

BIERBRAUER, Christina; LENZ, Katja; PLATZ, Melanie & STEFFEN-DELPANQUE, Aileen
Saarbrücken, Schwäbisch Gmünd, Saarbrücken, Osnabrück

Augmented Reality Anwendungen für das Mathematiklernen in der Primarstufe – Eine Einordnung

1. Einleitung

Handlungserfahrungen in der realen Welt mit physischem Material, die ein „be-greifen“ mathematischer Inhalte ermöglichen (Bruner et al., 1971; Freudenthal, in NCTM, 1989), sind in der Primarstufe von besonderer Bedeutung. Forschungsbefunde der Mathematikdidaktik verdeutlichen, dass der didaktisch hochwertige Einbezug digitaler Medien das Mathematiklernen in der Primarstufe unterstützt. Der Einsatz der AR-Technologie, die eine Verknüpfung von physisch und virtuell beinhaltet, könnte demnach einen verstehensorientierten Mathematikunterricht in der Primarstufe besonders fördern. Bisher finden sich nur vereinzelt wissenschaftliche Untersuchungen, die Potentiale von Augmented Reality (AR) für das Lehren und Lernen mathematischer Inhalte in der Primarstufe fokussieren. Beispiele für solche wissenschaftlichen Untersuchungen sind Müller & Platz (2023), Platz & Bierbrauer (2024), Lutz & Lenz (2024) oder Steffen (2022). Da es eine Vielzahl von AR-Anwendungen gibt, wird im vorliegenden Beitrag eine Möglichkeit der Einordnung dieser Anwendungen versucht. Dazu werden ausgewählte Anwendungen für den Mathematikunterricht der Primarstufe in das Reality-Virtuality-Kontinuum eingeordnet.

2. Reality-Virtuality-Kontinuum

Das Reality-Virtuality-Kontinuum (Milgram et al., 1994) ist ein theoretisches Modell, das immersive Umgebungen entlang einer Skala zwischen vollständig realer und vollständig virtueller Welt beschreibt.

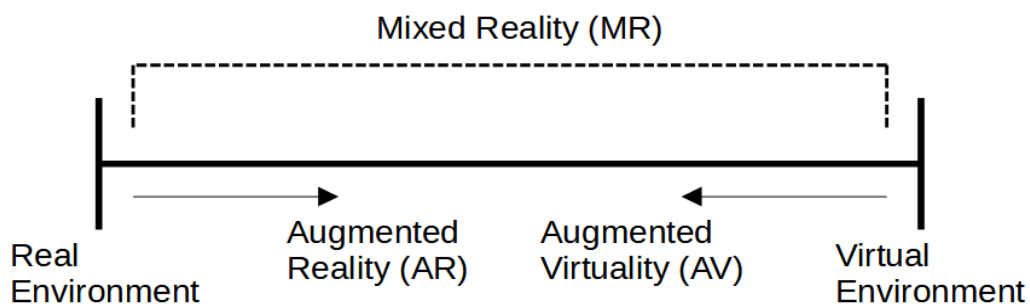


Abb. 1: Reality-Virtuality- Kontinuum (in Anlehnung an Milgram et al., 1994)

Am einen Ende des Spektrums befindet sich das *Real Environment*, d.h. die rein physische Realität, die ausschließlich aus tatsächlichen, greifbaren Objekten besteht. Am anderen Ende des Spektrums steht das *Virtual Environment*, d.h. die virtuelle Realität (VR), die vollständig auf digital erzeugten Inhalten basiert. Zwischen diesen beiden Polen liegt die *Mixed Reality* (MR), bei der reale und virtuelle Elemente miteinander verschmelzen (s. Abbildung 1). In diesen Bereich lässt sich AR einordnen: Die reale Welt, die auf der Wahrnehmung physischer Materialien basiert wird durch virtuelle Inhalte ergänzt, wodurch eine erweiterte Wahrnehmung entsteht. Dabei wird unterschieden zwischen *Augmented Reality* und *Augmented Virtuality*, je nachdem ob physische oder virtuelle Informationen überwiegen. *Augmented Reality* erweitert die reale Welt, indem digitale Informationen oder Objekte in eine (vorwiegend) physische Umgebung eingebettet werden, während diese weiterhin wahrnehmbar bleibt. Im Gegensatz dazu beschreibt *Augmented Virtuality* Szenarien, in denen überwiegend virtuelle Inhalte dominieren, aber auch reale Objekte integriert oder sichtbar gemacht werden können. Die Grenze zwischen AR und AV ist dabei fließend.

3. Exemplarische Einordnung von AR- Anwendungen

Das Reality-Virtuality-Kontinuum bietet einen hilfreichen Rahmen, um AR-Anwendungen zu analysieren und zu klassifizieren, da es den Grad der Immersion als auch die spezifische Kombination von realen und virtuellen Komponenten berücksichtigt. Im Folgenden werden exemplarisch drei verfügbare AR-Anwendungen für das Mathematiklernen in der Primarstufe zum Inhaltsbereich Arithmetik in das Reality-Virtuality-Kontinuum eingeordnet.

3.1 ZahLegAR

ZahLegAR (frei verfügbar unter <https://tim-lutz.de/materialhandlungen>) ist eine AR-Anwendung zur Förderung des Stellenwertverständnisses im Zahlenraum bis 100 (Lenz & Lutz, 2024). Die Anwendung erweitert mit Steckwürfeln gelegte Zahldarstellungen (Zehnerstangen und Einerwürfel) um virtuelle Zahldarstellungen (Stellenwerttafel, ikonische Darstellung, Zahlwort, symbolische Notation). Die Anwendung bietet zwei Modi: Im Modus *Freie Erkundung* können Nutzer mit Zahlendarstellungen experimentieren, die in Echtzeit angereichert werden. Im Modus *Aufgaben* werden angeleitete Aufgaben bereitgestellt (z. B. Zahlen darstellen, verändern oder schreiben). Die Eingaben der Lernenden werden automatisiert überprüft und es wird unmittelbar Feedback bereitgestellt. Da bei der Anwendung die konkreten Materialhandlungen im Mittelpunkt stehen, kann diese im Reality-Virtuality-Kontinuum AR zugeordnet werden.

3.2 AR Zahlenstrahl-App

Die App AR Zahlenstrahl zielt darauf ab Größenvorstellungen zu Zahlen zu entwickeln, indem diese anschaulich und räumlich erlebbar gemacht werden (Urff & Kromm, 2025). Die App bietet einen virtuellen Zahlenstrahl, der durch einen Fingertipp auf die Benutzeroberfläche auf einer gewünschten Fläche in der realen Welt angezeigt werden kann. Der virtuelle Zahlenstrahl überlagert damit die reale Umgebung mit einem virtuellen Zahlenstrahl, in dem Zahlen dargestellt, aber auch addiert, subtrahiert und multipliziert werden können. Da bei dieser Anwendung die virtuellen Informationen überwiegen und die reale Welt nicht zwingend und nur punktuell zur Bewusstmachung der Größenverhältnisse von Zahlen herangezogen wird, kann diese App im Reality-Virtuality-Kontinuum VR zugeordnet werden.

3.3 Rechen-StAR

Die Anwendung Rechen-StAR verknüpft das Zwanzigerfeld als flächige Darstellung und den Zahlenstrahl als lineare Darstellung, wodurch insbesondere die Vernetzung von Kardinalzahlaspekt und Ordinalzahlaspekt fokussiert werden kann (Platz & Bierbrauer, 2024). Gelegte Plättchen am realen Zwanzigerfeld werden synchron in der Anwendung in einem digitalen Zahlenstrahl bzw. digitalen Rechenstrich abgebildet. Die Einordnung der Anwendung im Reality-Virtuality-Kontinuum ist vom Einsatz abhängig. Wenn eher konkrete Handlungen am Zwanzigerfeld fokussiert werden, lässt sich die Anwendung im Kontinuum AR zuordnen. Wenn eher die Erweiterung der Realität des Zwanzigerfeldes durch den digitalen Zahlenstrahl im Mittelpunkt steht, lässt sich diese im Reality-Virtuality-Kontinuum VR zuordnen.

4. Zusammenfassung und Diskussion

Die vorgenommene Einordnung der drei in diesem Beitrag exemplarisch fokussierten AR-Anwendungen aus dem Bereich der Arithmetik in der Primarstufe zeigt, wie diese nach ihrem Grad der virtuellen Integration kategorisiert werden können. Es wird deutlich, dass die Einordnung der Anwendungen in das Reality-Virtuality-Kontinuum nicht immer eindeutig ist und neben den fließenden Übergängen zwischen AR und AV insbesondere auch der Fokus und die damit einhergehenden mathematikdidaktischen Zielsetzungen und die Nutzungsweise der Anwendung entscheidend sind (Normand et al., 2012). Dennoch kann eine Einordnung von AR-Anwendungen in das Reality-Virtuality-Kontinuum eine systematische Analyse der Überlagerung von virtuellen und realen Elementen unterstützen und eine Vergleichsdimension eröffnen, die es erlauben würde, auch Anwendungen über verschiedene Inhaltsbereiche hinweg zu vergleichen. Außerdem regt die Einordnung von AR-Anwendungen das Nachdenken über deren Nutzungsmöglichkeiten an.

So könnte basierend auf der Positionierung im Reality-Virtuality-Kontinuum eine gezielte Weiterentwicklung der Anwendung vorgenommen werden, um eine spezifische Nutzung der Anwendung im Kontext des Mathematikunterrichts zu optimieren, die entweder stärker real oder virtuell geprägt ist.

Literatur

- Bruner, J., Olver, R., & Greenfield, P. (1971). *Studien zur kognitiven Entwicklung*. Klett.
- Lenz, K., & Lutz, T. (2024). Mit Augmented Reality enaktive und digitale Darstellungen im Mathematikunterricht vernetzen. In C. Bierbrauer, S. Ladel, & M. Platz (Hrsg.), *Förderung von prozessbezogenen Kompetenzen mit digitalen* (S. 164–181). Band 11 der Reihe Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien in der Primarstufe. WTM-Verlag.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., und Kishino, F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. SPIE 2351, *Telem manipulator and telepresence Technologies*, 282–292. doi: 10.1117/12.197321
- Müller, L. M. & Platz, M. (2023). Design of an Augmented Reality App for Primary School Students Which Visualizes Length Units to Promote the Conversion of Units. In A. Gerber & R. Baskerville (Hrsg.), *Design Science Research for a New Society 5.0* (S. 314–328). Springer.
- NCTM. (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Normand, J. M., Serviè res, M., & Moreau, G. (2012). A new typology of augmented reality applications. In: *Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 18, 1–8. <https://doi.org/10.1145/2160125.2160143>
- Platz, M. & Bierbrauer, C. (2024). ARithmetik – Augmented Reality zum Lehren und Lernen arithmetischer Inhalte in der Primarstufe. In B. Brandt & L. Bröll (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule IV. Aktuelle Trends in Forschung und Praxis* (S. 237–248). Waxmann.
- Steffen, A. (2022). *Digitale Lernbegleitungen bei der Bearbeitung von Raumvorstellungsaufgaben. Eine Interventionsstudie mit einem digitalen Spielsystem im frühkindlichen Bildungsbereich*. Waxmann.
- Urf, Chr. & Kromm, H. (2025). Der AR Zahlenstrahl im Schulhaus: Augmented Reality zur Vertiefung des Verständnisses von Zahlen. In: Steffen, A.; Lenz K., Schreiber, Chr. (Hrsg.). *Augmented Reality in Theorie und Praxis*. Band 13 der Reihe Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien. WTM Verlag.