

Experimente mit Augmented Reality erweitern: Einblendung virtueller Objekte mit GeoGebra am Spiegel

Albert Teichrew und Roger Erb
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Überblick

Schwierigkeitsgrad	für Fortgeschrittene
Vorbereitungsaufwand	mittel
Fächer	Physik
Durchführungsdauer/Zeitaufwand	1 Doppelstunde
Zielgruppe	Klassenstufe 7
Themengebiet	Reflexion am ebenen Spiegel
Ziele	<ul style="list-style-type: none">◆ Lehrkräfte können mit diesem Ansatz Spiegelbilder mit dem Reflexionsgesetz mithilfe von Augmented Reality (AR) verknüpfen.◆ Schülerinnen und Schüler können mit Smartphones oder Tablets Winkel messen und das Reflexionsgesetz entdecken.◆ Schülerinnen und Schüler können die Beobachtung eines Spiegelbildes mit der Reflexion des Lichts erklären.
Kompetenzbereiche	Problemlösen und Handeln: 5.4.1

► **Worum geht es?** GeoGebra ist eine Geometrie-Software, mit der Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler geometrische Konstruktionen dynamisch modellieren können. Digitale Modelle zum Lernen und Arbeiten lassen sich auf der Webseite von GeoGebra finden oder werden per QR-Code mit den Schülerinnen und Schülern geteilt. Mit der AR-Funktion der App GeoGebra 3D Grafikrechner ist es darüber hinaus möglich, die Modelle auf beliebige Strukturen einzublenden. Bei Veränderung der Position eines Smartphones oder Tablets bleiben die virtuellen Objekte an der zugewiesenen Stelle des von der Kamera eingefangenen Bildes.

Im Physikunterricht lassen sich durch diese Technik reale Experimente mit virtuellen Messwerkzeugen und Visualisierungen physikalischer Konzepte erweitern. Für ein besseres Verständnis der Optik werden in dem vorgestellten Einsatzszenario Lichtwege am ebenen Spiegel modelliert und über die reale Beobachtung eines Spiegelbildes eingeblendet. Um sich im Vorfeld mit der Technik vertraut zu machen, lernen die Schülerinnen und Schüler zunächst die Winkelmessung mit AR anhand einer detaillierten Schritt-für-Schritt-Anleitung kennen. Danach wird das digitale Medium genutzt, um mithilfe des Reflexionsgesetzes die Beobachtung des Spiegelbildes zu erklären.

Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** QR-Code scannen
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Lichtausbreitung, Streuung und Sehvorgang

Ausstattung

▶ Geräte und Materialien

Geräteanzahl	Betriebssystem	Gerätetyp
<input type="checkbox"/> nur Lehrkraft <input checked="" type="checkbox"/> 1 Gerät pro Gruppe <input type="checkbox"/> 1:1-Ausstattung	<input checked="" type="checkbox"/> iOS <input checked="" type="checkbox"/> Android <input type="checkbox"/> Windows <input type="checkbox"/> macOS <input type="checkbox"/> Linux	<input checked="" type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Notebook <input type="checkbox"/> Desktop-PC

Zusätzlich werden pro Gruppe eine Spiegelkachel mit Halterung, eine Münze und eine Experimentierleuchte benötigt. Für die Erkennung der Fläche reicht ein kariertes Blatt Papier als Unterlage. Für den Vergleich der digitalen und analogen Messung wird außerdem eine herkömmliche Winkelscheibe verwendet.

▶ Software

App bzw. Programm	Kosten	Kompatibilität	Funktion	Internet benötigt?
GeoGebra 3D Grafikrechner	kostenlos	iOS, Android	Einblendung von GeoGebra-Modellen auf reale Strukturen mit der AR-Funktion	partiell

- ▶ **Web-Ressourcen** **GeoGebra:** Die Seite zur Erstellung und Bearbeitung von Materialien für den Mathematik- und Physikunterricht mit einer Dynamische-Geometrie-Software finden Sie auf www.geogebra.org.

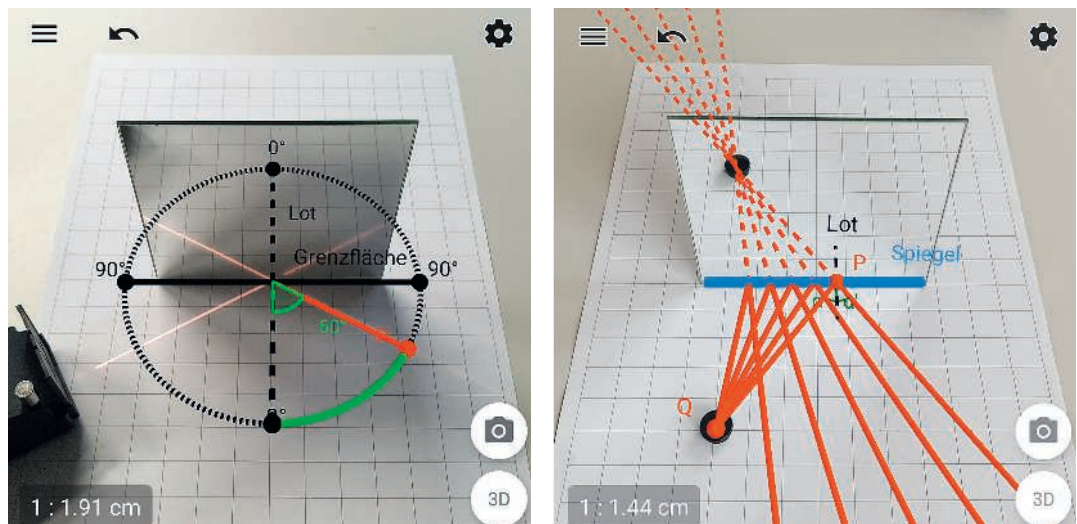
Einsatz im Unterricht

► **Wie geht das?**

Die erste Lernaktivität ermöglicht, mithilfe der AR-Technik Winkel zu messen. Sie dient neben der Entdeckung des Reflexionsgesetzes zur Einführung der AR-Funktion. Über den angegebenen Link gelangen Sie zum GeoGebra-Modell einer Winkelscheibe. In dem Modell sind eine Strecke, die den Ort einer Grenzfläche markiert, und das Lot auf diese Strecke konstruiert. Der Punkt P lässt sich um die Scheibe herum bewegen, und es wird an jeder Stelle der Winkel zum Lot angezeigt.

Um diese Winkelscheibe als virtuelles Objekt in eine reale Situation einzublenden, installieren Sie zunächst die App GeoGebra 3D Grafikrechner auf einem AR-fähigen Smartphone oder Tablet. Über einen QR-Code lässt sich das Modell der Winkelscheibe in der App öffnen. Tippen Sie in der 3D-Ansicht auf den AR-Knopf unten rechts, damit die Kamera eingeschaltet wird. Bewegen Sie nun das Gerät etwas herum, um die Flächenerkennung zu aktivieren. Tippen Sie danach auf eine Stelle der erkannten Fläche, und die virtuelle Winkelscheibe wird eingeblendet. Es werden keine speziellen Marker für diese Art der AR benötigt. Sie haben damit die Freiheit, 3D-Objekte auf beliebige Strukturen einzublenden. Das zieht allerdings auch die Aufgabe nach sich, das Objekt selbstständig im Raum anzuordnen. Mit zwei Fingern können Sie die Winkelscheibe an die richtige Stelle bewegen, drehen sowie vergrößern oder verkleinern (Pinch-to-Zoom). Wird dieses Modell mithilfe der AR-Funktion vor einem aufrechten Spiegel eingeblendet, dann lässt sich auf der einen Seite des Lots der Einfallswinkel einstellen und auf der anderen Seite der Reflexionswinkel messen (siehe Abb. 1 links). Die digitale Winkelscheibe ersetzt in diesem Fall die analoge Messung und bietet zunächst nur eine kleine funktionale Verbesserung: Die Winkel werden wie in der Physik üblich stets vom Lot aus gemessen. Es sollte auch die Messung mit der herkömmlichen Winkelscheibe durchgeführt und ein Vergleich gezogen werden.

Im Modell zum Spiegelbild werden hingegen verschiedene Lichtwege einer Punktlichtquelle Q betrachtet, die auf einen Spiegel auftreffen und nach dem zuvor entdeckten Reflexionsgesetz reflektiert werden. Die Lichtwege werden hinter den Spiegel verlängert und kreuzen sich dort in einem Punkt, der den Ort des Spiegelbildes markiert. Wird dieses Modell vor dem Spiegel eingeblendet und liegt der Punkt Q über einem flachen Objekt, dann kreuzen sich die Verlängerungen an dem Ort, wo wir auch das Spiegelbild des Objekts sehen (siehe Abb. 1 rechts). Wird die Kamera hinter oder neben den Spiegel bewegt, ist das Spiegelbild nicht mehr sichtbar, die Kreuzung der verlängerten Lichtwege deutet jedoch immer noch den scheinbaren Ort des Spiegelbildes an. In diesem Fall erweitern virtuelle Objekte reale Strukturen so, dass nicht beobachtbare Elemente zum Verständnis der Entstehung des Spiegelbildes beitragen. Das digitale Medium ermöglicht damit, neuartige Lernaktivitäten durchzuführen, die ohne diese Technik nicht möglich wären.



▲ **Abb. 1** Screenshots der AR-Ansicht zur Winkelmessung (links) und Entstehung des Spiegelbildes (rechts), durchgeführt mit der App GeoGebra 3D Grafikrechner

► **Wie kann ich das in meinen Unterricht übertragen?**

Installieren Sie auf den von den Schülerinnen und Schülern verwendeten Geräten die App GeoGebra 3D Grafikrechner aus dem jeweiligen Store. Laden Sie auf den Seiten der GeoGebra-Modelle die passenden Arbeitsblätter herunter. Dort finden Ihre Schülerinnen und Schüler nach einer kurzen Einführung in das jeweilige Thema die QR-Codes sowie Aufgaben und Schritt-für-Schritt-Anleitungen für das weitere Vorgehen bezüglich des Modells und des AR-Experiments.

► **Was muss ich beachten?**

Prüfen Sie, ob die verwendeten Geräte grundsätzlich über die AR-Funktion verfügen. Die allgemeinen Voraussetzungen sind ein Gerät mit iOS 11 und einem A9 Prozessor oder neuer bzw. mit Android 7.0 oder neuer. Eine detaillierte Liste der unterstützten Geräte ist auf developers.google.com/ar/discover unter „ARCore supported devices“ zu finden.

Des Weiteren ist die Qualität der Kamera für die Qualität der AR-Erfahrung entscheidend. Die Ortsfestigkeit der Modelle kann durch eine intensivere Phase der Flächenerkennung verbessert werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten sich etwas Zeit lassen und einen größeren Bereich um das Experiment erfassen, bevor sie das Modell einblenden. Es ist zu empfehlen, zurück in die 3D-Ansicht zu wechseln und den AR-Modus neu zu starten, wenn keine Fläche erkannt wird oder das Modell nicht an seiner zugewiesenen Stelle bleibt. Der Raum sollte auch nicht zu sehr abgedunkelt werden.

Nach dem ersten Scannen des QR-Codes werden die Modelle bei Android automatisch in der App gespeichert. Es wird für die weitere Arbeit mit dem Modell also keine Internetverbindung benötigt. Allerdings sollten die Schülerinnen und Schüler permanente Änderungen am Modell, wie das Löschen von Elementen, beim Verlassen verwerfen und nicht speichern. Ansonsten muss der QR-Code vor dem nächsten Einsatz erneut gescannt werden. Auf Apple-Geräten können die Modelle zurzeit nur über die Teilen-Funktion als GeoGebra-Datei (Dateiendung .ggb) in einem Ordner gesichert werden und beim nächsten Einsatz ebenfalls über die Teilen-Funktion an die App weitergeleitet werden.

Material für den Unterricht

► **Weiterführende Materialien**

Winkelscheibe

Das GeoGebra-Modell mit Arbeitsblatt zur Messung der Reflexionswinkel finden Sie auf www.geogebra.org/m/qpphuc7e.

Spiegelbild

Das GeoGebra-Modell mit Arbeitsblatt zur Entstehung des Spiegelbildes durch Reflexion finden Sie auf www.geogebra.org/m/f2h7ur5r.



Weiterführende Literatur

Teichrow, A. & Erb, R. (2020). How augmented reality enhances typical classroom experiments: Examples from mechanics, electricity and optics. *Physics Education*, 55(6), 065029. doi.org/10.1088/1361-6552/abb5b9