

LUTZ, Tim & LENZ, Katja
Landau, Heidelberg

Einsatz von Augmented Reality zur Anreicherung physischer Materialhandlungen: Neue Wege zur Förderung des Stellenwertverständnisses im Mathematikunterricht der Primarstufe

Digitale Medien sind zunehmend ein Bestandteil von Lehr-Lernsituationen (KMK, 2016). Im Hinblick auf den Mathematikunterricht der Primarstufe wurde in den aktuellen KMK-Standards die prozessbezogene Kompetenz „Mit mathematischen Objekten und Werkzeugen umgehen“ aufgenommen, die unter anderem den Einsatz digitaler Werkzeuge im Mathematikunterricht vorsieht (KMK, 2022). Der Einsatz digitaler Medien stellt zahlreiche Möglichkeiten zur Bereicherung des Mathematikunterrichts in der Primarstufe bereit und bietet Potenziale für das Lehren und Lernen von Mathematik (Rink & Walter, 2020). Diese Potenziale können sich aber nur entfalten, wenn für die Gestaltung von digitalen Anwendungen und deren Einsatz eine konsequente Orientierung an mathematikdidaktischen Grundsätzen und Erkenntnissen erfolgt ("Primat der Fachdidaktik", Krauthausen, 2012). Für den Mathematikunterricht der Grundschule ist ein zentraler mathematikdidaktischer Grundsatz, die Entwicklung von Verständnis mit Materialhandlungen an geeignetem physischem Material zu unterstützen (Bruner et al., 1971). Insofern scheint der Einsatz von Augmented Reality (AR) eine gewinnbringende Einsatzmöglichkeit digitaler Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe zu sein. AR beschreibt eine Anreicherung der realen Welt mithilfe von digitalen Medien (z.B. Smartphones, Tablets), welche die folgenden Eigenschaften umfasst: AR (1) kombiniert physische und virtuelle Objekte in einer realen Umgebung, (2) arbeitet interaktiv und in Echtzeit und (3) setzt physische und virtuelle Objekte zueinander in Beziehung (Azuma, 1997).

Bezogen auf den Mathematikunterricht der Primarstufe birgt AR den Vorteil, dass Lernende weiterhin mit physischen Materialien arbeiten können und diese Materialhandlungen gezielt digital verarbeitet und angereichert werden können. So wird es beispielsweise möglich, die physischen Materialhandlung mit weiteren Darstellungen des mathematischen Inhalts zu verknüpfen sowie computergenerierter Rückmeldungen zur Handlung zu implementieren und zur individuellen Förderung adaptive Lernpfade anzulegen.

Die Möglichkeiten, die AR für das Lehren und Lernen mathematischer Inhalte in der Primarstufe bietet, sind jedoch bislang wenig beforscht. Da ein

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>

tragfähiges Stellenwertverständnis eine grundlegende Voraussetzung für die weitere mathematische Entwicklung darstellt und sich zugleich als besondere Hürde im mathematischen Lernprozess erweist (Gaidoschik et al., 2021), wird die identifizierte Forschungslücke anhand dieses Inhaltsbereichs aufgegriffen.

Ziel und Forschungsfragen

Ziel des vorliegenden Entwicklungs- und Forschungsprojektes ist die Entwicklung und Beforschung einer AR-Anwendung, die es Schüler*innen durch eine digitale Anreicherung von Materialhandlungen und eine computergenerierte Rückmeldung ermöglicht, ihr Stellenwertverständnis weiterzuentwickeln.

- Welche Nutzungsweisen der AR-Anwendung zeigen Lernende beim Lösen von Aufgaben?
- Inwiefern entfaltet der Einsatz von AR und die damit verbundene Anreicherung der physische Materialhandlungen lernförderliche Potenziale?

Methodisches Vorgehen

Im Forschungsprojekt wird der methodische Ansatz des Design Research genutzt. In Anlehnung an das Dortmunder Modell (Hußmann et al., 2013), wird eine AR-Anwendung zur Förderung des Stellenwertverständnisses in mehreren Designzyklen iterativ entwickelt und evaluiert. Um die Usability, die Nutzungsweisen sowie die lernförderlichen Potenziale der AR-Anwendung zu untersuchen, werden Designexperimente durchgeführt und die Lernenden anschließend in leitfadengestützten Interviews befragt. Die Analyse der Daten im Hinblick auf die Forschungsfragen erfolgt qualitativ und basiert auf Screencasts sowie Video- und Tonaufnahmen, welche die Interaktionen der Lernenden mit der AR-Anwendung sowie die Äußerungen der Lernenden im Interview dokumentieren. Die zentralen Erkenntnisse aus den Designexperimenten werden zur Weiterentwicklung und Anpassung der AR-Anwendung sowie zur Theoriebildung verwendet.

Ergebnisse

Im Folgenden wird die entwickelte AR-Anwendung (vgl. Abb. 1) vorgestellt. Über einen Spiegel, der mit einer 3D gedruckten Halterung am iPad befestigt werden kann, erfasst die Frontkamera in Echtzeit die physisch vorgenommenen Materialhandlungen auf dem Tisch. Dabei wird die Position von Einerwürfeln und Zehnerstangen erkannt und in weitere mathematische Darstellungen überführt (ikonische Darstellung, Zahlwort, Stellenwerttafel, Ziffernschreibweise).

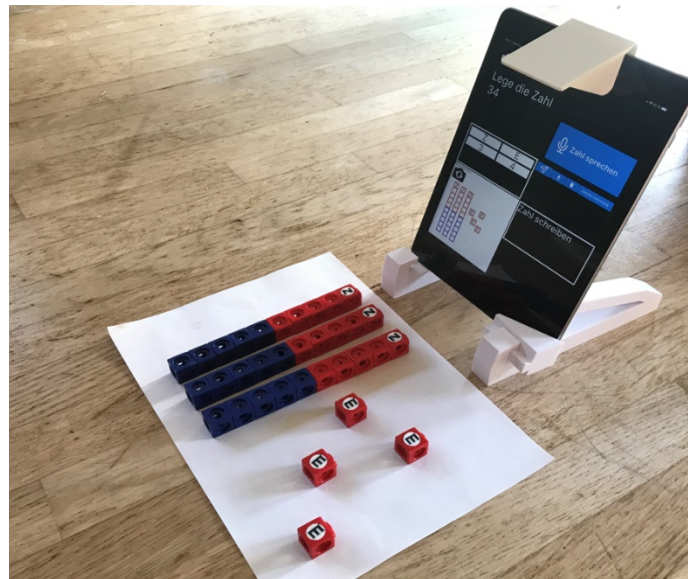


Abb. 1 Darstellung der AR Anwendung im Modus "(Diagnose)Aufgaben"

Die AR-Anwendung besitzt zwei Modi: (1) Freies Explorieren und (2) Bearbeiten von (Diagnose-)Aufgaben. In der Einstellung „Freies Explorieren“ werden keine Aufgabenstellungen ausgegeben. Frei gelegte Steckwürfelszenarien werden im Multirepräsentationssystem in alle in der App zur Verfügung stehenden mathematischen Darstellungen. Diese Anlage der AR-Anwendung als Multirepräsentationssystem nutzt damit das lernförderliche Potenzial unterschiedliche mathematische Darstellungen zu erkunden und miteinander zu vernetzen, was insbesondere das Verständnis mathematischer Inhalte unterstützen kann. Im Modus „Bearbeiten von (Diagnose-)aufgaben“ sind verschiedene Aufgabenstellungen an die Lernenden vorbereitet (Zahlen legen, z. B. "Lege die Zahl 31"; Zahlen gezielt verändern, z. B. "Lege die 31. Lege 5 Zehner dazu. Wie heißt die Zahl jetzt?"; Zahlen notieren, z. B. "Du hast 8 Einer und 4 Zehner. Schreibe die Zahl auf"). In diesem Modus müssen unterschiedliche Übersetzungsleistungen erbracht werden. Als Ausgangspunkt sind unterschiedliche Darbietungen der Aufgabe möglich: die Aufgabenstellung kann schriftlich, verbal oder ausgehend von einer anderen Darstellung im Multirepräsentationssystem z. B. anhand einer ausgefüllte Stellenwerttafel erfolgen. Darüber hinaus können die Lernenden ihre gefundene Lösung in verschiedenen Formaten abgeben (Spracheingabe, Materialerkennung, handschriftlichen Eingabe). Die Eingaben der Lernenden werden automatisiert überprüft und die Lernenden erhalten unmittelbar ein Feedback zur Aufgabenbearbeitung. Im Hinblick auf die Ermöglichung eines verstehensorientierten Feedbacks wurden auf Basis fachdidaktischer Erkenntnisse zu typischen Fehlern und Fehlvorstellungen (z. B. Zahlendreher, unvollständige Bündelungen, falsche Sortierung der Stellenwerte) Rückmeldungen vordefiniert.

Ausblick

Der Prototyp der AR-Anwendung besitzt aus theoretischen Gesichtspunkten ein großes Potenzial für das Mathematiklernen: (1) Er kombiniert physische Arbeitsmittel und digitale Medien, (2) synchronisiert und vernetzt Darstellungen, (3) gibt individuelles Feedback und (4) bietet die Möglichkeit adaptive Lernpfade zu implementieren. Insbesondere die Kombination von physischen Arbeitsmitteln und digitalen Medien im Sinne eines Multirepräsentationstools könnte besonderes Potenzial für ein verstehensorientiertes Mathematiklernen sein. Die digitale Verarbeitung und Anreicherung der physischen Materialhandlungen, bietet die Möglichkeit, dass sich Lernende intensiv mit der Bedeutung der Materialhandlungen auseinandersetzen und diese reflektieren. Dieses Nachdenken über Handlungen kann das Ausbilden von tragfähigen Vorstellungen befördern (Lorenz, 2013). Inwiefern Lernende von diesem dargestellten Potenzial tatsächlich profitieren können, wird in den anstehenden Designexperimenten empirisch untersucht.

Literatur

- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
- Bruner, J., Olver, R., & Greenfield, P. (1971). *Studien zur kognitiven Entwicklung*. Stuttgart: Klett.
- Gaidoschik, M. S., Moser Opitz, E., Nührenbörger, M., & Rathgeb-Schnierer, E. (2021). Besondere Schwierigkeiten beim Mathematiklernen. *Special Issue der Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 111S, 3-19. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.15952.64004>
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S., & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In M. Komorek, & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung genuin fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme* (S. 25-42). Münster u.a.: Waxmann.
- KMK (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- KMK (2022). *Bildungsstandards im Fach Mathematik Primarbereich*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 23.06.2022. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-Primarbereich-Mathe.pdf
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Heidelberg: Spektrum Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2277-4>
- Lorenz, J. H. (2013). Grundlagen der Förderung und Therapie. Wege und Irrwege. In M. von Aster & J. H. Lorenz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern, Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik* (S. 181–193). Vandenhoeck & Ruprecht.
- Rink, R., & Walter, D. (2020). *Digitale Medien im Mathematikunterricht. Ideen für die Grundschule*. Berlin: Cornelsen.