LINDERMAYER, Christian; KOSIOL, Timo & UFER, Stefan
München

Verstärkt der Einsatz digitaler Tools die Wirkung von gutem Unterricht? – Eine Analyse zur Mathematikleistung in der Sekundarstufe

Der Einsatz digitaler Tools im Unterricht zeigt in Metaanalysen kleine bis mittlere positive Effekte digitaler Tools auf Schülerleistungen (z. B. Hillmayr, 2020). Solche Analysen beruhen jedoch meist auf experimentellen Studien mit gezieltem und orchestriertem Einsatz der Tools. Querschnittsstudien zeichnen hingegen ein weniger optimistisches Bild: Laut PISA-Daten schneiden Schüler*innen, in deren Mathematikunterricht Computer kaum genutzt werden besser ab als jene mit häufigerer Computernutzung (OECD, 2015). Dies könnte darauf hindeuten, dass die in Metaanalysen berichteten potenziellen Vorteile im normalen Unterrichtsalltag, in dem Lehrkräfte digitale Tools eigenverantwortlich auswählen und anpassen müssen, (noch) nicht vollständig realisiert werden. Zudem ist weitgehend unklar, wie sich der Einsatz digitaler Tools bei längsschnittlicher Betrachtung in normalen Unterrichtsalltag auf die Schülerleistung auswirkt.

Bisherige Studienergebnisse legen also nahe, dass digitale Tools das Potenzial haben, den Unterricht zu verbessern und Lernaktivitäten anzuregen. Dabei besteht Konsens darüber, dass digitale Tools nicht per se positive Effekte erzeugen (Reinhold et al., 2024). Ihre Wirksamkeit scheint insbesondere von der Qualität abzuhängen, mit der sie in den Unterricht eingebunden werden (z. B. Fütterer et al., 2022).

Unterrichtsqualität wird häufig anhand des Modells der Drei Basisdimensionen beschrieben (Klassenführung, kognitive Aktivierung und Schülerunterstützung; Klieme et al., 2009), deren positiven Effekte auf die Schülerleistung in zahlreichen Studien nachgewiesen wurden (z. B. Lipowsky et al., 2009). Schülerratings haben sich dabei als reliable und valide Instrumente zur Messung der Unterrichtsqualität erwiesen.

Obwohl sowohl der Einsatz digitaler Tools als auch die Unterrichtsqualität in vielen Studien untersucht wurden, geschah das meist separat und es fehlt bislang eine systematische Untersuchung ihres Zusammenwirkens und dessen Einfluss auf Schülerleistungen. Insbesondere ist unklar, ob die Häufigkeit der Tool-Nutzung die Effekte der Unterrichtsqualität moderiert. Denkbar wäre, dass qualitativ hochwertiger Unterricht durch eine häufige Tool-Nutzung noch wirksamer wird.

Bezüglich der Determinanten von Unterrichtsqualität oder der Nutzungshäufigkeit digitaler Tools wiederum wurde bislang kaum untersucht, inwiefern

In: L. Schick, M. Platz & A. Lambert (Hrsg.),
Beiträge zum Mathematikunterricht 2025.
58. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. WTM.
https://doi.org/10.37626/GA9783959873307.0

diese Maße mit Merkmalen der Klassen - wie dem durchschnittlichen Vorwissen - zusammenhängen.

Fragestellungen

Auf der Basis von Schülerratings zur Nutzungshäufigkeit digitaler Tools und zur Unterrichtsqualität wurden folgende Fragen empirisch untersucht:

1) Wie hängen die wahrgenommene Nutzungshäufigkeit digitaler Tools und die wahrgenommene Qualität des Mathematikunterrichts mit dem durchschnittlichen mathematischen Vorwissen der Klassen zusammen?

2) Wie hängen die wahrgenommene Nutzungshäufigkeit digitaler Tools und die wahrgenommene Qualität des Mathematikunterrichts mit dem durchschnittlichen Lernerfolg zusammen (unter Kontrolle des Vorwissens)?

3) Moderiert die wahrgenommene Nutzungshäufigkeit digitaler Tools den Einfluss der Unterrichtsqualität auf den Lernerfolg (unter Kontrolle des Vorwissens)?

Methodisches Vorgehen

Im BMBF-geförderten Projekt "Digitalisierung von Unterricht in der Schule" (DigitUS; FKZ 01JD1830A) wurden Schüler*innen der 8. Jahrgangsstufe zu zwei Messzeitpunkten (T1: Herbst 2021; T2: Frühjahr 2022) zur Unterrichtsqualität und zur Nutzungshäufigkeit digitaler Tools in den letzten fünf Mathematikstunden befragt. Nach Ausschluss unzureichender Daten umfasste die Stichprobe über 1.700 Schüler*innen aus über 80 Klassen (ca. 43 % weiblich; 40 % männlich; 2 % divers; 15 % fehlend), verteilt auf 33 bayerische Schulen (je ca. ein Drittel Mittelschulen, Realschulen und Gymnasien).

Unterrichtsqualität wurde mit etablierten Skalen zur Klassenführung (zehn Items), kognitiven Aktivierung (16 Items) und Schülerunterstützung (neun Items) auf einer vierstufigen Likert-Skala (1 = „stimme überhaupt nicht zu“ bis 4 = „stimme voll und ganz zu“) gemessen (angelehnt an Kunter et al., 2017).

Die Nutzungshäufigkeit digitaler Tools wurde mit 17 Items erfasst, die ein breites Spektrum von Anwendungszwecken abbilden (z. B. Informationen aufnehmen, Zusammenhänge visualisieren, Interagieren/Kommunizieren). Das Instrument bildet die Tool-Nutzung im normalen Unterrichtsalltag ab, unabhängig von der Qualität des Einsatzes.

Die Mathematikleistung wurde mit selbstentwickelten Tests gemessen. Der Nachtest fokussierte auf zentrale Inhalte des Lehrplans der 8. Jahrgangsstufe (z. B. lineare Funktionen), während der Vortest relevantes Vorwissen (z. B.

Berechnung von Termwerten) umfasste. Die Reliabilitäten aller Messinstrumente waren akzeptabel bis gut.

Ergebnisse

Zu 1): Mathematisches Vorwissen zeigte einen signifikant negativen Zusammenhang mit der wahrgenommenen Nutzungshäufigkeit digitaler Tools. Im Gegensatz dazu wurden starke positive Zusammenhänge zwischen dem Vorwissen und allen drei Dimensionen der Unterrichtsqualität beobachtet.

Zu 2): Die Nutzungshäufigkeit digitaler Tools hatte einen signifikanten negativen Effekt auf die Mathematikleistung im Nachtest, während alle drei Dimensionen der Unterrichtsqualität einen signifikant positiven Effekt zeigten (jeweils unter Kontrolle des durchschnittlichen Vorwissens der Klassen).

Zu 3): Die Nutzungshäufigkeit digitaler Tools moderierte die Effekte von Klassenführung und Schülerunterstützung. Diese signifikanten Interaktionseffekte deuten darauf hin, dass der Einfluss dieser beiden Dimensionen auf den Lernerfolg von der Nutzungshäufigkeit digitaler Tools abhängt. Insbesondere scheinen die positiven Effekte von Klassenführung und Schülerunterstützung bei häufiger Tool-Nutzung verstärkt zu werden. Für kognitive Aktivierung wurde kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt gefunden.

Diskussion und Ausblick

Leistungsstärkere Klassen berichteten im Vergleich zu leistungsschwächeren Klassen von höherer Unterrichtsqualität und seltenerer Nutzung digitaler Tools. Letzteres steht im Einklang mit PISA-Ergebnissen (OECD, 2015) und könnte darauf hindeuten, dass Lehrkräfte digitale Tools vorrangig in schwächeren Klassen einsetzen, um zusätzliche Unterstützung zu bieten.

Übereinstimmend mit früheren Studien (z. B. Lipowsky et al., 2009) zeigten sich positive Effekte der drei Dimensionen der Unterrichtsqualität auf den Lernerfolg. Der in unserer längsschnittlichen Studie beobachtete negative Effekt digitaler Tools steht jedoch im Widerspruch zu den Ergebnissen verschiedener Metaanalysen (z. B. Hillmayr, 2020). Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass im Unterrichtsalltag selten jene Tools genutzt werden, die bisher die größten Effektstärken gezeigt haben (z. B. intelligente tutorielle Systeme). Zudem stehen Lehrkräfte im normalen Unterrichtsalltag vor der Herausforderung, digitale Tools eigenständig auszuwählen und in bestehende Unterrichtskonzepte zu integrieren. Im Gegensatz dazu werden in experimentellen Studien oft speziell entwickelte Tools eingesetzt, die gezielt für einen bestimmten Kontext entwickelt wurden.

Die im normalen Unterrichtsalltag beobachteten Nachteile einer häufigen Nutzung digitaler Tools können durch eine hohe Unterrichtsqualität

ausgeglichen werden. Dafür sind jedoch jeweils hohe Niveaus an Klassenführung und Schülerunterstützung erforderlich. Hochwertiger Unterricht scheint somit entscheidend zu sein für die Nutzung digitaler Tools. Der nicht-signifikante Interaktionseffekt bei kognitiver Aktivierung weist auf primär organisatorische oder motivationale Probleme bei der Nutzung der Tools hin.

Zukünftige Arbeiten könnten z. B. mittels Videostudien untersuchen, unter welchen Bedingungen digitale Tools auch die Wirkungen von kognitiver Aktivierung unterstützen können. Dabei könnten auch fachspezifische Aspekte wie Auswahl und Darstellung mathematischer Inhalte sowie ihre Abstimmung mit Lernzielen berücksichtigt werden.

Aus praktischer Sicht könnte in Lehrkräftefortbildungen thematisiert werden, wie effektive Klassenführung und Schülerunterstützung dazu beitragen können, das Potenzial digitaler Tools bestmöglich auszuschöpfen.

Literatur

Fütterer, T., Scheiter, K., Cheng, X., & Stürmer, K. (2022). Quality beats frequency? Investigating students' effort in learning when introducing technology in classrooms. *Contemporary educational psychology, 69,* 102042. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2022.102042

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*, 103897. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897

Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. Janik & T. Seidel (Hrsg.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (S. 137-160). Waxmann.

Kunter, M., Baumert, J., Leutner, D., Terhart, E., Seidel, T., Dicke. T., Holzberger, D., Kunina-Habenicht, O., Linninger, C., Lohse-Bossenz, H., Schulze-Stocker, F., & Stürmer, K. (2017). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente der Projektphasen des BilWiss-Forschungsprogramms von 2009 bis 2016.* Goethe-Universität.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction, 19*(6), 527-537. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.001

OECD. (2015). *Students, computers and learning: Making the connection, PISA*. https://doi.org/10.1787/9789264239555-en

Reinhold, F., Leuders, T., Loibl, K., Nückles, M., Beege, M., & Boelmann, J. M. (2024). Learning Mechanisms Explaining Learning With Digital Tools in Educational Settings: a Cognitive Process Framework. *Educational psychology review, 36*(1), 14. https://doi.org/10.1007/s10648-024-09845-6