



Medienimpulse
ISSN 2307-3187
Jg. 59, Nr. 4, 2021
doi: 10.21243/mi-04-21-12
Lizenz: CC-BY-NC-ND-3.0-AT

PCBuildAR: Die Entwicklung von Augmented Reality Karten für den Informatikunterricht als partizipativer Designprozess

Josef Buchner

Daniel Otto

Michael Kerres

In diesem Beitrag wird die Entwicklung von Augmented-Reality-(AR)-Karten für den Informatikunterricht am Beispiel des PCBuildAR-Projekts beschrieben. Das Projekt zeichnet sich durch einen partizipativen Designprozess aus, in dem Personen aus Schule, Forschung und Wirtschaft kooperiert haben. Einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der AR-Karten leisteten hierbei Schülerinnen und Schüler, die auf vielfältige Weise in den Entwicklungsprozess eingebunden wurden. Die finalen PCBuildAR-Karten stehen heute als offene Bildungsressourcen unter pcbuild-ar.com zur Verfügung. Im Beitrag werden zwei didaktische Szenarien beschrieben, wie die Karten im

Unterricht genutzt werden können. Abschließend werden einige lessons learned skizziert und Empfehlungen ausgesprochen, worauf bei der Planung und Durchführung partizipativer Designprojekte zu achten ist.

This paper describes the development of augmented reality (AR) maps for computer science teaching using the PCBuildAR project as an example. The project is characterised by a participatory design process in which people from schools, research and industry cooperated. A significant contribution to the development of the AR cards was made by pupils, who were involved in the development process in a variety of ways. The final PC-BuildAR maps are now available as open educational resources at pcbuild-ar.com. The article describes two didactic scenarios of how the maps can be used in the classroom. Finally, some lessons learned are outlined and recommendations are made on what to look for when planning and implementing participatory design projects.

1. Einleitung und Problemstellung

Wie sehen innovative Lehr- und Lernmaterialien für den schulischen Unterricht aus? Um diese Frage zu beantworten hat die Innovationsstiftung für Bildung in Kooperation mit der OeAD-GmbH Ende 2018/Anfang 2019 eine Ausschreibung für Projektideen gestartet. Voraussetzung war, dass die Entwicklung der Lehr- und Lernmaterialien als partizipativer Prozess unter Einbezug unterschiedlicher Interessensgruppen erfolgt. Ein Dialog zwischen Wissenschaft, Schule und Gesellschaft sollte angestoßen werden und die finalen Materialien als offene Bildungsressourcen frei zur Verfügung stehen. Das Projekt PCBuildAR stellt eines der 13 geförderten Projekte dar.

Das PCBuildAR-Projekt hat sich zum Ziel gesetzt, Augmented-Reality (AR)-Lernmaterialien für den Informatikunterricht zu entwickeln. In der Literatur wird immer wieder darauf hingewiesen, dass insbesondere für den Informatikunterricht innovative Lehr- und Lernmaterialien fehlen bzw. nur in geringer Zahl Lehrpersonen zur freien Verwendung zur Verfügung stehen (Passey 2017). Ebenso wird darauf verwiesen, dass neue Technologien, wie etwa AR oder auch Virtual Reality (VR), enorme Potenziale bieten, Informatikunterricht anschaulicher, interessanter und insgesamt effektiver zu gestalten (Pirker et al. 2020; Resnyansky/Ibili/Billinghurst 2018).

AR wird definiert als das Vorhandensein von realen und virtuellen Objekten zur gleichen Zeit und am selben Ort. Zudem kann mit den virtuellen Objekten interagiert werden und die realen und virtuellen Objekte sind aneinander ausgerichtet (Azuma et al. 2001). In der internationalen Literatur finden sich viele Beispiele für AR-Anwendungen und AR-Lernmaterialien, die jedoch meist von Forschungslaboren entwickelt wurden (Akçayır/Akçayır 2017). Im PCBuildAR-Projekt wurde entsprechend der Ausschreibung für die Förderprojekte ein anderer Weg eingeschlagen und die Entwicklung der AR-Materialien als partizipativen Entwicklungs- und Designprozess geplant und durchgeführt.

In diesem Beitrag wird dieser Prozess detailliert beschrieben, das Design der finalen Lernmaterialien wird vorgestellt und es werden Empfehlungen ausgesprochen, wie ähnliche Projekte unter Einbezug verschiedener Interessensgruppen organisiert und durchgeführt werden können. Ideen für den Einsatz der PCBuildAR-Lernmaterialien in der schulischen Praxis werden ebenso

thematisiert wie zukünftige Forschungsvorhaben, in denen die Effektivität der AR-Materialien empirisch überprüft werden soll.

2. Partizipativer Entwicklungs- und Designprozess

2.1 Entwicklungs- und Designprozesse als offene Bildungspraxis

Die Idee von Offenheit und Partizipation in Bildungskontexten hat Konjunktur. Während lange Zeit lehrendenzentrierte Unterrichtspraktiken dominierten, wobei das Lehrmaterial als geschlossen und unveränderlich verstanden wurde, etabliert sich mittlerweile, auch im Zuge der Digitalisierung von Lehr- und Lernsettings, das Konzept einer offenen und partizipativen Gestaltung von Lehr-/Lernmaterialien und entsprechender Praktiken (Otto et al. 2021). Open Educational Resources (OER) bilden dafür einen zentralen Ausgangspunkt, da hier durch die Verwendung einer Creative-Commons-Lizenzierung, die 5V-Freiheiten ermöglicht werden – das Recht, Lehr-/Lernmaterialien zu verwenden, verwahren/vervielfältigen, verarbeiten, vermischen und zu verbreiten (Wiley 2016; Wiley/Hilton 2018). Neben dem rechtlich sicheren Einsatz von Lehr-/Lernmaterialien werden Lehrende durch die 5V-Freiheiten ermächtigt, offene, kollaborative und nachhaltige Lehr-/Lernszenarien zu entwickeln und deren Ergebnisse öffentlich für andere verfügbare und nutzbar zu machen.

Die pädagogischen Implikationen von OER manifestieren sich im Folgekonzept der Offenen Bildungspraktiken (Open Educational Practices, OEP), welches die Nutzung und Erstellung von OER in pädagogischen Lehr-/Lernszenarien beschreibt (Otto 2021). Obwohl für OEP bislang keine eindeutige Definition existiert und

auch die Notwendigkeit und Funktion von OER debattiert wird, so scheint für das vorliegende Projekt besonders das Verständnis von Cronin (2017) zutreffend. Dieses konzipiert OEP als kollaborative Praxis, welche die Erstellung, Nutzung und Wiederverwendung von OER umfasst. Im PCBuildAR-Projekt hat diese Praxis zur Entwicklung von frei verfügbaren AR-Karten für den Informatikunterricht in der Sekundarstufe 1 geführt. Zudem wurde während des Entwicklungsprozesses darauf geachtet, offen zugängliche Plattformen für die Erstellung der vielfältigen Materialien zu verwenden.

2.2 Projektpartner

Im PC-BuildAR Projekt haben Personen aus Schule, Wirtschaft und Forschung kooperiert. Auf Seiten der schulischen Projektpartner konnte ein Kernteam bestehend aus Klaus Katzlberger (vormals Zanetti; MS Mittelweiherburg-Hard, Vorarlberg), Philipp Stangl (Musikmittelschule Radstadt, Salzburg) und Klaus-Jürgen Spätauf (NMSi Feuerbach, Wien) gewonnen werden. Kernteam, da diese drei Lehrpersonen mit ihren Schülerinnen und Schülern einen wesentlichen Teil zur Entwicklung der AR-Karten beitrugen (Details in Abschnitt 2.3). Zusätzliche Anregungen und Empfehlungen aus dem Kontext Schule konnten über Umfragen hinzugezogen werden, etwa über den Newsletter der Virtuellen Pädagogischen Hochschule (VPH o. J.) sowie den Verteiler der Informatiklehrkräfte in Österreich (Graf o. J.). Die Umfragen wurden als Online-Fragebögen konzipiert und beinhalteten offene Fragen, zum Beispiel „Welche Funktionen müssten für Sie AR-PC-Bauteile beinhalten?“. Ergänzend konnten interessierte Lehrpersonen jederzeit die entwickelten Prototypen über unsere Homepage abrufen und

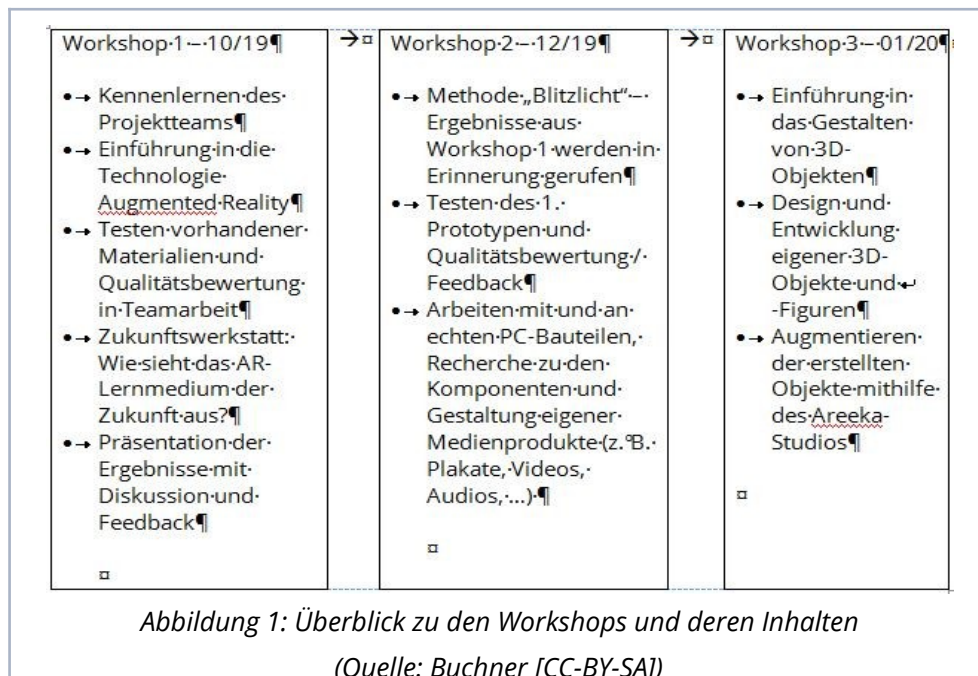
testen. Rückmeldungen zu den Prototypen erfolgten von Lehrerinnen und Lehrern per Mail oder telefonischen Kontakt. Die Erkenntnisse aus den Umfragen und den Testungen der Prototypen wurden ebenso für die finale Gestaltung der AR-Karten einbezogen. Als Partner aus der Wirtschaft fungierte das Unternehmen Areeka (2021), das bereits seit einigen Jahren AR-Lernmaterialien für den schulischen Bildungsbereich entwickelt und unter anderem während der Corona-bedingten Schulschließungen dieses kostenlos zur Verfügung stellte (siehe dazu lernentrotzcorona.at; Brandhofer u. a. 2020). Der Bereich Forschung wurde von den Autoren dieses Beitrags sowie weiteren Kolleginnen und Kollegen am Learning Lab der Universität Duisburg-Essen abgedeckt.

2.3 Ablauf

Das PC-BuildAR Projekt startete im September 2019 mit einem online durchgeführten Kick-Off-Meeting. In diesem Meeting wurden die Ziele des Projekts diskutiert, Kommunikationskanäle bestimmt und das weitere Vorgehen geplant. Die Projektpartner haben sich dazu entschieden, fünf Workshops in den Klassen der drei Schulen durchzuführen, um die Schülerinnen und Schüler möglichst intensiv in den Entwicklungsprozess zu involvieren. Zu diesem Zeitpunkt ahnten die Partner noch nicht, dass Schulschließungen den Verlauf maßgeblich beeinflussen würden. An dieser Stelle sei daher bereits angeführt, dass nur die Durchführung von drei Workshops realisiert werden konnte. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht zum Verlauf der drei Workshops sowie deren Inhalte.

Im ersten Workshop im Oktober 2019 wurden die Schülerinnen und Schüler jeweils per Video-Call von den Projektpartnern aus

der Forschung begrüßt und über den Verlauf des Projektes informiert. Die Durchführung des Workshops vor Ort übernahm Areeka-Gründer Arkadi Jeghiazaryan zusammen mit einem der drei Lehrer aus dem Kernteam. Im ersten Workshop haben die Schülerinnen und Schüler zunächst die Technologie *Augmented Reality* kennengelernt und bereits vorhandene AR-Lernmaterialien ausprobieren können. Im Anschluss wurden diese einer kritischen Überprüfung unterzogen und Verbesserungsvorschläge gesammelt. Diese Aufgabe diente der Vorbereitung auf die Methode *Zukunftswerkstatt* (Vavoula/Sharples 2007), in der die Schülerinnen und Schüler eigene Vorschläge für AR-Materialien entwarfen. Die Ideen wurden mithilfe von Zeichnungen, Videos und Präsentationen festgehalten und dokumentiert.



Nach dem ersten Workshop wurde vom Areeka-Team auf der Basis der Ideen der drei Klassen ein erster Prototyp für AR-Karten

entworfen. Dieser Prototyp wurde von den Schülerinnen und Schülern im zweiten Workshop im Dezember 2019 getestet. Da die AR-Lernmaterialien auch inhaltlich befüllt werden mussten, arbeiteten die Schülerinnen und Schüler im zweiten Workshop mit echten PCs. Diese wurden auseinandergeschraubt, die Funktion der jeweiligen Bauteile recherchiert und das erworbene Wissen auf kreative Art und Weise, etwa in der Form einer Collage (Abbildung 2), gesichert.

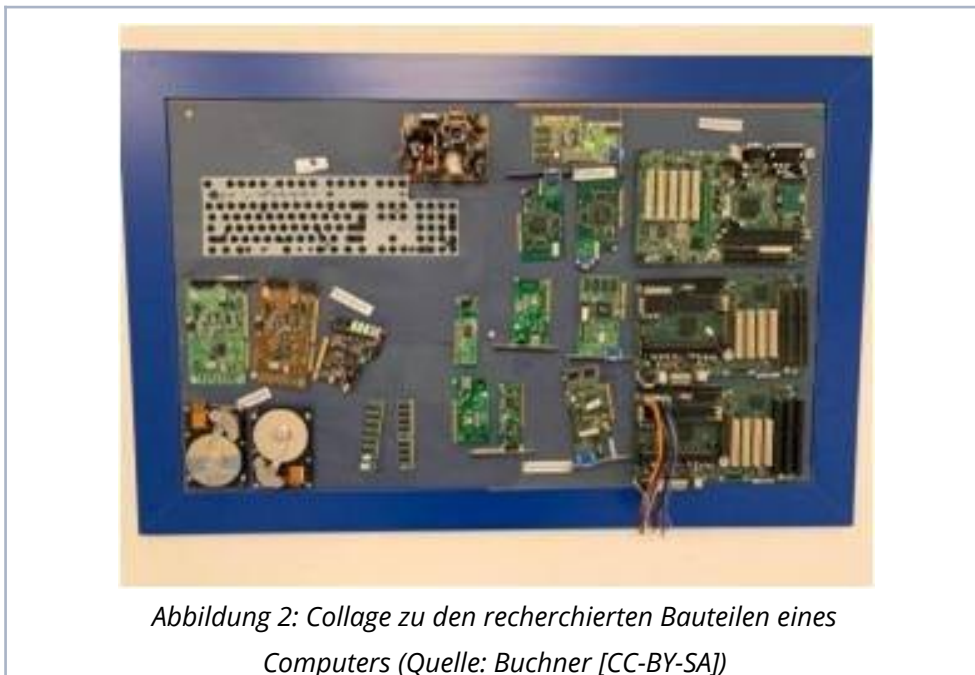


Abbildung 2: Collage zu den recherchierten Bauteilen eines Computers (Quelle: Buchner [CC-BY-SA])

Im dritten Workshop im Januar 2020 erlernten die Schülerinnen und Schüler das Gestalten eigener 3D-Objekte. Dazu wurde von Arkadi Jeghiazaryan zunächst das Online-Tool Tinkercad (2021) vorgestellt. Im Anschluss wurden die erstellten 3D-Objekte, Formen und Szenen mithilfe des AR-Tools *Areeka Studio* augmentiert, d. h. mit einem sogenannten Trigger-Bild verknüpft. Wird das Trigger-Bild abgescannt, kann das jeweils hinterlegte 3D-Objekt in

AR betrachtet werden. Dieses Vorgehen funktioniert auch mit anderen gängigen 3D-Gestaltungsprogrammen wie etwa *Vectary* (Waculik 2018). Weitere Bilder und Videos zu den Workshops sind auf dem Projekt-Blog unter pcbuild-ar.com zu finden.

Wie bereits erwähnt, konnten die Workshops vier und fünf nicht wie geplant stattfinden. Inhaltlich hätten diese vor allem für das Testen neuer Prototypen herangezogen werden sollen. Aufgrund der Covid-19-bedingten Schulschließungen in Österreich ab März 2020 wurde dies von den drei Lehrpersonen im Rahmen von Online-Unterricht realisiert.

Die finale Entwicklung der PCBuildAR-Karten erfolgte durch das Areeka-Team im Sommer 2020 unter Einbezug der gesammelten Rückmeldungen der schulischen Partner, der von den Schülerinnen und Schülern recherchierten Informationen zu den PC-Bauteilen sowie der bisherigen Forschungsliteratur zum Einsatz von AR zum Zwecke des Lehrens und Lernens. Eine detaillierte Vorstellung der Karten sowie weiterer Ergebnisse aus dem Projekt erfolgt im nächsten Abschnitt.

2.4 Ergebnis

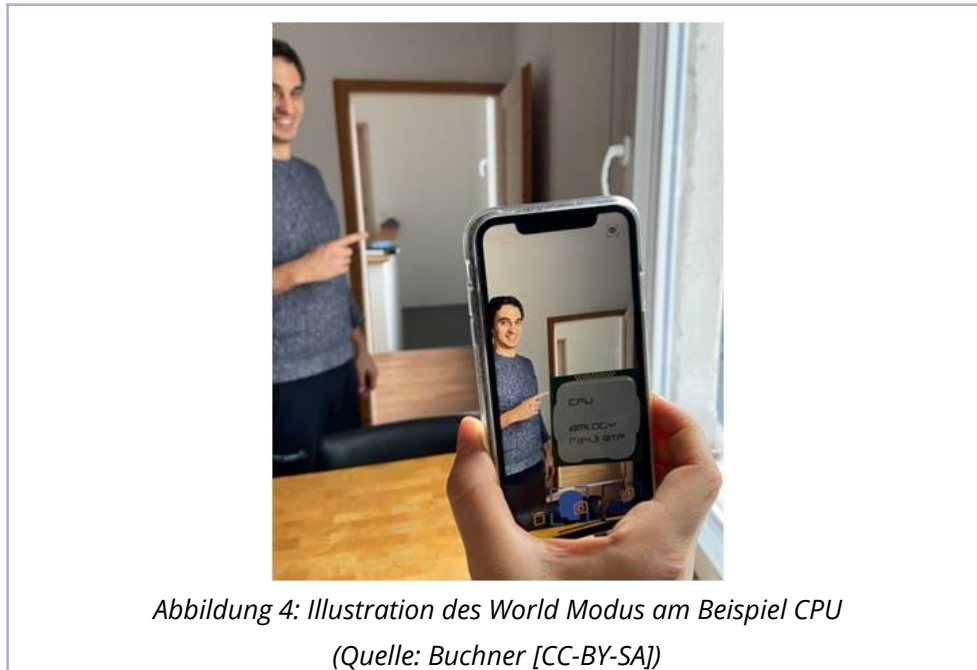
Das finale Lernmaterial für den Informatikunterricht besteht aus drei Komponenten, die jeweils unabhängig voneinander in der Praxis genutzt werden können. Natürlich steht auch einer Kombination der Materialien nichts im Wege. Alle Materialien stehen als freie Bildungsmaterialien auf der Projekt-Homepage und anderen Online-Plattformen zur Verfügung (Buchner u. a. 2021).

Hauptergebnis aus dem Projekt sind die acht PCBuildAR-Karten. Auf jeder Karte ist ein zentrales Bauteil eines klassischen Compu-

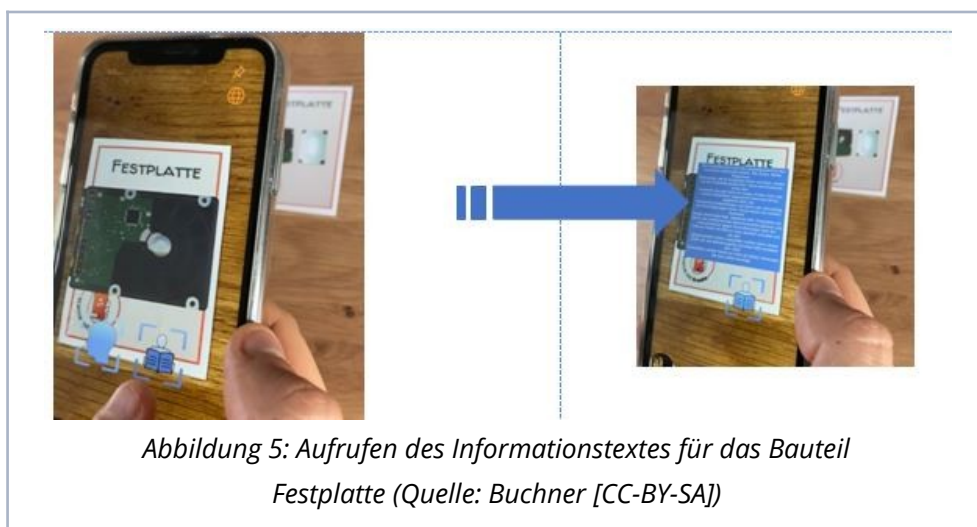
tersystems als 2D-Darstellung abgebildet. Mithilfe der kostenlosen Applikation *Areeka* kann die 2D-Darstellung um ein 3D-Objekt sowie Informationen zu jedem Bauteil erweitert werden. Voraussetzung hierfür ist ein mobiles Endgerät (Smartphone oder Tablet-Computer) mit Kamerafunktion. Die Kamera erkennt den Trigger (2D-Darstellung) und zeigt dementsprechend die 3D-Visualisierung auf dem Display des Endgerätes an. Aus technologischer Perspektive entsprechen die PCBuildAR-Karten dem *mobile vision-based* AR-Typ (Buchner/Buntins/Kerres 2021). In Abbildung 3 wird dieser Prozess am Beispiel des RAM-Speichers illustriert.



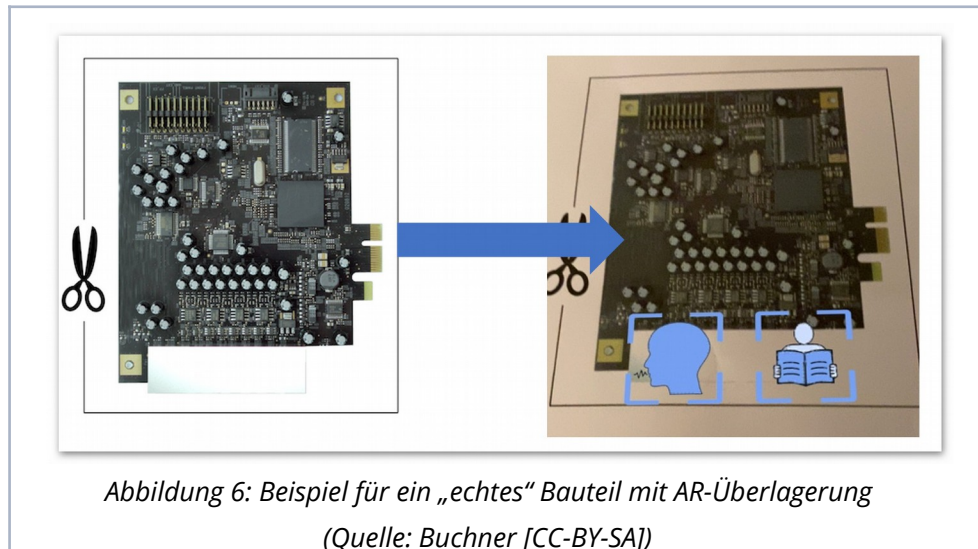
Zusätzlich zu dieser am häufigsten im Bildungsbereich umgesetzten vision-based AR-Variante (Akçayır/Akçayır 2017), hat das Areeka-Team den sogenannten *World Modus* als weitere Variante zur Darstellung der Inhalte implementiert. Der *World Modus* erlaubt den Nutzerinnen und Nutzern der PCBuildAR-Karten das Platzieren und Skalieren der 3D-Objekte im Raum. Abbildung 4 zeigt, wie so eine Platzierung im Raum aussehen kann.



Die Informationen zur Funktionalität des jeweiligen Bauteils stehen den Lernenden in gesprochener und geschriebener Sprache zur Verfügung. Aufgerufen werden die Inhalte durch das Berühren des entsprechenden Buttons (siehe Abbildung 5).



Auf der Basis der Rückmeldungen aus den bereits skizzierten Umfragen hat das Projekt-Team ebenfalls im Sommer 2020 eine erste Weiterentwicklung der PCBuildAR-Karten vorgenommen. Die Rückmeldungen bezogen sich vor allem auf die Idee, physisch-reale PC-Bauteile durch AR-Informationen zu ergänzen. Zum Beispiel, wenn Schülerinnen und Schüler im Informatikunterricht einen PC auseinanderbauen, dann sollten die Einzelbauteile mithilfe einer App abgescannt und entsprechend die Funktionalität des Bauteils als AR-Inhalt angezeigt werden. Aufgrund der Erfahrung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei Areeka war relativ schnell klar, dass sich diese Idee nicht so leicht realisieren lassen wird. Dies hat vor allem mit der Sensibilität der Bilderkennung zu tun. Gelöst wurde diese Herausforderung durch die Entwicklung eigener realistischer Illustrationen der PC-Bauteile, die als Trigger fungieren. Wird ein Bauteil bei geöffneter Areeka-App abgescannt, erscheinen die beiden Buttons mit den Informationen zum jeweiligen Bauteil direkt über der Illustration (siehe Abbildung 6). Auf eine zusätzliche 3D-Darstellung wurde verzichtet, um das Bauteil an sich in den Fokus der Lernerfahrung zu rücken. Kritisch ist hier anzumerken, dass damit noch kein echtes physisches „Anfassen“ gewährleistet werden kann. Daher empfehlen wir die Verwendung der Trigger-Bilder in Kombination mit Holzbausteinen oder Produkten aus einem 3D-Drucker. Die Bilder können auf die Oberfläche der physischen Komponenten geklebt werden und so das jeweilige PC-Bauteil simulieren.



Als dritte Komponente wurde eine AR-Weltkugel kreiert. Diese steht als Web-AR-Experience (Qiao u. a. 2019) direkt in allen gängigen Browsern zur Verfügung. Die Weltkugel wurde ebenfalls auf der Grundlage der Rückmeldungen entwickelt. Viele Lehrerinnen und Lehrer bekundeten ihr Interesse an einer kritischen Auseinandersetzung mit der Herkunft der Materialien, die für die einzelnen PC-Bauteile gebraucht werden. Damit wollen die Lehrpersonen das Thema *Nachhaltigkeit* im Informatikunterricht aufgreifen und thematisieren, wie und wo Rohstoffe gewonnen werden und welche Folgen dies für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft haben kann (vgl. dazu auch den Beitrag von Grünberger et al. in dieser Ausgabe). Die AR-Weltkugel enthält entsprechende Informationen zu Herkunftsländern und Materialien, die für den Bau von Computersystemen benötigt werden. Hier ist jedoch wichtig anzumerken, dass die Weltkugel noch nicht final zur Verfügung steht. Eine erste Version kann über pcbuild-ar.com/welt getestet werden (Stand: 25.11.2021).

3. Ideen für den Unterrichtseinsatz

Die im PCBuildAR-Projekt entstandenen Komponenten sind als Lehr/Lernmaterialien auszuweisen. Dies bedeutet, dass eine Vielzahl an Möglichkeiten besteht, wie Unterricht unter Einbezug der Materialien gestaltet werden kann. Das Projekt-Team möchte Lehrerinnen und Lehrer dazu ermutigen, eigene Szenarien zu planen und auszuprobieren. Ein vermeintliches *best practice* Szenario wird nicht vorgeschlagen. Sehr wohl möchten wir anhand zweier Ideen Anregungen liefern, wie mögliche Unterrichtsszenarien mit den PCBuildAR-Materialien aussehen können.

3.1 Kooperieren und konstruieren

Im ersten Unterrichtsszenario arbeiten die Schülerinnen und Schüler jeweils in kleinen Teams (2 bis 3 Lernende) zusammen. Die PCBuildAR-Karten fungieren als inhaltsvermittelnde Materialien, die von den Lernenden eigenständig benutzt werden. Die Lernenden verwenden entweder ein eigenes oder schulisches mobiles Endgerät (z. B. Smartphone oder Tablet). Die Schülerinnen und Schüler lesen bzw. hören sich die Informationen zu den Bauteilen an, sprechen über diese und fertigen im Anschluss eine Zeichnung mit Informationen zu dem jeweiligen Bauteil an. Dies wird für jedes der acht Bauteile wiederholt. Wenn alle Gruppen fertig sind, erfolgt eine gemeinsame Besprechung der recherchierten Inhalte im Plenum. Die Zeichnungen mit den Beschriftungen verbleiben bei den Schülerinnen und Schülern und stellen ihr eigenständig konstruiertes Lernartefakt dar.

Aus theoretischer Perspektive kann dieses Szenario als eine kooperative Lernform ausgewiesen werden, in der die Lernenden

nicht nur zusammenarbeiten und über Inhalte sprechen, sondern auch aktiv-konstruktiv mit den erlernten Inhalten arbeiten (vgl. Buchner/Kerres 2020). In diesem Szenario wurde hierfür das Anfertigen einer Zeichnung ausgewählt. Die Lernstrategie des Zeichnens hat sich in vielen Studien als effektive Lernstrategie bewiesen, insbesondere in naturwissenschaftlich-technischen Fächern (Fiorella/Mayer 2016).

3.2 Bewegen und gestikulieren

Im zweiten Unterrichtsszenario erlernen die Schülerinnen und Schüler die Inhalte der AR-Karten mithilfe des *World Modus*. Das bedeutet, dass die Lernenden nicht auf ihren Plätzen im Klassenzimmer sitzen, sondern sich im Klassenraum frei bewegen. Die 3D-Objekte werden im Raum platziert und von den Schülerinnen und Schülern „aufgesucht“ und von allen Seiten inspiziert. Zusätzlich führen die Lernenden kleine Bewegungen aus, z. B. erfinden sie Gesten zu den jeweiligen PC-Bauteilen oder zeichnen mit den Fingern die Umrisse der Bauteile in der Luft nach. Dieses Szenario wird aktuell in einer Masterarbeit empirisch überprüft. Wie im oben skizzierten Beispiel, findet im Anschluss an diese Lernphase eine gemeinsame Reflexion und Besprechung der erlernten Inhalte im Plenum statt.

Dieses Szenario orientiert sich an empirischen Befunden, die unter Einbezug der *Embodied Cognition Theory* (Wilson/Foglia 2017) die Bedeutsamkeit von Teil- und Ganzkörperbewegungen auf die Lernleistung nachgewiesen haben. So hat sich in diesen Studien gezeigt, dass sich auf die Lerninhalte abgestimmte Gesten (Teilkörperbewegungen) und Ganzkörperbewegungen positiv auf die

Konstruktion von Wissen auswirken können (Sepp u. a. 2019; Macken/Ginns 2014). Zudem kann die Kombination aus Lernen mit AR-Materialien und Bewegung auch aus gesundheitlicher Perspektive begründet und gerechtfertigt werden. Ausreichend Bewegung wirkt sich langfristig positiv auf die physische und psychische Gesundheit aus (Moreau 2015; Erickson/Hillman/Kramer 2015). Diese Tatsache findet insbesondere im schulischen Unterricht noch viel zu wenig Beachtung, institutionelles Lernen wird nach wie vor als sitzende Tätigkeit verstanden (Gallagher/Lindgren 2015). Der mobile Charakter von AR kann diesem Umstand entgegenwirken und Bewegung in das Klassenzimmer bringen (für Beispiele siehe Buchner 2017; Buchner/Zumbach 2018; Lindgren u. a. 2019).

4. Lessons Learned

Das PCBuildAR-Projekt konnte im Herbst 2020 erfolgreich abgeschlossen werden. Die finalen Lernmaterialien stehen als OER für Lehrpersonen zur Verfügung. Damit wurde das Ziel des Projektes erreicht, nämlich die Dissemination von AR-Lernmaterialien für die Fächer Informatik und Digitale Grundbildung. In diesem Abschnitt soll aufgezeigt werden, dass ein erfolgreicher Abschluss eines solchen partizipativen Designprojektes anspruchsvoll ist und auf dem Weg immer wieder mit Herausforderungen umgegangen werden muss. Empfehlungen, wie diese Herausforderungen in ähnlichen (zukünftigen) Projekten gemeistert werden können, stellen wir zusammenfassend dar.

4.1 Team-Gefühl aufbauen und erhalten

Die kollaborative Entwicklung von AR-basierten OER-Materialien ist anspruchsvoll und zeitintensiv. Ein gut funktionierendes Team stellt die Grundvoraussetzung dar, sodass am Ende das Projektziel auch erreicht werden kann. Im PCBuildAR-Projekt haben die beiden Projektleiter, Arkadi Jeghiazaryan und Josef Buchner, daher von Beginn versucht, ein Wir-Gefühl zu erzeugen. Begonnen hat dies mit dem Kick-Off-Meeting, in dem die Bedeutsamkeit der schulischen Partner betont wurde. Zudem wurden Vorlagen mit Logos aller am Projekt Beteiligten erstellt, sodass alle Partner stets mit dem Projekt in Verbindung gebracht wurden. Damit wurde verdeutlicht, dass alle Projektpartner wesentlich zum Gelingen des Projektes beitragen. Ebenfalls ganz am Beginn wurden klare Aufgaben für die jeweiligen Projektpartner benannt. Dies ist insbesondere für die schulischen Partner wichtig, da sie schlussendlich die Planung und Umsetzung an den jeweiligen Schulstandorten organisieren mussten. Dafür brauchte es viel Vorbereitung, z. B. haben wir unsere Workshops jeweils für einen vollen Vormittag geplant. Für die drei Lehrpersonen bedeutete dies, Kolleginnen und Kollegen anzusprechen und um den Tausch bzw. das zur Verfügung stellen von Unterrichtsstunden zu bitten. Die Vorbereitung der Workshops übernahmen die beiden Projektleiter, sodass die Lehrpersonen zumindest hier entlastet waren. Bei der Durchführung der Workshops waren die Lehrpersonen wiederum als Mitwirkende fest eingebunden. Auch den Schülerinnen und Schülern wurde immer wieder verdeutlicht, wie wichtig ihre Rolle im Projekt ist. Ersichtlich wird dies unter anderem an der Organisation der Workshops (Abbildung 1). Die Lernenden wur-

den über kreative Methoden zu aktiven Mitgestaltenden der zukünftigen AR-Lernmaterialien. Zum Abschluss des Projekts wurde die Leistung der Schülerinnen und Schüler mit einer Urkunde und kleinen Aufmerksamkeiten honoriert.

Wesentlich für das Wir-Gefühl sind auch möglichst alltagstaugliche Kommunikationswege und Möglichkeiten für den Austausch von Daten und Materialien. Im PCBuildAR-Projekt haben sich alle (erwachsenen) Beteiligten auf einen gängigen Messenger-Dienst als Kommunikationsplattform verständigt. Eine eigene PCBuildAR-Gruppe wurde erstellt, über die während des Projektverlaufs die meiste Kommunikation organisiert wurde. Für das Teilen und Bereitstellen von Daten, Dateien und Materialien wurde eine bekannte Online-Cloud ausgewählt. Alle Projektpartner hatten in dieser Cloud dieselben Rechte, konnten also Dateien hochladen, bearbeiten oder Fragen stellen bzw. Vorschläge und andere Texte kommentieren. Eine weitere Empfehlung ist das gemeinsame Auftreten bei Veranstaltungen. So haben die Projektpartner etwa die PCBuildAR-Karten im Rahmen der EduDays2020 gemeinsam erstmalig einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt (siehe dazu Buchner u. a. 2020).

Zusammenfassend lassen sich für die Organisation eines partizipativen Designprojektes die folgenden Empfehlungen aussprechen:

- Auftakt- und Abschlussveranstaltung organisieren
- Aufgaben frühzeitig formulieren und kommunizieren
- Projektleitung muss schulische Partner an geeigneten Stellen entlasten

- Alltagstaugliche Kommunikationswege und Arbeitsplattformen wählen
- Wir-Gefühl stärken: sowohl Schülerinnen und Schülern als auch den beteiligten Lehrpersonen ihre Bedeutsamkeit für das Gelingen des Projekts verdeutlichen
- Methoden wählen, die den Beteiligten das Einbringen eigener Ideen und Gedanken ermöglichen
- Kommunikationswege eröffnen, die den Austausch zwischen allen Projektpartnern gewährleisten
- Relevanz der Ergebnisse des Projekts für Personen außerhalb des Projektteams verdeutlichen

4.2 Projektziele und technische Möglichkeiten abgleichen

AR ist eine hoch-komplexe Technologie und die Entwicklung eigener AR-Materialien enorm anspruchsvoll und zeitintensiv. Am Beginn des Projektes hatten alle Beteiligten eine sehr genaue Vorstellung davon, wie das finale AR-Produkt aussehen sollte. Geplant war, dass die einzelnen papierbasierten Bauteile zu einem Computer zusammengebaut werden können und über AR der funktionierende Computer dargestellt wird. Zudem sollte es möglich sein, die Bauteile unterschiedlich zu kombinieren, sodass verschiedene PC-Variationen zusammengebaut werden können. Angedacht war etwa, dass ein PC für Videobearbeitung einen anderen RAM-Speicher beinhaltet als ein klassischer Büro-PC. Sehr schnell im Projektverlauf wurde klar, dass diese Idee mit den vorhandenen Ressourcen und der für das Projekt vorgesehenen Laufzeit von einem Jahr so nicht realisierbar ist. Hinzu kam, dass aufgrund der Corona-bedingten Schulschließungen die Erstellung der 3D-Modelle nicht mehr wie geplant zu einem großen Teil durch die Schülerinnen und Schüler umsetzbar war. Nur ein

Workshop (Workshop 3) war zu wenig, um ausgeprägte Fähigkeiten im Bereich der 3D-Modellierung zu erwerben. Als Konsequenz wurden die 3D-Modelle von Areeka entworfen. Die dafür aufgebraachte Zeit fehlte im Anschluss, um die zuvor beschriebene Feedback-Funktion beim Zusammenlegen der Karten zu programmieren. Für AR-Designprojekte lassen sich zusammenfassend die folgenden Empfehlungen formulieren:

- den Aufwand für die Entwicklung von AR-Inhalten realistisch einschätzen, getreu dem Motto: Weniger ist mehr.
- die eigenen hohen Ansprüche zurückstellen und pragmatisch denken
- die Komplexität der Technologie AR anerkennen und mit entwickelten Materialien zufrieden sein
- wenn möglich: Längere Laufzeiten für AR-Projekte einfordern bzw. bereitstellen.

4.3 Designprozess zielgruppengerecht gestalten

Wie sich in der Begleitforschung zum Designprozess gezeigt hat (für Details siehe Buchner/Kerres 2021), haben nicht alle Schülerinnen und Schüler aller Klassen gleichermaßen von dem gewählten didaktischen Design profitiert bzw. dieses als motivierend erlebt. Das im PCBuildAR-Projekt realisierte didaktische Design entspricht einem *guided design-based learning* Ansatz (Buchner/Kerres 2021). Dieser Ansatz sah vor, dass die Schülerinnen und Schüler während des Designprozesses von den Lehrpersonen sowie den Expertinnen und Experten von Areeka unterstützt werden. Grundsätzlich wird dies in der Literatur zu Design-based Learning und Lernen in Projekten empfohlen, damit keine Überforderung der Lernenden auftritt (Kerres 2018; Barak 2020; Hmelo-Silver/

Duncan/Chinn 2007). Wie sich herausgestellt hat, hatten die älteren Schülerinnen und Schüler (13- bis 14-Jährige) in unseren Projektklassen bereits ein hohes Vorwissen im Bereich PC-Bauteile und Hardware. Dementsprechend waren viele der verwendeten Methoden in den Workshops für sie zu wenig anspruchsvoll und zu stark durch die Lehrpersonen und die Expertinnen bzw. Experten geführt. Anders verhielt es sich für die jüngeren Schülerinnen und Schüler (10- bis 11-Jährige), diese haben von der Struktur profitiert und die gewählten Methoden als motivierend empfunden (Buchner/Kerres 2021). Zusammenfassend können für die Gestaltung des Design-Prozesses die folgenden Empfehlungen weitergegeben werden:

- Balance finden aus Unterstützung und Freiheitsgraden im Designprozess
- Vorwissen und Erfahrung der Projektpartner (bspw. Schülerinnen und Schüler) mit Design-/Projekt-basierten Lernformen berücksichtigen
- Feedback von den Lernenden einholen, am besten zu mehreren Zeitpunkten während des Projektes

5. Fazit

Das PCBuildAR-Projekt kann als ein gelungenes Projekt partizipativer Praxis bezeichnet werden. Personen aus der schulischen Bildung, der Wirtschaft und der Forschung haben gemeinsam AR-Lernmaterialien für die wichtigen Fächer Informatik und Digitale Grundbildung konzipiert und entwickelt. Die Materialien stehen heute allen Lehrpersonen als OER über die Homepage pcbuild-ar.com zur Verfügung. Wie sich gezeigt hat, haben sich die Schülerinnen und Schüler dabei als bedeutsame Projektpartner emp-

funden, wie die folgenden Aussagen der drei beteiligten Lehrpersonen verdeutlichen:

Klaus Katzberger (vormals Zanetti), MS Mittelweiherburg-Hard, Vorarlberg:

Was mir im Zuge des AR Projektes in Erinnerung bleiben wird ist, wie ernsthaft die Schülerinnen und Schüler in das Projekt mit einbezogen waren. Sie hatten nicht nur das Gefühl, mit ihren Anregungen und Änderungsvorschlägen ernst genommen zu werden, sie haben auch einige ihrer Vorschläge in der weiteren Projektentwicklung realisiert gesehen. Das citizen science Konzept wurde von den Verantwortlichen sehr gut umgesetzt.

Klaus-Jürgen Spätauf, MSi Feuerbach, Wien:

Das Erstellen von Lerninhalten mittels Technologie (AR) hat den Schülerinnen und Schülern nicht nur großen Spaß bereitet, sondern hat neben dem Interesse an der Thematik auch das Interesse an der dahintersteckenden Technologie geweckt. Das gesamte Projekt kann als großer Erfolg in Sachen Kooperation und Unterrichtsgestaltung/Wissensvermittlung gesehen werden.

Philipp Stangl, MHS/HS Radstadt, Salzburg:

Ein AR-Lehrmedium gemeinsam mit anderen Klassen erstellen? Geht das überhaupt mit einer 1. Mittelschulklasse? Und wie das geht! In spannenden Workshops hatten die Kids die Möglichkeit, viel über die Funktionsweise eines PCs (inkl. Zerlegen) und über AR zu lernen. Auch erste Erfahrungen beim selbst Erstellen konnten im Zuge der Gestaltung eigener AR Modelle gesammelt werden. Neben dem Lernzuwachs war aber einer der wichtigsten Punkte das ernsthafte Einbinden der Inputs der Kinder. So fühlten

sie sich ernstgenommen und als wichtige Partner eines wirklich gelungenen Projektes.

In der Zukunft gilt es die PCBuildAR-Lernmaterialien sowohl in der Praxis als auch im Rahmen von Forschungsstudien zu testen. Lehrpersonen, die die Karten in ihren Unterricht integrieren und über ihre didaktischen Szenarien berichten wollen, können sich gerne an die Autoren wenden. Die Berichte können über unseren Blog veröffentlicht werden und als Inspiration für andere Lehrpersonen dienen.

Aus der Perspektive der Forschung laufen aktuell erste Studien zur Effektivität der AR-Karten unter Berücksichtigung verschiedener lernrelevanter Faktoren. Die Ergebnisse werden nach Abschluss der jeweiligen Erhebungen ebenfalls auf der PCBuildAR Homepage veröffentlicht.

Literatur

Akçayır, Murat/Akçayır, Gökçe (2017): Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature, in: Educational Research Review 20, 1–11.

Areeka (2021): Areeka: Augmented Reality erweckt Lerninhalte zum Leben, online unter: <https://www.areeka.net/> (letzter Zugriff: 25.11.2021).

Azuma, Ronald/Bailiot, Yohan/Behringer, Reinhold/Feiner, Steven K./Julier, Simon/MacIntyre, Blair (2001): Recent advances in augmented reality, in: IEEE Computer Graphics and Applications 21, 6, 34–47.

Barak, Moshe (2020): Problem-, project- and design-based learning: their relationship to teaching science, technology and engineering in school, in: *Journal of Problem-Based Learning*, 1–4.

Brandhofer, Gerhard/Buchner, Josef/Höfler, Elke/Schrammel, Natalie/Tengler, Karin (2020): Lernen trotz Corona, in: *Medienimpulse* 58, 2, 1–13.

Buchner, Josef (2017): Offener Geschichtsunterricht mit Augmented Reality, in: *MEDIENIMPULSE* 55/1/2017, online unter: <https://journals.univie.ac.at/index.php/mp/article/view/mi1061> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Buchner, Josef/Buntins, Katja/Kerres, Michael (2021): The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review, in: *Journal of Computer Assisted Learning* early view, 1–19.

Buchner, Josef/Jeghiazaryan, Arkadi/Spätauf, Klaus-Jürgen/Stangl, Philipp/Zanetti, Klaus (2021): PCBuildAR Cards, online unter: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.33417.77923> (letzter Zugriff: 24.11.2021).

Buchner, Josef/Jeghiazaryan, Arkadi/Spätauf, Klaus-Jürgen/Zanetti, Klaus/Stangl, Philipp (2020): *PC Build AR: Das Augmented Reality Lehrwerk für Informatik und Digitale Grundbildung*.

Buchner, Josef/Kerres, Michael (2020): Applying Instructional Design Principles on Augmented Reality Cards for Computer Science Education, in: Alario-Hoyos, Carlos/Rodríguez-Triana, María Jesús/Scheffel, Maren/Arnedillo-Sánchez, Inmaculada/Dennerlein, Sebastian Maximilian (Hg.): *Addressing Global Challenges and Quality Education*, Cham: Springer International Publishing, 477–481.

Buchner, Josef/Kerres, Michael (2021): Students as Designers of Augmented Reality: Impact on Learning and Motivation in Computer Science, in: *Multimodal Technologies and Interaction* 5, 8, 41.

Buchner, Josef/Zumbach, Jörg (2018): Promoting intrinsic motivation with a mobile augmented reality learning environment, in: Proceedings of the 14th International Conference Mobile Learning 2018, 55–61.

Cronin, Catherine (2017): Openness and praxis: Exploring the use of open educational practices in higher education, in: International Review of Research in Open and Distance Learning, online unter: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i5.3096> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Erickson, Kirk I/Hillman, Charles H/Kramer, Arthur F (2015): Physical activity, brain, and cognition, in: Current Opinion in Behavioral Sciences 4, 27–32.

Fiorella, Logan/Mayer, Richard E. (2016): Eight Ways to Promote Generative Learning, in: Educational Psychology Review 28, 4, 717–741.

Gallagher, Shaun/Lindgren, Robb (2015): Enactive Metaphors: Learning Through Full-Body Engagement, in: Educational Psychology Review 27, 3, 391–404.

Graf, Christian (o. J.): Informatiklehrer.at, online unter: <https://www.informatiklehrer.at/> (letzter Zugriff: 25.11.2021).

Hmelo-Silver, Cindy E./Duncan, Ravit Golan/Chinn, Clark A. (2007): Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006), in: Educational Psychologist 42, 2, 99–107.

Kerres, Michael (2018): Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote, Berlin: De Gruyter Oldenbourg Verlag.

Lindgren, Robb/Morphew, Jason/Kang, Jina/Junokas, Michael (2019): An Embodied Cyberlearning Platform for Gestural Interaction with Cross-Cutting Science Concepts, in: Mind, Brain, and Education 13, 1, 53–61.

Macken, Lucy/Ginns, Paul (2014): Pointing and tracing gestures may enhance anatomy and physiology learning, in: *Medical Teacher* 36, 7, 596–601.

Moreau, David (2015): Brains and Brawn: Complex Motor Activities to Maximize Cognitive Enhancement, in: *Educational Psychology Review* 27, 3, 475–482.

Otto, Daniel. 2021. Driven by Emotions! The Effect of Attitudes on Intention and Behaviour regarding Open Educational Resources (OER), in: *Journal of Interactive Media in Education 2021*, Ubiquity Press: 1–14, online unter: <https://doi.org/10.5334/jime.606> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Otto, Daniel/Schröder, Nadine/Diekmann, Daniel/Sander, Pia (2021): Offen gemacht: Der Stand der internationalen evidenzbasierten Forschung zu Open Educational Resources (OER), in: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 24: 1061–1085, online unter: <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01043-2> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Passey, Don (2017): Computer science (CS) in the compulsory education curriculum: Implications for future research, in: *Education and Information Technologies* 22, 2, 421–443.

Pirker, Johanna/Dengel, Andreas/Holly, Michael/Safikhani, Saeed (2020): Virtual Reality in Computer Science Education: A Systematic Review, in: *26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology vom November 2020*, 1–8.

Qiao, Xiuquan/Ren, Pei/Dustdar, Schahram/Liu, Ling/Ma, Huadong/Chen, Junliang (2019): Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality – State of the Art, Challenges, and Insights, in: *Proceedings of the IEEE* 107, 4, 651–666.

Resnyansky, Dmitry/Ibili, Emin/Billinghurst, Mark (2018): The Potential of Augmented Reality for Computer Science Education, in: *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, 350–356.

Sepp, Stoo/Howard, Steven J./Tindall-Ford, Sharon/Agostinho, Shirley/Paas, Fred (2019): Cognitive Load Theory and Human Movement: Towards an Integrated Model of Working Memory, in: Educational Psychology Review 31, 2, 293–317.

Tinkercad (2021): Tinkercad | Create 3D digital designs with online CAD, online unter: <https://www.tinkercad.com/> (letzter Zugriff: 24.11.2021).

Vavoula, Giasemi N./Sharples, Mike (2007): Future technology workshop: A collaborative method for the design of new learning technologies and activities, in: International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning 2, 4, 393–419.

VPH (o. J.): Virtuelle PH, online unter: <https://www.virtuelle-ph.at/> (letzter Zugriff: 24.11.2021).

Wiley, David A. (2016): Foreword, in: Blessinger, Patrick/Bliss, TJ (Hg.): Open Education, 1. Aufl., xxi–xxii. International Perspectives in Higher Education, Open Book Publishers.

Wiley, David A./Hilton, John (2018): Defining OER-enabled pedagogy, in: International Review of Research in Open and Distance Learning 19: 133–147, online unter: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i4.3601> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Wilson, Robert A./Foglia, Lucia (2017): Embodied Cognition, in: Zalta, Edward N. (Hg.): The Stanford Encyclopedia of Philosophy, online unter: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/embodied-cognition/> (letzter Zugriff: 25.11.2021).