

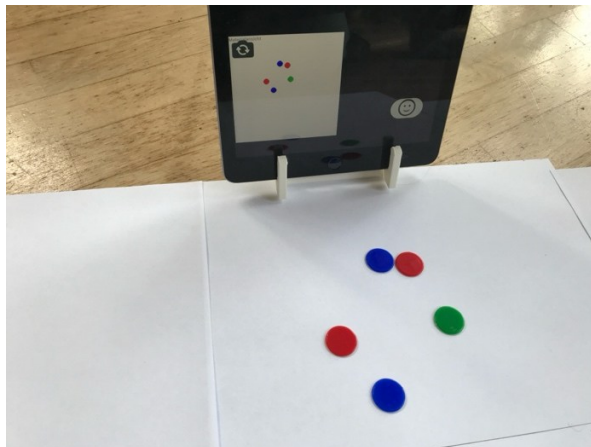
LUTZ, Tim  
Innsbruck

## Möglichkeiten der Erkennung physischer Materialien an der Schnittstelle zu digitalen Applikationen

Dieser Beitrag möchte Materialerkennungssysteme vorstellen, die in verschiedenen Forschungsprojekten zum Einsatz kommen. Unter anderem werden Elemente der App ZahLegAR vorgestellt, die auf Machine Learning basierende Materialerkennungssysteme nutzen.

In Verbindung damit kommen physische Materialien zum Einsatz, die auf der Fläche von ein bzw. bis ca. zwei DinA4 Blättern manipuliert werden können. Geeignet sind gängig verbreitete Anschauungsmittel bzw. sogenannte "manipulatives" aus dem Unterrichtsalltag.

Die manipulativ erfassbare Fläche entspricht in etwa dem Ausmaß einer Fläche, wie sie beim Einsatz eines Tablets, das auf einem Tisch positioniert ist, mit der Tabletkamera noch erfasst wird und dabei gleichzeitig weiterhin per Toucheingabe bedient werden kann (siehe Abbildung 1).



**Abb. 1:** Typischer Aufbau vorbereitet zur automatischen Auswertung von Materialhandlungen, hier am Beispiel von Farbplättchen

So bleiben beide Hände frei für die Ausführung händischer Materialmanipulationen. Die Interaktion mit dem physischen Material gestaltet sich, ähnlich wie bei VR-Systemen mit Handtracking. Damit grenzt sich ZahLegAR ab gegenüber AR-Anwendungen, die die Beweglichkeit der augmentierten Perspektive und den damit einhergehenden Fokus auf dreidimensionale Objekte in den Mittelpunkt stellen.

Die Art der Augmentierung gestaltet sich somit grundlegend anders als bei Anwendungen, bei denen die Funktionalität hauptsächlich durch einen perspektivischen Wechsel der Kameraposition entsteht, so etwa wie bei der Anwendung GeoGebra AR.

In: L. Schick, M. Platz & A. Lambert (Hrsg.),  
Beiträge zum Mathematikunterricht 2025.

Die für den Schulalltag konzipierten Modelle müssen eine ausgewogene Mischung zwischen störungsfreier Bedienbarkeit, zuverlässiger Erkennung und schneller Verarbeitung der Daten bereitstellen.

Bezüglich der Beachtung von Datenschutzvorgaben bei Videoaufnahmen kann festgestellt werden, dass diese vollumfänglich berücksichtigt werden. Gewährleistet wird dies durch die vollständige Verarbeitung aller entstehender Videodaten lediglich auf dem eigenen Endgerät. Zu keinem Zeitpunkt werden Videodaten an andere Stellen weitergegeben, was einsetzende Lehrkräfte entlasten kann. Gleichzeitig gewährleistet die Verarbeitung auf dem eigenen Endgerät wirkungsvoll die Skalierbarkeit bezogen auf die Anzahl der User. Mit nativen Applikationen für iOS und Android wird die lokale Datenverarbeitung ermöglicht. Die hauptsächliche Berücksichtigung der Anwendbarkeit der App liegt auf der Darstellbarkeit auf dem Geräteformat iPad, da es sich um die an (Partner-)Schulen am meisten verbreitete Plattform handelt.

Der App Ansatz ist auf Multirepräsentationssysteme angelegt (Lutz & Lenz, 2024a-c) und lässt sich daher auf vielfältige Anwendungsbereiche adaptieren.

### **Materialien zur Erkennung und deren Anwendung**

Im Folgenden werden bereits als Modell umgesetzte Beispiele gezeigt.

#### **Steckwürfel und Steckwürfel mit Buchstabeninlays**

Im Kontext der Diagnose und des Aufbaus von Vorstellungen zum Stellenwertsystem wurde die Erkennung handelsüblicher Steckwürfel und von Steckwürfeln mit 3D-gedruckten flexibel anbringbarer Buchstabeninlays entwickelt. Beim Einsatz von Steckwürfeln als Dienesmaterial können verschiedene Materialhandlungen beschrieben werden, die am ursprünglichen Dienesmaterial selbst nur mit Tauschvorgängen möglich sind. Beispiel: Die Rechnung " $10-3=7$ " wäre mit Dienesmaterial etwa so durchzuführen: Eine Zehnerstange liegt bereit. Drei Einerwürfel sollen abgezogen werden. Die Zehnerstange wird in 10 Einerwürfel getauscht. D.h. Die Zehnerstange wird aus dem Agitationsumfeld entfernt und durch 10 Einerwürfel ersetzt. Von diesen 10 Einerwürfeln werden nun drei der Einerwürfel entfernt. Bei der Steckwürfelverwendung als Dienesmaterial erfolgt im Gegensatz dazu die Entbündelung mittels einer Flip-Bewegung der Hand, ähnlich der Handlung beim Umdrehen von Wendepfättchen. Die beschriebene und weitere Materialhandlungen wurden bereits unter Verwendung der App untersucht (Lutz & Lenz, 2024a-c).

## **Wendeplättchen**

Wendeplättchen sind gängiges Anschauungsmittel zum Einsatz im Mathematikunterricht in der Primarstufe. Die Möglichkeiten der Erkennung von Wendeplättchen sind daher ebenso vielseitig. So können Anzahlen unter Berücksichtigung von Teilmengen dargestellt werden, zweifarbige Muster können entwickelt werden. Auch das freie Werfen von Wendeplättchen wird gerne im Kontext des Themas "Zufallsexperimente" eingesetzt. Im Projekt MathAptiv (Schuler, Streit, Zahnd, Lutz) findet die Erkennung von Wendeplättchen zum Zwecke der Diagnose im Bereich Zahlverständnis Anwendung.

## **Farbplättchen**

Die zuverlässige Erkennung von Plättchen in vier Farben (gelb, rot, grün, blau) ermöglicht komplexere Aufgabenbearbeitungen, bei denen physische Manipulation zum Musterverständnis automatisiert ausgewertet werden können.

Auch die automatisierte Erkennung und Auswertung der Ausführung komplexerer Aufgabenstellungen wird möglich: "Lege das auf dem Bildschirm gezeigte Muster nach", "Führe das Muster fort" usw.

Dieses Materialerkennungssystem wurde für die Diagnoseanforderungen des Projektes MathAptiv entwickelt, um die bereits zuvor vom Autor entwickelte rein digitale Diagnosestellung im Bereich Musterverständnis zu ergänzen mit physischem Material.

## **Spiel- und Rechengeld**

Franke und Ruwisch (2010, S. 134) beschreiben Ideen zum Thema "Einkaufen" als unerschöpfliche Quelle, "insbesondere für das Nachspielen und für Rollenspiele". Vielfältige Variationen sind dabei möglich: "Preissenkung, Einkaufen mit vorgegebenem Einkaufszettel, Einkaufen mit Preisvergleich (billigster und teuerster Anbieter), Einkaufen mit limitiertem Budget (10 €, 100 €, ...) etc". So wird es möglich, Aufgabenstellungen von Franke und Ruwisch durch das vom Autor entwickelte Materialerkennungsmodell aufzugreifen und dabei den Aufgabenanweisungen von Franke und Ruwisch zu folgen: "Spielt die Sachaufgabe nach [...]: Leg mit Rechengeld die genannten Beträge! Was stellst du fest? – Nimm für jedes Kind [...] ein Plättchen und leg die Situation nach."

## **Wabis**

Für den Einsatz beim verständnisorientierten Unterrichten von Bruchzahlen und Bruchrechnen kommt das Material "Wabis" zum Einsatz (Berres et al.,

2023; Roth, 2023). Grundlage für die Wabis sind Legeteile (Patternblocks), die aus der Zerlegung eines gleichmäßigen 6-Ecks entstehen.

In der Sekundarstufe sind diese Wabis geeignet zur Vorbereitung der Bruchrechnung. In der Primarstufe ist ein Einsatz mit eingeschränktem Tileset (engl. tile, variable Elemente zum geometrischen Legen in der Ebene) möglich und kann durch die bestehende Materialerkennung zur Umsetzung von Diagnoseaufgaben weiterentwickelt werden.

### **Limitationen**

Durch die bewusste Wahl einer einzelnen, praktikablen Perspektive ergeben sich Limitationen für die Diagnose von Materialhandlungen, die mehrdimensional durchgeführt werden. Die feste Perspektive entsteht durch die Erfassung der per Spiegel auf die Tischplatte umgelenkte Ansicht der Tablet-Front-Kamera. Die Einschränkung durch die gewählte feste Perspektive hat zur Folge, dass nur Materialien eindeutig eingeordnet werden, für die eine einzelne Perspektive zur Identifikation ausreicht. Die Erkennung gestapelter Materialien, wie sie etwa beim Bauen von Würfelgebilden entstehen, könnte mit dem ausgeführten Konzept nur unzulänglich erkannt werden. Da das Einnehmen verschiedener Perspektiven ohne Wechsel des Standorts der Konstruktion der installierten Kamera bei Tablets widerspricht, müssen Nutzer durch händisches Umpositionieren ausgleichen. Eine nicht erwünschte Folge davon wäre, dass Diagnose und Materialhandlung nur nacheinander ablaufen könnten, da ein Nutzer entweder nur die Kamera schwenken oder mit dem Material interagieren kann. Erst durch die Kooperation mehrerer Personen kann wieder das Konzept der Multirepräsentation wiederhergestellt werden.

### **Literatur**

- Berres, C., Bolz, L., Burckgard, K., Kempf, F., Engelhardt, A., Ossadnik, H. & Roth, J. (2023). Anteile bilden und Brüche verstehen mit WABIs. *Mathe-Welt*, 236.
- Franke, M. & Ruwisch, S. (2010). *Didaktik des Sachrechnens in der Grundschule*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Lutz, T. & Lenz, K. (2024a). Mit Augmented Reality enaktive und digitale Darstellungen im Mathematikunterricht vernetzen. In *Band 11 der PriMaMedien: Förderung von prozessbezogenen Kompetenzen mit digitalen Medien*.
- Lutz, T. & Lenz, K. (2024b). *Materialhandlungen von Lernenden bei Bündelungsprozessen während der Nutzung der Augmented Reality Anwendung „ZahLegAR“*.
- Lutz, T. & Lenz, K. (2024c). *Einsatz von Augmented Reality zur Anreicherung physischer Materialhandlungen: Neue Wege zur Förderung des Stellenwertverständnisses im Mathematikunterricht der Primarstufe*.
- Roth, J. (2023, 15. November). *Grundvorstellungen zu Brüchen aufbauen mit WABIs. Bruchzahlen und Bruchrechnung verständnisorientiert unterrichten*.