

Xenia-Rosemarie REIT, Essen

## **Augmented Reality in der analytischen Geometrie: Hat das Potenzial?**

Augmented Reality (AR)-Technologie kombiniert Realität mit computergenerierten Repräsentationen in Echtzeit (Milgram & Kishino, 1994). Beim Blick durch die Smartphone-Kamera scheint Realität und virtuelle Information gleichzeitig vorhanden und übergangslos verschmolzen zu sein (Azuma et al., 2001). Im Gegensatz zu dynamischer (Raum-)Geometriesoftware ergänzt AR Realsituationen durch virtuelle Objekte oder Informationen, anstatt sie durch Modellierungen zu ersetzen. Räumlich komplexe mathematische Situationen, wie man sie z.B. aus dem Mathematikunterricht in analytischer Geometrie kennt, können durch eigene Körperbewegung mit dem Smartphone erkundet werden. Körperbewegung, als intuitives Handlungsmuster zur Erkundung neuer Situationen, erlaubt eine Untersuchung der mathematischen Situation, die sonst nur als Schulbuchaufgabe beschrieben wird. Im Projekt MalAR (Mathematiklernen mit Augmented Reality) wird AR-unterstützter Mathematikunterricht im Bereich der analytischen Geometrie entwickelt und untersucht. Dabei wird die AR App GeometAR (entwickelt in der AG MATIS I von M. Ludwig an der Goethe-Universität Frankfurt) verwendet, so dass neben dem Smartphone – mittlerweile ein täglich benutztes Alltagsgerät – kein zusätzliches Device notwendig ist. Lagebeziehungen von Geraden und Ebenen, die sonst nur in symbolischer Sprache als Schulbuchaufgabe vorliegen, werden durch die AR-App GeometAR erfahrbare und erkundbar. Im Projekt MalAR werden Effekte auf das Raumvorstellungsvermögen und die Mathematikleistung untersucht.

### **Vorteile von AR im Mathematikunterricht**

Oftmals verhindern organisatorische Aspekte den Einsatz digitaler Medien im (Mathematik-)Unterricht. Kaum ein Klassenraum ist mit ausreichend PCs ausgestattet, Tabletunterricht ist nach wie vor nicht Standard, PC-Räume sind nur nach vorheriger Reservierung zugänglich, das Anmeldeverfahren an den PCs ist zeitraubend und die Verwendung neuer Programme erfordert mitunter lange Einarbeitungsphasen für die Lernenden. Die Smartphone-Kompatibilität von AR schafft hier einfache Abhilfe und erlaubt ein intuitives Arbeiten mit einem bekannten – dem eigenen – Alltagsgerät.

Auf kognitiver Ebene lassen sich mit AR Verbindungen zur Theorie der Embodied Cognition ziehen. Diese beschreibt den gegenseitigen Einfluss von physischer Interaktion und menschlichem Denken (Tran, Smith & Busch-

kuehl, 2017). Verschiedene Studien bestätigen den positiven Effekt von Körperbewegung und Lernen (u.a. Carbonneau, Marley & Selig, 2013). Repräsentationen, welche durch physische Bewegung erkundet werden können, reduzieren den „cognitive load“ (Sweller, 1988), ein Maß für die zur Verfügung stehende kognitive Kapazität. Mit AR können Lernende die im Schulbuch beschriebene mathematische Situation visuell erkunden, anstatt sie sich vorstellen zu müssen, so dass größere Kapazitäten für die eigentliche Problemlösung zur Verfügung stehen. Zusätzlich kann die räumlich-zeitliche Nähe von symbolischer und physischer Repräsentation zu einem besseren Verständnis zugrundeliegender mathematischer Konzepte beitragen (Bujak et al., 2013, S. 540). Die Möglichkeit der Handlungserfahrung durch AR, welche das mentale Operieren ergänzt, legt Effekte auf die Raumvorstellung nahe.

### **Das Projekt MalAR**

Im Projekt MalAR (Mathematiklernen mit Augmented Reality) wird der Einsatz von AR im Themenbereich analytische Geometrie mit Fokus auf Lernwirksamkeit und Raumvorstellungsvermögen untersucht. Aufgrund der bisher wenigen Studien und demzufolge wenigen Erkenntnisse zur Wirkungsweise von AR auf das Lernen von Mathematik, wird zur fundierten Formulierung von Wirkungshypothesen eine qualitative Laborstudie implementiert, in der Lernende erstmals typische Aufgaben zur Unterrichtsreihe „Ebenen im Raum“ mit AR-Unterstützung lösen. Folgende typische Schulaufgabe kann hierbei zum Einsatz kommen:

Gegeben ist die Ebene  $E_1: 2x - y - z = -1$  (grau in der Abb.). Gesucht ist eine Ebene  $E_2$ , die den Punkt  $A(3|1|2)$  enthält und orthogonal zur Ebene  $E_1$  ist. Bestimmen Sie die Schnittgerade  $g$  der beiden Ebenen.

Die Lernenden erhalten die Möglichkeit, mit der AR-App GeometAR die gegebene Situation, wie in der Abbildung dargestellt, zunächst in ihre Umgebung zu ergänzen und zu erkunden. Durch den Plus-Button kann eine Lösung eingegeben werden, welche dann in das Live-Kamerabild ergänzt wird (Lösung zur Aufgabe als türkise Ebene  $E_2$  in der Abb.). Mit der AR-App kann die in der Aufgabe rein textlich/symbolisch beschriebene mathematische Situation durch Veränderung der Kameraposition von verschiedenen Perspektiven analysiert werden. Lernende können mit der Kamera ihres Smartphones um die Situation herumlaufen oder sich ihr nähern, um sich z.B. zu vergewissern, dass die von ihnen bestimmte und eingegebene Ebene  $E_2$  tatsächlich durch den Punkt  $A$  verläuft.



Abb.: AR-App GeometAR: Beim Echtzeit-Blick durch die Kamera wurden mathematische Objekte (Koordinatensystem, Ebenen) ergänzt, welche durch Bewegung der Kamera erkundet werden können

Die durch diese Vorstudie gewonnenen Wirkungshypothesen sind anschließend Grundlage für die Hauptstudie, welche den Einsatz von AR im Unterrichtssetting im Rahmen einer mehrstündigen Unterrichtsreihe zu „Ebenen im Raum“ im Vergleich mit einer Kontrollgruppe untersucht.

Der Einsatz einer Betaversion von GeometAR in einer Unterrichtsstunde zu „Lage von Ebenen“ zeigte auf qualitativer Ebene eine hohe Motivation beim Bearbeiten der Aufgaben mithilfe der AR-App. Positive Äußerungen betrafen u.a. die intuitive Bedienung der App, die Möglichkeit der visuellen Überprüfung ihrer mit Stift und Papier bestimmten Lösungen, die einfache und schnelle Handhabung durch die Möglichkeit der Nutzung des eigenen Smartphones. Inwiefern sich lerntheoretische Effekte über diese Äußerungen hinaus, durch einen AR-unterstützten Unterricht, auf den naheliegenden Aspekt der Raumvorstellung und die Leistung nachweisen lassen, ist Gegenstand von MalAR.

### **Ausblick**

Physische Modelle geometrischer Objekte unterstützen das Lehren und Lernen in der Sek 1. Die wachsende Komplexität der Konstellationen in der Sek 2 machen den Einsatz physischer Modelle schwierig bis unmöglich. Noch

2001 konstatierten Borneleit et al. in einer Expertise zum Mathematikunterricht der gymnasialen Oberstufe, dass der Unterricht in analytischer Geometrie in der Sek 2 oftmals von einer Orientierung am Kalkülaspekt geprägt ist, weshalb keine aktive Sinnkonstituierung und eine einseitige Orientierung an Winters Grunderfahrung 2 erfolge (Borneleit, Danckwerts, Henn & Weigand, 2001, S. 78f.). Um rezeptartiges Lernen zu vermeiden bedarf es eines Unterrichts, der die Anschauung enaktiv, durch konkret-handelndes Operieren mit den mathematischen Inhalten unterstützt. Genau hier setzt AR an, indem mathematische Situationen mit der AR-App durch eigene Körperbewegung aktiv analysiert und visuell entdeckt werden können. Das tatsächliche Erkunden dreidimensionaler Konstellationen im Raum durch eigene Körperbewegung eröffnet neue Lehr-Lern-Möglichkeiten und damit zugleich den Bedarf an mathematikdidaktischer Forschung in diesem Gebiet. Die Verschmelzung von Realität und virtueller Information, wie dies mit AR möglich ist, bringt bisher disjunkte Welten zusammen. Insbesondere der Aspekt „räumliche Orientierung“, einer von 5 nach Maier (1999) wesentlichen Fähigkeitsaspekte der Raumanschauung, welcher einer Positionierung des Lernenden in der Konfiguration bedarf, kann durch AR direkt gefördert werden. Das Projekt MalAR strebt an, die bisherige Datenlage zur Raumanschauung zu ergänzen und Antworten auf noch offene Fragen zum Zusammenspiel der verschiedenen Aspekte zur Raumanschauung zu finden.

## Literatur

- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. & MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *Computers & Graphics*.
- Borneleit, P., Danckwerts, R., Henn, H.-W. & Weigand, H.-G. (2001). Expertise zum Mathematikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. *JMD* 22(1), 73–90.
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R. & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education* 68, 536–544.
- Carbonneau, K. J., Marley, S. C. & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 380–400.
- Maier, P. H. (1999). *Räumliches Vorstellungsvermögen, ein theoretischer Abriss des Phänomens*. Donauwörth: Auer Verlag.
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, 77(12), E77–D(12).
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Tran, C., Smith, B. & Buschkuehl, M. (2017). Support of mathematical thinking through embodied cognition: Nondigital and digital approaches. *Cognitive Research: Principles and Implications* 2:16.