

## Multimedial Lehren und Lernen im Physikunterricht der Sekundarstufe I - Modalitätseffekte beim Behalten animierter Prozessinformationen -

Michael Lippstreu und Raimund Girwidz

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, Reuteallee 46, 71634 Ludwigsburg,  
[lippstreu@ph-ludwigsburg.de](mailto:lippstreu@ph-ludwigsburg.de), [girwidz@ph-ludwigsburg.de](mailto:girwidz@ph-ludwigsburg.de)

### Kurzfassung

Allgemeine Mediendidaktik und (Lern-) Psychologie liefern zahlreiche Hinweise zur Aufbereitung multimodaler und/oder multicodaler, animierter Darstellungen in Lernmedien. Inwieweit die Ergebnisse, die bei einfachen Lerninhalten gefunden wurden, direkt auf komplexere, fachspezifische Inhalte und Adressatengruppen übertragen werden können, bleibt noch zu prüfen. In diesem Artikel werden ausgewählte Ergebnisse einer Studie zum Erlernen komplexer physikalischer Inhalte mittels einer E-Learning-Umgebung vorgestellt. In diesem Zusammenhang wurde der Versuch unternommen, lernpsychologische und mediendidaktische Ergebnisse zur Informationsvermittlung für komplexe Themen aus dem Bereich der Infrarotsensorik fruchtbar zu machen. Es wird aufgezeigt, dass Lernende beim Behalten komplexer physikalischer Prozesse von animierten Informationsangeboten mit Sprachausgabe profitieren. Ein Einfluss individueller Leistungsdisposition war nicht nachzuweisen.

### 1. Einführung

Es liegt eine sehr große Bandbreite empirisch gestützter Erkenntnisse zum Medieneinsatz im Schulunterricht vor. Diese sind in der Regel jedoch unspezifisch formuliert und müssen noch an fachspezifische Ansprüche angepasst und überprüft werden. Mayer (1999) beispielsweise hat sehr umfangreiche Ergebnisse zum Lehren und Lernen mit multimedialen Lernangeboten vorgelegt. Zentrale Ergebnisse seiner Arbeiten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es führt zu besseren Lernerfolgen, wenn Lernende Texte mit dazu passenden Bildern präsentiert bekommen, als wenn sie lediglich Textinformationen erhalten.
- Lernerfolge lassen sich verbessern, wenn zwischen Bildern und Texten eine räumliche Nähe besteht. Entsprechendes gilt für die zeitliche Passung von Bild- und Textangeboten.
- Es führt zu besseren Lernerfolgen, wenn die Textinformationen zu einem Bild auditiv und nicht als Bildschirmtext zum Lesen angeboten werden.
- Es wirkt sich positiv auf den Lernerfolg aus, wenn die Gesamtinformation in kurzen Sinneinheiten präsentiert wird und redundante Informationen nicht angeboten werden.
- Die Individualität der Lernenden ist ein wesentlicher Einflussfaktor. Beispielsweise ist die Leistungsdisposition bei der Auswahl des Lernangebots zu berücksichtigen (vgl. Mayer, 1999).

Die Arbeitsgruppe um Mayer beschäftigte sich allerdings mit fachlich einfachen, bzw. stark vereinfachten Inhalten. Sachverhalte wurden dabei fachlich sehr stark reduziert und nur als eindimensionale

Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge beschrieben. Mit diesen Settings wurden grundlegende Fragen zur Informationsaufnahme empirisch untersucht. Es lässt sich daher fragen, inwiefern solche Ergebnisse auch bei komplexen physikalischen Inhalten relevant sind. Zu vermuten ist, dass dort weitere, stärker auf die Sachstruktur bezogene Faktoren eine dominierende Rolle spielen. Hier besteht ein Bedarf an weiteren empirischen Daten. Im Folgenden wird eine Untersuchung vorgestellt, die hier ansetzt und Ergebnisse zur Gestaltung und zum Einsatz von Lernmedien im Physikunterricht anbietet.

Der behandelte fachliche Inhalt ist der Themenbereich Infrarotsensorik. Gearbeitet wird mit einer hierzu entwickelten Lernumgebung. Bei ihrer Konzeption wurden die oben genannten Erkenntnisse auf komplexe physikalische Inhalte übertragen. Die Untersuchung soll zur Beantwortung der Frage beitragen, ob die Ergebnisse aus der Literatur ihre Gültigkeit auch für komplexe Inhalte behalten. Im Blickpunkt standen dabei die Effekte unterschiedlicher Variationen der Lernumgebung zur Infrarotsensorik auf die Behaltensleistung von Schüler/-innen. Variiert wurde das visuelle Angebot (Animationen vs. Standbilder) und das Angebot der Texte (auditive Texte vs. Bildschirmtexte zum Lesen; mono- vs. multimodales Setting; vgl. Weidenmann, 2002).

Gesucht wird nach empirischen Ergebnissen zum Medieneinsatz im Physikunterricht. Dabei wurden bereits die Grundvoraussetzungen für Lernerfolge berücksichtigt und durch eine formative Evaluation abgesichert. Drei Vorstudien konnten sicherstellen, dass:

- Lehrer/-innen und Schüler/-innen die Lernumgebung attraktiv für den Unterricht finden;

- Schüler/-innen gut mit der Lernumgebung arbeiten können, ohne dass Erklärungen durch die Lehrkraft nötig sind;
- Schüler/-innen bei der Arbeit mit der Lernumgebung die gewünschten Informationen zuverlässig aufnehmen.

Die Studie zur Handhabung (zweite Vorstudie) wurde im Tagungsband 2009 beschrieben (vgl. Lippstreu & Girwidz, 2009).

Die Ergebnisse des Tests zum Erfassen und Registrieren von relevanten Details (dritte Vorstudie) wurden 2009 auf dem "14th International Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning" in Udine vorgestellt. Der Tagungsband mit den ausgewählten Beiträgen befindet sich im Druck (Girwidz & Lippstreu 2010). Eine Vorabfassung ist bei den Autoren erhältlich.

## 2. Die Lernumgebung zur Infrarotsensorik

Die Lernumgebung zum Themenbereich Infrarotsensorik besteht aus sechs Modulen und kann über das [Internet](#)<sup>1</sup> aufgerufen werden. Für den Einsatz sind zwei Szenarien denkbar:

- Die Verwendung der gesamten Lerneinheit als eine Einführung in die Infrarotsensorik.
- Der Einsatz einzelner Module zur Vertiefung oder Wiederholung einzelner Themen.

Das Erscheinungsbild und die Steuerung der Lernumgebung sind an aktuelle Media Player angelehnt (vgl. Abbildung 1).

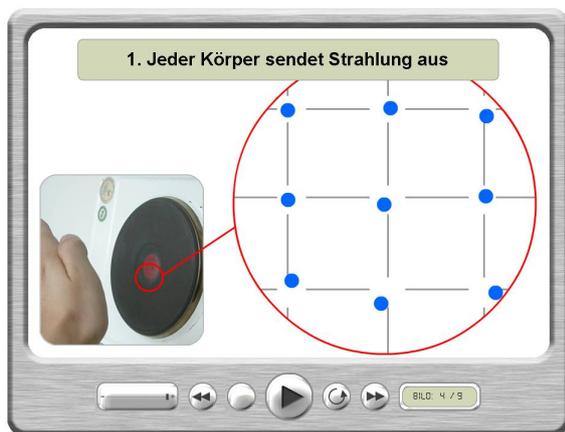


Abbildung 1: Erscheinungsbild der Lernumgebung

Die Lernumgebung gliedert den Bereich der Infrarotsensorik in vier Themenkomplexe, diese sind:

- Jeder Körper sendet Strahlung aus
- Die Strahlung ist temperaturabhängig
- Die Strahlung transportiert Energie
- Sensoren reagieren auf Energieübertragung

Die entsprechenden Informationen sind auf sechs Module verteilt. Da die Lernumgebung für den Einsatz in Realschulen konzipiert ist, mussten thematisch bedingte, didaktische Reduktionen vorgenom-

men werden. Es wird beispielsweise auf die Einführung des Hohlraumstrahlers verzichtet und Wirkzusammenhänge werden bevorzugt qualitativ beschrieben.

## 3. Die Untersuchung

Untersucht wird die Frage, inwiefern sich allgemeine Ergebnisse der (Lern-)Psychologie und der Mediendidaktik aus Untersuchungen mit weniger komplexen Lerninhalten auf komplexe physikalische Inhalte übertragen lassen. Dazu werden, mit Hilfe der vorgestellten Lernumgebung, die Auswirkungen unterschiedlicher Darbietungsformen auf das Behalten komplexer physikalischer Inhalte untersucht. Die Informationsangebote unterscheiden sich in der Modalität (Text / Bild / Bild-Text-Kombinationen), in der Modalität (auditive Texte / Texte zum Lesen) und durch den Einsatz von Animationen oder Standbildern. Die folgenden Forschungsfragen sind untersucht:

- F1: Lässt sich bei den vorliegenden komplexen physikalischen Inhalten durch die verwendeten auditiven Erklärungen die zielgerichtete Wahrnehmung einzelner Bildbereiche verbessern?
- F2: Lässt sich bei den vorliegenden komplexen physikalischen Inhalten durch die verwendeten auditiven Erklärungen die Behaltensleistung für dargebotene Bild-, Text- oder Bild-Textinformationen verbessern?
- F3: Lässt sich bei den vorliegenden komplexen physikalischen Inhalten durch die verwendeten auditiven Erklärungen die Behaltensleistung für die dargebotenen Animationen verbessern?
- F4: Lässt sich bei den vorliegenden komplexen Inhalten die Behaltensleistung für Prozesse und physikalische Abläufe durch die verwendeten Animationen besser fördern als durch entsprechende Standbilder?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde die Lernumgebung im Physikunterricht von zehn Realschulklassen eingesetzt (N=251 Schüler/-innen). Verwendet wurde ein Split Plot Factorial Design (SPF 4\*2, vgl. Kirk 1995, S. 512 ff.). Die unabhängige Variable Lernumgebung (UVa) war vierfach gestuft. Es wurde zu zwei Zeitpunkten gemessen: Ein Test fand im Dezember 2009 direkt nach der Intervention statt. Im Februar 2010 folgte ein Follow-Up-Test (UVt) (vgl. Tabelle 1). Für die Untersuchung wurden die Schulklassen in jeweils vier Gruppen unterteilt. In jeder Klasse kam daher jede der vier Versionen der Lernumgebung zum Einsatz. Die Schüler/-innen wurden zufällig auf die unterschiedlichen Versionen der Lernumgebung verteilt. Auf diesem Weg wurde die Kontrolle der "Störvariablen" Schulklasse und Lehrkraft erreicht und Unschärfen vermieden, die durch den Vergleich verschiedener Schulklassen entstehen können. Der Versuchsplan geht damit über ein für Schuluntersuchungen übliches, quasiexperimentelles Setting mit Treatment- und Kontrollklassen als Untersuchungsgruppen hinaus.

Tabelle 1: SPF 4\*2 Design

Ausprägung der Lernumgebung (UV <sub>a</sub> )	Messzeitpunkt (UV <sub>i</sub> )	
	$t_1$	$t_2$
$a_1$	¼ der Klassen 1-10	¼ der Klassen 1-10
$a_2$	¼ der Klassen 1-10	¼ der Klassen 1-10
$a_3$	¼ der Klassen 1-10	¼ der Klassen 1-10
$a_4$	¼ der Klassen 1-10	¼ der Klassen 1-10

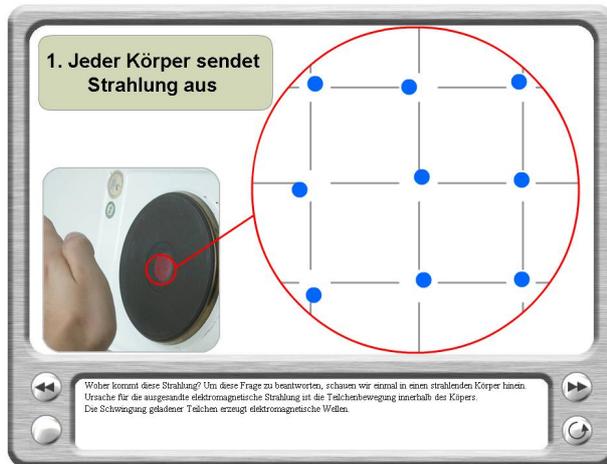


Abbildung 2: Erscheinungsbild mit Text zum Lesen

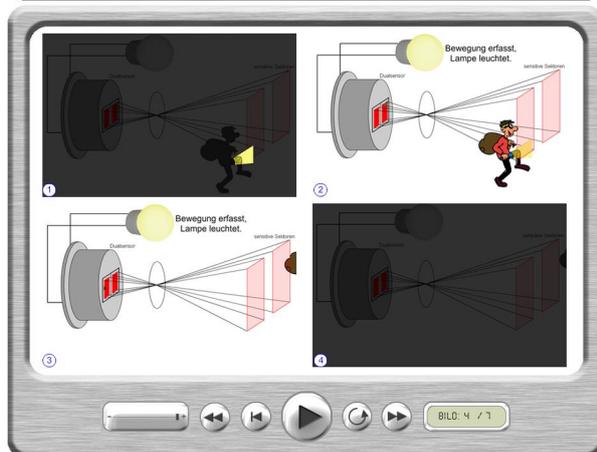
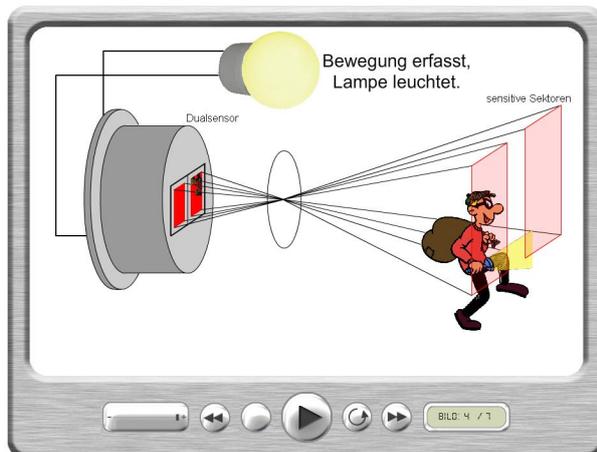


Abbildung 3: Erscheinungsbild mit Animation bzw. Standbild

Die vier Ausprägungen der Lernumgebung sind:

- ( $a_1$ ) Text auditiv & Animationen
- ( $a_2$ ) Text visuell & Animationen
- ( $a_3$ ) Text auditiv & Standbilder
- ( $a_4$ ) Text visuell & Standbilder

Variiert wurde jeweils die Art der Informationsvermittlung. Textinformationen lagen als Sprachausgabe (Text auditiv; siehe Abbildung 1), bzw. als Bildschirmtexte zum Lesen (siehe Abbildung 2) vor. Informationen über Prozesse wurden als Standbilder bzw. Animationen visualisiert. Abbildung 3 zeigt den Unterschied zwischen der Variante mit Standbildern und der mit Animationen. Der obere Screenshot (Animation) ist eine Momentaufnahme der Bewegung des Einbrechers, dieser bewegt sich von links unten nach rechts oben durch den, von einem Bewegungsmelder erfassten Raumbereich. Der untere Screenshot (Standbilder) zeigt denselben Prozess mittels Standbildern.

#### 4. Ergebnisse

An dieser Stelle sollen die Ergebnisse zur Forschungsfrage vier (siehe Abschnitt 2.2) vorgestellt werden. Die Hypothese lautet:

Bei den vorliegenden komplexen physikalischen Inhalten lassen sich die Behaltensleistungen für Prozessverläufe durch die verwendeten Animationen besser fördern als durch die entsprechenden Standbilder.

Die Betrachtungen beziehen sich speziell auf Inhalte, für die aus fachlicher Sicht ein Verständnis des zeitlichen Ablaufs, bzw. einer verketteten Abfolge von Ereignissen wesentlich ist.

Die Nullhypothese kann auf Grundlage statistisch signifikanter Ergebnisse auf dem 1% Niveau abgelehnt werden. Mit der Sprachausgabe erzielt die Gruppe mit den Animationen bessere Ergebnisse als die Gruppe mit den Standbildern ( $p = 0,00$ ; siehe Abbildung 4). Hierfür ergibt sich die Effektgröße  $d = 1,01$  ( $d = \text{Distanzmaß nach Cohen}$ ).

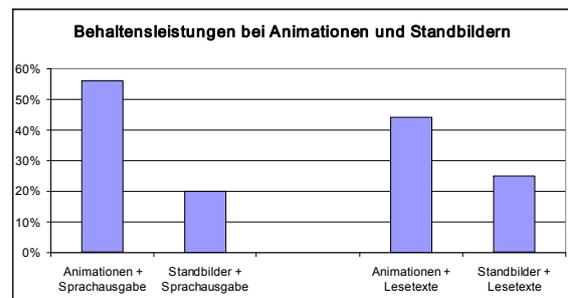
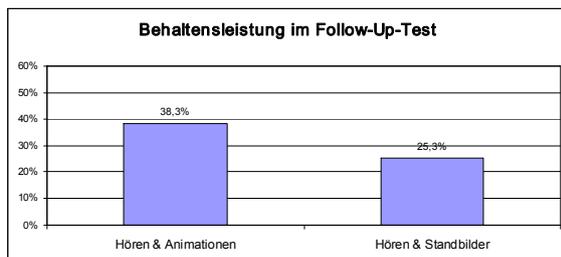


Abbildung 4: Mittelwerte der Versuchsgruppen aus einer Varianzanalyse

Dieses Ergebnis lässt sich für das monomodale Angebot (Texte zum Lesen) ebenfalls bestätigen. Auch mit Bildschirmtexten zum Lesen erzielen die Schüler/-innen mit dem Angebot mit Animationen die statistisch signifikant besseren Ergebnisse ( $p = 0,00$ ;  $d = 0,66$ ; siehe Abbildung 4).

Der Vorteil multimodal präsentierter Animationen (mit auditiven Texten) war auch noch in der Follow-Up-Erhebung erkennbar (siehe Abbildung 5). Die Schüler/-innen die mit Animationen und auditiven Textinformationen arbeiteten, erzielen auch im Follow-Up-Test statistisch signifikant bessere Ergebnisse als die Schüler/-innen die dieselben Inhalte mit Standbildern und auditiven Texten bearbeiteten ( $p = 0,014$ ;  $d = 0,44$ ). Für die Angebote mit den Texten zum Lesen (monomodales Angebot) konnten im Follow-Up-Test keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Ergebnissen festgestellt werden.



**Abbildung 5: Behaltensleistung für Animationen und Standbilder bei einem multimodalen Angebot (auditive Texte) im Follow-Up-Test**

Für die Vermittlung komplexer physikalischer Prozesse sind die animierten Darstellungen also besser geeignet als Standbilder. Zum ersten Messzeitpunkt zeigt sich dies sogar unabhängig davon, ob die dazugehörigen Textinformationen zum Lesen oder als Sprachausgabe angeboten werden.

Zusätzlich wurde noch eine mögliche Interaktion mit der individuellen, fachspezifischen Leistungsfähigkeit geprüft. Es zeigte sich allerdings keine signifikante Wechselwirkung mit der Leistungsdisposition.

## 5. Diskussion der Ergebnisse

Hervorzuheben ist, dass die Präsentation komplexer physikalischer Prozesse mittels Animationen und auditiven Texten (multimodales Setting) auch im Follow-Up-Test zu statistisch signifikant besseren Ergebnissen führte als die entsprechende Präsentation mit Standbildern. Es kann davon ausgegangen werden, dass hier fachinhaltliche Besonderheiten zum Tragen kommen, bei denen die zeitliche Dimension eine zentrale Rolle spielt und die eine animierte Darstellung sinnvoll machen. Dieses Ergebnis ist bedeutsam, da der Einsatz von Animationen in der Literatur durchaus kritisch gesehen wird (vgl. Lewalter 1997; Mayer, R.E., Hegarty, M., Mayer, S., & Campbell, J. 2005; Tversky, B., Morrison, J. B., & Betrancourt, M. 2002). Bei der Vermittlung

komplexer physikalischer Prozessverläufe hatte das Angebot multimodaler Animationen (mit auditiven Texten) jedoch einen direkten, positiven Effekt auf die Lernerfolge der Schüler/-innen. Dies wurde im Follow-Up-Test deutlich. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass, bei den hier untersuchten zeitabhängigen, verlaufsorientierten physikalischen Prozessen, Animationen wesentliche und sachgerechte Möglichkeiten zur Visualisierung bieten. Darin sind sie den Standbildern überlegen.

Dieses Resultat deckt sich nicht mit den Erkenntnissen von Clark & Mayer (2008). Sie beschreiben die Vorteile von Bildserien bei der Konstruktion mentaler Prozessmodelle (vgl. Clark & Mayer 2008). Es lässt sich nicht bezweifeln, dass mehrfache Rückgriffmöglichkeiten auf Einzelbilder und die Notwendigkeit die Bezüge und Abläufe eigenaktiv zu konstruieren wichtige Argumente für den Einsatz von Bildserien liefern. Fachinhaltliche Aspekte und die Fähigkeit der Lernenden, die zeitlichen Zusammenhänge eigenständig (re)konstruieren zu können, müssen in diesem Kontext allerdings berücksichtigt werden.

Bei den hier behandelten, komplexen, physikalischen Prozessen, waren Animationen von Vorteil für die Schüler/-innen. Wann und in welchem Ausmaß fachinhaltliche Aspekte die eigenaktive, konstruktive Entwicklung von Prozessvorstellungen erschwert, ist eine Frage, für die unsere Daten aber nur sensibilisieren können. Hierzu sind umfassendere Untersuchungen nötig.

Die vorgefundene Überlegenheit der Animationen gegenüber den Standbildern deutet aus unserer Sicht an, dass die inhaltliche Dimension ein ganz wesentlicher Faktor ist. Die *Cognitive Load Theory* legt nahe, dass gerade leistungsschwache Schüler/-innen von einer Kombination von animierten Bildern und Bildschirmtexten nicht mehr profitieren können, da die zu leistende Integration des Bildschirmtextes und der bewegten Bilder einen hohen extraneous load erwarten lässt (vgl. Sweller 1998). Dennoch waren, zum ersten Messzeitpunkt, die Ergebnisse mit Animationen sogar für das Angebot mit Bildschirmtexten zum Lesen (monomodales Angebot) besser, als die Ergebnisse mit den stehenden Bildern. Scheinbar wiegt der Vorteil, den die Animationen bei der Visualisierung komplexer Prozesse bieten, doch schwerer als die möglichen Nachteile.

## 6. Zusammenfassung

Vorgelegt wurde ein SPF 4\*2 Versuchsplan zum Erfassen der Behaltensleistung von Schüler/-innen nach der Arbeit mit einer Lernumgebung für den Physikunterricht. Es wurde gezeigt, dass bei der Vermittlung komplexer physikalischer Prozesse alle Schüler/-innen, unabhängig von der jeweiligen Leistungsdisposition von einem Einsatz von Animationen und auditiven Texten profitieren.

## 7. Anmerkungen

[1] <http://www.ph-ludwigsburg.de/wp/lippstreu/LUIR/praesite.html>

## 8. Dank:

Dank gilt der Landesgraduiertenförderung Baden-Württemberg für die finanzielle Unterstützung dieser Forschungsarbeit

## 9. Literatur

- [1] Cassidy, S. & Eachus, P. (2002): Developing the Computer User Self-Efficacy (CUSE) Scale. Investigating the Relationship between Computer Self-Efficacy, Gender and Experience with Computers. *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 26(2), 133-153.
- [2] Clark, R.C. & Mayer, R.E. (2008): e-Learning and the science of instruction. Proven guidelines for consumers and designers of multimedia. 2nd Edition. Pfeiffer
- [3] Girwitz, R. & Lippstreu, M. (2010): Animated Illustrations - Finding critical factors for an effective information processing. MPTL proceedings 2009, in press.
- [4] Kirk, Roger E. (1995): *Experimental design. Procedures for the behavioral sciences*. 3. ed. Pacific Grove, Calif.: Brooks / Cole Publishing Company; Brooks/Cole.
- [5] Lewalter, D. (1997). Kognitive Informationsverarbeitung beim Lernen mit computerpräsentierten statischen und dynamischen Illustrationen. *Unterrichtswissenschaft*, 25 (1997) 3, S. 207-222.
- [6] Lippstreu, M. & Girwitz, R. (2009): Infrarotsensorik – Multimediale Lehr-Lerneinheit für den Physikunterricht der Sekundarstufe I. In: Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), (2009): *Didaktik der Physik - Bochum 2009*. Berlin. Lehmanns Media.
- [7] Mayer, R.E. (1999): Multimedia aids to problem-solving transfer. In: *International Journal of Educational Research* 31 (1999). S. 611-623. Pergamon.
- [8] Mayer, R.E., Hegarty, M., Mayer, S. & Campbell, J. (2005): When static media promote active learning: Annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11, S. 256-265.
- [9] Neibecker, B. & Breiter, F. (1999): WWW-Arbeitspapier Angebote und Akzeptanzmessung multimedialer Lehr-/Lernangebote. Institut für Entscheidungstheorie und Unternehmensforschung Universität Karlsruhe. <http://marketing2.wiwi.uni-karlsruhe.de/pub/viror-ms1.pdf> (Stand 03/2010).
- [10] Schöler, Waltraut (1967): *Zur schulpädagogischen Integration des programmierten Unterrichts*. Henn Verlag Düsseldorf.
- [11] Sweller, J., van Merriënboe, J. J. G. & Paas, R. G. W. C. (1998): *Cognitive Architecture and Instructional Design*. In: *Educational Psycholozog Review*, Vol. 10, No. 3.
- [12] Tversky, B., Morrison, J. B. & Betrancourt, M. (2002): Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human Computer Studies*, 57, S. 247-262.
- [13] Weidenmann, B. (2002): Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In: Issing, L.J. & Klimsa, P. (Hrsg.), (2002): *Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis*. 3. Auflage, S. 45 – 62, Beltz, Weinheim.