

PUMA : Optiklabor - Optimierungsbedarf in der Optiklehre, Lösungsansätze via WebAR & ein erstes Studiendesign auf der Grundlage von Design-Based Research

Stefan Kraus, Thomas Trefzger

Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
stefan.kraus@physik.uni-wuerzburg.de

Kurzfassung

Optik und deren Schülerfehlvorstellungen werden standardmäßig in den Veranstaltungen der Physik-Fachdidaktik behandelt. Dennoch treten einige Probleme bei den Schülerinnen und Schülern auf. Um diesen entgegen zu wirken, wird im Projekt „PUMA : Optiklabor“ eine webbasierte Augmented Reality Applikation programmiert, die mittels eigens entwickelter Unterrichtsbausteine eben diesen Fehlvorstellungen entgegenwirken soll. Dabei wird auf das Prinzip „Design-Based Research“ [1] zurückgegriffen, um effektives und praxistaugliches Material sowie eine passende Webanwendung zu implementieren. Der Beitrag thematisiert die wichtigsten Fehlvorstellungen und skizziert die geplante Studie.

1. Optikunterricht in der Schule: Anschaulich und doch intransparent

Während Optik einerseits ein schönes und lebensnahes Thema im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 darstellt, sorgen die zugrunde liegenden Modelle oftmals für nichttriviale Hürden. Je nach Bundesland wird der Optik mehr oder weniger Bedeutung zugemessen, teils aber als Thema, dessen Inhalte in den darauffolgenden Jahrgangsstufen wenig gefragt sind, in die letzten Wochen des Schuljahres geschoben.

Umso mehr liegt es daher an der Lehrkraft, die physikalischen Grundlagen und den Umgang mit den Modellen solide und anschaulich zu vermitteln.

2. Eine WebAR-Applikation zur Unterstützung

Augmented Reality bietet die Möglichkeit, die reale Welt mit virtuellen Inhalten zu verschmelzen. Dieser Vorteil lässt sich in der Optik nutzen, um Modelle sichtbar machen und weitere Informationen bereitstellen zu können. [2] Um den Einstieg in diese Welt möglichst niederschwellig zu gestalten, wird die zugrunde liegende App in diesem Projekt nicht nativ (zur Installation auf dem Gerät) implementiert. Es kommen Web-Techniken zum Einsatz, die auf allen

gängigen Betriebssystemen gleichermaßen funktionieren. Ziel ist dabei die Verwendung im Unterricht ohne Vorlaufzeiten für Installation und damit einhergehende Probleme wie dem Einholen von Installationsrechten zu ermöglichen. „Parental Control“ bezeichnet dabei die Möglichkeit für Eltern, Rechte ihrer Kinder wie die Befugnis zur Installation von Applikationen einzuschränken. Mit steigendem Sicherheitsbewusstsein der Eltern für ihre Kinder im digitalen Umfeld sind „Parental Control“ – Programme inzwischen weit verbreitet. [3]

Die Bereitstellung von Augmented Reality via Webprogrammierung ist noch relativ jung, so dass abzuwarten bleibt, wie gut Bilderkennung etc. in der Praxis auch auf verschiedensten Geräten und Betriebssystemversionen überzeugen. Auch diese Praxistauglichkeit ist Teil des Forschungsinteresses. Bei der Implementierung wird auf JavaScript-Frameworks zurückgegriffen die einerseits die Augmentierung, andererseits aber auch die 3D-Darstellung mit Hilfe von WebGL unterstützen. [4]

Die WebAR-Applikation bietet ein Optiklabor mit verschiedenen Gegenständen wie Laser, Linsen und Spiegeln, das die Schülerinnen und Schüler wie eine

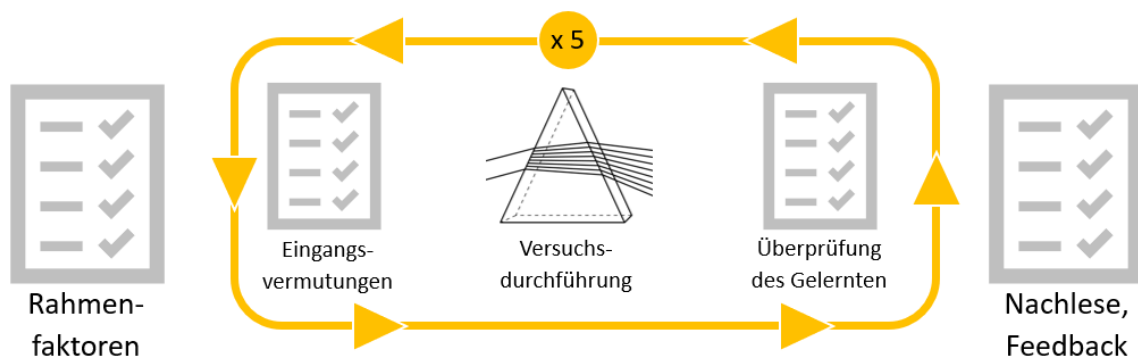


Abb. 1 Aufbau der Feldstudie mittels fünf Unterrichtsbausteinen nach wiederkehrendem Muster, eingerahmt von Fragebögen zu Rahmenfaktoren und Nachlese

Simulation nutzen können, wobei die haptische Komponente den Immersionsgrad gegenüber reinen Computersimulationen erhöht. Nutzerinnen und Nutzer „experimentieren“ dabei mit Kärtchen, auf denen Marker aufgedruckt stehen. Jedes Kärtchen steht für ein Bauteil, das beim Blick auf den Bildschirm des Smartphones oder Tablet-PCs sichtbar wird. Dabei werden die Lichtstrahlen und deren Eigenschaften simuliert. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, physikalische Größen im laufenden Versuch zu ändern.

Hierbei spielerisch gewonnene Erfahrungen und sichtbare Modelle sollen dazu beitragen, Schülerfehlvorstellungen entgegen zu wirken. Im Gegensatz zu anderen Augmented-Reality-Projekten handelt es sich hierbei um eine AR-gestützte Simulation, die kein Realexperiment voraussetzt. So kann die Applikation auch im Rahmen von Hausaufgaben genutzt werden. Auch ist der Kostenaufwand für die Durchführung der Übungen im Gegensatz zu teuren Materialien von Lernmittelherstellern auf ein Blatt Papier begrenzt.

3. Bereiche von Schülerfehlvorstellungen

In der Literatur finden sich schon seit vielen Jahren zahlreiche Schülerfehlvorstellungen in der Optik. [5] Da Ziel des Dissertationsvorhabens ist, diese Ansichten zu korrigieren, werden diese in vier Fachbereiche der Sekundarstufe 1 eingeteilt. Dazu werden insgesamt fünf Unterrichtsbausteine konzipiert, deren Durchführungen gezielt auf die Vorstellungen einwirken sollen. Diese Bausteine stellen jeweils eine Unterrichtsstunde dar, die von den Lehrkräften flexibel in den eigenen Unterricht integriert werden können.

3.1. Licht & Sehen

Gängige Fehlvorstellungen: [6]

- „Sehen heißt: Aktiv hinschauen.“
- „Licht ist ruhende Helligkeit.“
- „Licht breitet sich linienförmig als Lichtstrahl aus.“
- „Sehen geht auch ohne Licht.“
- „Schatten: Eine Substanz, die Körper ausströmen.“
- „Beleuchtungsvorstellung: Mit Licht bestrahlte Gegenstände sind sichtbar.“

Zu diesem Bereich entsteht der Baustein „Sichtbarkeit“. Er lässt die Lernenden spielend erfahren, wie sich Licht ausbreitet und welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit ein Körper sichtbar ist oder dass sich ein Schatten bildet.

3.2. Reflexion

Gängige Fehlvorstellungen: [6]

- „Ping-Pong: Vor der Reflexion ist nach der Reflexion.“

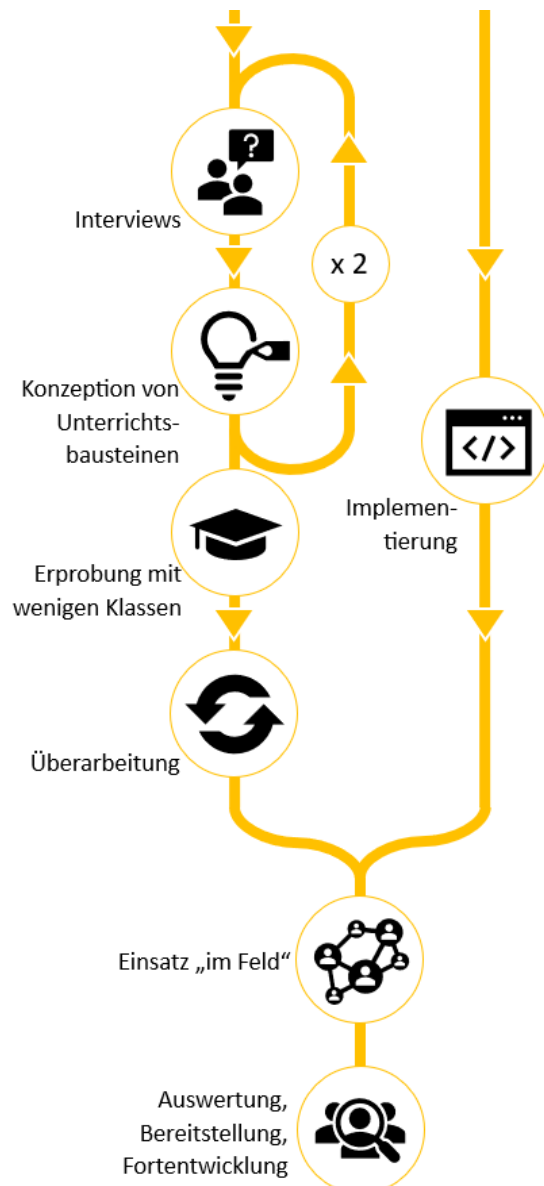


Abb. 2 Die Projektphasen im Überblick

- „Licht bleibt an der Oberfläche liegen und macht einen hellen Lichtfleck.“
- „Das Spiegelbild liegt auf dem Spiegel.“
- „Spiegelbilder sind seitenverkehrt.“

Der Unterrichtsbaustein „Abbildungen am Spiegel“ soll den Fehlvorstellungen im Bereich Reflexion entgegenwirken. Dabei werden insbesondere die Strahlengänge und die Lage des virtuellen Bilds sichtbar gemacht.

3.3. Lichtausbreitung & optische Linsen

Gängige Fehlvorstellungen: [6]

- „Brechung = Reflexion“
- „Bilder wandern als Ganzes.“
- „An der Abbildung durch die Linse sind nur Mittelpunkt-, Parallel- und Brennpunktstrahl beteiligt.“
- „Ein Lichtbündel endet im Brennpunkt“

- „Die Sammellinse dreht das Bild, deshalb steht es auf dem Kopf.“
- „Der Linsendurchmesser bestimmt die Bildgröße.“
- „Ohne Schirm kein Bild.“
- „Die Sammellinse dreht das Bild, deshalb steht es auf dem Kopf. (links-rechts-Umkehr nicht wahrgenommen)“
- „Licht kann mehr oder weniger werden.“

Diesem komplexeren Themenbereich werden zwei Unterrichtsbausteine gewidmet: Zunächst erforschen die Schülerinnen und Schüler die „Lichtbrechung“. Neben bekannten Übergängen wie bei Glasblöcken könnte dies auch bei Luftblasen unter Wasser oder Lichtleitern geschehen. Auch können Brechungsindizes während des Versuchs geändert und die Auswirkungen beobachtet werden.

Im nächsten Schritt wird der Übergang zur optischen Linse nachvollzogen. Der Baustein „Abbildungen an Linsen“ behandelt den Weg einzelner und vieler Lichtstrahlen durch Linsen. Dies mündet in der Beobachtung des Brennpunkts einer Sammellinse und der Bildentstehung auf einem Schirm.

3.4. Auge

Gängige Fehlvorstellungen: [7]

- „Die Pupille ist kein Loch, sondern ein schwarz eingefärbter Teil des Auges.“
- „Ich sehe nur mit den Augen. Eine Verbindung zwischen Augen und Gehirn existiert nicht.“

Zuletzt dürfen die Jugendlichen bei der Unterrichtsstunde „Strahlengang im Auge“ eben diesen in einem virtuellen Augenmodell beobachten. Normal- und Fehlsichtigkeit, sowie Hilfsmittel zu deren Korrektur sollen so spielerisch veranschaulicht werden.

4. Studiendesign & weiterer Verlauf

Parallel zur aktuell laufenden Implementierungsphase werden Interviews mit Lehrkräften sowie im Rahmen einer Unterrichtsevaluation auch mit Schülerinnen und Schülern durchgeführt, um den Kern der Unterrichtsbausteine herauszuarbeiten (siehe Abb. 2). In einer zweiten Interviewrunde werden diese Stundenkonzepte noch einmal an den Erwartungen der Zielgruppe gemessen. Sobald es sinnvoll erscheint, werden erste Tests der Software durchgeführt, welche wiederum zur weiteren Verbesserungen führen sollen. Anschließend wird eine Erprobung der Unterrichtsbausteine im größeren Maßstab an bayerischen Gymnasien durchgeführt. Zielgruppe sind hierbei die achten Klassen aller Ausbildungsrichtungen. Dafür wird den Lehrkräften ein Paket von Unterrichtsbausteinen übergeben, die sie an curricular sinnvollen Stellen in ihren eigenen Unterricht übernehmen.

Die zugehörigen Unterrichtsmaterialien führen die Schülerinnen und Schüler über einen QR-Code auf eine Website, die nicht nur die WebAR-Applikation bereitstellt, sondern auch Fragebögen vor und nach dem Versuchsteil beinhaltet. (siehe Abb. 1) So soll

der Einfluss durch die Lehrkraft möglichst geringgehalten und die Vergleichbarkeit gewährleistet werden. Zusätzlich bieten sich einige Auswertemöglichkeiten durch den Einsatz von Webtechnologien an. Um auch einen Prozess über den Studienzeitraum hinweg beobachten zu können, bekommen die Schülerinnen und Schüler ein Pseudonym zugewiesen, dessen Zuordnung der Studienleitung nicht bekannt ist.

Im Anschluss an die Durchführungen im Unterrichtskontext fließen die Ergebnisse der Auswertung in die Fortentwicklung der Applikation ein. Zudem soll sie der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Gemäß Design-Based-Research besteht hier in Abhängigkeit des Studienergebnisses die Möglichkeit weiterer Iterationen und Anschlussforschung.

5. PUMA: Physik-Unterricht mit Augmentierung

Der Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik der Universität Würzburg unter Prof. Dr. Thomas Trefzger widmet sich in mehreren Projekten der Augmentierung von Physikunterricht. [8] Dabei steht der Einfluss von Augmented Reality auf die Lernenden im Vordergrund. So werden neben dem Optiklabor auch ein Magnetlabor [9] und ein Spannungslabor [10] entwickelt, die sich bereits in weiter entwickelten Stadien befinden. Bei diesen Projekten wurden native Applikationen mittels Unity implementiert, die Realexperimente graphisch und mit Zusatzinformationen unterstützen.

6. Literatur

- [1] HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, Claudia; HOPF, Martin: Design-Based Research: Unterrichtsgang zur Anfangsoptik. In: In Maurer, C. (Hrsg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, Band 38, 2018, S. 118-121 (2018)
- [2] PESCHEL, Markus; KAY, Christopher; LAUER, Luisa; SEIBERT, Johann; MARQUARDT, Matthias; LANG, Vanessa: Augmented Reality (AR) als Werkzeug im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: HABIG, Sebastian (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen: Tagungsband der 46. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), 2020 (40), S. 940–943
- [3] ESET DEUTSCHLAND GMBH: Medienkompetenz an Schulen: Eltern vergeben nur mäßige Noten. <https://www.eset.com/de/about/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen/medienkompetenz-an-schulen-eltern-vergeben-nur-maessige-noten/> 13.07.2023

- [4] KRAUS, Stefan; TREFZGER, Thomas: WebAR-Techniken unterstützen die Optik-Lehre. In: VORST, Helena van (Hrsg.): Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt: Tagungsband der 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), 2023 (43), S. 857–860
- [5] WIESNER, Hartmut: Physikunterricht - an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. *Unterrichtswissenschaft* 23 (1995) 2, S. 127-145. In: *Unterrichtswissenschaft* 23 (1995)
- [6] SCHECKER, Horst (Hrsg.); WILHELM, Thomas (Hrsg.); HOPF, Martin (Hrsg.); DUIT, Reinders (Hrsg.): *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. 1. Aufl. 2018. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018
- [7] MUTH, Laura; WINKELMANN, Jan: Veränderungen von Schülervorstellungen durch Experimentieren, Bd. 2014. In: DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik.
- [8] FRANK, Florian; KRAUS, Stefan; KREIKENBOHM, Annika; SCHWANKE, Hagen; STOLZENBERGER, Christoph; TREFZGER, Thomas: Das Projekt PUMA (Physik-Unterricht Mit Augmentierung). Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), Aachen, 2023
- [9] SCHWANKE, Hagen; TREFZGER, Thomas: Augmented Reality in Schülerversuchen – Entwicklung und Evaluierung der Applikation PUMA: Magnetlabor. In: ROTH, Jürgen; BAUM, Michael; EILERTS, Katja; HORNUNG, Gabriele; TREFZGER, Thomas (Hrsg.): *DIE ZUKUNFT DES MINT-LERNENS: Digitale Tools und Methoden für das Lehren und Lernen*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2023, S. 77–91
- [10] STOLZENBERGER, Christoph; FRANK, Florian; TREFZGER, Thomas; WILHELM, Thomas; KUHN, Jochen: Spannung mit PUMA : Spannungslabor. In: *Physik in unserer Zeit* 54 (2023), Nr. 1, S. 44–45