

## Brückenkurs Physik mit integrierter App

- Untersuchung zur Aktivierung mit heterogenen Studienanfängergruppen der Ingenieurwissenschaften -

**Dominik M. Giel, Gisela Hillenbrand, Barbara Meier, Eva Decker, Andreas Christ**

Hochschule Offenburg, Badstraße 24, 77652 Offenburg

Dominik.Giel@hs-offenburg.de, Gisela.Hillenbrand@hs-offenburg.de, Barbara.Meier@hs-offenburg.de,  
Eva.Decker@hs-offenburg.de, Christ@hs-offenburg.de

### Kurzfassung

Der Studienbeginn wird an der Hochschule Offenburg durch Vorbereitungskurse, sogenannte Brückenkurse, unterstützt. Wir stellen vorläufige Ergebnisse beim Einsatz von Smartphones und Tablets im Rahmen des Physik-Brückenkurses vor, bei dem die Studenten Hilfen zum selbständigen Üben durch eine App erhalten. Durch die Überarbeitung des Kurses und den Einsatz der App konnte der Teilnehmerschwund verringert werden. Die Evaluationsergebnisse bestätigen eine hohe Akzeptanz der Neuerungen seitens der Studierenden. Erste Auswertungen von Ein- und Ausgangstests deuten darauf hin, dass durch den Brückenkurs eine Angleichung der Vorkenntnisse der Studienanfänger erreicht wird, da Teilnehmer mit geringeren Vorkenntnissen tendenziell einen größeren Lernfortschritt erreichen. Durch unterschiedliche Schwierigkeitsstufen und selbstregulierte Übungsphasen in individuellem Tempo können aber auch die Erfordernisse der stärkeren Teilnehmer angemessen berücksichtigt werden.

### 1. Ausgangssituation

Die Hochschule Offenburg bietet für die Studienanfänger in den Ingenieurwissenschaften einen Brückenkurs für Studienanfänger an. Den Studierenden soll damit die Möglichkeit gegeben werden, grundlegende Begriffe der Physik kennenzulernen und damit verbundene Kenntnisse aus dem Schulunterricht zu wiederholen. Für viele Studienanfänger stellt die Physik eine deutliche Hürde der Studieneingangsphase dar, so dass das freiwillige Angebot von ca. 50 % der Studienanfänger angenommen wird. Jedoch war im traditionellen Format (seminaristische Vorlesung mit Demonstrationsexperimenten) ein relativ hoher Teilnehmerschwund zu verzeichnen, bei dem etwa die Hälfte der Brückenkurs-Teilnehmer nur unvollständig an den Präsenzterminen teilnahm. Im Rahmen des Projektes „Qualitätspakt Lehre“ untersuchte die Hochschule potentielle Verbesserungsmaßnahmen.

Eine Evaluation des bestehenden Physik-Brückenkurses ergab unter anderem, dass sich viele Teilnehmer für Physik mehr selbstständiges Üben sowie eine Übungsunterstützung per Mobiltelefon wünschen, wie sie parallel in den Mathematik-Brückenkursen seit dem WS 13/14 an der Hochschule Offenburg eingesetzt wird [1].

### 2. Konzept des Brückenkurses mit App

#### 2.1. Historie m-Learning

Erste Versuche, mobile Geräte in den Lehr-Lernkontext einzubinden, existieren schon seit über 10 Jahren [2], [3]. „Mobile Learning“ (m-learning) versprach eine weitere Flexibilisierung des Lernortes. Wurden in den Anfängen vorwiegend technische Fragen diskutiert, wurde schnell deutlich, dass der Einsatz mobiler Geräte sowohl eine andere Aufbereitung der Lehrinhalte als auch eine neue Form der Lernarrangements verlangten.

Mögliche Einsatzfelder in den Anfangszeiten waren ganz allgemein kurze Mitteilungen/Rückmeldungen vom bzw. an den Lernenden, Heranziehen von Kamera und Standortbestimmung für exkursionsartigen Unterricht oder die Übertragung von Videosequenzen. So beschrieb die Literatur Einsatzfelder bevorzugt im schulischen Bereich oder an besonderen Orten - z.B. im Museum, aber auch in Entwicklungsländern, da dort Mobilfunknetze zum Teil besser ausgebaut waren als das Festnetz und deshalb die einzige Möglichkeit des Zugriffs auf Lerninhalte boten.

Mit Zunahme von Displaygröße, Funktionalität, technischer Ressourcen und Übertragungsraten hat Mobile Learning stark an Bedeutung gewonnen. Der Umgang mit den Geräten ist vertraut und selbstverständlich. Diese Faktoren sind wesentliche

Voraussetzung für den Transfer von Konzepten und experimentellen Studien in die Breite. Bei der Überarbeitung des Physik-Brückenkurses wurde daher ein Konzept entworfen, das den Einsatz einer App zur Unterstützung vorsah.

## 2.2 Ziele

Der Physik-Brückenkurs dient den Studierenden als Orientierung, um zu erkennen, welches schulische Grundwissen für das weitere Studium vorausgesetzt wird. Studierende ohne diese Voraussetzungen oder mit großen Lücken sollen die Möglichkeit erhalten, sich diesen Grundlagenstoff selbstständig und im eigenen Tempo zu erarbeiten. Da jedoch Online-Kurse zum reinen Selbststudium das Durchhaltevermögen von Studienanfängern i.d.R. überfordern, integrieren wir die App als Mittel zum selbstregulierten Üben in einen Präsenzkurs.

Aus Gesprächen mit Physik-Dozenten wissen wir, dass viele Studienanfänger nicht zwischen Schwierigkeiten mit der Physik und fehlenden mathematischen Rechenfertigkeiten zu unterscheiden wissen. Ein weiteres Ziel ist daher Trennung von physikalischen und mathematischen Schwierigkeiten: Die Physik-App wiederholt daher bewusst keine mathematischen Inhalte, sondern verweist an entsprechender Stelle auf Theorie-Blöcke innerhalb der Mathe-App [1].

Ein weiteres Ziel innerhalb des Brückenkurses ist die Sensibilisierung für physikalische Phänomene im Alltag. Physik wird von den Studierenden häufig reduziert auf das Einsetzen von Zahlen in Formeln. Die Brückenkurse – wie auch die App – wollen dazu ermuntern, den eigenen Beobachtungssinn zu schärfen und in die wissenschaftliche Diagnostik einführen. Die Aufgabentexte versuchen, Probleme aus dem Alltag der Studierenden aufzugreifen. Außerdem gibt es in der App die Möglichkeit, Videos einzubinden, die an Beobachtungsaufträge gekoppelt sind.

## 2.3. Umsetzung

Im Gegensatz zu den Brückenkursen für das Fach Mathematik, für das mit dem Mindestanforderungskatalog Mathematik des Arbeitskreises „Cooperation Schule-Hochschule (COSH) in Baden-Württemberg“ [4] eine detaillierte Definition der hochschulübergreifenden Eingangsanforderungen existiert, gibt es für das Fach Physik (noch) keinen fächerübergreifenden Konsens über die Mindestanforderungen für Erstsemester. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen hat auch jeder Studiengang unterschiedliche Physik-Schwerpunkte, so dass die Mindestanforderungen studiengangspezifisch sind. Auch kann im Rahmen des Physik-Brückenkurses mit insgesamt acht Terminen zu drei Zeitstunden keine umfassende Wiederholung der vollen Breite

der Physik-Schulinhalte geleistet werden, so dass für den Brückenkurs bewusst ausgewählt werden musste: Der Brückenkurs beschränkt sich daher auf insgesamt zehn physikalische Themengebiete.

Zur Abdeckung der unterschiedlichen Studiengänge wurden zunächst die Themen der Mechanik (fünf Themengebiete), der Wärmelehre (ein Themengebiet), der Medientechnik (zwei Themengebiete) und der Elektrizität (zwei Themengebiete) ausgewählt. Aus diesen zehn Themengebieten werden je nach Anforderung des Studiengangs acht ausgewählt, z.B. für den Studiengang Maschinenbau Mechanik, Wärmelehre und Elektrizität. Zu diesen Themen wurden nun ausgewählte Konzepte und Formeln zusammengetragen sowie passende Aufgaben mit Alltagsbezug erstellt. Im Zentrum des jeweiligen Aufgabenpools stehen dabei mathematische Methode oder Modellvorstellung. So enthält der Aufgabenpool zum Thema „Wärmelehre“ eine Folge von Mischungsaufgaben mit ansteigender mathematischer Schwierigkeit. Darüber hinaus reichende Aufgaben, die z.B. den Begriff der Schmelzwärme erfordern, wurden bewusst nicht in den Aufgabenpool aufgenommen, die Dozenten haben aber die Möglichkeit, die entsprechenden Begriffe im Kurs zu thematisieren.

Die Aufgaben sind in drei Schwierigkeitsstufen (leicht/mittel/schwer) kategorisiert. Die Aufgabenklassifizierung „leicht“ entspricht dabei einer Kompetenz, die als unabdingbare Voraussetzung für Studienanfänger angesehen wird. „Mittlere“ Aufgaben stellen das wünschenswerte Fähigkeitsniveau dar, „schwere“ Aufgaben entsprechen dem Klausurniveau des ersten Semesters, so dass auch Studierende mit über den Brückenkursanforderungen liegenden Kompetenzen herausfordernde Aufgaben üben können.

Im Sommersemester 2014 wurde die Formel- und Aufgabenauswahl erstmals in Papier- bzw. PDF-Form eingesetzt.

Für den Brückenkurs des Wintersemesters 2014/15 wurden in Zusammenarbeit mit dem Software-Spezialisten der MassMatics UG [5] begonnen, das neu entwickelte Material in die Smartphone-App „TeachMatics“ zu integrieren. Die Konzepte und Formeln wurden mit ausführlichen Erklärungen in sogenannten Theorieblöcken aufbereitet. Für die Aufgaben wurden Schritt-für-Schritt-Hilfen mit Lösungstipps erstellt, die Querverweise zu den Theorieblöcken enthalten. Die Studierenden arbeiten grundsätzlich mit Stift und Papier, werden aber durch die Lösungshilfen der App in die Lage versetzt, in eigenem Tempo zu arbeiten und entsprechend ihren Vorkenntnissen mehr oder weniger Hilfestellung in Anspruch zu nehmen: manchen Studierenden reicht der Vergleich des Ergebnisses, manche Studierende benötigen nur den

ersten Tipp zur Herangehensweise an die Aufgabe, schwächere Studierende erhalten durch Anklicken aller Tipps eine ausführliche Unterstützung mit einem Verweis auf die Theorieblöcke.

Die App fördert die Fähigkeit, mit Papier und Stift zu einem Lösungsvergleich zu gelangen und verschiebt den Fokus des Brückenkurses auf das eigenverantwortliche Üben. Damit handelt es sich bei der App nicht um ein E-Learning-System im eigentlichen Sinn, d.h. es wird keine automatische Ergebnisvalidierung geboten. Die Studierenden müssen ihre eigenen Ergebnisse mit der vorgegebenen Musterlösung abgleichen, also in der Lage zur Selbstdiagnose sein, um die entsprechenden Hilfen abzurufen.

Die App und das Aufgabenpaket werden den Studierenden zum Herunterladen auf die mobilen Geräte angeboten. Auch wenn für die Durchführung des Präsenzkurses ausreichen würde, wenn jeder zweite Teilnehmer ein mobiles Gerät mitbringt, wird über eine Browser-Version abgesichert, dass die Lösungshilfen auch über Laptops bzw. für das Weiterüben außerhalb des Präsenzkurses über gewöhnliche Internet-Arbeitsplätze genutzt kann. In der Praxis sind Studierende ohne Smartphone aber selten.

#### 2.4. Einsatz im Präsenzkurs

In der Durchführung der Brückenkurse werden im Sandwich-Prinzip [6] ausdrücklich eingeforderte Verarbeitungsphasen eingeführt: Kollektive Phasen zur Darstellung der theoretischen Hintergründe mit jeweiligen Beispielen und Demonstrationsexperimenten wechseln mit Phasen für aktive Übungen. Die Übungsaufgaben werden im Präsenzkurs klassisch mit Papier und Stift gelöst, die App wird bei Bedarf für individuelle Hilfestellungen genutzt. Auch Studierende, die die Präsenzkurse nicht oder nur teilweise besuchen können, haben Zugriff auf das komplette Material.

Jede Aufgabe des Brückenkurs-Materials ist mit einer Nummer, der „ID“ versehen, mit der die entsprechenden Hilfen innerhalb der App abgerufen werden können.

Die Studierenden können innerhalb der Präsenzbrückenkurs trotz heterogener Vorkenntnisse im eigenen Tempo innerhalb des vorgegebenen Themenfeldes arbeiten und erhalten einen angemessenen Grad der Hilfe je nach Bedarf (Endergebnis, Denkanstoß, Zwischenrechnung, Theorie, vgl. „personal control“, [7]). Auch durch die gestaffelten Schwierigkeitsstufen wird die Heterogenität berücksichtigt: Der Einstieg über leichte Aufgaben und die Tipps zu Zwischenschritten liefern „success opportunities“ [7] und helfen, dass nicht schon kleinere Hürden die Lernanstrengung beenden. Dadurch wird das Durchhaltevermögen beim aktiven Üben gestützt. Für Studierende mit außergewöhnlichen

Kenntnissen führen die schweren Aufgaben über die eigentlichen Anforderungen des Physik-Brückenkurses hinaus, ohne dass langsam arbeitende Studierende die Möglichkeit zur selbständigen Nacharbeit genommen würde: Die Übungsphase wird in der Gruppe beendet, wenn ein Großteil des Kurses alle Aufgaben der mittleren Schwierigkeitsstufe gelöst hat, so dass Studierende mit erhöhtem Nachholbedarf auf die Notwendigkeit hingewiesen werden. Da den Studierenden das komplette Übungsmaterial als Formel- und Aufgabensammlung zur Verfügung gestellt wird, besteht die Möglichkeit des eigenständigen Nacharbeitens außerhalb der Präsenzkurse, wobei die Hilfe der überall verfügbaren App in Anspruch genommen werden kann.

### 3. Erfahrungen

Zum Wintersemester 2014/15 war ein Prototyp der App erstmals im Einsatz: Es waren die ersten 30 von 100 Aufgaben mit Tipps zur Lösung verfügbar (zu den Themengebieten „Masse, Volumen, Dichte, Auftrieb“, „Wärmelehre“ und „Kinematik“) sowie die zu diesen Themengebieten gehörigen Theorieblöcke. In der Erprobungsphase wurde die App in einigen (nicht allen) Kursen eingesetzt, dabei wurde an jedem Tag die Anwesenheit der Studierenden protokolliert, um den Teilnehmerschwund der Studierenden während der Kursdauer zu beobachten. Der Fortschritt der einzelnen Teilnehmer wurde durch einen Eingangstest und – bei den Teilnehmern, die den Kurs bis zum letzten Tag besuchten – einen Ausgangstest mit jeweils Aufgaben aus dem Brückenkurs-Themengebieten untersucht. Abschließend fand auch eine Evaluation des Brückenkurses statt, in der die Studierenden ihre Bewertung des Präsenzkurses und der App abgeben konnten.

#### 3.1. Teilnehmerschwund

Die Teilnehmerzahlen an freiwilligen Veranstaltungen vor Studienbeginn nehmen in der Regel stetig vom ersten bis zur letzten Unterrichtseinheit ab, die Teilnehmer fehlen dabei entweder entschuldigt oder unentschuldigt. Die Stärke dieser Abnahme kann als Maß dafür dienen, wie viele der Studierenden nach eigener Einschätzung vom Hilfsangebot profitieren. Zur Darstellung des Phänomens bezeichnen wir (etwas willkürlich) als Brückenkurs-Abbrecher alle Studierenden, die – mit oder ohne Entschuldigung – an weniger als fünf (von acht) Brückenkursterminen präsent waren. Vor der Neukonzeption des Brückenkurses betrug der Teilnehmerschwund nach dieser Definition typischerweise über die Hälfte aller Studierenden, z.B. lag der durch Auswertung der Anwesenheitslisten ermittelte Wert im Wintersemester 2013/14 bei 62%. Im Sommersemester 2014, also mit neukonzipiertem Unterrichtsmaterialien, betrug der

Teilnehmerschwund nur noch 25%, nach Einführung der Smartphone-App im Wintersemester 2014/15 wurde ein Wert von 23% erreicht.

### 3.2. Eingangs-/Ausgangstest

Zur Untersuchung des qualitativen Fortschritts wurden ab dem Wintersemester 2014/15 jeweils ein Eingangs- und ein Ausgangstest durchgeführt. Beide Tests umfassen jeweils 9 Aufgaben, für die je bis zu 3 Punkte erreicht werden können.

Im Brückenkurs des Wintersemesters 2014/15 lag die Durchschnittspunktzahl und Standardabweichung beim Eingangstest bei  $15,5 \pm 6,5$  von 27 Punkten (das entspricht  $57 \pm 24\%$ ).

Allerdings schrieben, auch aufgrund des Teilnehmerschwundes, nicht alle Studierenden den Ausgangstest mit. Beschränkt man die Auswertung auf Studierende, die sowohl Eingangs- als auch Ausgangstest mitschrieben, ergibt sich eine Durchschnittspunktzahl beim Eingangstest von  $16,3 \pm 6,6$  von 27 Punkten (das entspricht  $60 \pm 24\%$ ). Im Wintersemester hatten 182 Teilnehmer sowohl Eingangs- als auch Ausgangstest absolviert.

Im Ausgangstest wurden eine Durchschnittspunktzahl von 21,3 Punkten mit einer Standardabweichung von 11 (von 27) Punkten erreicht (das entspricht  $79 \pm 40\%$ ). Im Mittel aller Teilnehmer nahm dabei die Punktzahl um etwa 5 Punkte zu. Durch die Beschränkung der erreichbaren Punkte auf 27 ist die mögliche erreichbare Verbesserung, quantifizierbar als Punktedifferenz zwischen Ausgangs- und Eingangstest, insbesondere für Studierende mit sehr hohen Punktezahlen begrenzt.

Um diesen Effekt deutlich zu machen, kann man die 182 Teilnehmer an Eingangs- und Ausgangstest (willkürlich) nach den Resultaten des Eingangstests in fünf Gruppen mit sehr geringen (0-5 Punkte, 6 Teilnehmer), geringen (6-10 Punkte, 19 Teilnehmer), mittlerem (11-15 Punkte, 38 Teilnehmer), guten (16-20, 59 Teilnehmer) und sehr guten (21-25 Punkte, 59 Teilnehmer) Eingangstestergebnissen, so lässt sich die durchschnittliche Verbesserung durch den Brückenkurs als Punktedifferenz zwischen Eingangs- und Ausgangstests berechnen (Abb. 2).

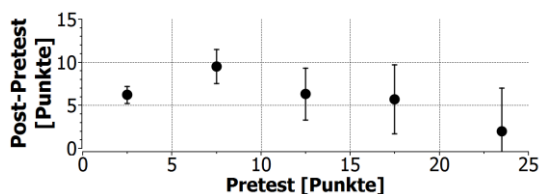


Abbildung 1 Durchschnittliche Verbesserung durch den Brückenkurs für Teilnehmergruppen mit unterschiedlichen Pretest-Punktezahlen

Bei der „sehr schwachen“ Gruppe betrug die Verbesserung (mit Standardabweichung) durch den

Brückenkurs im Mittel  $6,2 \pm 1,4$  Punkte, bei der „schwachen“ Gruppe  $9,5 \pm 3,2$  Punkte, bei der „mittleren“  $6,3 \pm 3,2$  Punkte, bei der „guten“ Gruppe  $5,7 \pm 3,2$  Punkte und bei der „sehr guten“ nur  $2,0 \pm 1,7$  Punkte.

### 3.3. Einschätzung der Studierenden

Im Wintersemester 2014/15 wurde der neu konzipierte Brückenkurs mit integrierter App erstmalig evaluiert. An der Evaluation nahmen 192 Studierende teil, was der Teilnehmerzahl beim Ausgangstest entspricht. Der Fragebogen bestand aus Fragen zum schulischen Werdegang, Fragen zum Brückenkurs und den mathematischen Vorkenntnissen und Fragen zur Physik-App.

Die Gesamtbewertung des Brückenkurses insgesamt wurde mit einem Mittelwert von  $2,2 \pm 0,7$  bei einer Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (mangelhaft) bewertet.

Das Niveau der Hilfestellungen durch die App wurde überwiegend als ausgewogen eingeschätzt. Über 95% der Studierenden gaben an, dass sich die App mit Querverweisen auf den parallel eingesetzten Mathematik-App gut ergänze.

Bei den offenen Fragen wurde insbesondere die App positiv bewertet. Als Verbesserungsvorschläge wurde fast ausschließlich der Wunsch geäußert, weitere Themengebiete aufzunehmen (29 von 35 Nennungen).

### 4. Zusammenfassung und Ausblick

In wie weit konnten die eingangs formulierten Ziele erreicht werden? Eine Orientierung der Studienanfänger wird durch die studiengangspezifische Themenauswahl sowie durch die Transparenz Schwierigkeitsniveaus (Brückenkurslevel bis hin zu typischen Klausuraufgaben) erreicht. Zusammen mit der Neuformulierung der Übungsaufgaben in einen alltagsbezogenen Kontext und die Verzahnung mit dem Mathematik-Brückenkurs zum Sommersemester 2014 konnte hier der Teilnehmerschwund von über 50% auf etwa 25% reduziert werden, was die hohe Akzeptanz der Neukonzeption dokumentiert.

Aus den Rückmeldungen der Evaluation wurde klar, dass die Studierenden die Betonung des eigenständigen Übens schätzen. Allein aufgrund der Testergebnisse lässt sich nicht abschließend bewertet, ob durch den Brückenkurs eine Angleichung der Grundkenntnisse Physik erreicht wird, die deutliche Zunahme der Verbesserung in der „schwachen“ gegenüber der „mittleren“ Gruppe (9,5 gegenüber 6,3 Punkten) kann aber als Indiz dafür gelten.

Ob die deutliche Trennung physikalischer und mathematischer Inhalte förderlich für den Lernerfolg der Studierenden ist, lässt sich im Rahmen der eingesetzten Methoden nicht klären. Aufschluss darüber könnte eine Untersuchung des Nutzerverhaltens geben, also die Anzahl der Studierenden, die die Angebotene Querverweise von der Physik- in die Mathematik-App nutzen. Eine entsprechende Untersuchung wird nach der Fertigstellung aller Theorie-blöcke und Aufgaben zum nächsten Brückenkurs im Wintersemester 2015/16 erfolgen.

Die beschriebene Nutzung der App zeigt, wie mobile Geräte in der Studieneingangsphase in Fächern wie Physik adäquat eingesetzt und Verzahnungen mit Hilfswissenschaften wie Mathematik realisiert werden können. Mit der Ausdehnung der Inhalte und des Einsatzes muss auch die Frage, welches die für den Lernerfolg am meisten versprechenden Konzepte sind, neu gestellt und beantwortet werden.

Die Arbeiten wurden gefördert im Rahmen des Qualitätspaktes Lehre (Förderkennzeichen 01PL11016). Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung bei der Erstellung des Aufgabenpools durch Mittel der Gesellschaft für Hochschuldidaktik (GHD), allen beteiligten Mitarbeitern des Informationszentrums der Hochschule Offenburg sowie der MassMatics UG.

## 5. Literatur

- [1] Decker, E.; Meier, B. (2014). Mathe-App als Aktivierungsunterstützung beim Studienstart. Werkstattbericht. In Herold Dehling, Katherine Roegner, Marco Winzker (Eds), ZFHE Jg.9/Nr.4 (November 2014), Sonderheft Transfer von Studienreformprojekten für die
- Mathematik in der Ingenieurausbildung, S. 57-71. Graz.
- [2] Mitic, J.; Feißt, M.; Christ, A. (5.-6. Juli 2004): mLab: Handheld Assisted Laboratory. MLEARN 2004, Rome, Italy
- [3] Curticapean, D.; Christ, A.; Feißt, M.: Possibilities and perspectives of mobile learning in optics and photonics. SPIE Optics + Photonics 2010, Optics Education and Outreach, 1. – 5. August 2010, San Diego, California USA.
- [4] Mindestanforderungskatalog Mathematik der Hochschulen Baden-Württemberg für ein Studium von WiMINT-Fächern, online abrufbar unter [https://www.hs-karlsruhe.de/fileadmin/hska/SCSL/Lehre/makV2.0B\\_ohne\\_Leerseiten.pdf](https://www.hs-karlsruhe.de/fileadmin/hska/SCSL/Lehre/makV2.0B_ohne_Leerseiten.pdf)
- [5] Claus, S., Decker, E., Meier, B. (Oktober 2014). Mathe-App für den Übergang Schule-Studium. In Stephan Trahasch, Rolf Plötzner, Gerhard Schneider, Claudia Gayer, Daniel Sassi, Nicole Wöhrle (Hrsg.), DeLFI 2014, Die 12. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), S.311-313.
- [6] Wahl, D. (Juli 2006): Lernumgebungen erfolgreich gestalten: Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln, Verlag J.Klinkhardt,
- [7] Keller, J. M. (2010): Motivational design for Learning and performance: The ARCS model approach. New York: Springer.