

Roland GUNESCH, Feldkirch

Wann und wieso der Einsatz von Computersimulationen im Unterricht und in Lehrveranstaltungen sinnvoll sein kann – eine übergreifende Untersuchung

Der Autor ist einer der Antragsteller des Projekts „Stufenübergreifendes Lernobjekt Wellen“. Dieses ist Teil des „IBH-Lab Seamless Learning“, welche neun Hochschulen in drei Staaten umfasst. Das Projekt IBH-Lab Seamless Learning wird aus Mitteln des Interreg-Programms „Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein“, dessen Mittel vom Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und vom Schweizer Bund zur Verfügung gestellt werden, gefördert.

Einsatz von Simulationen von dynamischen Systemen

Das Projekt „Stufenübergreifendes Lernobjekt Wellen“ ist geleitet vom Grundprinzip, die physikalische Welt um uns herum zu verstehen mit der Theorie der dynamischen Systeme (Hasselblatt & Katok, 2003). Allerdings sind die mathematischen Grundlagen (insbesondere die Theorien der gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen) nur einem sehr eingeschränkten Personenkreis geläufig, typischerweise Studierenden nur dann, wenn sie MINT-Fächer studieren und SuS i.d.R. gar nicht.

Diese Kluft zwischen höherer Mathematik und der Alltagswelt soll in diesem Projekt überwunden werden. Dazu ist ein spielerischer Zugang geplant, wobei Lernende mittels eines intuitiv bedienbaren Simulationstools wichtige Erkenntnisse über ein mathematisch exakt modelliertes und praxisnahes physikalisches System (hier: Wellenausbreitung in einem Medium) gewinnen können. Hierbei können Lernende durch einfaches Auswählen und Platzieren (auf einem Bildschirm/Touchscreen) von Wellen-Quellen und Wellenausbreitungs-Hindernissen direkt erleben, wie Wellen reflektiert werden, wie Wellen ein Hindernis umströmen, wie Interferenzmuster entstehen, wie Wellen sich nach Durchquerung von einem Spalt oder engen Hindernissen (z.B. einem Hafeneingang) verhalten und ähnliche Erkenntnisse. Dabei verspricht der interaktive und spielerische Zugang mittels direkt beeinflussbarer Simulation bessere Lernerfolge als typischerweise im Unterricht möglich wären. Dies würde viel bewirken: Lernende könnten für abstrakte Inhalte motiviert werden, bei Jugendlichen könnte das Interesse für Mathematik, Naturwissenschaften, Technik und für MINT-Studiengänge erhöht werden, das Lernen an selbst gewählten Orten wäre möglich, die Diskussion zwischen Lernenden könnte angeregt werden, und Lehramtsstudierende könnten

sich mathematisches Fachwissen aneignen, welches in vielen Kontexten nützlich ist (Gunesch, 2018).

Mathematische und didaktische Grundlagen

Die hier umgesetzten Simulationen bilden mathematische Grundlagen (insbesondere die Theorie dynamischer Systeme und Gleichungen der Wellenausbreitung) sorgfältig ab. Aus didaktischer Sicht werden diese Simulationen aufgebaut auf den instruktionalen Prinzipien des multimedialen Lernens (Mayer, 2009), der Theorie der kognitiven Belastung von Chandler und Sweller (1991) sowie instruktionspsychologischen Modellen von Lernen und Gedächtnis (Baddeley, 2003; Jadin, 2013).

Geplante Untersuchungen

Geplant sind eigene Untersuchungen zur Wirksamkeit unserer Simulationen bei Studierenden des Lehramts Mathematik (Sekundarstufe) an der PH Vorarlberg und an der Universität Innsbruck (Österreich) sowie Studierende technischer Fächer an der ZHAW Winterthur (Schweiz). Möglich ist eine spätere Untersuchung der Simulationen im Schuleinsatz.

Zahlreiche vorhandene Publikationen beschreiben oder behaupten Vorteile (und mögliche Probleme) beim Einsatz von Computersimulationen allgemein. In diesem Projekt sollen diese kritisch betrachtet und themenübergreifend untersucht werden. Einige zentrale Aussagen der existierenden Literatur werden im Folgenden vorgestellt.

Gründe für den Einsatz von Computersimulationen im Unterricht und in Lehrveranstaltungen

Nach Maxara (2008) sowie Biehler und Maxara (2007) können Computersimulationen eingesetzt werden, um Lernende Vermutungen aufstellen und Theorien zu prüfen zu lassen, speziell in der Stochastik; siehe dazu auch Tietze et al. (2002, S. 192), Meyfarth (2008), Wollring (1992), Klahr und Dunbar (1988) sowie White und Frederiksen (1998). Computersimulationen erlauben problemorientierten Mathematikunterricht (Müller, 1984). Nach Breuer und Kummer (1990) können Lernende beim Einsatz von Computersimulationen bereits gelernte Fakten, Regeln und Konzepte anwenden. Nach Gräsel et al. (1997) fördert das Lernen mit Computersimulationen selbständigen, aktiven und konstruktiven Wissenserwerb und Tiefenverständnis; siehe auch Reinmann-Rothmeier und Mandl (2001) für konstruktivistische Lerntheorien. Nach Tennyson und Breuer (2002) verbessern Lernende beim Lösen von komplexen Problemstellungen mit Computersimulationen ihr inhaltliches und ihr prozedurales Wissen. Für naturwissenschaftliche Erkenntnis ist bei Computersimulationen „entdeckendes Lernen“ (discovery

learning) besonders förderlich (Hammer, 1997). Computersimulationen können die Lernmotivation erhöhen, da sie interaktiv sind und den Lernenden Kontrolle über die Lernumgebung geben (Haack, 1997; Lindström, Marton & Ottoson, 1993; Strzebkowski & Kleeberg, 2002; Swaak & de Jong, 1996; Winn, 2002). Zahlreiche weitere Aspekte sind in (Eckhardt, 2010) aufgeführt.

Mögliche Schwierigkeiten beim Einsatz von Computersimulationen

Naturwissenschaftlichen Themen können inhärent komplex und schwierig sein (Hmelo, Holton & Kolodner, 2000). Es besteht die Notwendigkeit des selbstständigen Erkennens relevanter Informationen (Wirth, 2004).

Literatur

- Baddeley, A. (2003). *Human Memory. Theory and Practice*. Hove, East Sussex (UK): Psychology Press Ltd.
- Biehler, R., Maxara, C. (2007): Integration von stochastischer Simulation in den Stochastikunterricht mit Hilfe von Werkzeugsoftware. In: *Der Mathematikunterricht* 53 (3): 45-62.
- Breuer, K. & Kummer, R. (1990). Cognitive effects from process learning with computer-based simulations. *Computers in Human Behavior*, 6(1), 69-81.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. In: *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.
- Eckhardt, M. (2010). *Instruktionale Unterstützung beim Lernen mit Computersimulationen im Fach Biologie*. Dissertation, Universität zu Kiel.
- Falstad, P. (2018): *Ripple Tank Simulation* [Computer-Software]. <http://www.falstad.com/ripple/> (26.10.2018).
- Gräsel, G., Bruhn, J., Mandl, H. & Fischer, F. (1997). Lernen mit Computernetzen aus konstruktivistischer Perspektive. *Unterrichtswissenschaft*, 25, 4-18.
- Gunesch, R. (2018). Notwendigkeit von mathematischem Fachwissen – Erläuterungen mittels Geometrie, dynamischen Systemen und Informationstechnik. *Erziehung und Unterricht, Österreichische Pädagogische Zeitschrift*, 3-4, 296-301.
- Haack, J. (1997). Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. In: L. J. Issing & P. Kliemsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia*, 151-166. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Hammer, D. (1997). Discovery learning and discovery teaching. *Cognition and Instruction*, 15(4), 485-529.
- Hasselblatt, B. & Katok, A. B. (2003). *A First Course in Dynamics, with a Panorama of Recent Developments*. Cambridge University Press.
- Hmelo, C. E., Holton, D. & Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. *Journal of Learning Sciences*, 9, 247-298.

- Jadin, T. (2013). Multimedia und Gedächtnis. Kognitionspsychologische Sicht auf das Lernen mit Technologien. In: Martin Ebner & Sandra Schön (Hrsg.), Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (L3T). <http://l3t.eu/homepage/das-buch/ebook-2013/kapitel/o/id/107/name/multimedia-und-gedaechtnis> (29.09.2018).
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Lindström, B., Marton, F. & Ottoson, T. (1993). Computer simulation as a tool for developing intuitive and conceptual understanding in mechanics. *Computers in Human Behavior*, 9, 263-281.
- Maxara, C. (2008): Stochastische Simulation von Zufallsexperimenten mit Fathom – eine theoretische Werkzeuganalyse und explorative Fallstudie. Dissertation, Universität Kassel
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Meyfarth, T. (2008): Die Konzeption, Durchführung und Analyse eines simulationsintensiven Einstiegs in das Kurshalbjahr Stochastik der gymnasialen Oberstufe – Eine explorative Entwicklungsstudie. Dissertation, Universität Kassel
- Müller, R. (1984): Computereinsatz und Simulation als Instrumente eines Problemorientierten Mathematikunterrichts - Strategien, Überlegungen, Erfahrungen. Dissertation, Universität Wien.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*, Vol. 4, 601-646. Weinheim: BeltzPVU.
- Swaak, J. & de Jong, T. (1996). Measuring intuitive knowledge in science: The development of the what-if test. *Studies in Educational Evaluation*, 22(4), 341-362.
- Strzebkowski, R. & Kleeberg, N. (2002). Interaktivität und Präsentation als Komponenten multimedialer Lernanwendungen. In: L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*, 229-245. Weinheim: Beltz/PVU.
- Tennyson, R. D. & Breuer, K. (2002). Improving problem solving and creativity through use of complex-dynamic simulations. *Computers in Human Behavior*, 18, 650-668.
- Tietze et al. (2002). *Didaktik der Stochastik*, Band 3. Mathematikunterricht in der Sekundarstufe II. Tietze, Uwe-Peter; Klika, Manfred; Wolpers, Hans (Hrsg.) Braunschweig, Vieweg.
- White, B. & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16 (1), 3-118.
- Wirth, J. (2004). *Selbstregulation von Lernprozessen*. Münster: Waxmann.
- Wollring, Bernd: Schülerversuche zur Wahrscheinlichkeit. Simulationen zum Drei-Türen-Problem - erste Evaluation. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 1992*. Hildesheim, Franzbecker.