

KADLUBA, Alina; STROHMAIER, Anselm; SCHONS, Christian & OBERSTEINER, Andreas
München

Wie wird TPACK von Mathematiklehrkräften gemessen? Ein systematisches Literaturreview

Theoretischer Hintergrund

Technologie und digitale Medien nehmen eine zentrale Rolle im Mathematikunterricht ein (Reinhold et al., 2023). Der Erfolg ihres Einsatzes hängt unter anderem von den Fähigkeiten der Lehrkraft ab (Hillmayr et al., 2020). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), also das technologiebezogene fachdidaktische Wissen, gilt hierbei als relevanter Teil professionellen Lehrkräftewissens (Mishra & Koehler, 2006). Die Messung von TPACK ist für Unterrichtspraxis und Forschung von wesentlicher Bedeutung, beispielsweise um überprüfen zu können, inwiefern Lehrkräfte auf das Unterrichten mit Technologie vorbereitet sind oder um Interventionen zu evaluieren.

Analog zu Pedagogical Content Knowledge (PCK), welches das Wissen über das Unterrichten eines bestimmten Fachinhalts beschreibt (Shulman, 1986), umfasst TPACK Wissen über Fachinhalt, Pädagogik und Technologie. Um zwischen TPACK und TPCK zu unterscheiden, beziehen wir uns auf TPCK als das isolierte Element im Zentrum des Venn-Diagramms, während wir TPACK verwenden, wenn wir auf das gesamte Modell verweisen.

TPACK ist per Definition inhaltspezifisch. Eine solche Konzeptualisierung erscheint sinnvoll, da sich beispielsweise das Unterrichten mathematischer Konzepte mit digitalen Medien vom Unterrichten mit digitalen Medien in anderen Fächern unterscheidet: Für mathematisches Arbeiten mit Technologie sind die Visualisierung abstrakter Konzepte, geometrischer Objekte oder stochastischer Prozesse typisch (Reinhold et al., 2023), während beispielsweise in Sozialwissenschaften oft Recherche, Textverarbeitung und Kooperation relevant sind (Hammond & Manfra, 2009). Bestehende Überblicksarbeiten zur Messung von TPACK nehmen allerdings häufig eine fachübergreifende Perspektive ein (z.B. Koehler et al., 2012). Dadurch besteht derzeit wenig Klarheit darüber, inwiefern Instrumenten zur Messung von TPACK von Mathematiklehrkräften auf spezifische Aspekte des Mathematikunterrichts eingehen. Um die in den Studien zur Messung verwendete Operationalisierung von mathematikspezifischem TPACK zu untersuchen, erscheinen insbesondere drei Aspekte relevant, nämlich 1) der Instrumententyp (z.B. Selbstbericht, Beobachtungen etc.), 2) die Spezifität der Instrumente bezüglich des Fachinhalts (z.B. allgemein *Mathematik* oder spezieller

In: P. Ebers, F. Rösken, B. Barzel, A. Büchter, F. Schacht & P. Scherer (Hrsg.),
Beiträge zum Mathematikunterricht 2024.

57. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. WTM.
<https://doi.org/10.37626/GA9783959872782.0>

Bruchrechnen), der Pädagogik und der Technologie und 3) die fokussierten Wissensfacetten von TPACK (d.h. auf welcher Wissensfacette der Fokus bei der Bewertung lag).

Alle drei Aspekte können die Interpretation und Vergleichbarkeit der Messung von TPACK maßgeblich beeinflussen. Zusammenfassend besteht deshalb ein Bedarf an einem systematischen Überblick über die Messung von TPACK von Mathematiklehrkräften in der bestehenden Forschung.

Ziel dieses Beitrags

Übergreifend adressiert das hier vorgestellte Literaturreview die Frage nach den Studiencharakteristika, den Instrumentencharakteristika und der Operationalisierung von TPACK in Mathematik in bisherigen Studien. In diesem Beitrag fokussieren wir uns auf die Operationalisierung von TPACK, d.h. auf (i) die Instrumententypen, (ii) die Spezifität der Instrumente in Bezug auf Mathematik, Technologie und Pädagogik und (iii) die fokussierten Wissensfacetten.

Methode

Mittels Datenbankrecherche wurden zunächst 881 möglicherweise relevante Artikel identifiziert und nach folgenden Kriterien gescreent: Der Artikel a) bezog sich auf TPACK im Kontext von Mathematikunterricht, b) berichtete eine empirische Studie und c) wurde zwischen 2005 (erstmalige mathematikspezifische TPACK-Publikation von Niess (2005)) und 2022 auf Englisch in einem wissenschaftlichen Journal publiziert. Dies führte zur Auswahl von 105 Artikeln.

Um die Instrumententypen zu kodieren, wurden ähnlich zu Koehler et al. (2012) sechs verschiedene Instrumententypen unterschieden: Selbstberichts-skalen, Beobachtungen, Materialanalysen, Interviews, offene Fragebögen und Wissenstests. Um die Spezifitätslevel bezüglich des Fachinhalts, der Pädagogik und der Technologie zu beschreiben, wurden jeweils vier Spezifitätsstufen definiert: Level 0 bezieht sich auf die grundlegenden Wissensaspekte (d.h. "Inhalt", "Pädagogik", "Technologie"). Level 1 spezifiziert diese Wissensaspekte (z. B. „Mathematik“ für den Fachinhalt, „Unterrichten“ für die Pädagogik und „digitale Technologie“ für die Technologie). Instrumente mit Level 2 spezifizieren noch genauer (z. B. "Geometrie" für den Fachinhalt, "Gruppenarbeit" für die Pädagogik oder "GeoGebra" für die Technologie). Level 3 bezieht sich auf explizite Beschreibungen einer Handlung, einer Aufgabe oder einer Situation (z. B. "einen Kreis zeichnen"; "Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern bewerten" bzw. "Diagramme auf einem Whiteboard erstellen"). Hinsichtlich der fokussierten Wissensfacetten wurde kodiert, auf welche der sieben TPACK-Facetten (CK, PK, TK, PCK, TCK,

TPK, TPCK) (Mishra & Koehler, 2006) sich die Bewertung bezog.

Die Interrater-Reliabilität war gut: $\kappa = .91$ für die Kodierung der Instrumententypen, gewichtetes $\kappa = .87$ für die Kodierung der Spezifität und $\kappa = .81$ für die Kodierung der Beurteilungskriterien.

Ergebnisse

Hinsichtlich der Instrumententypen zeigte sich, dass am häufigsten Selbstberichtsskalen und Beobachtungen verwendet wurden, gefolgt von Materialanalysen, Interviews und offenen Fragebögen. Am seltensten wurden Wissenstests zur Messung von TPACK verwendet. Bezüglich des inhaltlichen Spezifitätslevels wurde TPACK in der Mehrheit der Studien höchstens auf Level 1 gemessen. Das bedeutet, dass in den verwendeten Instrumenten lediglich der Begriff *Mathematik* zur Spezifizierung verwendet wurde, ohne dabei auf konkrete Fachinhalte einzugehen. Dagegen wurde bei einem großen Teil der Studien bezüglich Pädagogik auf Level 2 oder Level 3 (z.B. Gruppenarbeit) eingegangen. Bezüglich Technologie nannte die Mehrheit der Studien lediglich den Begriff *Technologie*, was dem Level 0 zuzuordnen ist. Für die fokussierten Wissensfacetten zeigte sich ein entsprechendes Bild: Die Facette TPK, die sich auf den pädagogisch sinnvollen Umgang mit Technologie ohne Bezug zum Inhalt bezieht, wurde von einem großen Teil der Studien in der Bewertung von TPACK berücksichtigt, gefolgt von einer konkreten Verknüpfung von Technologie, Pädagogik und Inhalt (TPCK). Die übrigen Wissensfacetten wurden jeweils in weniger als einem Viertel der Studien für die Bewertung verwendet.

Diskussion

Die überwiegende Mehrheit der Studien verwendete Selbstberichte, um TPACK zu messen. Dies wirft Fragen nach der Validität der Messung von TPACK als Wissenskonstrukt auf, da Selbstberichte stark mit Selbstwirksamkeitserwartungen zusammenhängen (Bakar et al., 2020).

Ferner zeigen die Ergebnisse, dass bei der Messung von TPACK von Lehrkräften im Mathematikunterricht konkrete fachspezifische Anforderungen oft nur eine untergeordnete Rolle spielen. Dagegen wird häufig auf pädagogisch spezifische Aspekte des Unterrichtens mit Technologie eingegangen.

Das ist problematisch: TPACK ist nach Definition inhaltspezifisch und es könnte unzureichend sein, es ausschließlich auf den Begriff *Mathematik* zu beschränken, um es von anderen Bereichen abzugrenzen. Wenn Lehrkräfte beispielsweise Brüche mit Technologie unterrichten, sollten sie verstehen, wie mit Technologie die Visualisierung von Brüchen verbessert werden kann (z.B. Reinhold et al., 2020). Andererseits sollten Lehrkräfte, die ihren Schülerinnen und Schülern beibringen, Gleichungen mit Technologie zu lösen,

über die Auswahl und den Einsatz der richtigen digitalen Werkzeuge, wie zum Beispiel GeoGebra, Bescheid wissen. Dies verdeutlicht die Komplexität des Mathematikunterrichts mit Technologie, da die spezifisch behandelten Inhalte berücksichtigt werden müssen.

Vor diesem Hintergrund und wegen Forschungsergebnissen, die die Relevanz der Verzahnung von technologisch pädagogischem Wissen mit fachdidaktischem Wissen für einen wirksamen Technologieeinsatz im Unterricht zeigen (Hillmayr et al., 2020), ist dieses Ergebnis kritisch zu diskutieren.

Literatur

- Bakar, N. S. A., Maat, S. M., & Rosli, R. (2020). Mathematics Teacher's Self-Efficacy of Technology Integration and Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal on Mathematics Education*, 11(2), 259-276. <https://doi.org/10.22342/jme.11.2.10818.259-276>
- Hammond, T. C., & Manfra, M. M. (2009). Giving, prompting, making: Aligning technology and pedagogy within TPACK for social studies instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(2), 160-185.
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Koehler, M. J., Shin, T. S., & Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, & M. L. Niess (Hrsg.), *Educational Technology, Teacher Knowledge, and Classroom Impact: A Research Handbook on Frameworks and Approaches* (S. 16-31). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-750-0.ch002>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mishra, P., & Warr, M. (2021). Contextualizing TPACK within systems and cultures of practice. *Computers in Human Behavior*, 117, 106673. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106673>
- Reinhold, F., Hoch, S., Werner, B., Richter-Gebert, J., & Reiss, K. (2020). Learning fractions with and without educational technology: What matters for high-achieving and low-achieving students?. *Learning and Instruction*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101264>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Siefer, K., Leuders, T., & Obersteiner, A. (2021). Which Task Characteristics Do Students Rely on When They Evaluate Their Abilities to Solve Linear Function Tasks?—A Task-Specific Assessment of Self-Efficacy. *Frontiers in Psychology*, 12, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.596901>