

## Was wirkt? Eine Literaturstudie zur Wirksamkeit von Systemeigenschaften in Mathematik-Lernumgebungen

Berit Blanc<sup>1</sup>, Insa Reichow<sup>1</sup> und Benjamin Paaßen<sup>1</sup>

**Abstract:** Diese Literaturstudie untersucht die Lernwirksamkeit typischer Systemeigenschaften digitaler Mathematik-Lernumgebungen wie *bettermarks*, nämlich: (A) Vollständigkeit der Aufgaben und Inhalte, (B) Intelligente Interaktionswerkzeuge, (C) Mikro-Adaptivität, (D) Makro-Adaptivität und als Rahmenbedingung (E) Einsatz im Klassenverbund. Die Auswertung ergab besonders starke Evidenz für elaboriertes und adaptives Feedback bei der Bearbeitung von Aufgaben (C), reichhaltige Interaktionswerkzeuge (B), eine feine Auflösung von Aufgabenschritten und Feedback (A) sowie die Einbindung der Lehrkräfte (E). Eine Forschungslücke besteht hinsichtlich der Wirksamkeit makro-adaptiver Strategien (D).

**Keywords:** Schule, Mathematik, Digitale Lernumgebungen, *bettermarks*, Intelligente Tutoring-Systeme, Wirksamkeitsforschung, Evaluationsstudien

Digitale Lernumgebungen gewinnen zunehmend in Bedeutung. Beispielsweise ist *bettermarks* eine Lernumgebung für Mathematik in den Klassenstufen 4-10, die nach Unternehmensangaben von rund 500.000 Schüler\*innen genutzt wird. Bei der Gestaltung und Beurteilung solcher Lernumgebungen stellt sich die Frage: Welche Eigenschaften machen die Plattform lernwirksam? Bisherige Metastudien (z.B. [KF16, RKS21]) untersuchen zwar die Lernwirksamkeit, differenzieren aber nur hinsichtlich weniger und einzelner Systemeigenschaften. Diese Arbeit versucht, die Lernwirksamkeit *aller* Kern-Systemeigenschaften einer digitalen Lernumgebung für Mathematik zu beurteilen.

Als Ausgangspunkt dient die *bettermarks*-Plattform, die als Kerneigenschaften definiert: (A) Vollständigkeit der Aufgaben und Inhalte, (B) Intelligente Interaktionswerkzeuge, (C) Mikro-Adaptivität (also adaptive Hilfe bei der Bearbeitung von Aufgaben) und (D) Makro-Adaptivität (also adaptive Hilfe bei der Auswahl von Aufgaben) [Sp23]. Zusätzlich beziehen wir (E) den Einsatz im Klassenverbund mit ein. Die Ergebnisse sind auch auf andere Lernumgebungen übertragbar, weil die *bettermarks*-Systemeigenschaften den *best practices* in der Gestaltung von Lernumgebungen folgen (z.B. [So13, Va06]) und die eingeschlossenen Studien eine große Breite von Systemen abdecken.

Durchsucht wurden Metastudien zur Wirksamkeit digitaler Mathematik-Lernumgebungen (13), Wirkungsstudien zu populären Mathematik-Lernumgebungen (87) und

---

<sup>1</sup> Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Educational Technology Lab, Alt-Moabit 91c, 10559 Berlin, {berit.blanc,insa.reichow,benjamin.paassen}@dfki.de. Die Durchführung der Literaturrecherche wurde von *bettermarks* finanziert.

Wirkungsstudien zu intelligenten Mathematik-Tutoring-Systemen allgemein (39). Die volle Liste der eingeschlossenen Studien ist hier (<https://doi.org/10.5281/zenodo.8047423>) zu finden. Die Ergebnisse waren:

A: Keine Studie untersucht direkt die Wirkung der Vollständigkeit von Inhalten, aber mehrere Studien betrachten Vollständigkeit als Qualitätsmerkmal. Deutliche Wirkungsevidenz legt nahe, Aufgaben feinschrittig zu modellieren (z.B. [KF16]).

B: Reichhaltige Eingabewerkzeuge, z.B. für Texte und Diagramme, sind laut Metastudien lernwirksamer als einfache Aufgabentypen wie multiple/single-choice (z.B. [Pr22]).

C: Mehrere Metastudien vergleichen herkömmliche Übungssysteme (Computer-aided instruction) mit Tutoring-Systemen (mit adaptivem Feedback) und weisen für letztere eine höhere Wirksamkeit nach (z.B. [KF16]). Zusätzlich ist elaboriertes Feedback effektiver als schlichtes Richtig-/Falsch-Feedback (z.B. [Pr22]).

D: Obwohl Adaptivität bei der Auswahl der Aufgaben als Kerneigenschaft vieler Tutoring-Systeme gilt [Va06], konnten wir keine Studie finden, die kausale Evidenz für die Wirksamkeit dieser Systemeigenschaft beibringt. Die Theorie spricht eindeutig für die Wirksamkeit, aber im empirischen Nachweis sehen wir eine Forschungslücke.

E: ITS ergänzend zu herkömmlichem Unterricht sind effektiver als ITS allein oder herkömmlicher Unterricht allein (z.B. [KF16, RKS21]). Die Erfahrung bzw. Kompetenz der Lehrkräfte in der ITS-Nutzung ist für die Wirksamkeit entscheidend [KF16].

Ausgehend von den Ergebnissen empfehlen wir vor allem mikro-adaptives, elaboriertes Feedback (C), reichhaltige Interaktionswerkzeuge (B), feinschrittige Aufgabenmodellierung (A) und eine starke Einbindung der Lehrkräfte (E).

#### Literaturverzeichnis

- [KF16] Kulik, J.; Fletcher, J.D.: Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems: A Meta-Analytic Review. *Review of Educational Research*, 86/1, S. 42-78, 2016.
- [Pr22] Prihar, E.; Syed, M.; Ostrow, K.; Shaw, S.; Sales, A.; Heffernan, N.: Exploring Common Trends in Online Educational Experiments. In (Cristea, A.; Brown, C.; Mitrovic, A.; Bosch, N. Hrsg.): *Proc. Int. Conf. on Educational Data Mining, 2022*
- [RKS21] Ran, H.; Kim, N. J.; Secada, W. G.: A meta-analysis on the effects of technology's functions and roles on students' mathematics achievement in K-12 classrooms. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), S. 258–284, 2021.
- [So13] Sottilare, R.; Graesser, A.; Hu, X.; Holden, H.: *Design recommendations for intelligent tutoring systems: Volume 1*. US Army Research Laboratory, Orlando, FL, USA, 2013.
- [Sp23] Speroni, C.: Aus Fehlern lernen – Das Konzept hinter bettermarks, <https://de.bettermarks.com/konzept-bettermarks/>, abgerufen am 24.02.2023.
- [Va06] VanLehn, K.: The Behavior of Tutoring Systems. *IJAIED*, 16(3), S. 227-265, 2006.