

## Effektivität elektronischer Testaufgaben zur Vorbereitung auf experimentelle Übungen

Marga Kreiten\*, Patrik Vogt<sup>+</sup>, Andreas Schadschneider\*,  
Jochen Kuhn<sup>+</sup>, André Bresges\*

\*Institut für Physik und ihre Didaktik, Universität zu Köln,  
Gronewaldstraße 2, 50931 Köln, marga.kreiten@uni-koeln.de,  
aschadsc@uni-koeln.de und andre.bresges@uni-koeln.de

+ Institut für naturwissenschaftliche Bildung, Lehrinheit Physik,  
Universität Koblenz-Landau, Fortstr. 7, 76829 Landau, vogtp@uni-landau.de und  
kuhn@uni-landau.de

### Kurzfassung

Das sehr heterogene physikalische Vorwissen der Studienanfänger erschwert die Planung und Gestaltung der experimentellen Übungen. Um die Vorbereitung auf die experimentellen Übungen zu unterstützen, wurden elektronische Testaufgaben eingesetzt. Durch eine geeignete Wahl der Aufgaben erhalten die Studierenden Hinweise darüber, welche physikalischen Inhalte wichtig sind und gegebenenfalls nachgearbeitet werden müssen. Die Dozenten können die Testergebnisse der Studierenden unmittelbar einsehen und adäquat darauf reagieren.

In diesem Artikel soll eine Studie im Versuchs-Kontrollgruppen-Design vorgestellt werden, die den Effekt von webbasierten elektronischen Testaufgaben zur Vorbereitung auf experimentelle Übungen bei Studierenden des Lehramts Physik untersucht. Hierzu wurde bei vier Versuchen das experimentbezogene Fachwissen der Studierenden, die nur das Vorbereitungsskript erhalten haben, mit dem Fachwissen der Studierenden verglichen, die zusätzlich elektronische Testaufgaben mit Rückmeldefunktion bearbeitet haben. Die Vorbereitung mit dem webbasierten elektronischen Testaufgaben erwies sich bei drei von vier Versuchen lernförderlicher als die „traditionelle“ Praktikumsvorbereitung ( $p > 0,05$ ;  $\omega^2 > 0,15$ ).

### 1. Umgestaltung der experimentellen Übungen für Lehramtstudierende

In den vergangenen drei Jahren wurden die experimentellen Übungen für Lehramtsstudierenden an der Universität zu Köln überarbeitet. Der Ausgangspunkt dieser Umgestaltung war eine Analyse der bestehenden experimentellen Übungen. Hierzu wurden die Studierenden und die Dozenten befragt [1]. Ein zentrales Ergebnis dieser Untersuchung war die Kritik der Studierenden, dass neben zeitlichen und fachlichen Problemen es vor allem die unklaren und uneinheitlichen Anforderungen sind, die zu Problemen bei den experimentellen Übungen führen. Die Dozenten hingegen bemängelten, dass sich die Studierenden häufig nicht ausreichend auf die Versuche vorbereiten. Diese Diskrepanz aus mangelnder Vorbereitung und unklaren Anforderungen konnte zum Teil auf tatsächlich bestehende unklare Beschreibungen der Versuchsaufgaben sowie auf das unzureichende Vorwissen der Studierenden zurückgeführt werden. Hinweise auf das mangelnde Vorwissen der Studierenden geben verschiedenen Konzepttests, die mit der Studiengruppe durchgeführt wurden [2],[3]. Die Ergebnisse belegen, dass die meisten Studierenden falsche Vorstellungen zu vielen grundlegenden physikalischen Phänomenen zu Beginn des Studiums mitbringen.

Die enorme Bedeutung des themenspezifischen Vorwissens für den Lernerfolg gehört heute zum gesicherten Bestand der neurowissenschaftlichen (z.B. [4]) und pädagogisch-psychologischen Forschung (z.B. [5], [6], [7]). Themenspezifisches Vorwissen fördert das Lernen von neuen Inhalten am stärksten, noch stärker als die allgemeine Intelligenz. Zurückgeführt werden kann dies auf die Annahme, dass Lernende, die themenspezifisches Vorwissen mitbringen, neues Wissen einfacher lernen, da das neue Wissen in die bestehenden Strukturen integriert wird. Denn auf der Grundlage von bereits gelerntem Wissen, werden die neuen Informationen bewertet und mit bestehenden Erkenntnissen zusammengebracht. Auf diese Weise beeinflusst das Vorwissen die Aufmerksamkeit für bestimmte Inhalte [7]. Ist jedoch kein Vorwissen verfügbar, werden alle Informationen mit der gleichen Aufmerksamkeit bearbeitet, wodurch die kognitive Belastung des Lernenden erheblich steigt [8]. Deshalb ist es wichtig, das relevante Vorwissen zu aktivieren, in den das neue Wissen eingeordnet werden soll.

Eine Möglichkeit, Vorwissen zu aktivieren, kann durch die Verwendung von textbegleitenden Aufgaben zu den Versuchsunterlagen realisiert werden. Studien (vgl. Metastudie von Hamaker [9]) belegen, dass textbegleitend erfragte Inhalte besser behalten werden, als Textinhalte, die nur gelesen werden. Da-

bei wird die bessere Behaltensleistung darauf zurückgeführt, dass die Aufgaben Lernprozesse gezielt initiieren und steuern können [9].

## 2. Aufgaben als Lernhilfe

Üblicherweise dominieren an der Universität Aufgaben in der Form von regelmäßig abzugebenden Übungsaufgaben oder von Klausuraufgaben zur Leistungsbewertung von Studierenden. Die Möglichkeiten des Einsatzes von Aufgaben ist damit jedoch keineswegs erschöpft. Denn Aufgaben können weit mehr Funktionen in einem Lernprozess erfüllen. Büchter und Leuders [10] schlagen eine Unterteilung der Aufgabenfunktion in zwei Kategorien vor: „Aufgaben zum Lernen“ und „Aufgaben zum Leisten“. Eine noch genauere Unterteilung der Aufgaben findet man bei Körndle et al. [11], Niegemann et al. [12, Kapitel 21.1], Glowalla [13] und Neber [14]. Die Abbildung 1 gibt die in der Literatur beschriebenen Aufgabenfunktionen wieder.

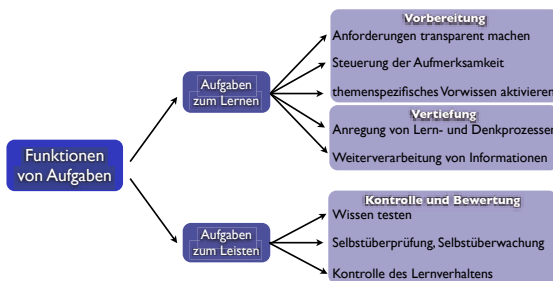


Abb. 1: Darstellung der verschiedenen Funktionen, die Aufgaben erfüllen können.

Durch eine geeignete inhaltliche Auswahl der textbegleitenden Aufgaben zu den Versuchsunterlagen kann die Aufmerksamkeit auf die wichtigen physikalischen Inhalte gelenkt werden. Dadurch werden den Studienanfängern nicht nur die Anforderungen transparent gemacht, sondern auch ihr themenspezifisches Vorwissen aktiviert. Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben sollte variieren – von Aufgaben, die Faktenwissen abfragen (z. B. Abb. 2) bis hin zu Aufgaben, die Reproduktions- und Transferaufgaben anregen (z. B. Abb. 3).

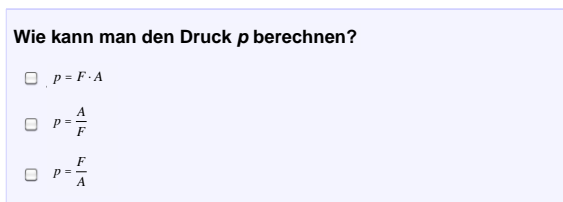


Abb. 2: Reproduktionsaufgabe.

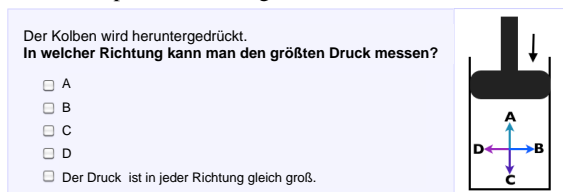


Abb. 3: Transferaufgabe.

**Verwendung von elektronischen Aufgaben.** Bei den verwendeten Aufgaben handelt es sich um Aufgaben mit gebundenem Antwortformat. Dies hat den Vorteil, dass die Auswertung der Aufgaben wesentlich einfacher und schneller geschehen kann. Für die Konstruktion sinnvoller Aufgaben im gebundenen Antwortformat wurde unter anderem auf Richtlinien von Gronlund [13] und Haladyna [15] zurückgegriffen.

Die Aufgaben wurden elektronisch auf der e-Learning Plattform ILIAS erstellt. Dies hat zusätzlich folgende Vorteile:

- Die Studierenden können die Aufgaben unabhängig von der Zeit und vom Ort bearbeiten.
- Die Aufgaben können zum Beispiel durch Hyperlinks, Simulationen und Animationen multimedial angereichert werden.
- Die Studierenden erhalten vom System eine zeitnahe Rückmeldung, ob sie die Aufgaben richtig bearbeitet haben. Inhalte die nicht richtig bearbeitet wurden, können dann noch vertieft werden.
- Die Testergebnisse werden automatisiert erfasst und ausgewertet. Der Dozent kann die Testergebnisse in einer Tabelle einsehen und so auf mögliche Verständnisprobleme der Studierenden schließen.
- Trackingdaten, wie zum Beispiel die Bearbeitungszeit, können erfasst werden.

## 3. Organisatorischer Ablauf der experimentellen Übungen

An der Universität wurden die elektronischen Aufgaben verpflichtend für alle Studierenden der experimentellen Übungen für Anfänger eingeführt. Vor Beginn des Kolloquiums müssen die Studierenden die Aufgaben in ILIAS zu den jeweiligen Versuchen bearbeiten. Nur wenn die Studierenden 70% der maximalen Punktzahl erreichen, dürfen sie zum Kolloquium und zur Versuchsdurchführung kommen. Den Studierenden stehen hierzu zwei Testdurchläufe zur Verfügung. Nach Beendigung jedes Testdurchlaufes erhalten die Studierende ein Feedback, mit einem Vermerk, welche Aufgaben sie richtig und welche sie falsch bearbeitet haben. Die richtige Lösung wird den Studierenden jedoch nicht präsentiert. Die noch offenen, unklaren Fragen werden im Kolloquium, in der Diskussion zwischen Studierenden und Betreuer, geklärt. Da der Betreuer die Teststatistik einsehen kann, kann er gezielt auf die Probleme der Studierenden eingehen und die Zeit im Kolloquium optimal nutzen. Eine ausführliche Darstellungen zum Ablauf des Kolloquiums wurde in einem Artikel zur Frühjahrstagung im Jahre 2009 veröffentlicht [1].

## 4. Untersuchung

In einer ersten Untersuchung wurde überprüft, ob sich die Qualität der Vorbereitung durch die zusätzliche Bearbeitung von Aufgaben verbessert. Bei den Aufgaben handelt es sich um Fragen, die sich unmittelbar mit den Versuchsunterlagen beantworten lassen. Die Aufgaben beinhalten demnach keine zusätzlichen Informationen.

### Hypothese:

Studierende, die neben den Versuchsunterlagen verbindlich dazu aufgefordert werden, textbegleitende Aufgaben zu bearbeiten, sind besser vorbereitet, als Studierende, die nur die Versuchsunterlagen erhalten.

Aus organisatorischen Gründen fand die Untersuchung an der Universität Koblenz / Landau, Campus Landau, statt. Im Gegensatz zur Universität Köln sind hier die experimentellen Übungen als Blockveranstaltung organisiert, sodass es wesentlich einfacher ist, die Rahmenbedingungen im Versuchs-Kontrollgruppen-Design zu realisieren.

### 4.1. Untersuchungsdesign

Als Untersuchungsdesign wurde ein Versuchs-Kontrollgruppen-Design (vgl. Abb. 4) gewählt. Hierzu wurden die Studierenden zunächst in zwei Gruppen unterteilt (Gruppe A und Gruppe B). Als Kriterien zur Einteilung in möglichst homogene Gruppen wurden das Geschlecht, die Fachsemesteranzahl, die Abiturnote und die bereits bestandenen Prüfungen berücksichtigt.

Insgesamt wurde eine Auswahl von vier Versuchen mit textbegleitenden Aufgaben versehen:

M1: Hydrostatischer Druck

M2: Bestimmung der Federkonstanten

W1: Mischungskalometrie

W2: Gleichung des idealen Gases

Jede der beiden Gruppen diente zweimal als Versuchsgruppe und zweimal als Kontrollgruppe. Die Versuchsgruppe musste neben den Versuchsunterlagen zusätzlich die textbegleitenden Aufgaben in ILIAS bearbeiten, die Kontrollgruppe hatte nur die Versuchsunterlagen zur Verfügung.

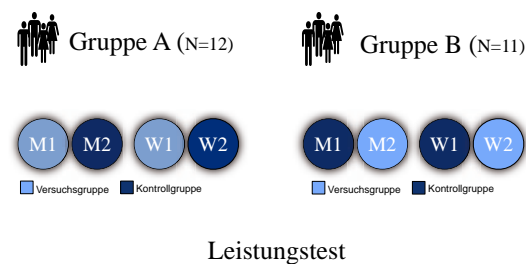


Abb. 4: Darstellung des Versuchsdesigns.

Unmittelbar vor der Versuchsdurchführung wurden die Studierenden aufgefordert, zu allen vier Versuchen einen Leistungstest zu bearbeiten. Unabhängig von der Gruppeneinteilung haben alle Studierenden den gleichen Test bearbeitet. Die Testfragen beinhalteten Fragen zu den theoretischen Grundlagen und zur Versuchsdurchführung. Die Antworten sollten in Form eines Freitextes erfolgen. Die Auswertung des Tests erfolgte mit der Hilfe eines zuvor festgelegten Erwartungshorizonts. Die Punkte bei diesem Test

dienten als abhängige Variable, die Aufschluss über die Qualität der Vorbereitung gibt. Beim Leistungstest handelt es sich demnach um einen Posttest, bezogen auf die Vorbereitung zum Experimentalpraktikum.

Das Untersuchungsdesign wurde in der Abbildung 4 noch einmal schematisch dargestellt.

Zusätzlich zum Leistungstest wurden noch ein Konzepttest zur Mechanik, nämlich der FCI (Force Concept Inventory) und ein Konzepttest zur Wärmelehre eingesetzt. Die Ergebnisse dieser beiden Tests sollten als Kovariable dienen.

### 4.2. Stichprobe

An der Universität Koblenz-Landau/ Campus Landau nehmen am Experimentalpraktikum Lehramtsstudierende mit dem Fach *Physik* teil. Im Sommer 2010 haben das Experimentalpraktikum 23 Studierende absolviert, die in zwei Gruppen aufgeteilt wurden (Gruppe A: 12 Studierende, Gruppe B: 11 Studierende).

Alle Studierenden haben erst kurz zuvor (1. bzw. 2. Semester) mit dem Studium begonnen: Zwölf Studierende waren im ersten Semester, sechs im Zweiten, drei im Dritten und zwei Studierende haben hierzu keine Angaben gemacht. Es ist davon auszugehen, dass das Vorwissen der Studierenden als gering einzuschätzen ist. Unterstützt wird diese Annahme durch die Ergebnisse der Konzepttests. Beide verwendeten Konzepttest bestehen aus sehr grundlegenden Aufgaben. Im Konzepttest zur Mechanik wurden im Schnitt 42% der Aufgaben richtig gelöst, im Konzepttest zur Wärmelehre waren es 66%.

### 4.3. Auswertung der Daten

Die Abbildung 5 zeigt die bei den jeweiligen Versuchen erreichte Punktzahl der Studierenden im Leistungstest. In hellblau wurden die Ergebnisse der Versuchsgruppe, in dunkelblau die Ergebnisse der Kontrollgruppe dargestellt.

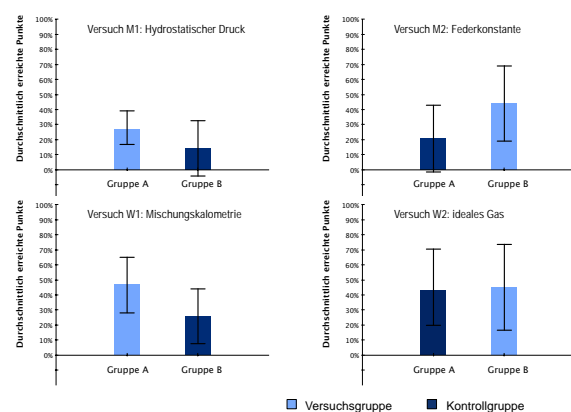


Abb. 5: Darstellung der im Mittel erreichten Punkte in Prozent zu den einzelnen Versuchen.

Bei den ersten drei Versuchen (M1, M2, W1) erkennt man, dass die Versuchsgruppe der Kontrollgruppe

deutlich überlegen war. Im vierten Versuch (W2) haben die beiden Gruppen nahezu das gleiche Ergebnis im Leistungstest erzielt.

Um auszuschließen, dass die Unterschiede zwischen Versuchsgruppe und Kontrollgruppe zufällig sind, wurde die Signifikanz mit einer „Varianzanalyse“ und den parameterfreien „Mann-Whitney-U-Test“ überprüft.

### Varianzanalyse

Die Varianzanalyse der Testergebnisse kann nur unter der Voraussetzung erfolgen, dass die Daten normalverteilt sind und Varianzhomogenität besteht. Beide Voraussetzungen sind überprüft worden und sind für jede der beiden Gruppen in jedem Versuch erfüllt.

Die Grundidee der Varianzanalyse besteht in einem Vergleich der Gesamtvarianz, zwischen den beiden Gruppen (Kontrollgruppe und Vergleichsgruppe), mit der Varianz innerhalb der Gruppen. Über die F-Verteilung kann man anschließend festlegen, ob die Hypothese  $H_0$  abgelehnt oder beibehalten werden muss [16].

In der Tabelle 1 ist die durchschnittlich erreichte Punktzahl  $\bar{x}$  der Versuchs- und Kontrollgruppe angegeben, sowie die Signifikanz. Die angegebene Effektstärke gibt Aufschluss darüber, welcher Teil der Gesamtvarianz zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe durch die Art der Bearbeitung (nur Versuchsanleitung/Versuchsanleitung und ILIAS-Aufgaben) erklärbar ist. Dabei besteht die Konvention, dass man bei  $\omega^2 > 0,14$  von einem großen Effekt spricht.

	$\bar{x}_{VG}$	$\bar{x}_{KG}$	Signifikanz	Effektstärke
M1: hydrostatischer Druck	28,33	14,18	<b>Ja</b> ( $p=0,019$ )	$\omega^2=0,15$
M2: Federkonstante	44,18	20,67	<b>Ja</b> ( $p=0,013$ )	$\omega^2=0,17$
W1: Mischungskalometrie	46,67	25,91	<b>Ja</b> ( $p=0,007$ )	$\omega^2=0,22$
W2: ideales Gas	45,18	43,25	<b>Nein</b> ( $p>0,05$ )	-----

VG: Versuchsgruppe und KG: Kontrollgruppe      Signifikanzniveau:  $\alpha = 0,05$

**Tab. 1.:** Darstellung der Ergebnisse der Varianzanalyse.

Die Daten zeigen, dass die Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe in den ersten drei Versuchen (M1, M2, W1) signifikant sind. Zudem kann ein großer Teil der Gesamtvarianz durch die Art der Bearbeitung (mit / ohne Aufgaben) aufgeklärt werden. Die berücksichtigten Kovariablen korrelieren nicht mit den Ergebnissen des Leistungstests und klären demnach auch an nichts der Gesamtvarianz auf.

Im vierten Versuch (W2) konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe festgestellt werden.

### Mann-Whitney-U-Test

Da die Stichprobe klein ist, wurde zur Absicherung der Ergebnisse zusätzlich ein nicht-parametrischer Test, der „Mann-Whitney-U-Test“ durchgeführt.

Im Gegensatz zur Varianzanalyse ist es bei diesem Test nicht notwendig, dass die Messwerte einer bestimmten Verteilung folgen. Ziel dieses Tests ist eine Überprüfung, ob die Mittelwertsunterschiede der Versuchs- und Kontrollgruppe zufällig sind, oder auf systematische Unterschiede hinweisen.

Die Analyse der Daten erfolgt über die zugeordneten Rangplätze: Hierzu werden zunächst alle Testergebnisse der Studierenden unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit (A oder B) der Größe nach sortiert. Es entsteht eine Rangreihe. Jedem einzelnen Testergebnis wird in einem nächsten Schritt eine Rangplatznummer zugewiesen. Es ist nun möglich, für jede der beiden Gruppen die Summe der Rangplätze sowie den mittleren Rangplatz zu ermitteln. Die Bestimmung der Signifikanz erfolgt über die Summe der Rangplatzüberschreitungen. Hieraus kann man den  $z$ -Wert bestimmen, der über die Standardnormalverteilung eine Auskunft über die Signifikanz ermöglicht [16].

	Mittlerer Rang VG	Mittlerer Rang KG	Signifikanz
M1: hydrostatischer Druck	15,58	8,09	<b>Ja</b> ( $p=0,004$ )
M2: Federkonstante	15,41	8,88	<b>Ja</b> ( $p=0,010$ )
W1: Mischungskalometrie	14,96	8,77	<b>Ja</b> ( $p=0,014$ )
W2: ideales Gas	12,41	11,63	<b>Nein</b> ( $p>0,05$ )

VG: Versuchsgruppe und KG: Kontrollgruppe      Signifikanzniveau:  $\alpha = 0,05$

**Tab. 2.:** Darstellung der Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests.

Die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Test bestätigen das Ergebnis der Varianzanalyse. Die ersten drei Versuche zeigen einen signifikanten Unterschied, nicht jedoch der vierte Versuch (W2).

### 5. Diskussion der Ergebnisse

Die ersten drei Versuche zeigen eine deutliche Überlegenheit der Versuchsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe. Im vierten Versuch konnte kein Unterschied nachgewiesen werden. Das Ergebnis des vierten Versuchs wurde jedoch wahrscheinlich durch eine Klausur zur Wärmelehre beeinflusst, die kurz vor dem Experimentalpraktikum geschrieben wurde. Die Gleichung des idealen Gases war Gegenstand der Vorlesung und der Klausur. So liegt die Vermutung nahe, dass die ILIAS-Aufgaben zu diesem Versuch kein zusätzliches Wissen aktivieren konnten, da die Studierenden die Inhalte bereits für die Klausur gelernt hatten. Für diese These spricht, dass die anderen drei Versuche einen sehr deutlichen Effekt zeigten.

Eine Bestätigung der Eingangs formulierten These scheint, trotz der geringen Stichprobe, wahrscheinlich. Die Qualität der Vorbereitung wird durch ILIAS Aufgaben verbessert.

Die ermittelten Kovariablen zeigten keinen Einfluss auf das Abschneiden im Leistungstest. Dies kann daran liegen, dass der Konzepttest zur Mechanik sich überwiegend mit Fragen zum Kraftverständnis beschäftigt, die Versuche dies jedoch nur sehr am Rande beinhalteten. Beim Konzepttest zur Wärmelehre und den entsprechenden Versuchen finden sich auch nur wenige inhaltliche Übereinstimmungen.

## 6. Ausblick

Da die Stichprobe der Versuche bei dieser ersten Voruntersuchung noch sehr gering war, soll sie im kommenden Semester mit circa 20 Versuchen wiederholt werden.

Mit dieser Untersuchung erhoffen wir uns eine Antwort auf die Fragen:

- Ist dieser Effekt auch bei anderen Versuchen reproduzierbar ist?
- Kann dieser Effekt auch bei der Auswertung zu den Versuchen nachgewiesen werden?

## 7. Literatur

- [1] Kreiten, M., Schadschneider, A., Bresges, A. (2009): Kompetenzentwicklung im physikalischen Praktikum für Anfänger. In: Didaktik der Physik – 2009. Berlin: Lehmanns Media.
- [2] Kreiten, M. et al. (2008): Untersuchung der Elektrik-Vorkenntnisse zukünftiger GHR-Lehrer mit einem naturwissenschaftlichen Hauptfach. In: Didaktik der Physik – Berlin 2008. Berlin: Lehmanns Media.
- [3] Kreiten, M., Bresges, A., Schadschneider, A. (2010): Möglichkeiten von interaktiven 3d-Simulationen zur Unterstützung von Versuchen im physikalischen Praktikum. In: PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2010: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/176/257> (Stand 5/2011)
- [4] Roth, G.: Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? In: Zeitschrift für Pädagogik (Themenheft Gehirnforschung und Pädagogik) 50 (2004), Nr. 4, S. 496–506
- [5] Klauer, K.J., Leutner D. (2007): Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie. Basel: Beltz Verlag.
- [6] Krist, Horst (1999): Die Integration intuitiven Wissens beim schulischen Lernen. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 13, (4), 191-206
- [7] Krause, U.M., Stark, R. (2006): Vorwissen aktivieren. In: Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe Verlag, S. 38–49
- [8] Sweller, J. (2005): Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York: Cambridge University Press : R.E. Mayer, S. 19–30
- [9] Hamaker, C. (1986): The Effects of Adjunct Questions on Prose Learning. In: Review of Educational Research 56, Nr. 2, S. 212–242
- [10] Büchter, A., Leuders, T. (2006): Was ist eine gute Aufgaben? Das kommt darauf an! In: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie 55, Nr. 8, S. 9–20
- [11] Körndle, H., Narciss, S., Proske, A. (2004): Konstruktion interaktiver Lernaufgaben für die universitäre Lehre: [http://studierplatz2000.tu-dresden.de/toolkit/presentations/CD/Literatur/Publikationen/gmw04\\_koenapro.pdf](http://studierplatz2000.tu-dresden.de/toolkit/presentations/CD/Literatur/Publikationen/gmw04_koenapro.pdf) (Stand: 5/2011)
- [12] Niegemann, H., Hessel, S., Demagk, M. Hupfer S., Hein, M.A., Zobel, A. (2008): Kompendium multimediales Lernen. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- [13] Gronlund, N.E. (1998): Assessment of student achievement. Bosten: Allyn & Bacon
- [14] Neber, H. (2006): Entdeckendes Lernen. In: Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim, Basel, Berlin: Beltz Verlag
- [15] Haladyna, T.M. (1994): Developing and Validating Multiple-Choice Test Items. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- [16] Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W., Neumann, E. (2010): Quantitative Methoden Band 2. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag