

Hans-Georg WEIGAND, Würzburg

## **Wohin, Warum und Wie? – Zum Einsatz digitaler Technologien im zukünftigen Mathematikunterricht**

Vor- und Nachteile des Einsatzes digitaler Technologien und speziell des Einsatzes von Computer Algebra Systemen (CAS) im Mathematikunterricht werden weltweit kontrovers diskutiert. Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, welche Bedeutung digitale Technologien (DT) in den nächsten Jahren und Jahrzehnten bekommen werden oder könnten. Es wird insbesondere gefragt, auf welchen aktuellen Erkenntnissen sich eine vorausschauende Antwort aufbauen lässt, und es sollen (einige) Thesen für die zukünftige Entwicklung aufgestellt werden.

### **1. Theoretische Grundlagen für den Einsatz DT (CAS)**

Wir fragen zunächst einmal danach, auf welchen bewährten und weitgehend akzeptierten theoretischen Grundlagen wir heute im Hinblick auf den Einsatz DT aufbauen können. Ich sehe drei Theoriemodelle, die sich bewährt haben. Das ist zum einen die Einbettung DT in das „klassische“ didaktische Dreieck „Lernende – Lehrende – Inhalte“. DT können bzgl. dieser drei „Ecken“ Lern-, Lehr- und Rechen-, Darstellungs- oder Kontrollmittel sein (vgl. Bichler 2010). Dabei wirkt sich der DT-Einsatz auch auf die Beziehungen zwischen den „Ecken“ aus.

Die zweite theoretische Grundlage ist die „Instrumentelle Genese“, die die Wechselbeziehung zwischen „Lernenden“ und „Gerät“ ausdrückt (vgl. Guin et al. 2005). Das Gerät beeinflusst das Denken des Benutzers, etwa durch neue numerische oder graphische Lösungsstrategien, und umgekehrt formt der Benutzer das Gerät, etwa durch die Konstruktion von Modulen, insbesondere in Form verallgemeinerter Funktionen.

Die dritte Theorie betrifft die Sichtweise der Mathematik als Darstellen, Operieren und Interpretieren und die These, dass im „klassischen“ Unterricht das Operieren ein großes Übergewicht hat (Fischer & Malle 1985). Insbesondere CAS können kalkülhaftes Operieren übernehmen, wodurch sich die Möglichkeit ergibt, dass das begriffliche, konzeptuelle Wissen gegenüber dem prozeduralen Wissen stärker betont wird.

### **2. Hoffnungen und Enttäuschungen**

In der *ersten* ICMI-Studie von 1986 mit dem Titel “The Influence of Computers and Informatics on Mathematics and its Teaching” (Churchhouse) wurde ein großer Enthusiasmus bzgl. der Entwicklungsperspektiven des

In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 1287–1290).  
Münster: WTM-Verlag

Mathematikunterrichts angesichts der Verfügbarkeit neuer Technologien deutlich. Das hat sich auch in den NCTM-Standards von 1989 (bzw. 2000) in dem sog. „Technologie Prinzip“ fortgesetzt.

In der „Hattie-Studie“ (2013) wird dem Einsatz von Computern ein positiver Effekt zugeschrieben, wobei allerdings die Effektstärke ( $d = 0,37$ ) gering ist, was zu einem „Rangplatz 71“ in einer Auflistung von 138 Faktoren resultiert, die die Qualität des Mathematikunterrichts beeinflussen.

Allerdings wird dann in der 17. ICME-Study mit dem Titel “Mathematics Education and Technology – Rethinking the Terrain” (Hoyles & Lagrange 2010) an vielen Stellen die Enttäuschung deutlich, dass sich neue Technologien trotz zahlloser Ideen, unterrichtspraktischer Erfahrungen und Forschungsberichten zum Unterrichtseinsatz nicht in der Weise durchgesetzt haben, wie das viele zu Beginn der 1990er Jahr erwartet oder erhofft hatten.

**1. These:** Wir haben die Schwierigkeiten des Einsatzes DT (technisch und inhaltlich) im realen Unterricht unterschätzt. Lehrkräfte, Dozenten, Eltern konnten nicht – oder zu wenig – vom Mehrwert des Einsatzes DT überzeugt werden.

### **3. (Langfristige) Empirische Untersuchungen**

Trotz zahlloser gut begründeter Unterrichtsvorschläge fehlt es an langfristigen Strategien der Integration DT in das Gesamtcurriculum und es fehlt an empirischen Überprüfungen von Langzeitwirkungen. In Weigand & Bichler (2010) wurde ein Kompetenzmodell für den Einsatz von Taschencomputern beim Verständnis von Funktionen entwickelt, das Stufen des Verständnisses des Funktionsbegriffs mit Arten des Werkzeugeinsatzes sowie verschiedenen Stufen der kognitiven Aktivierung in Beziehung setzt. Im Rahmen des seit 2005 laufenden M<sup>3</sup>-Projekts zum Einsatz von Taschencomputern an bayerischen Gymnasien<sup>1</sup> (Bichler 2010) zeigte sich insbesondere, dass ohne eine hinreichende *Werkzeugkompetenz*, die viel mehr bedeutet, als das ledigliche technische Bedienen eines Rechners, sondern vor allem eine sinnvolle kontextgebundene Benutzung des Rechners bedeutet, keine höhere Stufe der kognitiven Aktivierung zu erreichen ist.

**2. These:** Die Frage nach dem positiven Effekt von DT lässt sich nur *bereichsspezifisch* im Rahmen *langfristiger* empirischer Untersuchungen beantworten. „Kompetenzmodelle“ ermöglichen dabei eine bereichsspezifische Planung und Bewertung.

---

<sup>1</sup> M<sup>3</sup> = Modellprojekt Medieneinsatz im Mathematikunterricht

#### 4. Abituraufgaben

Mit der folgenden Aufgabe begann das bayerische Abitur für CAS-Klassen im Mai 2013:

- 1 Gegeben ist die Schar der in  $\mathbb{R}$  definierten Funktionen  $f_{a,b} : x \mapsto ax \cdot e^{-bx^2}$  mit  $a, b \in \mathbb{R}^+$ .
  - a) Zeigen Sie, dass der Graph von  $f_{a,b}$  punktsymmetrisch bezüglich des Koordinatenursprungs ist.

Parameterabhängige Funktionen sind wohl technisch einfach mit einem CAS darzustellen, die Bewältigung der damit einhergehenden Komplexität der Aufgabenstellung stellt allerdings eine kognitive Herausforderung dar, die vielen Aufgabenstellern nicht bewusst ist (war).

**3. These:** Die technischen Möglichkeiten DT stellen kognitive Herausforderungen an Lernende, die langfristig entwickelt werden müssen.

**4. These:** Das Erstellen von Prüfungsaufgaben im Rahmen einer *traditionellen* Klausurprüfung wird durch den Einsatz DT wesentlich erschwert. (Realitätsnahe) Modellierungsaufgaben und Aufgaben etwa zum entdeckenden Lernen sind wenig geeignet.

Mittlerweile wird in vielen Bundesländern in den Abiturprüfungen ein sog. hilfsmittelfreier Teil mit häufig kurzen Aufgaben zum mathematischen Grundverständnis integriert. Der Einsatz DT im Mathematikunterricht muss (oder sollte) dazu beitragen, dass Wissen und Fähigkeiten im Zusammenhang mit diesen Aufgaben besser entwickelt werden.

**5. These:** DT sind Anlässe, stoffdidaktische Aspekte – und damit die *didaktische (Sach-)Analyse* wieder stärker unter einem neuen Blickwinkel – zu betonen.

#### 5. Lösungsdokumentationen

Es gibt verschiedene Vorschläge, aber keine einheitliche Strategie für die schriftliche Darstellung von Lösungen beim Arbeiten mit Taschencomputern. Es ist weiterhin offen, welche konstruktiven Hilfen Schülerinnen und Schülern gegeben werden können oder sollen und ob bzw. inwieweit der Einsatz des Taschencomputers aus der schriftlichen Darstellungen von Lösungen hervorgehen muss.

**6. These:** Wir benötigen Regeln für die Wechselbeziehung zwischen „digitalem“ und „traditionellem Arbeiten“, insbesondere für die schriftliche Darstellung (auf Papier oder digital) von Lösungen!

## 6. Beziehungshaltigkeit und Digitale Technologien

Ein Gesamtkonzept für den Einsatz digitaler Technologien hat verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. So geht es insbesondere darum, die Beziehung herzustellen

- zwischen verschiedenen digitalen Werkzeugen wie Taschencomputern, Computern, Laptops, Smartphones, Whiteboards, Navigationssystemen in Klassenzimmern und dem Internet;
- zwischen traditionellen und digitale Materialien und Arbeitsmitteln;
- zwischen Schulbüchern und elektronischen Materialien;
- zwischen verschiedenen Gruppen im Bildungsprozess wie Lehrkräften, Fachleitern, Schulleitung, Eltern und Dozenten (von Fortbildungen) oder
- zwischen Kollegschaften verschiedener Schulen.

Zukünftige Entwicklungen müssen darüber hinaus in einem größeren Umfeld oder einer größeren Lernumgebung unter Einbeziehung des Arbeitsplatzes zu Hause bzw. anderen Lernorten gesehen werden.

**7. These:** Beziehungshaltigkeit und Vernetzung werden Schlüsselwörter in der Zukunft sein. Die Akzeptanz und der gewinnbringende Einsatz digitaler Technologien erfordert diesbezüglich ein globales Konzept des Lehrens und Lernens.

## Literatur

- Bichler, E. (2010). *Explorative Studie zum langfristigen Taschencomputereinsatz im Mathematikunterricht. Der Modellversuch Medienintegration im Mathematikunterricht (M<sup>3</sup>) am Gymnasium*. Kovac: Hamburg
- Churchouse, R. F. (Ed.) (1986). *The Influence of Computers and Informatics on Mathematics and its Teaching*. ICMI Study Series. University Press: Cambridge
- Fischer, R. & G. Malle (1985). *Mensch und Mathematik*. BI: Mannheim u. a.
- Guin, D., Ruthven, K. & L. Trouche (Eds.) (2005). *The didactical challenge of symbolic calculators*. Springer: New York u. a.
- Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Schneider: Hohengehren
- Hoyles, C. & J.-B. Lagrange (Eds.) (2010). *Mathematics Education and Technology – Rethinking the Terrain*. The 17th ICMI Study, Springer: New York u. a.
- NCTM (1989, 2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. NCTM, Inc.: Reston. <http://standards.nctm.org/>
- Weigand, H.-G., Bichler, E. (2010). Towards a Competence Model for the Use of Symbolic Calculators in Mathematics Lessons – The Case of Functions, *ZDM - The International Journal on Mathematics Education* 42(7), 697–713