

Animationen in der Hochschullehre

Erfahrungen mit dem Einsatz in der Studienrichtung Bauingenieurwesen

Abstract: In diesem Artikel soll das Thema Animationen und Hochschullehre näher betrachtet werden. Ausgehend von einem Projekt werden im Rahmen der Vorlesung Betonbau an der Technischen Universität Graz seit 2001 Neue Medien eingesetzt.

Neben einer theoretischen Einführung in die wissenschaftlichen Erkenntnisse bezüglich der Wirkung von Bildern oder Animationen in der Lehre, wird erläutert wie dies konkret umgesetzt wurde. Die abschließende Evaluation und Diskussion zeigt die Stärken wie auch Schwächen dieser Medien auf.

Der Beitrag schließt mit der Erkenntnis, dass Animationen eine Verbesserung in der Lehre bewirken können, wenn die Rahmenbedingungen des mediendidaktischen Feldes erfüllt werden.

Einleitung

*„Die wirkliche Revolution bei den Computern
war nicht deren Evolution, sondern deren Vernetzung“
(Hermann Maurer)*

Dieses Zitat beschreibt die Entwicklung der letzten Jahre sehr treffend. Der Einfluss des Internets betrifft nahezu alle Lebensbereiche und es ist anzunehmen, dass dies noch weiter steigen wird. So ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass auch die Hochschule vor dieser Entwicklung nicht halten machen kann.

Ausgehend von dem Begriff „Multimedia“, der 1995 zum Wort des Jahres von der „Gesellschaft für deutsche Sprache“ erklärt wurde, begann sich auch mit der Einführung des Internets e-Learning an den Hochschulen zu etablieren. Verschiedene Förderprogramme und Pilotprojekte versuchten das neue Medium gezielt einzusetzen und Mehrwerte in der Lehre zu erreichen. Die Frage die sich nun stellt: „Was ist das Ergebnis nach 10 Jahren Multimedia und Internet in der Lehre? Wurden die Erwartungen erfüllt oder kehrt wieder Ernüchterung ein?“

Es kann festgehalten werden, dass viele Dinge probiert wurden – von Computer Based Trainings (CBTs) bis hin zu Blended Learning Szenarien (Garrison & Kanuka, 2004) – und durchaus interessante Ergebnisse lieferten. Das Problem der wissenschaftlichen Untersuchungen liegt aber vor allem in der enorm hohen Komplexität der Einflussbereiche solcher Maßnahmen und damit verbunden mit der Verallgemeinerung. Es ist kaum möglich, gut funktionierende Szenarien auf andere Zielgruppen anzuwenden. Es kann also bei einer theoretischen Fundierung von Mediendidaktik nicht darum gehen, das so oft zitierte „Best Practise“ – Beispiel des Lernens und Lehrens zu identifizieren, sondern die zentrale Frage lautet vielmehr, unter welchen Bedingungen unterschiedliche Zielgruppen mit welchen Medien wie erfolgreich lernen können (Kerres & De Witt, 2002). Dass das Internet eine neue Form der Didaktik erfordert ist unumstritten, es gilt nur diese zu finden (Schulmeister, 2001). Genauer formuliert, wie kann sich jetzt im Umfeld mit den Neuen Medien eine über Jahre gewachsene Fachdidaktik etablieren, da sich das Problem mit der Einführung eines komplexen Hilfsmittels nicht gerade vereinfachte.

Von diesem Blickwinkel soll auch dieser Artikel betrachtet werden. Es geht nicht darum ein „Musterbeispiel“ darzustellen, sondern es wird versucht für eine ganz bestimmte Zielgruppe eine ganz gezielte Anwendung so einzusetzen, dass alle Beteiligten einen Mehrwert erzielen können. Dieser Beitrag beschäftigt sich vorwiegend mit dem Einsatz von Animationen in der

Hochschulpraxis und deren Auswirkungen. Es soll aufgezeigt werden, welche Überlegungen im Vorfeld und bei der Durchführung notwendig sind.

Das Projekt iVISiCE

Im Rahmen der Initiative „Multimediales Lernen im Web“ der Technischen Universität Graz wurde im November 2001 am Institut für Betonbau begonnen Neue Medien in der Lehre einzusetzen. Unter dem Projektnamen iVISiCE (interactive Visualization in Civil Engineering, <http://ivisice.tugraz.at>) wird versucht das Stoffgebiet des konstruktiven Stahlbetonbaus Studenten der Studienrichtung Bauingenieurwesen näher zu bringen.

Der zu vermittelnde Lehrinhalt beschäftigt sich mit der Berechnung von Bewehrungsmengen für tragende Bauteile aus Beton und stellt ein Basiswissen für jeden Bauingenieur dar. Die komplexen naturwissenschaftlichen Zusammenhänge sind mit herkömmlichen Lehrmitteln (Tafel, Projektor usw.) schwer vermittelbar, sodass neue didaktische Ansätze sehr willkommen waren.

Da die Sprache der Ingenieure und Architekten das Zeichnen mit Papier und Bleistift ist (Wetzck, 2004) konzentriert sich das Projekt auf folgende Schwerpunkte

- Interaktion: „Learning by doing“ – Lernen erfordert Aktivität des Lernenden um nachhaltige kognitive Prozesse auszulösen (Dewey, 1916). Hierzu wurde eine Zahl von Interaktiven Lernobjekten entwickelt (Ebner, Zechner & Holzinger, 2003).
- Kommunikation: Einen entscheidenden Einfluss auf erfolgreiches Lernen haben soziale Prozesse. Das Verständnis komplexer Zusammenhänge erfordert dass diese im Diskurs nachvollzogen werden können (Kerres, 2002). Mit Hilfe der neuen Kommunikationsmöglichkeiten sind neben Diskussionsforen, Whiteboards auch Erfahrungen mit virtuellen Sprechstunden gemacht worden (Dimai & Ebner, 2003).
- Visualisation: Mit Hilfe von Animationen sollte der Lehrstoff leichter zugänglich gemacht werden und auch anschaulicher darstellbar. Die Entwicklung dieser, wird nachfolgend noch näher beschrieben.

Die entwickelten Inhalte werden mit Hilfe einer Lernplattform im didaktischen Feld eines Blended – Learning Szenarios den Studierenden seit 2001 unterrichtet (Ebner & Holzinger, 2002), wobei durch Evaluationen Verbesserungen vorgenommen werden konnten.

Animationen

Einleitung

Der Einsatz von Bildern als zusätzliche Unterstützung zu Textstellen ist hinreichend erforscht und anerkannt. Levin (1981) zeigte 5 Funktionen von Bildern in einer Lernsituation auf:

Dekoration (unabhängig vom Text), Repräsentation (unterstützt den Text), Strukturierung (zur Strukturierung eines Textes), Interpretation (Erweiterung zum Text), Transformation (mit Hilfe eines Bildes kann der Text leichter im Gedächtnis abgespeichert werden).

Jetzt stellt sich die Frage, inwieweit sich diese Erkenntnisse auf Animationen übertragen lassen, da per Definition es sich ja „nur“ um die Aneinanderreihung einzelner Bildsequenzen unbelebter Objekte handelt, die den Eindruck von Bewegung vermitteln (Holzinger, 2001b). Doch wie auch Large (1996) kritisch anmerkt („A major problem to be overcome in research on animation-text relationships is the number of variables to address.“), nimmt die Anzahl der unbekannt Parameter zu.

Nachfolgend soll eine kurze Übersicht über den Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse gegeben und die daraus resultierenden Schlüsse besprochen werden.

Ansatz einer Lerntheorie für Multimedia

Der Ansatz aus dem Bereich des Instruktionsdesigns nach Gagné (Gagné, 1965), wonach neun instruktionale Ereignisse stattfinden sollten, um optimalen Lernerfolg zu sichern, wurde besonders bei der Anwendung von Neuen Medien in der Lehre wieder aufgegriffen.

Vor allem die Frage wie verarbeitet das menschliche Gehirn verschiedene Sinneseinflüsse, brachte in den letzten 20 Jahren verschiedenste Lösungen. Die „integrated dual-coding theory“ nach Pavio beschreibt, dass visuelle und verbale Informationen getrennt aufgenommen und auch in Beziehung zueinander gebracht werden können (Mayer & Anderson, 1991). Weiters wird auch darauf hingewiesen, dass die Kapazität der Verarbeitung eingeschränkt ist.

Betrachtet also ein Lerner Bilder und Text zugleich, wird dies getrennt über beide Sinneskanäle aufgenommen und strukturiert (Abb. 1). Danach werden mentale Modelle gebildet und mit dem bereits vorhandenen Vorwissen zusammengefügt. Konstruktivistisches Lernen findet nach Mayer & Anderson (1991) genau dann statt, wenn die lernende Person all diese Schritte durchläuft.

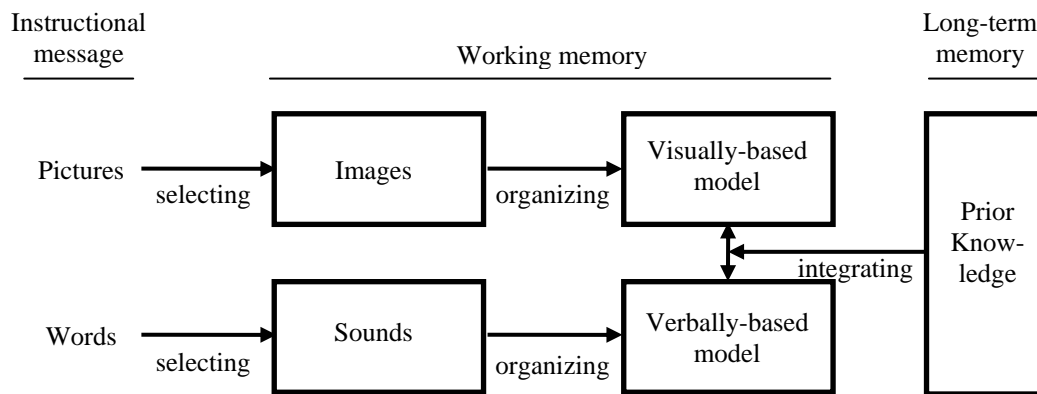


Abb. 1 Dual-coding Theory (Mayer & Anderson, 1991)

Es wurden zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, speziell um die Stärke dieser Theorie bei problembasiertem Lernen aufzuzeigen (Mayer, 2003; Mayer & Gallini, 1990; Mayer & Anderson, 1991). Zusammengefasst ergaben sich folgende Prinzipien (Mayer, 1999):

- Multimedia Prinzip: Der Lerneffekt ist größer, wenn dem Lerner zum Text passende Bilder präsentiert werden, als nur Text allein.
- Prinzip der räumlichen Kontinuität: Text und Bild (bzw. Animation) sollten räumlich nicht zu weit getrennt sein.
- Prinzip der zeitlichen Kontinuität: Es ist besser, wenn die Erläuterung mit dem präsentierten Bild zu gleichen Zeit auftritt, als wenn dies zeitlich versetzt ist.
- Prinzip der visuell gespaltenen Aufmerksamkeit: Gesprochenem Text ist einem am Bildschirm gezeigten vorzuziehen.
- Prinzip der auditiv gespaltenen Aufmerksamkeit: Die auditive Information sollte sich auf das Wesentliche beschränken, dies bedeutet dass sich z.B. Hintergrundmusik eher negativ auswirkt.
- Prinzip der kleinen Sequenzen: Die dargebotenen Lernteile sollten eher kurz gehalten werden, damit sie besser verarbeitet werden können.
- Prinzip der Kohärenz: Auf zusätzliche Information, die nicht unmittelbar zur Animation gehören, sollte verzichtet werden.
- Prinzip der Individualität: Das Vorwissen der lernenden Person spielt eine entscheidende Rolle bei der Bildung der mentalen Modelle.

Basierend auf diesen Prinzipien kann der Instruktionsdesigner nun Animationen oder Visualisierungen erstellen. Wie aber schon hingewiesen, sind dies noch nicht die alleinigen Parameter, sondern es muss die Einbettung in das gesamte mediendidaktische Feld beachtet werden. Im nachfolgenden Kapitel soll die Tragweite angedeutet werden, von welchen weiteren Bestimmungsgrößen der Einsatz von multimedialen Lernanwendungen abhängig ist.

Animationen im mediendidaktischen Umfeld

Mit der Erstellung einer Animation kann noch nicht von einem Erfolg in der Lerneffizienz ausgegangen werden, auch wenn dies streng nach den im vorigen Kapitel erwähnten Prinzipien erfolgte. Einschlägige Literatur (Tversky, 2002) warnt ausdrücklich davor, für jedes Fachgebiet Visualisierungen zu implementieren. Als Entscheidungshilfe wird auf die Zusammenfassung von Weiss, Knowlton & Morrison (2002) verwiesen, die folgende zwei wesentliche Punkte als Kriterium heranzogen (Abb. 2):

- Eigenschaften von Animationen
- Einsatzgebiete von Animationen

Eigenschaften von Animationen

Bei den Eigenschaften von Animationen wird zuerst die Verwandtschaft mit statischen Bildern betont, deren kognitive Auswirkung bereits im vorangegangenen Kapitel besprochen wurde.

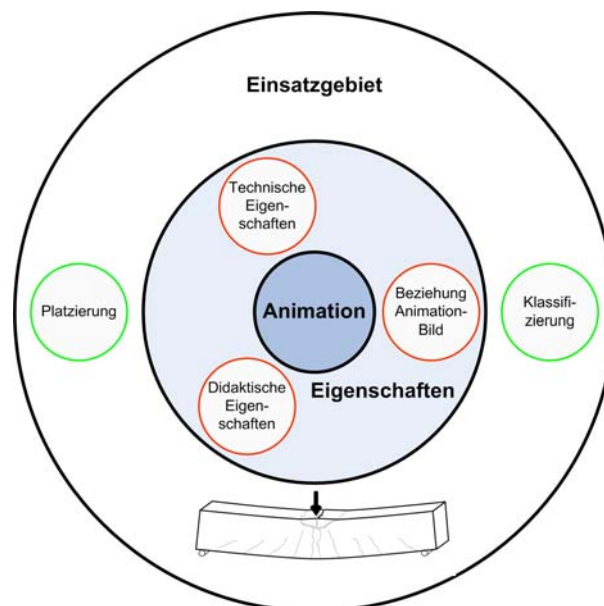


Abb. 2 Animationen im mediendidaktischen Feld

Doch zusätzlich sollte noch zwischen den technischen und didaktischen Eigenschaften unterschieden werden:

- Technische Eigenschaften: Dazu zählt einerseits die Gestaltung der Animationen, deren optische Umsetzung und andererseits das Genauigkeitslevel, d.h. wie detailliert ist ein Zusammenhang darzustellen, sodass er vom Lernenden verarbeitet werden kann.
- Didaktische Eigenschaften: Animationen können zur Motivationssteigerung dienen, vor allem wenn bedacht wird, dass Motivation einen großen Einfluss auf das Lernverhalten hat (Holzinger, 2001a). Weitere Funktionen von Animationen können die Erlangung von Aufmerksamkeit, die Klärung von Sachverhalten, eine rein kosmetische oder zur Präsentation sein.

Ausgehend von diesen Eigenschaften ist abschließend noch das Einsatzgebiet zu analysieren.

Einsatzgebiete von Animationen

Abb. 2 zeigt hier zwei Unterscheidungen – Platzierung und Klassifizierung. Dies bedeutet, dass man darauf achten muss, wann die Animation im Kontext des Unterrichts eingebaut wird und gleichzeitig auch bedenkt, dass die Lernenden ihre ganze Aufmerksamkeit darauf richten (Platzierung im Kontext der Lehrveranstaltung).

Als Abschlusskriterium (Klassifizierung) sollte sich noch überlegt werden wie das Konzept der Animation aussieht – ob sie helfen kann ein mentales Modell zu erzeugen. Eventuell kann auch eine Prozedur abgebildet werden.

Wenn all diese Punkte gründlich überlegt werden, ist die Entscheidung oftmals kostspielige Animationen zu erzeugen einfacher und es ist einsichtig, dass Multimedia nicht immer auch automatisch zu einer Verbesserung beitragen muss.

Einsatz in der Hochschullehre

Mit Beginn des Projektes iVISiCE wurde durch die Festlegung der 3 Schwerpunkte (Interaktion, Visualisation und Kommunikation) ein wichtiger Schritt in der Modernisierung der Hochschullehre getätigt. Das Institut für Betonbau der Technischen Universität Graz entschloss sich 2001 durch den landesweiten Aufbruch „Neue Medien in der Lehre“ mit Hilfe einer Dissertation sich diesem Thema zu widmen.

Idee

Der erste Schritt war die Analyse des didaktischen Feldes (Kerres, 2001a) und die Frage wo der Mehrwert in einer animierten Sequenz liegt.

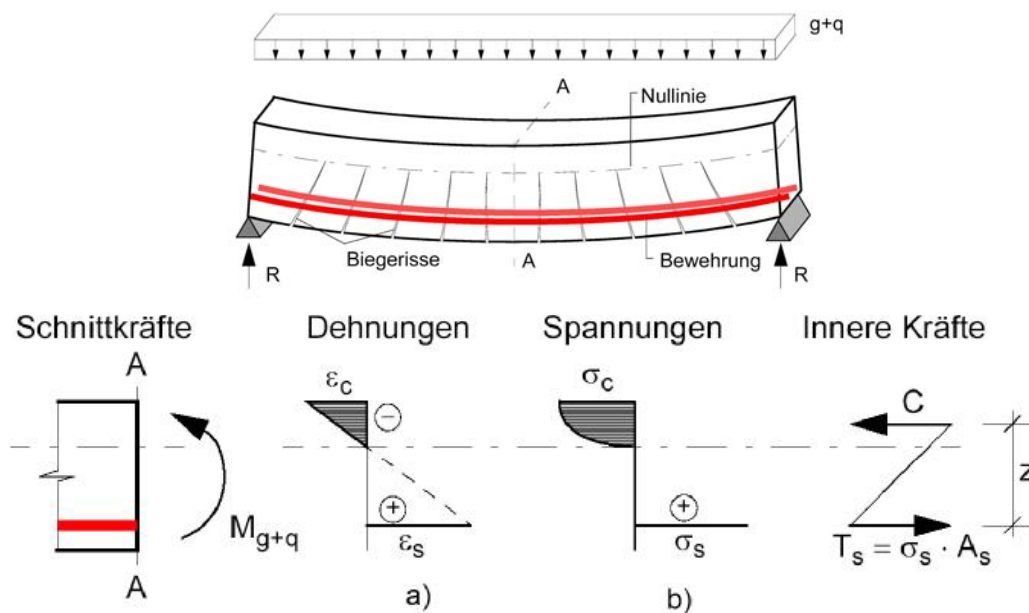


Abb. 3 Lehrunterlage

Der Vorteil des Fachgebietes Bauingenieurwesen ist wie eingangs erwähnt, dass das technische Verständnis sehr an visuelle Darstellungen geknüpft ist. Das fängt an bei normalen Bauplänen, wie sie allorts beim Bauen eines Projektes verwendet werden, bis hin zu den Besprechungsskizzen und Details. Anders betrachtet, ist es nur sehr schwer möglich mit Hilfe von Sprache ein Problem zu erörtern. Demnach findet man in den einschlägigen Lehrbüchern sehr viele technische Skizzen und visuelle Erläuterungen, die aber ihrerseits oft nur schwer erklärbar sind. Auch der Einsatz von Projektoren, Modellen usw. führte in der Vergangenheit nicht immer zu zufrieden stellenden Ergebnissen.

Aus Sicht der Fachdidaktik (Melezinek, 1999) versprach man sich durch die Einführung von Animationen eindeutig einen Mehrwert, aus Sicht der Mediendidaktik und Pädagogik wurde jedoch aus den vorher erläuterten Gründen gewarnt, auch das gesamte Umfeld immer im Blickwinkel zu halten.

In Abb. 3 ist ein typisches Bild aus einer Lehrunterlage dargestellt. Diese Abbildung wird natürlich mit Text versehen um eine Erklärung möglich zu machen. Im Frontalunterricht erläutert der Lehrende die einzelnen Bewegungsabläufe und Zusammenhänge. Wie der Zusammenhang zwischen Dehnung, Spannung und der Belastung mit dem dazugehörigen Rissbild ist, musste bis dato der Unterrichtende mit seinem didaktischen Gespür erklären. Hier setzten jetzt unsere Maßnahmen an. Das Ziel war genau dort, wo bewegte Bilder helfen können die Lehrveranstaltung entscheidend zu unterstützen, Animationen zu programmieren.

Entwicklung

Die technische Umsetzung erfolgte mit dem kommerziellen Programm Macromedia Flash (ab Version 5.0), da hier eine gute Möglichkeit bestand Visualisierungen zu erstellen (Jean-Richard, 2001). Weiters kann durch frei-erhältliche Browser-Plugins eine Plattformunabhängigkeit gewährleistet und durch die Vektortechnologie die Filegröße klein gehalten werden. Damit ist eine Verbreitung auch über das Internet sehr gut möglich.

Zu den programmiertechnischen Anforderungen, kamen die didaktischen Gesichtspunkte hinzu. Wie viel Inhalt sollte eine Animation haben? Was kann/soll reduziert werden, damit sich der Lehrende auf das Wesentliche beschränken kann? Wie ist der Ablauf bei der Erklärung vor dem Auditorium? Viele Fragen, die zum Teil erst durch den wirklichen Einsatz geklärt werden konnten.

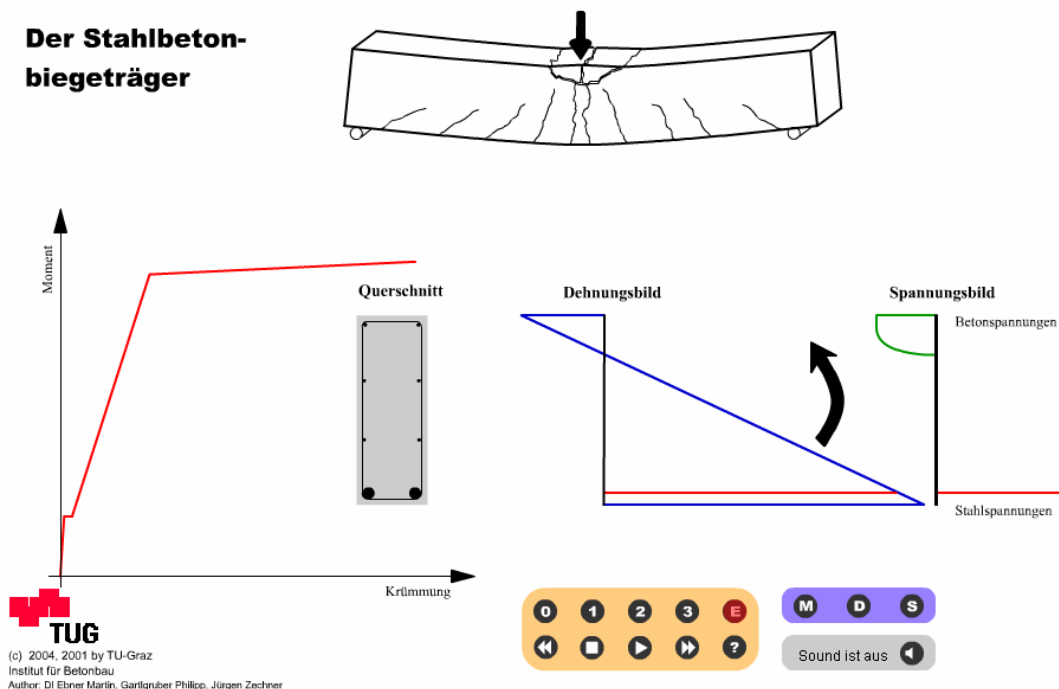


Abb. 4 Animation – Der Stahlbetonbiegeträger

Einsatz

Abb. 4 zeigt das „Endprodukt“ wie es derzeit in der Lehre zum Einsatz kommt. Die Entwicklung erfolgte aber stark iterativ. Insgesamt konnte man 3 wesentliche Implementierungsschritte beobachten:

- Entwicklungsstufe 1: Erstmaler Einsatz von ca. 20 Animationen mit dem erklärten Ziel den Lehrstoff besser darbieten zu können und damit einen Mehrwert für die Studierenden zu erreichen.
- Entwicklungsstufe 2: Adaption der Applikationen. Geringfügige Änderungen des Inhaltes, aufgrund der Rückmeldungen von Lehrenden und Studierenden.
- Entwicklungsstufe 3: Erweiterung der Animationen durch gesprochenen Text

Evaluation

Um die Wirksamkeit der bewegten Darstellungen festzustellen, wurden nach (und auch während) der Lehrveranstaltung Evaluationen durchgeführt. Der Inhalt dieser Feedbacks wurde herangezogen um Rückschlüsse zu ziehen, ob tatsächlich eine Verbesserung der Lehre erreicht werden konnte.

Begleitend zur Entwicklungsstufe 2 wurde eine 6-stufige Evaluation (Eingangsbefragung, Zeitbögen, Schlussbefragung) durchgeführt (Schodl, 2004). Abb. 5 zeigt eine Übersicht über die wesentlichen Fragen die Animationen betreffend (Die Skale 1-5 entspricht den üblichen Benotungen des Schulsystems).

Besonders zu betonen ist, dass der Beitrag zur Verbesserung von den Studierenden als besonders hoch eingeschätzt wurde. Lediglich bei der Relevanz zur Prüfungsklausur erfolgte eine etwas schlechtere Bewertung.

Bei den persönlichen Rückmeldungen sind vor allem zwei Statements immer wieder aufgetreten:

„Animationen tragen sehr zum Verständnis bei, vor allem auch im Diskurs mit anderen Studierenden“

„Wenn man die Präsentation einer Animation in der Übung verpasst hat, ist es recht schwer, alle Einzelheiten der Animation zu erfassen. Ein paar erklärende Worte würden die Sache perfektionieren.“

Abschließend ist noch anzumerken, dass die Evaluierung der Entwicklungsstufe 3 zwar schon abgeschlossen, aber die Auswertung noch in Gange ist.

Diskussion

Dass der Einsatz der Animationen sich bisher bewährt hat, wurde durch die Evaluationen durchaus bestätigt. Leider konnte aber nicht bewiesen werden, dass ein Mehrwert im Sinne von besseren Prüfungsergebnissen auftritt, da im Sinne der Autoren dies nur möglich wäre indem man eine Kontrollgruppe heranziehen würde, die ohne diese Hilfe unterrichtet werden müsste.

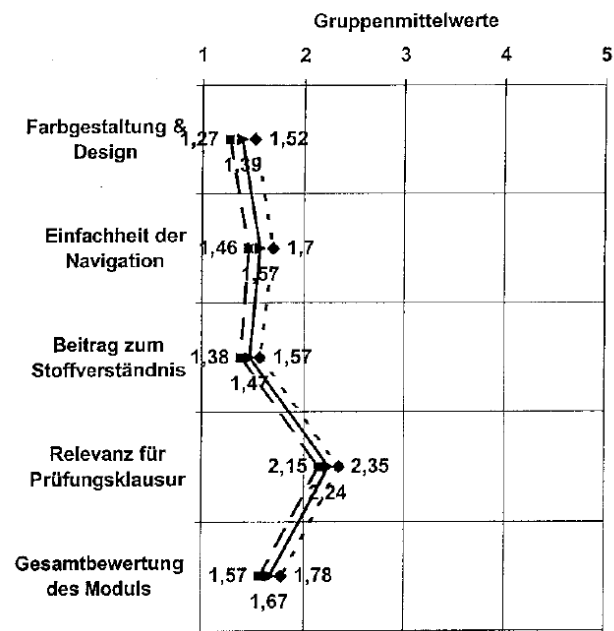


Abb. 5 Ergebnis der Evaluation (Schodl, 2004)

Die Änderungen in der Entwicklungsstufe 2 waren vor allem inhaltlicher und gestalterischer Natur. Auf Wunsch der Lehrenden sind Abfolgeschritte etwas anders gestaltet worden. Besonders interessant waren auch Einwände, dass trotz der Beschränkung auf das Wesentliche eine kognitive Überlastung festgestellt werden konnte. Durch die Implementierung von „Ein/Ausschaltknöpfen“ ist es nun möglich, bestimmte Bilder je nach Bedarf wegzuschalten, damit sich der Lernende mehr auf die erklärten Einzelheiten konzentrieren kann.

Dem Kritikpunkt, dass erklärende Worte nötig sind, wurde durch die abschließende Vertonung Rechnung getragen. Damit kann man auch den lerntheoretischen Prinzipien besser entsprechen, die Bild (Animation) mit dazugehörigem Text als eindeutig förderlich für problem-orientiertes Lernen sehen. Weiters kann damit auch die Nachbereitung des Unterrichtes wesentlich effizienter gestaltet werden (Kerres, 2001b). Die ursprüngliche Variante ohne Ton, war ausschließlich zur Verbesserung des Frontalvortrages gedacht und sollte nur bedingt selbst-gesteuertes Lernen ermöglichen.

Anzumerken ist auch noch, dass die schlechte Bewertung bei der „Relevanz zur Prüfungsklausur“ nicht verwunderlich ist. Da die Prüfung die Berechnung eines konkreten Rechenbeispielles ist, wird nicht bedacht, dass die Animation ein grundsätzliches Verständnis der Zusammenhänge auslösen soll und damit ein anderer Zugang zum Lehrstoff erreicht wird.

Zusammenfassung

„Pictures with text can be used for many purposes, and at the very least it is necessary to distinguish between the role of pictures in learning to read and their role in reading to learn“
(Andrew Large)

Dieser Satz soll abschließend nochmals darauf hinweisen, dass es im Zusammenhang mit der Vermittlung von Information sehr stark darauf ankommt, wer die Zielgruppe ist und was man mit dieser erreichen will. Dass Bilder, Animationen oder auch Interaktive Lernobjekt, zusammengefasst als Multimedia, einen Beitrag leisten können, die Lehre der Zukunft zu verbessern, scheint aus heutiger Sicht unumstritten. Aber es muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass sie nur Mittel zum Zweck sind, nämlich entweder den Lehrenden bei seinen Ausführungen und/oder den Studierenden beim Lernen zu unterstützen.

Damit diese Effekte eintreten können, ist eine Analyse des gesamten mediendidaktischen Feldes notwendig und es ist darauf zu achten, dass der Einsatz von Neuen Medien nicht als ein *muss*, sondern als ein *kann* angesehen wird. Bevor mit einer kostspieligen Programmierung von Animationen begonnen wird, sollte überlegt werden, ob mit konventionellen Mitteln nicht ähnliches erreicht werden kann.

Danksagung

An dieser Stelle, möchte ich besonders Hr. O.Univ-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Lutz Sparowitz, Leiter des Institutes für Betonbau der Technischen Universität Graz, danken, dass wir im Rahmen seiner Vorlesung die Neuen Medien zum Einsatz bringen durften.

Ein herzliches Danke möchte ich auch an Fr. Mag. Karin Schodl, für die Erstellung und Auswertung der Evaluation aussprechen und Hr. Jürgen Zechner für die Unterstützung bei der Programmierung und Umsetzung.

Weiters gilt allen eifrigen Personen, die an diesen Untersuchten beteiligt waren, mein ausdrücklicher Dank.

Bibliografie

- Dewey, J. (1916) *Democracy & Education. An introduction to the philosophy of education* (Reprint 1997), Rockland (NY): Free Press
- Dimai, B., Ebner, M. (2003) *Community Without A Vision Won't Work*, 1st Global Conference, Interactive Convergence: Research in Multimedia, http://www.inter-disciplinary.net/ci/mm/mml/dimai_ebner%20paper.pdf (Letzter Abruf: 26.04.2005)
- Ebner, M., Holzinger, A. (2002) *E-Learning in Civil Engineering: The experience applied to a lecture course in Structural Concrete*. Scientific Journal of Applied Information Technology (JAPIT), S.1-9, 2002, <http://www.japit.org> (Letzer Abruf: 26.04.2005)
- Ebner, M., Zechner, J., Holzinger, A. (2003) *Die Anwendung des 3-2-1 Modells didaktischer Elemente in der Hochschulpraxis*, In: Kerres, M.; Voß, Britta (Eds.): *Digitaler Campus - Vom Medienprojekt zum nachhaltigen Medieneinsatz in der Hochschule; Medien in der Wissenschaft, Band 24*. Münster: Waxmann.
- Garrison, D.R., Kanuka, H. (2004) *Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education*, *Internet and Higher Education* 7 (2004) S.95-105
- Gagné, R. M. (1965) *The Conditions of Learning*, New York, Holt, Rinehart und Winston
- Holzinger, A. (2001a) *Basiswissen Multimedia: Band 2 Lernen*, Würzburg: Vogel Fachbuch
- Holzinger, A. (2001b) *Basiswissen Multimedia: Band 3 Design*, Würzburg: Vogel Fachbuch
- Jean-Richard, P. (2001) *Flash 5.0, Interaktivität mit ActionScript*, SmartBooks, Publishing AG
- Kerres, M., De Witt, C. (2002) *Quo vadis Mediendidaktik ? Zur theoretischen Fundierung von Mediendidaktik*, *Online Zeitschrift Medienpädagogik*, 2002 (2), <http://www.medienpaed.com/> (Letzer Abruf: 26.04.2005)
- Kerres, M. (2001b) *Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung*, München: R.Oldenburger
- Kerres, M. (2001a) *Medien in der Hochschullehre. Strategien zur Erneuerung der Hochschullehre*, In: L. J. Issing, G. Stärk (Hg.) *Studieren mit Multimedia und Internet – Ende der traditionellen Hochschule oder Innovationsschub?*, Münster: Waxmann Verlag
- Kerres, M. (2002) *Online- und Präsenzelemente in hybriden Lernarrangements kombinieren*, *Handbuch e-Learning*, Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst
- Large, A. (1996) *Computer Animation in an Instructional Environment*, *Library and Information Science Research*, 18 (1), S. 3-23
- Levin, J.R. (1981) *On functions of pictures in prose*, in Francis J. Pirozzolo & Merlin C. Wittrock (Eds), *Neuropsychological cognitive processes in reading*, S. 203-228, New York: Academic
- Mayer, R. E., Gallini, J.K. (1990) *When Is an Illustration Worth Ten Thousand Words?*, *Journal of Educational Psychology* 82 (4), S.715-726
- Mayer, R. E., Anderson, R.B. (1991) *Animation Need Narrations: An Experimental Test of Dual-Coding Hypothesis*, *Journal of Educational Psychology*, 83 (4). S. 484-490
- Mayer, R. E. (1999) *Multimedia aids to problem-solving transfer*, *International Journal of Educational Research* 31(1999), S. 611-623
- Mayer, R. E. (2003) *The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media*, *Learning and Instruction* 13 (2003), S. 125-139
- Melezinek, A. (1999) *Ingenieurpädagogik – Praxis der Vermittlung technischen Wissens*, Wien, New York: Springer

- Schodl, K. (2004) *Chancen und Grenzen virtuellen Lernens in der Präsenzlehre am Beispiel der Lehrveranstaltung Betonbau der TU Graz*, Diplomarbeit an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien
- Schulmeister, R. (2001) *Virtuelle Universität, Virtuelles Lernen*, München: R. Oldenburg
- Tversky, B., Morrison, J. (2002) *Animation: can it facilitate?*, International Journal Human-Computer Studies 57 (2002), S. 247-262
- Weiss, R.E, Knowlton, D.S., Morrison, G.R (2002) *Principles for using animation in computer-based instruction: theoretical instructions for effective design*, Computers in Human Behaviour 18 (2002), S. 465-477
- Wetz, V. (2004) *Defizite in der Ingenieurausbildung*, Beton- und Stahlbetonbau 99 (5). S.412-416