

Bärbel BARZEL, Ralf ERENS, Hans-Georg WEIGAND, Andreas BAUER,
Freiburg/ Würzburg

EDUMATICS – eine theoriegeleitete Fortbildungsplattform zum Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht

Der Einsatz digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation, Geometriesoftware und Computeralgebra) beim Lernen und Lehren von Mathematik wird in Curricula vieler Länder als wichtiges Medium gefordert. Und das hat gute Gründe: Diese Medien bieten viele Möglichkeiten, die für das Lehren und Lernen von Mathematik hilfreich sein können (Zbiek et.al. 2007, Barzel 2011). Um dieses Potenzial entfalten zu können, müssen Lehrkräfte auf den Einsatz neuer Medien vorbereitet werden, damit die Integration sinnvoll im Unterricht gelingt. Dieser Aufgabe hat sich das von der EU finanzierte Projekt **EdUatics (European development for the use of mathematics technology in classrooms)** gewidmet. Es wurde theoriegeleitet und literaturbasiert eine Internet-Plattform für Lehrkräfte und Fortbildende der Sekundarstufen entwickelt mit umfassenden Unterrichtsmaterialien, Hintergrundinformationen zur Gestaltung des Unterrichts, relevanten Theorien und Erkenntnissen aus der Forschung sowie speziellen Hinweisen und Zusatzmaterialien (z.B. Videos) für Fortbildungen. Unter der Fragestellung nach einem sinnvollen Weg zur Integration digitaler Medien haben sich Partner aus zehn Ländern (jeweils mit einer Universität und einer Schule vertreten) zusammen gefunden, um gemeinsam eine Konzeption von Unterricht und Fortbildung zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht zu entwickeln. Sämtliches Material ist in alle beteiligten Landessprachen übersetzt.

Theoretischer Hintergrund

Technologieeinsatz kann ein schülerzentriertes, selbstständiges Arbeiten im Unterricht unterstützen (Barzel 2007, Heid et.al. 2008, Neill 2009), wenn Schülerinnen und Schüler angeregt werden, eigenständig am Rechner mathematische Objekte und Zusammenhänge zu erkunden und Problemstellungen zu bearbeiten. Rechneinsatz bedeutet keineswegs den Verzicht auf Phasen phänomenologischen Erlebens mit realen Handlungen, die in verschiedenen Phasen des Lernprozesses integriert werden sollten (Arzarello & Robutti 2003). Diese können vor allem im Kontext von Modellierungsaufgaben entfaltet werden, wenn Lernende bewusst an den Phasen des Modellierungskreislaufs (Kaiser et al 2006) beteiligt werden. Hier dient der Rechner als hilfreiches, digitales Medium in verschiedenen Phasen des Kreislaufs, was beispielsweise beim unterrichtlichen Erarbeiten von Funktionen exemplarisch gezeigt werden kann (Artigue & Lagrange 2009). Dabei spielt die Verfügbarkeit verschiedener Repräsentationen eine wichtige Rolle, da damit eine adäquate Darstellung, d.h. hilfreich zum gewünschten Weg und im Zusammenhang mit möglichen und angemessenen Operationen, gewählt werden kann. Dieses Zusammenspiel von Darstellungen mit

Zugangsweisen und Lösungswegen wird als ein wichtiger Aspekt bei der Verfügbarkeit digitaler Medien angesehen (Hoyles & Lagrange 2010). In den letzten Jahren wurde die Bedeutung von Darstellungen in dem Werk "Standards for School Mathematics" (beginnend mit den NCTM Standards im Jahr 1989) betont und nahezu überall auf der Welt ausformuliert. Mit verschiedenen Darstellungen zu arbeiten ist eine wichtige Kompetenz und es gibt mittlerweile gut entwickelte Theorien über die Nutzung digitaler Darstellungen (Duval 1993), die Bedeutung symbolischer, visueller und numerischer Darstellungen simultan auf dynamische Art und Weise zu verbinden (Arzarello & Robutti 2010) und zu erforschen (Borba & Confrey 1996, Sacristán and Noss 2008), und das Lernen durch multiple Darstellungen zu fördern (Ainsworth et.al. 1998).

Auf der Grundlage der hier nur exemplarisch angedeuteten Forschungsergebnisse entstanden folgende Grundsätze für die Konstruktion der Materialien im Rahmen des EdUatics-Projekts:

- Schülerinnen und Schüler sollten aktiv im Prozess beteiligt werden, insbesondere durch anregende Problemlöse- und Modellierungsaufgaben, wenn passend verknüpft mit realen Handlungen, Integration dynamischer Visualisierungen und dem Erheben realer Daten.
- Das Angebot sollte differenzierend sein, insbesondere hinsichtlich des Erwerbs technischer Werkzeugkompetenzen.
- Damit Lernende wie Lehrende verschiedene Repräsentationen kennen lernen und nutzen können, sollten nach Möglichkeit stets numerische, symbolische und graphische Zugänge und Lösungswege integriert werden. Um dies zu ermöglichen werden im Projekt nur solche digitale Medien betrachtet, die verschiedene Repräsentationen und Werkzeuge interaktiv verfügbar haben (z.B. TI-Nspire, Geogebra).
- Das Kennenlernen der Medien erfolgt exemplarisch an einem zentralen Themenbereich beider Sekundarstufen – der Funktionenlehre.
- Bei allen Schritten werden fachdidaktische Hintergrundinformationen und Theorieaspekte aufgenommen.

Das gesamte Material entstand in einem Prozess intensiver Kooperation. Nach einer gemeinsamen Festlegung auf fünf Module entstand jedes Modul in enger Zusammenarbeit zwischen den Kollegien zweier Länder-Standorte. Eine erste Pilotierung der dabei entstandenen Produkte erfolgte jeweils an den weiteren Standorten, bevor es zur Finalisierung des Materials und systematischen Evaluation in allen Ländern kam. Der Prozess und das Produkt wurden zudem einer externen Evaluation durch John Monaghan (University of Leeds) unterzogen.

Struktur des entwickelten Materials – Fünf Module

Es gibt ein Einstiegsmodul („getting started“), indem an einfach zu erfassenden Aufgaben (z.B. isoperimetrisches Problem) in die Bedienung der einzelnen digi-

talen Werkzeuge (Tabellenkalkulation, Geometriesoftware, Computeralgebra) eingeführt wird. Hier werden bereits verschiedene Repräsentationen und Zugänge berücksichtigt, um den Wert des Einsatzes der Technologie für das Lernen und Lehren aufzuzeigen. Hilfestellungen zum Umgang mit der jeweiligen Technologie werden sowohl als elektronische Hilfen als auch in Papierversion angeboten und zudem als paralleldifferenziertes Angebot in einer Kurz- und Langhilfe, um auf die verschiedenen Bedürfnisse differenziert zu reagieren.

Die weiteren vier Module können in beliebiger Reihenfolge durchlaufen werden und sind zudem in sich abgeschlossen, so dass sie auch einzeln erarbeitet werden können:

- **Von statischen zu dynamischen Darstellungen:** In diesem Modul geht es um den Einbezug realer Handlungen und dynamischer Darstellungen im Mathematikunterricht und um Konzepte, wie Darstellungen im Unterricht integriert werden können, um das Verstehen der Mathematik zu unterstützen.
- **Wechselspiel zwischen Darstellungen :** In diesem Modul lernt man, wie die durch neue Technologien möglich gewordene dynamische Verbindung zwischen mathematischen Darstellungen als nützliches Werkzeug im Unterricht eingesetzt werden kann. Dabei wird das bereits erworbene Wissen zu den verschiedenen digitalen Werkzeugen gefestigt und ausgebaut.
- **Unterrichtshilfen zum Einsatz von Technologie im Unterricht:** In diesem Modul werden Lehrpersonen aufgefordert, die eigenen Unterrichtspraktiken beim Technologieeinsatz zu reflektieren und weiter zu entwickeln. Durch das Studium solcher Praxisbeispiele an Hand von Videos aus anderem Unterricht werden Zugangsweisen, Ideen und Konzepte reflektiert und damit Anregungen für die eigene Unterrichtspraxis beim Einsatz von Technologie gegeben.
- **Arbeiten mit Funktionen und Modellierungen:** In diesem Modul lernt man, wie die digitalen Werkzeuge zur Einführung in das Thema Funktionen an Hand von Modellierungen in verschiedenen Kontexten genutzt werden können. Man erfährt, wie Technologien zum Erkunden von Funktionseigenschaften durch das dynamische Wechselspiel zwischen verschiedenen Darstellungen verwendet werden können.

Die Materialien, die auf der Webseite frei verfügbar sind (www.edumatics.eu) beinhalten neben den konkreten Aufgabenstellungen für Schülerinnen und Schülern vor allem Lösungshinweise und -dateien der verschiedenen genutzten Werkzeuge, Videos, Animationen und Internetlinks sowie einige Hintergrundinformationen und Literaturhinweise.

Neben diesen konkreten Materialien für den Unterricht gibt es vor allem zusätzliche Hinweise und Vorschläge für Multiplikatoren, in welcher Form diese Materialien im Rahmen von Lehrerfortbildungen eingesetzt werden können.

Die Materialien werden derzeit in verschiedenen Fortbildungen mit Erfolg eingesetzt. Sie bieten eine Fülle von Anregungen sowohl für Präsenzphasen von Fortbildungen als auch für Phasen der individuellen Weiterarbeit und Reflexion.

Literatur

- Ainsworth, S. E. Bibby, P.A., Wood, D. J. (1998). Analyzing the costs and benefits of multi-representational learning environment. In: M. W. van Someren, P. Reimann, H.P.a. Boshuizen & T. de Jog (Eds.),. *Learning with Multiple Representations*, 120-134
- Artigue M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: the genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematics Learning*, n°7,245-274.
- Artigue M., Lagrange J.B. (2009). Students' activities about functions at upper secondary level: a grid for designing a digital environment and analysing uses. In, M. Tzekaki, M. Kaldrimidou, H. Sakonidis (eds.), *Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, pp. 465-472, vol. 3. Thessalonique : Aristotle University of Thessaloniki.
- Arzarello, F., & Robutti, O. (2003). Approaching algebra through motion experiences. In: *Perceptuo-motor Activity and Imagination in Mathematics Learning, Research Forum 1, Proceedings of PME 27.. Honolulu*, vol. 1, p. 111-115.
- Arzarello, F., Robutti, O (2010). Multimodality in multi-representational environments. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 42/7, 715-731.
- Barzel, B. (2007): "New technology? New ways of teaching - No time left for that!". In: *International Journal for Technology in Mathematics Education* 14 (2), S. 77-86.
- Borba, M., Confrey, J. (1996). A students's construction of transformations of functions in a multiple representational environment. *EStM* 31(3), 319-337
- Duval, R. (1993). Registres de representations sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 5, 37-65
- Duval, R. (2006).A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131.) .
- Greer, B. (2009). Representational flexibility and mathematical expertise. *ZDM Mathematics Education* 2009, 41, 697-702.
- Heid, M. Kathleen; Blume, Glendon W. (2008c). Technology and the Teaching and Learning of Mathematics. In: M. Kathleen Heid und Glendon W. Blume (Hg.): *Research on Technology and the Teaching and Learning of Mathematics: Syntheses, Cases, and Perspectives*. Re67 search Syntheses. 2 Bände. Charlotte, North Carolina: National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (1), S. 419-431.
- Hoyles, C. & Lagrange J.-B. (2006). 17th ICMI Study - Technology Revisited. Study conference, Hanoi University of Technology, December 3-8 2006. Conference Booklet. PDF
- Kaiser, G., Blomhøj, M., Sriraman, B. (Eds.) (2006). *Mathematical modelling and applications: empirical and theoretical perspectives*. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, vol. 38/2.
- Neill, Alex (2009): Key Findings From the CAS Pilot Programme. In: *The New Zealand Mathematics Magazine* 46 (1), S. 14-27.
- Sacristán, A. I., Noss, R. (2008). Computational construction as a means to coordinate representations of infinity. *Int. Journal of computers for Mathematical Learning*, 13(1), 47-70
- Zbiek, R.; Heid, K.; Blume, G.; Dick, Th. (2007): *Research on Technology in Mathematics Education - A Perspective of Constructs*. In: F. Lester (ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 1169-1207). Charlotte, NC: Information Age.