Belastung führt. Einige der Effekte wie der Modalitätseffekt sind häufig repliziert worden. Die dargestellten instruktionalen Prinzipien sollten daher in der Gestaltung und Darstellung von Lernmaterialien berücksichtigt werden.

Empfohlene weiterführende Literatur

- ▶ Clark, R. C. & Mayer, R.E. (2008). *e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. San Francisco: Pfeiffer.
- ▶ Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.

Literatur

- ▶ Baddeley, A. (2003). *Human Memory. Theory and Practice*. Hove, East Sussex (UK): Psychology Press Ltd.
- ▶ Bodemer, D.; Plötzner, R.; Feuerlein, I. & Spada, H. (2004). The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction*, 14, 325-341.

- ▶ Brünken, R.; Seufert, T. & Zander, S. (2005). Förderung der Kohärenzbildung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 19(1/2), 61-75.
- ▶ Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. In: *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- ▶ Chandler, P. & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62, 233-246.
- ▶ Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. In: *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- ▶ Gerjets, P.; Scheiter, K.; Opfermann, M.; Hesse, F.W. & Eysink, T.H.S. (2009). Learning with hypermedia: The influence of representational formats and different levels of learner control on performance and learning behavior. *Computers in Human Behavior*, 25, 360-370.
- ▶ Kalyuga, S.; Chandler, P. & Sweller, J. (2000). Incorporating Learner Experience into the Design of Multimedia Instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 126-136.
- ▶ Kalyuga, S.; Ayres, P. Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The Expertise Reversal Effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31.
- ▶ Jadin, T.; Batinic, B. & Gruber, A. (2009). Learning with E-lectures. The Meaning of Learning Strategies. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(3), Special Issue on „Technology Support for Self-Organized Learners“, URL: http://www.wifets.info/journals/12_3/23.pdf [2010-12-06].
- ▶ Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ▶ Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- ▶ Schwan, S. & Hesse, F.W. (2004). Kognitionspsychologische Grundlagen. In: R. Mangold, P. Vorderer & G. Bente (Hrsg), *Lehrbuch der Medienpsychologie*, Göttingen: Hogrefe Verlag, 73-99.
- ▶ Zimbardo, P. G. & Gerrig, R. J. (2004). *Psychologie*. München: Pearson Studium.