

Timo KOSIOL, München & Stefan UFER, München

Das technologiebezogene Fachwissen von Lehrkräften an weiterführenden Schulen

Lehrkräfte sind mehr denn je gefordert, digitale Medien in Ihrem Unterricht einzusetzen, um Lernenden sowohl digitale Kompetenzen zu vermitteln als auch lernwirksamen Fachunterricht mit digitalen Medien zu gestalten (z. B. KM Bayern, 2022). Mathematisches Wissen (ohne Technologiebezug) wird als wichtige Voraussetzung für den Aufbau fachdidaktischen Wissens diskutiert, welches wiederum den Lernerfolg beeinflusst (Kleickmann et al., 2013). In ähnlicher Weise ließe sich auch annehmen, dass technologiebezogenes Fachwissen, wie es beispielsweise im TPACK-Modell (Koehler & Mishra, 2009) beschrieben wird, eine Voraussetzung für den Aufbau technologiebezogenen fachdidaktischen Wissens und damit für den lernwirksamen Fachunterricht mit digitalen Medien ist. Studien mit objektiven Wissensmaßen sind in diesem Bereich jedoch kaum vorhanden (Petko, 2020). Ziel dieses Beitrags ist es, das technologiebezogene mathematische Wissen von aktiven Mathematiklehrkräften an weiterführenden Schulen mit Hilfe eines neu entwickelten Messinstruments zu beschreiben.

Professionswissen von Lehrkräften

Shulmans (1986) Konzeptualisierung des Professionswissens von Lehrkräften begründet die Unterscheidung von pädagogischem Wissen (PK), Fachwissen (CK) und fachdidaktischem Wissen (PCK), die von Koehler und Mishra (2009) um technologiebezogene Facetten erweitert wurde: das grundlegende Wissen um Technologien (TK) sowie deren Schnittstellen zu den weiteren Wissensfacetten, d. h. technologiebezogenes pädagogisches Wissen (TPK), technologiebezogenes Fachwissen (TCK) und technologiebezogenes fachdidaktisches Wissen (TPCK). TCK meint dabei das Wissen, wie Technologien genutzt werden können, um fachliche Inhalte darzustellen und mit Technologien fachlich zu arbeiten (Chai et al., 2013). Somit gehören sowohl das *Wissen über Technologien* (Welche Technologie kann für welche fachliche Arbeit genutzt werden?) als auch *Handlungskompetenzen* (Wie funktioniert die fachliche Arbeit mit diesen Technologien?) zu TCK.

Das technologiebezogene Fachwissen wird derzeit in der Regel auf Basis von Selbsteinschätzungen erhoben, der Fachbezug ist dabei zumeist global auf das Fach im Allgemeinen ausgerichtet (z. B. Schmidt et al., 2009). In nationalen und internationalen Studien zum Stand der Digitalisierung im Unterricht (Drossel et al., 2019; Lorenz et al., 2021) werden im Mittel günstige

Selbsteinschätzungen für TPCCK berichtet. Im Hinblick auf die unterrichtliche Nutzung zeigt sich in den Studien (Drossel et al., 2019; Lorenz et al., 2021), dass selten fachspezifische digitale Medien verwendet werden.

Ziel und Fragestellung der Studie

Das Ziel war es ein objektives Testinstrument für das technologiebezogene Fachwissen von Lehrkräften zu entwickeln, um das diesbezüglich verfügbare Wissen von aktiven Lehrkräften zu beschreiben. Dieser Beitrag geht konkret der Frage nach, welches Spektrum von Anforderungen das technologiebezogene mathematische Wissen von Mathematiklehrkräften weiterführender Schulen abdeckt.

Testinstrument

TCK wurde als *Wissen über Technologien* sowie *Handlungskompetenzen* bei der Nutzung von Technologien zum fachlichen Arbeiten konzeptualisiert (Kosiol & Ufer, 2021). Aufgrund der hohen Bandbreite verfügbarer digitaler Medien wurden die Anforderungen im Testinstrument auf diejenigen digitalen Werkzeuge beschränkt, deren Nutzung in Lehrplänen explizit gefordert ist (z. B. ISB, 2022): *Tabellenkalkulation*, *Dynamische Geometrie-Software* (DGS) und *Computer-Algebra-Systeme* (CAS). Items sind bewusst nicht in unterrichtliche Kontexte eingebettet, jedoch auf fachliche Anforderungen im Schulkontext bezogen und erstrecken sich über die Inhaltsbereiche lineare Funktionen, Wahrscheinlichkeit und Raumgeometrie.

Es wurden zwei verschiedene Versionen des Testinstruments mit insgesamt 26 verschiedenen Items eingesetzt, wobei 16 vergleichbare Items in beiden Versionen eingesetzt wurden. Es wurden sowohl offene Items und CMC-Items als auch die direkte Anwendung in DGS genutzt.

Methodisches Vorgehen

Die zwei Versionen des Testinstruments wurden zur Messung des TCK von $n=182$ an Mittelschulen (MS), Realschulen (RS) bzw. Gymnasien (GY) tätigen Lehrkräften genutzt ($n_{MS}=37$, $n_{RS}=50$, $n_{GY}=80$; teils Gelegenheitsstichprobe, teils im Rahmen des DigitUS-Projekts, Kosiol et al., 2020). Der Erhebungszeitraum war Mai bis Oktober 2021. Für die Beantwortung der Items hatten die Teilnehmenden 13 Minuten Zeit.

Die offenen Antworten wurden anhand eines ausführlichen Kodierungsschemas kodiert. Die Ergebnisse wurden mit zufriedenstellender Reliabilität Rasch-modelliert. Zur Analyse der Items wurden Schwierigkeitskennwerte herangezogen, die das Wissensniveau widerspiegeln, bei dem die Lösungswahrscheinlichkeit des Items 62% beträgt. Dieser Wert gilt als ausreichend,

ein Item *mit hinreichender Sicherheit zu beherrschen*. Die Skala wurde in Quartile bzgl. der TCK-Personenparameter geteilt. Anschließend wurden jeweils die Items analysiert, deren Schwierigkeitsparameter in den einzelnen Quartilsbereichen lagen. Items aus dem 2. Quartil beispielsweise werden also von mindestens 50 % der Lehrkräfte (am oberen Ende der Skala) *mit hinreichender Sicherheit beherrscht*, und von mindestens 25 % der Lehrkräfte (am unteren Ende) *nicht mit hinreichender Sicherheit beherrscht*.

Ergebnisse

1. *Quartil*: Bei Items, die die Nennung von drei geeigneten digitalen Werkzeugen für einen gegebenen mathematischen Kontext erfordern, wird eines genannt.

2. *Quartil*: Es wird beispielsweise ein weiteres geeignetes digitales Werkzeug zu dem Kontext aus dem 1. Quartil benannt. Zudem werden basale fachliche Aufgaben mit Hilfe einer DGS gelöst (z. B. Darstellung einer bestimmten linearen Funktion).

3. *Quartil*: Die Items erfordern ein breiteres Wissen über digitale Werkzeuge. So ist z. B. die Eignung digitaler Werkzeuge für bestimmte mathematische Aufgaben einzuschätzen oder es sind mögliche mathematische Aufgaben für bestimmte digitale Werkzeuge zu nennen. In dieses Quartil fallen auch komplexere Aufgaben in einer DGS (z. B. Darstellung einer linearen Funktion mit dynamisch veränderbarer Steigung).

4. *Quartil*: Aufgaben zu Tabellenkalkulationen (z. B. Korrektur einer Formel mit absoluten und relativen Bezügen) und CAS-Systemen (z. B. Formulierung eines Befehls zum Lösen eines linearen Gleichungssystems) werden von 75% der Lehrkräften nicht mit hinreichender Sicherheit beherrscht.

Diskussion

Die vorliegende Analyse liefert unseres Wissens nach die ersten Einblicke, welche konkreten Anforderungen bezüglich des TCK aktive Lehrkräfte bewältigen können. Es zeigt sich, dass Lehrkräfte nur teilweise über ausreichendes Wissen zu fachspezifischen digitalen Werkzeugen verfügen, obwohl deren Nutzung seit längerem für die meisten Schularten fest verankert ist (ISB, 2022). Die geringe berichtete Nutzung solcher Werkzeuge durch Lehrkräfte (Drossel et al., 2019) könnte also in einem mangelnden technologiebezogenen Fachwissen begründet liegen. Dessen Einfluss auf die Qualität und Effekte von Unterricht mit digitalen Medien ist sicher noch weiter zu untersuchen. Der vorliegende Beitrag zeigt jedoch auf, auf welchen Niveaus Interventionsmaßnahmen zur Förderung von TCK zu Tabellenkalkulationen,

dynamischer Geometrie-Software und Computer-Algebra-Systemen bei Lehrkräften ansetzen könnten.

Literatur

- Chai, C. S., Koh, J. H. L. & Tsai, C. C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51.
- Drossel, K., Eickelmann, B., Schaumburg, H. & Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien und Prädiktoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 205–240). Waxmann.
- ISB. (2022). *Fachprofil Gymnasium Mathematik*. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/gymnasium/mathematik#159363>.
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2013). Teachers' content knowledge and pedagogical content knowledge: The role of structural differences in teacher education. *Journal of teacher education*, 64(1), 90–106.
- KM Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus). (2022). *Digitale Bildung an bayerischen Schulen*. <https://www.km.bayern.de/schule-digital/lernen-in-der-digitalen-welt/digitale-bildung-an-bayerischen-schulen.html>
- Koehler, M. & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60–70.
- Kosiol, T. & Ufer, S. (2021). Technologie- und fachbezogenes Wissen von (angehenden) Lehrkräften messen – Erste Ergebnisse einer Pilotstudie. In K. Hein, C. Heil, S. Ruwisch & S. Prediger (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2021* (S. 199–202). WTM-Verlag.
- Kosiol, T., Lindermayer, C. & Ufer, S. (2020). Digitalisierung von Unterricht in der Schule (DigitUS). In H.-S. Siller, W. Weigel & J. F. Wörler (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020* (S. 1522). WTM-Verlag. 10.37626/GA9783959871402.0
- Lorenz, R., Yotyodying, S., Eickelmann, B. & Endberg, M. (2022). *Schule digital – der Länderindikator 2021. Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der Sekundarstufe I in Deutschland im Bundesländervergleich und im Trend seit 2017*. Waxmann.
- Redecker, C. & Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators*. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107466/pdf_digcomedu_a4_final.pdf
- Petko, D. (2020). Quo vadis TPACK? Scouting the road ahead. In T. Bastiaens (Hrsg.), *EdMedia + Innovate Learning* (S. 1349–1358). AACE.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J. & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123–149.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.