

URFF, Christian
Friedrichshafen

Der AR Zahlenstrahl: Entwicklung einer Augmented Reality-App zur Förderung des Zahlverständnisses in der Primarstufe

Die Förderung des Verständnisses von Zahlrelationen und der Orientierung im Zahlenraum sind zentrale Ziele des Mathematikunterrichts in der Primarstufe. Der Zahlenstrahl nimmt dabei als durchgängiges Darstellungsmittel eine Schlüsselrolle ein (Höhtker & Selter, 1995). Durch seinen Abstraktionsgrad und seine Anwendbarkeit über verschiedene Zahlenräume hinweg ermöglicht er eine anpassbare visuelle und strukturierte Darstellung von Zahlen und Zahlbeziehungen. Allerdings zeigen sich in der Praxis typische Fehldeutungen wie die Vermischung von ordinaler und kardinaler Deutung oder die fehlerhafte Interpretation von Skalierungsstrichen (Schulz, 2018). Bei der Erkundung größerer Zahlenräume mangelt es zudem an passendem haptisch-kinästhetischem Veranschaulichungsmaterial.

Augmented Reality (AR) bietet neue Möglichkeiten, um virtuelle mathematische Darstellungen in größeren räumlichen Umgebungen erfahrbar zu machen. Während AR ein großes Potential für schulisches Lernen zugeschrieben wird (Hütthaler, 2020), gibt es bislang nur wenige fachdidaktische Apps und entsprechende Analysen zu Nutzungsweisen im Mathematikunterricht der Primarstufe (Müller et al., 2024). Die hier vorgestellte App *AR Zahlenstrahl* wurde als Design-Experiment (Cobb et al., 2003) entwickelt, um zu untersuchen, wie Augmented Reality das Verständnis von Zahlbeziehungen unterstützen kann. Die App zielt darauf ab, das Zahlverständnis durch die Verknüpfung von realen Größenverhältnissen mit einem unbegrenzten virtuellen Zahlenstrahl zu fördern.

Die AR Zahlenstrahl-App

Die App projiziert einen virtuellen Zahlenstrahl in die reale Umgebung. Dies eröffnet ein erweitertes Spektrum an Darstellungs- und Handlungsmöglichkeiten, um Größenverhältnisse und relationale Beziehungen zwischen Zahlen über die räumlichen Grenzen des Gerätes hinaus erfahrbar zu machen. Gerade in größeren Zahlenräumen ist dies bislang durch physisches Material kaum zu realisieren. Die Darstellung eines Zahlenstrahls ist mit der App auf jeder ebenen Fläche in der Umgebung möglich, beispielsweise im Klassenzimmer, auf dem Schulflur oder Schulhof. Durch Bewegen des Tablets können verschiedene Abschnitte des Zahlenstrahls erkundet werden. Die App bietet mehrere Modi (Zahl, Addition/Subtraktion, Multiplikation,

Strategien), mit denen Zahlen durch Markierungen und Rechenoperationen durch Bögen zwischen markierten Positionen visualisiert werden können.

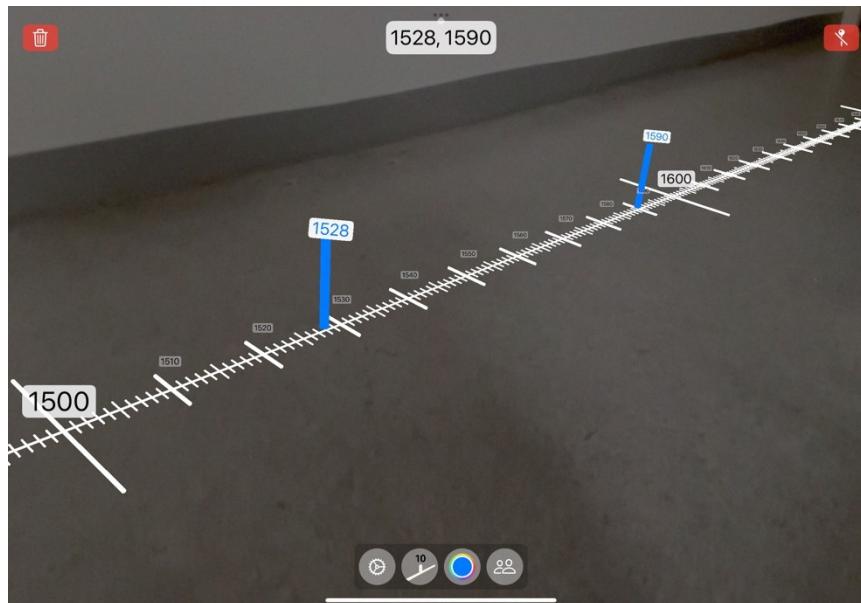


Abb. 1: Die App AR Zahlenstrahl im Modus "Zahl"

Über das physische Umhergehen im Raum erfahren Lernende Größenverhältnisse unmittelbar mit dem eigenen Körper. Der Zahlenstrahl lässt sich dabei flexibel konfigurieren: Sowohl der angezeigte Zahlenraum als auch die Anzeige der Markierungen und Beschriftungen können dynamisch angepasst werden. Diese Abstufung von stark strukturierter bis zu abstrakterer Darstellung soll den Prozess der mathematischen Abstraktion unterstützen.

Das virtuelle Arbeitsmittel ermöglicht vielfältige Lernsituationen im Zusammenhang mit passenden Aufgabenstellungen: Bei Aufgaben zur Zahlverortung können Lernende beispielsweise ihre Schätzungen direkt überprüfen und korrigieren. Die unmittelbare ikonische und symbolische Rückmeldung soll dabei die Entwicklung mentaler Zahlenraumvorstellungen fördern. Besonders anschaulich wird dies bei Aufgaben zum Erkunden von Zahlenbeziehungen. Beispielsweise ist beim Markieren von Zahlen wie 10, 100 und 1000 erfahrbar, wie sich die Abstände im Dezimalsystem verzehnfachen.

Entwicklungsbegleitende Evaluation

Die Entwicklung der App erfolgt nach dem Design-Based Research-Ansatz (Amiel & Reeves, 2008; Cobb et al., 2003). Digitale Werkzeuge werden dazu in mehreren Zyklen entwickelt, im Unterricht erprobt und iterativ verbessert (Hevner et al., 2004). Die Artifact-Centric Activity Theory (Ladel & Kortenkamp, 2016) bildet das Rahmenkonzept, um den Umgang mit digitalen Werkzeugen in mathematischen Lernprozessen zu analysieren. Zunächst wurde in einer ersten Phase die initiale Version der App mit Kindern der

dritten Klasse in mindestens zwei Unterrichtseinheiten erprobt. Dabei wurden Aufgaben zur Zahlverortung und zur Erkundung von Zahlbeziehungen gestellt, die in Kleingruppen bearbeitet wurden. Ziel war es, erste Rückmeldungen zu Akzeptanz, Bedienbarkeit und zum didaktischen Nutzen zu sammeln sowie Hypothesen zu Effekten des Einsatzes von AR zu entwickeln. In einer zweiten Phase ist geplant, mit der überarbeiteten Version der App eine umfangreichere Erhebung durchzuführen.

Erste Ergebnisse aus der Erprobung und Überarbeitung der App

Erste Erprobungen mit Grundschulkindern zeigen, dass die App besonders bei der Orientierung in Zahlenräumen weit über 100 Potentiale aufweist. Die Einbeziehung von körperlicher Bewegung in den Lernprozess ermöglichte neue Lernerfahrungen und Interaktionsprozesse im Hinblick auf die räumliche Orientierung beim Verständnis von großen Zahlen und dem Erkennen von relationalen Beziehungen zwischen Zahlen. Mit dem AR Zahlenstrahl waren die meisten der beobachteten Kinder in der Lage, Fehleinschätzungen bei der Verortung von Zahlen durch die unmittelbare visuelle Rückmeldung und die Möglichkeit der körperlichen Exploration direkt zu erkennen und zu korrigieren. Die Bereitschaft der Lernenden, sich mit der App und den gestellten Aufgaben vertieft auseinanderzusetzen, war zudem in der Erprobung bemerkenswert hoch.

Die Erprobung offenbarte auch verschiedene Herausforderungen und Notwendigkeiten für eine Überarbeitung der App. Die Benutzeroberfläche der App stellte für Erstanwender teilweise zu Beginn der Unterrichtseinheiten eine Herausforderung dar, da die Bedienkonzepte nicht vertraut waren und Zahlen manchmal schwer lesbar waren. Deshalb wurde unter anderem der Kontrast zwischen Hintergrundbild und Zahlenstrahl inzwischen erhöht. Bei der Verwendung der App in großen Zahlenräumen traten zudem Performance-Probleme auf, die in späteren Versionen durch Optimierungen behoben werden konnten. Es war für die Lernenden teilweise frustrierend, wenn sie leichte Korrekturen an Zahlmarkierungen vornehmen mussten, da jedes Mal die Zahlen neu markiert werden mussten. Die Manipulationsmöglichkeiten wurden deshalb inzwischen verbessert und erweitert. Mehrere Zahlen können nun gleichzeitig gesetzt und Zahlmarkierungen nachträglich verändert oder gelöscht werden. Eine Synchronisierung zwischen mehreren Geräten wurde ebenfalls in eine neue Version integriert, um kollaboratives Arbeiten in der Gruppe zu ermöglichen. Denn die Beschränkung der Bearbeitung von Aufgaben auf ein einzelnes Gerät erschwerte in der Erprobung die Zusammenarbeit bei Partner- und Gruppenarbeit. Bei jüngeren Kindern erwies sich das ständige Halten der Geräte als ermüdend und erschwerte die parallele Bearbeitung von Arbeitsblättern. Deshalb soll in zukünftigen

Versionen die Möglichkeit angeboten werden, Aufgabenstellungen und prozessbegleitende Hilfen und Rückmeldungen direkt in die App zu integrieren.

Fazit und Ausblick

Neben einem fachdidaktisch fundierten Design der App stellte die Leistungsfähigkeit und Flüssigkeit der Darstellung einen wichtigen Faktor für die Einsetzbarkeit der App im Unterricht dar. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass die AR-Anwendung besonders im Hinblick auf die Kombination von realer Umgebung und digitaler Veranschaulichung sowie die Vernetzung von räumlich-körperlichen Erfahrungen mit virtuellen Handlungsangeboten vielversprechende neue mathematische Lerngelegenheiten bieten können. Weitere Untersuchungen zur Nachhaltigkeit der Lerneffekte und zur Optimierung einzelner Gestaltungsmerkmale der App sind geplant.

Literatur

- Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>
- Hevner, A., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105.
- Höhtker, B., & Selter, C. (1995). Von der Hunderterkette zum leeren Zahlenstrahl. In G. N. Müller & E. Chr. Wittmann (Hrsg.): *Mit Kindern rechnen* (S. 165–178). Frankfurt (Main): Arbeitskreis Grundschule
- Hütthaler, M. (2020). Zur Relevanz von Augmented Reality in der Primarstufe: Chancen und Herausforderungen aus der Sicht angehender Lehrkräfte beim Einsatz von Augmented Reality. *R&E-SOURCE*. <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/885>
- Ladel, S., & Kortenkamp, U. (2016). Artifact-Centric Activity Theory – A Framework for the Analysis of the Design and Use of Virtual Manipulatives. In P. S. Moyer-Packenham (Hrsg.), *International Perspectives on Teaching and Learning Mathematics with Virtual Manipulatives* (S. 25–40). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32718-1_2
- Müller, L. M., Domonkos, A., Steinmayer, A. & Platz, M. (2024). MessbAR – Entwicklung und Evaluation einer Augmented Reality App im Größenbereich Längen. Bierbrauer, Ch., Ladel, S. & Platz, M., *Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der Primarstufe*. Bd. 10, WTM. <https://doi.org/10.37626/GA9783959873246.0>
- Schulz, A. (2018). Orientierung am Zahlenstrahl – Funktionen und Deutung. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (S. 1663–1666). WTM-Verlag. https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/37693/1/BzMU18_SCHULZ_Zahlenstrahl.pdf