

Ralf ERENS, Freiburg, Andreas EICHLER, Kassel

## **Überzeugungen von Lehrkräften zum Technologie-Einsatz im Analysisunterricht**

Zur Untersuchung des professionellen Handelns von Lehrkräften gehört auch die Umsetzung der objektiven Ebene curricularer Vorgaben, die Ebene der individuellen lehrerspezifischen Interpretation und Fokussierung auf bestimmte Inhalte und die damit verbundenen Ziele. Untersuchungen haben hier gezeigt, dass die individuellen Überzeugungen von Lehrkräften zu ihrem Mathematikunterricht die Planung und Realisierung einen Einfluss auf die reale Unterrichtspraxis haben (Hiebert & Grouws, 2007). Die individuellen Vorstellungen, subjektiven Annahmen, Überzeugungen und Zielsetzungen der Lehrkräfte werden (international) unter das Konstrukt der *beliefs* oder *beliefs systems* subsumiert (Eichler & Erens, 2014). Diese *beliefs* bzw. *belief systems* von Lehrkräften betrachten wir anhand des Themenbereichs der Analysis, die der zentrale Teil des Curriculums in der gymnasialen Oberstufe ist. In diesem Beitrag verengen wir noch stärker den Fokus und betrachten allein die *beliefs* von gymnasialen Lehrkräften im Zusammenhang mit dem Einsatz digitaler Medien speziell für das Lehren und Lernen im Bereich der Analysis. Die digitalen Medien (GTR oder CAS) spielen zwar in allen *belief systems* der Lehrkräfte eine Rolle, zeigten aber in ihrer Ausprägung deutliche Unterschiede. In diesem Beitrag betrachten wir zunächst auf einer theoretischen Ebene vier Stufen der Verwendung digitaler Medien im Mathematikunterricht und skizzieren anschließend Ergebnisse einer qualitativen Studie mit 30 Lehrkräften bezogen auf die genannten Stufen.

### **Theoretischer Rahmen**

In der Forschungsliteratur zum Technologieeinsatz im Mathematikunterricht wird dem Unterschied zwischen einer technischen und einer konzeptuellen Ebene Bedeutung zugemessen (z.B. Zbiek et al, 2007). Die technische Werkzeugebene besteht aus prozeduralem, mathematischem Arbeiten auf der Kalkülbasis, während die konzeptuelle Ebene Aktivitäten wie die Untersuchung, Erkundung, Vermutungen und deren Nachweis beinhaltet (ebd.). Die Entwicklung von der Werkzeug/Kalkül-Ebene zum konzeptuellen Arbeiten wird durch das Konstrukt der *instrumentellen Genese* beschrieben. Von essentieller Bedeutung ist hierbei die Unterscheidung zwischen einem „Instrument“ und einem „Artefakt“. Der Begriff des Instruments ist ein psychologisches Konstrukt und nicht die Beschreibung eines materiellen Gegenstands (Artefakt). Der materielle Gegenstand (Artefakt; z.B. GTR oder CAS-Rechner) muss von seinem Benutzer in gewissem

Sinne beherrscht werden, um diesem im Sinne der Mathematik nutzbar machen zu können. Die instrumentelle Genese ist folglich der Prozess, wie der materielle Gegenstand zu einem (mathematischen) Instrument wird (ebd.). In einem Mathematikunterricht mit digitalen Medien ist es die Aufgabe der Lehrkräfte, den Prozess der instrumentellen Genese zu initiieren und zu steuern. Goos et al. (2010) definieren dazu unter dem Begriff der *instrumentellen Integration* vier Phasen, die beschreiben, wie Lehrkräfte die Bedingungen für eine instrumentelle Genese im Unterricht schaffen können:

Instrumentelle Einführung (*initiation*): Der Schwerpunkt in dieser Stufe liegt auf der Einführung der grundlegenden technischen Aspekte des verwendeten Hilfsmittels und wird als Werkzeugkompetenz bezeichnet.

Instrumentelle Erprobung (*exploration*): Wesentlich in dieser Stufe ist die Erprobung verschiedener Merkmale und Möglichkeiten der Technologie mittels mathematischer Aufgabenstellungen.

Instrumentelle Verstärkung (*reinforcement*): Im Mittelpunkt steht hier der Gebrauch und die Anwendung der Technologie zur Überwindung von Schwierigkeiten, z.B. bei der Lösung von Gleichungen.

Instrumentelle Symbiose (*symbiosis*): Entscheidend in dieser Stufe ist der notwendige Einsatz der Technologie beim mathematischen Arbeiten auf konzeptueller Ebene (s.o.).

Die Frage, wie Lehrkräfte die Rahmenbedingungen für eine instrumentelle Genese im Unterricht realisieren, steht dabei im engen Zusammenhang mit ihren individuellen Überzeugungen, wie eine instrumentelle Integration das Lernverhalten der Schüler unterstützen kann.

### **Studie und methodisches Vorgehen**

Für die Beschreibung der Überzeugungen von Lehrkräften hinsichtlich des Lehrens und Lernens von Analysis – bezogen auf den Technologieeinsatz im Analysisunterricht – besteht die Stichprobe aus zehn Absolventen, die am Beginn der zweiten Phase der Lehramtsausbildung Mathematik stehen, zehn Referendaren des Lehramts Gymnasium im zweiten Ausbildungsjahr sowie zehn Lehrkräften des Gymnasiums mit mindestens fünf Jahren Unterrichtserfahrung. Die Erhebung basiert auf halbstrukturierten Leitfadenterviews, in denen die Lehrkräfte u.a. hinsichtlich des Technologieeinsatzes zu Unterrichtsinhalten, Zielen des Analysis-Curriculums, und Materialien befragt wurden. Die Fragen des Interviews wurden vertieft durch die Einforderung von konkreten Beispielen und Ideen aus dem eigenen Unterricht. Die Unterschiede der Überzeugungen der Lehrkräfte hinsichtlich des Technologieeinsatzes im Analysisunterricht können mittels qualitativer Inhalts-

analyse anhand des Konstrukts der instrumentellen Genese (induktiv) kategorisiert werden.

## **Ergebnisse**

Die empirischen Ergebnisse für die Existenz aller vier Stufen der instrumentellen Integration soll im Folgenden dargestellt werden mit dem Ziel, die zugrundeliegenden Ziele und Überzeugungen zu rekonstruieren, *wie* und *warum* Lehrkräfte Technologie im Analysisunterricht verwenden.

Auf der Stufe der instrumentellen Einführung ist es nicht weiter überraschend, dass insbesondere angehende Lehrkräfte sowohl selbst als auch auf Schülerebene die Notwendigkeit sehen, zunächst eine entsprechende Werkzeugkompetenz zu erlangen. Diese Prämisse ergibt sich zwingend aus den curricularen Rahmenvorgaben, nach denen für den Analysisunterricht in der Sekundarstufe 2 mindestens ein GTR benutzt werden muss.

In der Erprobung der verschiedenen Merkmale der Technologie (instr. Erprobung) erwähnen viele Lehrkräfte die Möglichkeiten der Visualisierung und die verschiedenen Repräsentationsformen (z.B. Term, Graph & Tabelle), um das Verständnis mathematischer Konzepte zu fördern. Wesentliches Ziel der Lehrkräfte ist hier die Erlangung eines tieferen Funktionenverständnisses. Der Wechsel zwischen verschiedenen Darstellungsformen wird dabei von wenigen Lehrkräften erwähnt. Weit häufiger wird der Mehrwert der Technologie in der Visualisierung (graphischer Aspekt) gesehen.

Bei der Anwendung der Technologie zur Überwindung von (Kalkül-) Schwierigkeiten (Entlastung der Schüler von Routineberechnungen z.B. Lösen von Gleichungen und Berechnen von Ableitungsfunktionen/Extremwerten) wird im Sinne der instrumentellen Verstärkung der Mehrwert in der Kalkülastung gesehen (Zeitersparnis). Dieser ermöglicht eine Konzentration auf den innermathematischen Lösungsprozess und enthält zugleich eine positiv wirkende motivationale Komponente auf Schülerebene. Zentrales Ziel dieser Lehrkräfte ist ein Nutzen der Technologie zur Erlangung eines tieferen Verständnisses für Inhalte und ein erfolgreiches Schüler-Lernen.

Für die vierte Stufe der instrumentellen Integration finden sich wenige Belege bezogen auf die Absolventen und Referendare. Ein Grund dafür könnte die fehlende Unterrichtserfahrung sein. Dagegen findet man etwa folgendes paradigmatisches Beispiel einer Lehrkraft mit langjähriger Unterrichtserfahrung, die einen CAS-Rechner im Sinne der instrumentellen Symbiose einsetzt.

„Mit CAS können meine Schüler tatsächlich selbst entdecken, ob ihre Vermutung, die sie selbst zu einer Funktion aufgestellt haben, auch auf andere Funktionen zutrifft. Wenn sie [die Schüler] ihre Vermutung an 5 Beispielen mit dem CAS einfach überprüft haben und als richtig erkannt haben, na dann sind sie (...) sogar dazu bereit sich darauf einzulassen ihr Ergebnis formal zu beweisen.“

Diese Lehrkraft betont Vorteile des CAS-Einsatzes: als Hilfsmittel für die Schüler, die mit mathematischen Objekten induktiv experimentieren können. Sie hat das Ziel, die Schüler zu eigenaktivem mathematischen Arbeiten zu motivieren und einen höheren Grad der Abstraktion zu erreichen.

Bezüglich aller vier Stufen der instrumentellen Integration finden sich in den Interviews insbesondere bei erfahrenen Lehrkräften auch Bedenken zu Nachteilen eines Technologieeinsatzes: beispielsweise wird die Abnahme von grundlegenden Kalkülkompetenzen erwähnt, die als Fundament des Analysisunterrichts in der Sekundarstufe 2 als wichtig erachtet werden.

Insgesamt lassen sich in der Stichprobe zwei antithetische Überzeugungssysteme hinsichtlich des GTR/CAS-Einsatzes ausmachen: Befürworter und Ablehner. Die Datenauswertung suggeriert zwischen den Polen ein Kontinuum, das von Zurückhaltung und Skepsis über einen Mehrwert bis zu einer Implementierung von Technologie als Mittel zum Zweck reicht. Alle Lehrkräfte betonen, dass die händischen Rechenkompetenzen mehr oder weniger wichtig für die (Schul-)Analysis sind. Inwieweit die von Lehrkräften geäußerten Überzeugungssysteme eine Handlungsrelevanz für die Unterrichtspraxis haben und ob ein Zusammenhang zwischen den Lehrerüberzeugungen und dem Lernverhalten der Schüler existiert, sind Anschlussfragen zukünftiger Forschung.

## Literatur

- Eichler, A. & Erens, R. (2014). *Teachers' beliefs towards teaching calculus*. ZDM, Int. J. Math. Educ. 46, No. 4, pp. 647-659. Berlin/Heidelberg: Springer
- Hiebert, J., & Grouws, D. A. (2007). The effect of classroom mathematics teaching on students' learning. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 371-404). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Goos, M. & Soury-Lavergne, S. (2010). *Teachers and Teaching: Theoretical Perspectives and Issues Concerning Classroom Implementation*. In Hoyles, Celia (ed.) et al., *Mathematics education and technology-rethinking the terrain. The 17th ICMI study*. Dordrecht: Springer
- Zbiek, R M., Heid, M. K., Blume, G., & Dick, T.P. (2007). Research on technology in mathematics education: The perspective of constructs. In F. K. Lester (Ed.), *Second Handbook of Research in Mathematics Teaching and Learning* (pp. 1169-1207). Charlotte, NC: Information Age Publishing.