



Medienimpulse
ISSN 2307-3187
Jg. 59, Nr. 4, 2021
doi: 10.21243/mi-04-21-14
Lizenz: CC-BY-NC-ND-3.0-AT

AR im Klassenzimmer.
Wie Schülerinnen und Schüler
sowie Lehrkräfte im Rahmen
eines Citizen Science Projekts den
Klimawandel (be-)greifbar machen

Ines Deibl
Stephanie Moser
Jörg Zumbach
Stephan Czermak
Richard Edlinger
Gerhard Zwingenberger
Lukas Prudky
Christoph Eibl

Im Rahmen des Citizen Science Projekts „Augmented Reality im Klassenzimmer: Klimawandel (be-)greifbar machen“ wurden Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II an die Thematik des Klimawandels mittels digitaler Lehr- und Lernmittel herangeführt. Dabei wurden sie in den Prozess der Unterrichtsplanung und -gestaltung der dafür notwendigen Lehr- und Lernmaterialien aktiv mit einbezogen. Das Ergebnis war eine umfassende Stundenplanung inklusiver Materialien, welche traditionelle Lernmaterialien mit einer für das Projekt produzierten App SmartTravelAR kombiniert. Eine fiktive Reise durch Europa, die mittels Augmented Reality (AR) umgesetzt wurde, zeigt die ökologischen Problematiken des Mobilitätsverhaltens auf. Die Lernenden sollen so dazu angeregt werden, ihre persönliche Verkehrsmittelwahl bei Reisen stärker zu reflektieren, deren Auswirkungen auf Umwelt und Klimawandel zu verstehen und nicht zuletzt AR als Lernmedium im schulischen Kontext kennenlernen.

The Citizen Science Project “Augmented Reality in Classroom: make climate change tangible and understandable” introduces secondary school students to the topic climate change using digital teaching and learning tools. Students were actively involved in the process of planning and designing the learning material. The result was a comprehensive lesson plan including material combining traditional learning material with the App SmartTravelAR produced for the project. A fictional journey, realised with Augmented Reality, shows the ecological problems of mobility behaviour. The aim of the lesson is to encourage learners to reflect more on their personal choice of transport when travelling, so that they understand its impact on the environment and climate change and, last but not least, to get to know AR as a learning medium in the school context.

1. Einleitung

Das Thema Klimawandel ist in der Schule ein fester Bestandteil des Geografieunterrichts in der Sekundarstufe II (vgl. z. B. BMB

2016), und die Auseinandersetzung damit ist im Unterricht nicht neu. Mit Beginn der „Fridays for Future“-Bewegung ist die Thematik und das diesbezügliche Handlungsbewusstsein bei Schülerinnen und Schülern jedoch verstärkt in den Fokus gerückt. Generell stellt das Thema Klimawandel und seine Auswirkungen einen komplexen Themenbereich dar. Insgesamt ist dieses Konstrukt in seiner Komplexität eher schwer greifbar und kaum real erfassbar, da sich menschliches Handeln oftmals zeitversetzt und indirekt auf das Klima und den Klimawandel auswirkt (vgl. z. B. CO²-Ausstoß auf die Erderwärmung, Riener/Kühn 2014). Diese Komplexität im schulischen Unterricht aufzuzeigen ist nicht trivial. Gerade deshalb sind (fach-)didaktische Überlegungen, wie man den Klimawandel im Unterricht sinnvoll und begreifbar präsentieren kann, unumgänglich. Zusätzlich sollte an die derzeitige vorhandene Motivation und das Interesse seitens der Schülerinnen und Schüler am Thema angeknüpft werden. Im Sinne einer *Bildung für nachhaltige Entwicklung* soll nicht nur auf komplexe Probleme verwiesen werden, sondern es sollen auch nachhaltige Entwicklungen vermittelt sowie den Lernenden auch Alternativen und deren Umsetzungen aufgezeigt werden. Dabei ist es zentral, Kompetenzen im Bereich des kritischen Denkens und der Reflexion zu fördern, um ein Handlungsbewusstsein zu schaffen (vgl. z. B. 16 BNE-Kriterien Wittlich/Brühne 2020).

Viele Informationen rund um „Fridays for Future“ und Klimawandel beziehen Jugendliche über das Internet und somit über ihre Smartphones (mpfs 2020). Daher lag es für das hier vorgestellte Projekt nahe, einen Teil des Lerninhalts anhand dieser digitalen Medien zu vermitteln, denn digitale Medien sind im Leben von Ju-

gendlichen nicht mehr wegzudenken und werden immer häufiger auch für schulisches Lernen verwendet (education group 2021; mpfs 2020). In der alltäglichen Schulpraxis kann allerdings von einem flächendeckenden Einsatz von digitalen Medien als alleinstehende Lernumgebungen und auch gerade sogenannter „Geomedien“ (Kartografie und Geoinformationen in Kombination mit digitalen Medien) nicht die Rede sein; hier wird größtenteils noch auf traditionelle Medien zurückgegriffen. Dabei hat ihre Verwendung, etwa im Geografieunterricht, durchaus Vorteile: einerseits bieten digitale Medien selbst durch die Integration in den Geografieunterricht verschiedene Anknüpfungspunkte zum Thema Klimawandel (z. B. Auswirkung von Produktionsprozessen auf Treibhausgas, problematische Aspekte von Akkus oder kurze Halbwertszeit der technischen Geräte etc.), andererseits können die Funktionen dieser Medien auch für die Darstellung von schwer beobachtbaren Phänomenen genutzt werden. Um solche Phänomene wie etwa die Auswirkungen des Klimawandels zu verdeutlichen, ist es eine Möglichkeit, auf sogenannte „Augmented Reality“-Elemente zurückzugreifen. Gerade die Kombination von traditionellen realen Unterrichtsmaterialien mit einer Augmented-Reality-Umgebung und die dadurch zusätzlichen Visualisierungsmöglichkeiten können hier einen Mehrwert für den Unterricht schaffen (vgl. z. B. Arnold/Killian/Thillosen/Zimmer 2018).

2. Augmented Reality im Unterricht

Unter Augmented Reality (AR) – zu Deutsch „vergrößerte/erweiterte Realität“ – wird die Kombination aus virtueller und realer Umwelt verstanden, welche durch Einblendung digitaler Inhalte

über reale Umgebungen einen dreidimensionalen Bezug virtueller und realer Objekte herstellt (Yuen/Yaoyuneyong/Johnson 2011). Die Anwendung erfolgt in erster Linie über mobile Endgeräte (Smartphones und Tablets), deren Kameras vordefinierte „Trigger“, zum Beispiel einen QR-Code oder ein Bild, erkennen und die dazugehörigen Informationen einblenden. AR erzeugt dabei nicht nur eine erweiterte Realitätswahrnehmung, sondern zeichnet sich insbesondere durch Interaktionen in Echtzeit aus (Azuma 1997; Carmigniani et al. 2010). Dies bietet ein hohes Potenzial auch für den Einsatz von AR im Geografieunterricht.

Eine Verknüpfung von traditionellen Medien (Schulbuch, Landkarten etc.) mit digitalen Medien (AR, Simulationen, Animationen etc.) kann vor allem bei komplexen Themen zu einem besseren Verständnis bei Lernenden führen (Zumbach 2010). Abstrakte Konzepte können so für Lernende „greifbar“ gemacht werden. Der Vorteil von AR liegt vor allem in der Visualisierung und Erklärung der Wirkungszusammenhänge solch komplexer Prozesse (Arnold et al. 2018). So können AR-Umgebungen u. a. in topografische Karten integriert werden. Durch das Scannen eines Symbols oder QR-Codes können Lernende dann einzelne Länder oder Gebiete aufrufen und diese z. B. im 3D-Format betrachten. Ebenso können einzelne Veränderungen regionaler Gebiete anhand einer Simulation dargestellt werden. Auch besteht die Möglichkeit, dass durch die Verwendung von QR-Codes oder Symbolen additive Lernvideos aufgerufen werden, die nochmals explizit auf das gewählte Thema eingehen.

Durch die Verknüpfung von virtuell dargestellten authentischen Prozessen und den damit gekoppelten Lerninhalten werden neue

Formen von Lernprozessen ermöglicht. Diese virtuell dargestellte und erweiterte Realität ist für Lernende und ihren Lernfortschritt dann sinnvoll, wenn der Kompetenzerwerb in der (analogen) Realität in dieser Weise nicht erschließbar ist (Fehling 2017). Der Mehrwert von AR-Elementen entsteht in Verbindung mit traditionellen Medien durch die zusätzlichen Visualisierungs- und Interaktionsmöglichkeiten mit dem Lernstoff. Somit scheint es im vorliegenden Fall sinnvoll, Schülerinnen und Schülern anhand von AR-Umgebungen aufzuzeigen, welche Auswirkungen der Klimawandel haben kann.

Die Anreicherung der Realität mit digitalen Informationen spielt zunehmend eine wichtigere Rolle in unserem Alltag. Auch lässt sich allein anhand der unterrichtsrelevanten publizierten Beiträge in den letzten Jahren ein deutlicher Anstieg der Verwendung von AR im Unterricht erkennen (Krug et al. 2021). Die zunehmend verbesserte Ausstattung mit Hardware an den Schulen sowie die Möglichkeit, durch verschiedene Softwarelösungen AR-Anwendungen auch ohne Programmierkenntnisse zu nutzen und auch zu erstellen, ermöglicht es, diese auch im Unterricht zu verwenden oder sogar selbst von Schülerinnen und Schülern produzieren zu lassen (vgl. z. B. areeka.net). Für die Umsetzung im Unterricht sollte dennoch überlegt werden, welchen Mehrwert solche Anwendungen für das Lernen mit sich bringen, in Relation zum erhöhten Vorbereitungsaufwand des Lehr- und Lernsettings. Die Frage nach gelungenen Lehr-Lernszenarien mit AR-Anwendungen und welche Parameter es dafür benötigt, ist bisher empirisch noch unzureichend geklärt. Dem Einsatz von AR in Lehr-/Lernszenarien werden dennoch anhand bisheriger Forschungsergebnisse

mögliche positive Effekte auf den Wissenserwerb, die Motivation und andere Faktoren des Lernens zugeschrieben (Garzón/Acevedo 2019; Garzón et al. 2020). Krug et al. (2021) identifizierten anhand einer Metaanalyse sechs Parameter, die ein erfolgreiches Lehren und Lernen mit AR begünstigen: Immersion, Interaktivität, Kongruenz mit der Realität, Adaptivität, Spiel-Elemente und Komplexität. Tschiersch et al. (2021) ergänzen anhand einer Literaturanalyse noch einen weiteren Parameter, der ihres Erachtens gerade im Kontext naturwissenschaftlicher Bildung eine Rolle spielen kann, nämlich inhaltliche Nähe zur Realität. Inwiefern diese Parameter einzeln oder gemeinsam sich auf Lehr-/Lernsettings auswirken, ist bisher noch nicht ausreichend erforscht. Erschwert wird dies dadurch, dass die genannten Parameter in AR-unterstützten Lehr-/Lernszenarien unterschiedlich Beachtung finden.

Zentral bei der Verwendung von AR für den Unterricht sowie für die Unterrichtsgestaltung selbst ist, dass bei AR stets die Verbindung zwischen virtueller und realer Welt im Vordergrund steht (Buchner/Zumbach 2020; Radu 2014). Im Gegensatz zu Virtual Reality handelt es sich hier um keine Parallelwelt, in die sich Lernende begeben. Die Verwendung von AR ist nicht neu und findet sich bereits in den 1990er-Jahren bei Milgram et al. (1994) wieder. Wie Buchner und Zumbach (2020) anmerken, bietet aber gerade das hohe Level an Interaktivität, das dieses Medium mit sich bringt, großes Potenzial für die Verwendung im schulischen Kontext. Der Fokus bei der Verwendung von AR muss darauf liegen, wie man dieses Medium lernförderlich in den Unterricht integrieren kann. Dafür benötigt es sowohl aufseiten der Lehrkräfte als auch der Lernenden gewisse mediendidaktische Voraussetzungen (vgl. z. B.

das TPACK-Modell, Harris/Hofer 2011), zusätzlich zur schulischen Ausstattung mit Hard- und Software. Im Rahmen des hier vorgestellten Citizen-Science-Projekts wurde ein Lehr-/Lernszenario für die Verwendung von AR zum Thema Klimawandel entwickelt. Der Citizen-Science-Ansatz eignete sich vor allem bei diesem Projekt sehr gut, da durch die Eingebundenheit in das Projekt einerseits die Motivation der Schülerinnen und Schüler gefördert werden konnte, andererseits die Lernmaterialien gezielt an die Wünsche und Vorstellungen sowohl der Lehrkräfte als auch der Schülerinnen und Schüler angepasst werden konnten.

3. Citizen Science

Zusammengefasst versteht man unter Citizen Science die aktive Teilnahme an wissenschaftlicher Forschung oder Forschungsprozesse von Menschen, die nicht in der Wissenschaft tätig sind oder keine wissenschaftliche Ausbildung haben (Gadermaier et al. 2018). Wie Studien zeigen, nimmt das Interesse an Forschung und Wissenschaft im Laufe der schulischen Bildung ab (Osborne et al. 2003). Daher sind Citizen-Science-Projekte eine gute und in den letzten Jahren auch häufig genutzte Möglichkeit, die Gesellschaft und insbesondere Lernende in Forschung oder Forschungsprozesse miteinzubeziehen. Sie bieten sogenannte „hands-on“-Aktivitäten und ermöglichen Schülerinnen und Schülern, aktiv an realer und authentischer Forschung teilzuhaben. Die Lernenden bzw. die Citizens sind dabei in alle oder auch nur in einzelne Schritte der Forschung eingebunden, wie z. B. das Sammeln und/oder das Auswerten der Daten. Häufig wird der Citizen-Science-Ansatz für naturwissenschaftliche Forschung gewählt (Bonney et al. 2014).

Neben dem Erwerb von Wissen, wie Forschung betrieben wird, adressieren Citizen-Science-Projekte meist auch die Veränderung von Einstellungen oder Handlungsbereitschaften von Lernenden zum jeweiligen Forschungsgegenstand (Bela et al. 2016; Williams et al. 2021).

Empirische Erkenntnisse über einen möglicherweise positiven Einfluss von Citizen-Science-Projekten etwa auf den Wissenserwerb, das Interesse an Forschung oder die Einstellungen von Schülerinnen und Schülern zu den dem jeweiligen Projekt zugrundeliegenden Themen, sind bisher kaum publiziert. Einige Studien zeigen dennoch, dass Citizen-Science-Projekte das Potenzial besitzen, das Wissen von Lernenden zu steigern (Bradley et al. 1999; Jordan et al. 2011; Hiller/Kitsantas, 2014). Eine Studie von Williams, Hall und O'Connell (2021) untersuchte den Einfluss eines naturwissenschaftlichen Citizen-Science-Projekts zum Thema Kolibris auf das Wissen darüber, die Identifikation der Lernenden mit der Wissenschaft und die Naturverbundenheit. Zwar konnte das Wissen mäßig gesteigert werden, der Citizen-Science-Ansatz hatte allerdings keinen signifikanten Einfluss auf die Identifikation mit Wissenschaft und die Naturverbundenheit. Dennoch zeigt das Projekt, dass durch die Eingebundenheit in die Forschung die Motivation der Schülerinnen und Schüler gefördert werden kann: das Sammeln der Daten beispielsweise führte bei den Lernenden zu einer Identifikation mit dem Projekt, da ihre Arbeit als wichtig erachtet wurde (Williams et al. 2021).

Soanes et al. (2020) zeigen anhand ihrer Studie zur Wildtierforschung mit Schülerinnen und Schülern, dass sich die Teilhabe am Projekt positiv auf die soziale Eingebundenheit in das Lehr-/Lerns-

zenario der Lernenden auswirkte, sowie dass deren Bewusstsein für die Umwelt gefördert werden konnte. Varaden et al. (2021) berichten in ihrem Citizen-Science-Projekt zur Luftverschmutzung in London, dass durch die Datensammlung der Schülerinnen und Schüler bzw. durch die Teilnahme an einem Citizen-Science-Projekt bei den Teilnehmenden eine positive Veränderung hinsichtlich Bewusstsein und der Handlungsbereitschaft in Bezug auf das Thema Luftverschmutzung wahrgenommen werden konnte.

Diese hier nur exemplarisch ausgewählten Studien zeigen, dass anhand von Citizen-Science-Projekten vor allem die Eingebundenheit in den Forschungsprozess eine wichtige Rolle spielt, um das Wissen, die Motivation und auch die Handlungsbereitschaft der Teilnehmenden zu fördern.

4. Hintergrund des Projekts

Im Rahmen der Ausschreibung des Förderprogramms „Erstellung von digitalen Lehr- und Lernmitteln mit Citizen-Science-Methoden“ der Innovationsstiftung für Bildung wurde gemeinsam mit Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern der HLWM Annahof Salzburg sowie der Universität Salzburg ein Projekt umgesetzt, welches die Entwicklung und Erprobung einer AR-App zur Förderung des Handlungsbewusstseins und des Wissenserwerbs zum Thema Klimawandel im Fokus hatte. Die Schülerinnen und Schüler sollten zu allen Zeitpunkten des Projekts aktiv eingebunden werden. Aufgrund der im Frühjahr 2020 erlassenen coronabedingten Kontaktbeschränkungen und des damit einhergehenden Lockdowns wurde dies leider nicht in dem wie ursprünglich im Projektplan festgelegten Ausmaß ermöglicht. Realisiert werden

konnte zu Beginn des Projekts die Einbeziehung der Schülerinnen und Schüler bei der Wahl, in welcher Form das Thema Klimawandel umgesetzt werden soll. Anhand der eigens entwickelten AR-Anwendung *SmartTravelAR* wurde sowohl den Lernenden als auch den Lehrkräften AR als Unterrichtsmedium auf möglichst einfache Art nähergebracht. Durch die sich wiederholenden Feedbackschleifen während der Entwicklung der App waren die Schülerinnen und Schüler stets in den Entstehungsprozess der App miteingebunden und konnten somit auch die Usability dieser App überprüfen und weiterentwickeln.

Durch die Wahl einer AR-App ergeben sich neue Möglichkeiten, die Schülerinnen und Schüler für das Thema Klimawandel zu interessieren. Der interaktive Charakter der App fordert die Lernenden dazu auf, sich aktiv am Unterrichtsgeschehen zu beteiligen. Über die spielerische Auseinandersetzung (Gamification) mit dem Thema globale Erwärmung in der AR-App können die Schülerinnen und Schüler auf neue Weise an das Thema herangeführt werden. Der Wettbewerbscharakter der App soll zu Diskussionen und kritischen Reflexionen eigener, diesbezüglicher Werte führen. Hinsichtlich der Umsetzung des Themas im Unterricht ergeben sich durch die Verwendung einer AR-App neue Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung, welche die Befriedigung der Grundbedürfnisse nach Kompetenzerleben, sozialer Eingebundenheit und Autonomieerleben berücksichtigen (Ryan/Deci 2017). Vor allem Ansätze, die Schülerinnen und Schüler bei der Unterrichtsgestaltung miteinbeziehen, können diese drei Grundbedürfnisse erfüllen, und so insbesondere bei komplexen Themen die Motivation und Verarbeitungstiefe fördern. Der Ansatz der Citizen-Science-Me-

thode für das hier vorgestellte Projekt eignet sich daher gut, um Schülerinnen und Schüler aktiv in die Themenwahl, Gestaltung der App und ihre Umsetzung im Unterricht und somit wiederum in den Lernprozess gemäß der Selbstbestimmungstheorie nach Ryan und Deci (2017) einzubeziehen.

Ziel des Projekts *AR im Klassenzimmer* war es, Lernenden einerseits Wissen zum Thema Klimawandel zu vermitteln und durch den Einbezug digitaler Medien das Thema unmittelbarer zu gestalten, andererseits durch die Einbeziehung in die Entscheidungsfindungsprozesse Schülerinnen und Schüler aktiv am Gestaltungsprozess des Unterrichts teilhaben zu lassen. Folgende Ziele wurden anhand des Projekts verfolgt:

- Steigerung der Motivation der Schülerinnen und Schüler sowie des Interesses am Unterricht durch „Wow-Effekte“, die AR-Umgebungen erzeugen können (Neuigkeitseffekt)
- Förderung der Medienkompetenz von Schülerinnen und Schülern durch sinnvollen und bewussten Einsatz von digitalen Medien
- Förderung selbstbestimmten Lernens durch den Einsatz von digitalen Medien in gut strukturierten aber offenen Lernsettings
- Begreifen der Zusammenhänge von Umwelt, Wirtschaft, Globalisierung und Klima durch das Ineinandergreifen der realen mit der virtuellen Lernumgebung.

Da wir mit unserem kompetenzorientierten Unterrichtsbeispiel besonders die Transfer- und Reflexionsleistung Lernender anregen wollen, fassen wir primär Lernziele höherer Anforderungsbereiche auf der Handlungsebene auf. Nach der Lehrzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) finden sich unsere Ziele auf den Dimensionen Analysieren und Evaluieren/Bewerten wieder:

- Die Lernenden können die persönliche Verkehrsmittelwahl hinsichtlich der entstehenden Reisekosten, -dauer und Umweltschädlichkeit kritisch beurteilen (Analysieren).
- Die Lernenden können das Reiseverhalten abhängig von der persönlichen Kapitalausstattung und dem sozialen Hintergrund reflektieren (Evaluieren/Bewerten).

5. Umsetzung des Projekts

5.1 Themenwahl unter Einbezug der Citizens

Zu Beginn des Projekts fand eine Initialbefragung mit 86 Schülerinnen und Schülern unserer Partnerinnen- und partnerschule statt, in welcher abgefragt wurde, welcher Teilbereich des Themas Klimawandel im Unterricht bzw. im Projekt behandelt werden soll. Das Ergebnis sowie weitere Gruppendiskussionen mit den Schülerinnen und Schülern zeigte, dass besonders die Bereiche Mobilität und Konsum hinsichtlich des Klimawandels eine essenzielle Bedeutung im Alltag der Lernenden einnahmen. Aus diesem Grund wurden diese beiden Aspekte kombiniert, um mit einer fiktiven Reise durch Europa die ökologischen Problematiken des Mobilitätsverhaltens aufzuzeigen. Die Schülerinnen und Schüler sollten so dazu angeregt werden, ihre persönliche Verkehrsmittelwahl bei Reisen stärker zu reflektieren, deren Auswirkungen auf Umwelt und Klimawandel zu verstehen und nicht zuletzt AR als Lernmedium im schulischen Kontext kennenlernen.

Entsprechend der Komplexität der Thematik bestehen zahlreiche Vernetzungen zu vorgelagerten Inhalten des Lerngebiets. Hierzu zählen z. B. die Globalisierung, die internationale Vernetzung oder der globale Ressourcen-Verbrauch bzw. CO²-Emissionen. Thema-

tisch relevantes Grundlagenwissen sollte im Vorfeld grundlegend und ausreichend besprochen werden, um die nötige Tiefe für dieses Thema zu schaffen. Folgende Punkte wurden im Vorfeld mit den Lernenden thematisiert:

- Möglichkeiten der persönlichen Mobilität im Raum (Verkehrsmittel, ökologische Verträglichkeit, Infrastruktur und Infrastrukturdefizite, regionale Disparitäten)
- Bedürfnisse (Bedürfnispyramide) und Ressourcenzugang
- Einflussfaktoren bei der Reisemittelwahl (Werbung etc.); Konsumpsychologie
- Persönliche Reiseerfahrungen

Von den Lehrkräften wurde zu Beginn festgelegt, welches Ziel und welcher Nutzen mit der App erreicht werden soll. Als grundlegende didaktische Strategie wurde ein Game-Based-Learning-Ansatz (Zumbach 2010) gewählt. In einem weiteren Schritt wurde die Produktion zusammen mit Studierenden des MultiMediaTechnology-Studiengangs der FH Salzburg begonnen. Diese standen während des gesamten Prozesses in engem Austausch mit den Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern und Forschenden, sodass die Lehrkräfte mit den Schülerinnen und Schülern die Gestaltung und das Design der App während der Produktion mitbestimmen und adaptieren konnten. Leider mussten hier viele Gespräche online stattfinden, was die Produktionsphase für das hier vorliegende Projekt anhand einer intensiven Beteiligung der Citizens zu einer Herausforderung machte. Am Ende des Projekts entstand die App *SmartTravelAR*.

5.2 Bezug zum realen Lehrplan

Die entwickelte App mit AR-Elementen soll in Kombination mit traditionellen Unterrichtsmaterialien den zugrundeliegenden Unterrichtsstoff vermitteln. Durch die verwendeten Arbeitsmaterialien soll eine Reflexion des eigenen Reiseverhaltens sowie der Auswirkungen auf das Klima angeregt werden. Der Einbezug von Quizzes in das Spielgeschehen ermöglicht es, konkretes Wissen durch die App niederschwellig zu vermitteln. Durch gemeinsame Entscheidungen im Spielablauf und gemeinsame Diskussionen in der Vor- und Nachbereitung werden gruppendynamische Lernprozesse integriert. Dabei wird sowohl die Fähigkeit zur Begründung und Kommunikation des eigenen Standpunktes als auch die Formulierung und Umsetzung gemeinsamer Werte und Normen in einer geschützten Umgebung trainiert.

Die geplante Unterrichtssequenz ist so konzipiert, dass sie in allen Schulformen der Sekundarstufe II Anwendung finden kann. Inhaltliche Anknüpfungspunkte ergeben sich hierbei für alle österreichischen Unterrichtsfächer und deren Lehrpläne. Exemplarisch soll hier kurz die Anknüpfung an einen Lehrplan der Höheren Bildungslehranstalt für wirtschaftliche Berufe in Österreich dargestellt werden. Dieser definiert den Einbezug neuer Technologien neben dem Aktualitätsbezug, dem fächerübergreifenden Unterrichten und der Erziehung zu Umweltbewusstsein als allgemeinen didaktischen Grundsatz. Obgleich solche Grundsätze „für alle [...] geeigneten Unterrichtsgegenstände“ gelten, bildet deren Kombination mit dem Fach Globalwirtschaft, Wirtschaftsgeografie und Volkswirtschaft die Basis für den Einsatz unserer Unterrichtssequenz in diesem Schultyp. Konkret lässt sie sich im 1. oder 2. Jahr-

gang Wirtschaftsgeografie ansiedeln; beim Ausbildungszweig Umwelt und Wirtschaft ist das Fach im 2. und 3. Jahrgang vorgesehen (BMUK 1993, Anlage 2, Pkt. IV). Neben dem Thema Mobilität im 1. Jahrgang (Bereich Raum und Gesellschaft) kann unsere AR-basierte Reise durch Europa gerade beim Unterrichten der Teilbereiche Freizeitverhalten und Tourismusregionen, Reiseplanung (Bereich Industrieländer) ideal eingebunden werden. Dabei werden folgende Basiskompetenzen (BMB 2016) angesprochen: Nachhaltigkeit und Lebensqualität, Mensch-Umwelt-Beziehung, Orientierungskompetenz, Umweltkompetenz und Gesellschaftskompetenz.

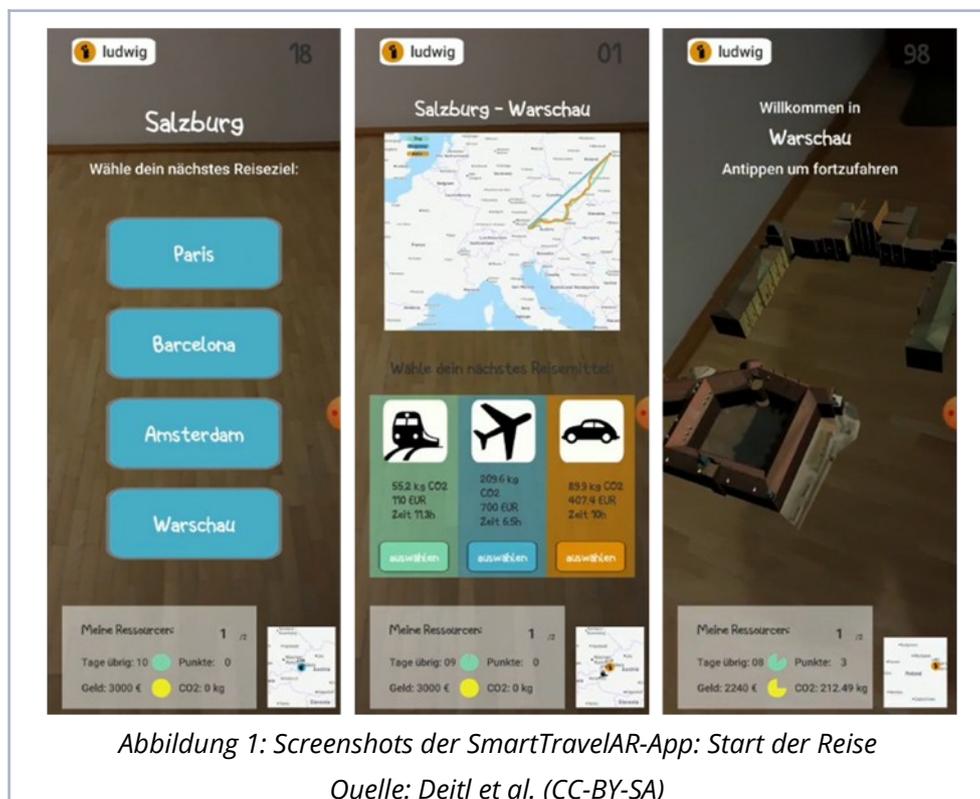
5.3 Einsatz von SmartTravelAR im Unterricht

Zum Start des Spiels gibt die Lehrkraft eine Spiel-ID wie etwa den Namen der Klasse an. Anschließend wird die Gewichtung der Siegpunkte für das Spiel gewählt. Diese Interaktionsmöglichkeit erlaubt die Beeinflussung des Rankings einzelner Reisender. Die Parameter sind Zeit, Geld, Wissenspunkte und CO²-Emissionen. Als Spielteilnehmerin und -teilnehmer wählt man zuerst einen Avatar aus. Die verschiedenen Archetypen verfügen dabei über unterschiedliche Geld- und Zeitressourcen.

Der Ausgangspunkt der Reisen ist immer Salzburg. Von dort aus können das nächste Reiseziel und ein Verkehrsmittel gewählt werden, wobei nicht alle Verkehrsmittel immer verfügbar sind. Die jeweilige Route wird in der Karte dargestellt. Um das optimale Verkehrsmittel zu wählen, lohnt sich ein Vergleich des jeweiligen Ressourcenverbrauchs. Hier ist die richtige Taktik hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs gefragt. Es ist jederzeit möglich, das eige-

ne Ranking innerhalb der Gruppe zu prüfen und somit auch die eigene Strategie anzupassen.

Die aus Echtdateen generierten Reisezeiten werden den Lernenden vorgegeben. Während der jeweiligen Reisezeit sind Quizfragen zu beantworten, die wiederum zu Wissenspunkten führen. Wurden die Fragen beantwortet, können die Lernenden in der gewählten Stadt einchecken. Hierfür muss der Marker – ein Schwarz/Weiß-Bild der jeweiligen Stadt – gescannt werden. Nun erscheint das gewählte Verkehrsmittel als 3D-Objekt; in unserem Fall symbolisch ein Flughafen. Um in die Stadt zu gelangen, tippt man das Objekt an. Im nächsten Schritt wird die AR-Plane-Detection aktiviert. Dazu muss man sich im Raum umsehen, um der Software eine Flächenerkennung zu ermöglichen. Stellvertretend für die möglichen Aufenthaltspakete müssen nun drei Sehenswürdigkeiten als 3D-Objekte durch Antippen platziert werden (siehe Abbildung 1). Beim Antippen eines dieser Objekte erhält man genauere Informationen über Aufenthaltsdauer, Ressourcenverbrauch und Siegpunkte zum jeweiligen Aufenthaltspaket. Zudem werden die Aktivitäten während des virtuellen Aufenthalts beschrieben. Nach Ablauf der Aufenthaltszeit kann ein neues Reiseziel gewählt werden.



Um möglichst viele Punkte zu sammeln, sollte jede Stadt besucht werden. Die Reise endet wieder in Salzburg. Am Ende des Spiels lassen sich die Ergebnisse hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs der einzelnen Spielenden vergleichen. Eine abschließende Diskussion über den Ressourcenverbrauch bei Reisen und seine Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft regt zusätzlich zur Selbstreflexion an und festigt den Wissensgewinn.

5.4 Erstellung von Begleitmaterialien

Für den Einsatz im Unterricht wurden im Rahmen des Projekts von den Lehrkräften und den Schülerinnen bzw. Schülern sowie Akteurinnen und Akteuren der Hochschule Unterrichtsmaterialien bzw. Begleitmaterialien für Lehrkräfte und ein Manual verfasst.

Auch dabei wurde versucht, diese im Laufe der Projektzeit immer wieder nach regem Austausch aller Beteiligten zu adaptieren und anzupassen. Diese Unterlagen beinhalten sowohl Materialien für die Unterrichtsvorbereitung als auch -nachbereitung und die eigentliche Unterrichtseinheit. Gerade da es sich beim Thema Klimawandel um ein komplexes Thema handelt, benötigt es hier eine sorgfältige Vor- und Nachbereitung, um das Potenzial der Kombination aus traditionellen Unterrichtsmaterialien und digitalen Materialien auch tatsächlich zu nützen.

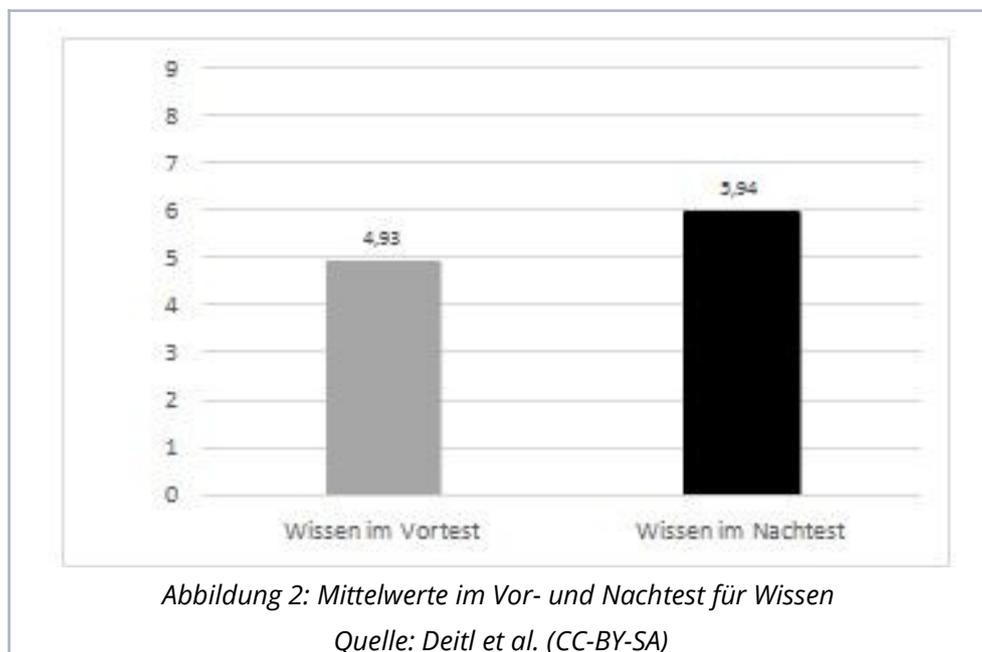
Zusätzlich ist für den Einsatz im Unterricht ein gewisses Verständnis digitaler Medien notwendig, sowohl bei Lernenden als auch bei Lehrkräften. Das Verwenden eines Tablets oder Handys sowie das Installieren einer App auf selbigem sollte möglich sein.

Für den Einsatz im Unterricht findet sich auf der Homepage des Projekts ein ausführliches Manual, das den Einsatz und die Ziele genau beschreibt. Zusätzlich gibt es verwendbare Unterrichtsmaterialien sowie Informationen zum Einbezug der App in die Unterrichtsplanung. Durch die Anleitung und die Erklärvideos auf der Homepage¹ ist es auch Lehrkräften mit wenig Vorerfahrung zum Einsatz digitaler Medien möglich, die App in den Unterricht zu integrieren. Der Prototyp der App wurde einer formativen Evaluation unterzogen, die zu einer Revision des Produktes führte.

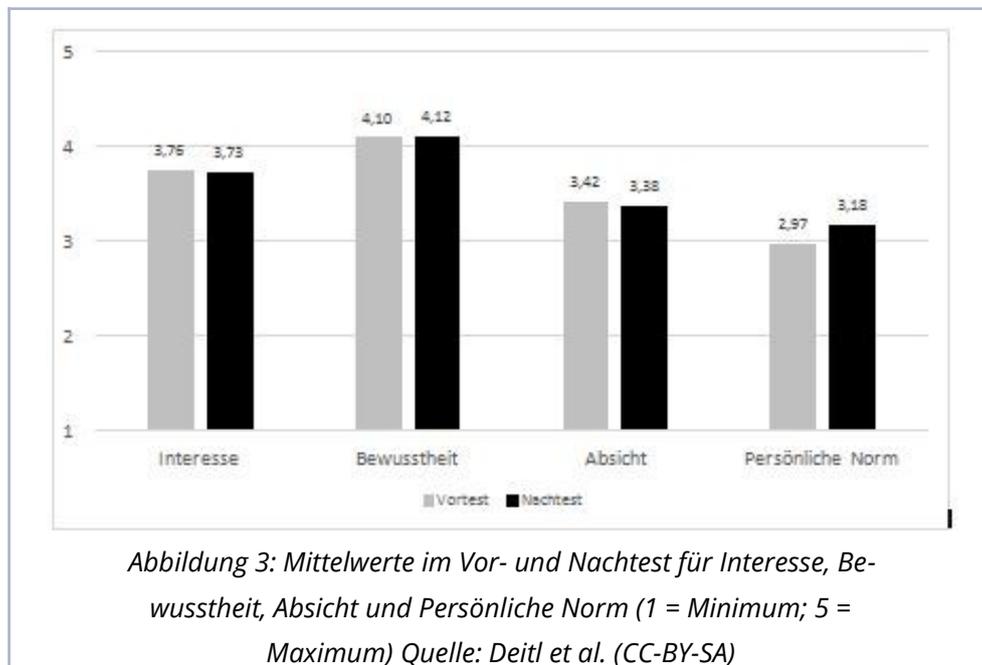
6. Erfahrungen aus dem Projekt

Die Unterrichtseinheit wurde im Laufe des Projekts evaluiert und adaptiert. Ziel der Evaluierung war es, zu erheben, inwieweit sich durch die AR-App Veränderungen feststellen lassen in Bezug auf

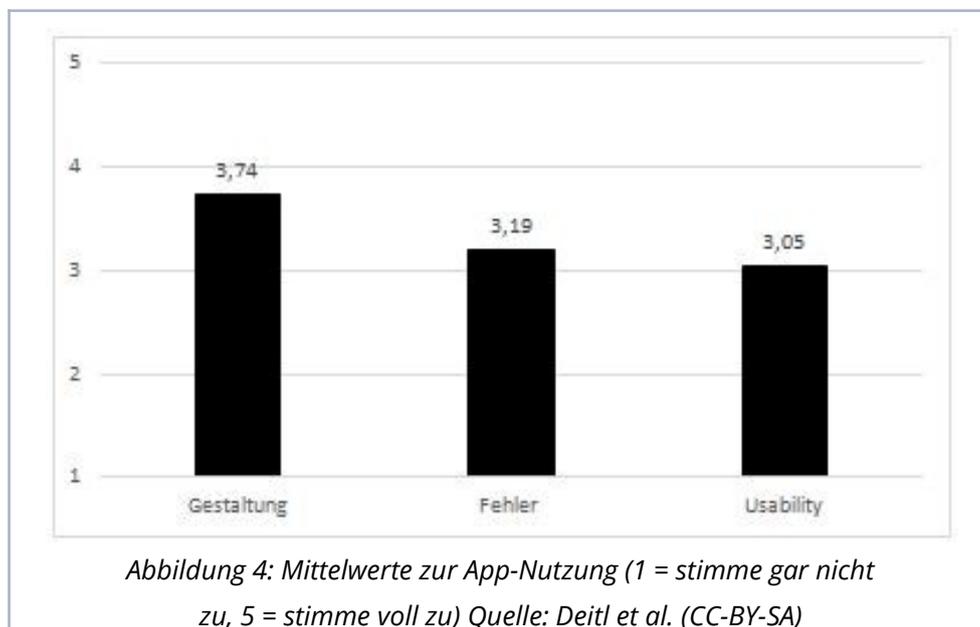
Wissen über und Interesse am Thema Klimawandel, die Bewusstheit über die ökologischen Konsequenzen der eigenen Handlungen, die eigene Handlungsabsicht sowie die persönliche Norm, sich umweltschonend im Verkehr zu verhalten. Weiterhin wurden das Erleben sozialer Erwünschtheit und die Verarbeitungstiefe (Elaboration) als Kontrollvariablen einbezogen. Eine Analyse der App-Nutzung soll darüber Auskunft geben, inwieweit die Schülerinnen und Schüler die Gestaltung der App als ansprechend beurteilen, inwieweit Fehler auftreten und wie hilfreich sie die Meldungen dazu finden, welche kognitive Belastung sie beim Spielen erleben und wie die Schülerinnen und Schüler die Usability beurteilen. Dazu wurden 43 Schülerinnen bzw. Schüler der Partnerschule (75 % weiblich, 25 % männlich, $M_{Alter} = 17.14$; $SD = 0.89$) anhand papierbasierter Fragebögen jeweils bevor und nachdem sie das Spiel *SmartTravelAR* gespielt haben, befragt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Wissen der Teilnehmenden von Vor- zu Nachtest geringfügig steigt (vgl. Abbildung 2).



Die Schülerinnen und Schüler zeigen ein mittleres bis hohes Interesse am Klimawandel sowohl im Vor- als auch im Nachtest (siehe Abbildung 4). Weiterhin zeigen sich eher hohe Werte für die Bewusstheit der Schülerinnen und Schüler über die eigenen Handlungskonsequenzen und mittlere Werte für die Absicht der Schülerinnen und Schüler, einen eigenen Beitrag zu umweltschonendem Verkehrsverhalten zu leisten, sowohl im Vor- als auch im Nachtest. Bei der persönlichen Norm im Sinne einer persönlichen moralischen Verpflichtung, sich umweltschonend im Verkehr zu verhalten, ergeben sich ebenfalls mittlere Werte hinsichtlich der eigenen Verantwortung, die im Nachtest geringfügig gestiegen sind.



Die Schülerinnen und Schüler beurteilen die Gestaltung der App als eher ansprechend (siehe Abbildung 5). Darüber hinaus berichteten sie von einem moderaten Auftreten von Fehlern. Die Usability wurde leicht überdurchschnittlich bewertet.



7. Lessons learned

Für die Evaluation der Unterrichtseinheit mit *SmartTravelAR* wurden zwei Mit-Mach-Phasen geplant und durchgeführt. Hier ist anzumerken, dass die zweite Mit-Mach-Phase aufgrund der COVID-19-Pandemie leider nur stark eingeschränkt und abgewandelt stattfinden konnte, da ein reguläres Unterrichten im vorangegangenen wie auch aktuellen Schuljahr kaum möglich war.

Während die deskriptiven Ergebnisse einen Wissenszuwachs darstellen, konnte dieser Zuwachs jedoch nicht als statistisch signifikant belegt werden. Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass das Interesse am Thema Klimawandel bereits zu Beginn sehr hoch einzuschätzen war und auch bis zum Ende vom Projekt sehr hoch geblieben ist. Keine signifikanten Veränderungen konnten für die Bewusstheit über ökologische Konsequenzen der eigenen Handlungen, Handlungsabsicht und die persönliche Norm, sich um-

weltschonend im Verkehr zu verhalten, festgestellt werden. Die Werte bewegen sich zu Beginn teils ebenfalls in höheren Bereichen. Möglicherweise hat die vorherige Beschäftigung mit dem Thema Klimawandel während der App-Produktion bereits zu einer Auseinandersetzung damit beigetragen, sodass das Spiel an sich nur mehr kleinere Veränderungen bewirkt hat. Interessant wäre hier der Vergleich mit Schülerinnen und Schülern, die sich eben noch nicht so intensiv mit der Thematik beschäftigt haben, sodass die App hier eine deutlichere Veränderung bewirken könnte. Zu bedenken ist jedoch, dass der Effekt solch kurzfristiger Interventionen auf die Veränderung von Einstellungen auch begrenzt sein kann.

8. Chancen, Grenzen und Herausforderungen des Projekts

SmartTravelAR wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt und stellt somit nicht den Anspruch auf Vollständigkeit oder Marktreife. Dies betrifft sowohl die technischen Möglichkeiten einer AR-Anwendung als auch die spielerischen Aspekte.

Die App versucht, ein komplexes und akutes Problem – den Klimawandel – für junge Menschen begreifbar zu machen. In erster Linie wurde bei der Entwicklung nach Möglichkeiten gesucht, den Einfluss des Individuums auf ein globales Problem wie den Klimawandel aufzuzeigen. Das Ergebnis der Zusammenarbeit ist ein funktionierender Prototyp, der noch viel Entwicklungspotenzial hat und im Laufe seiner Verwendung durch die Erfahrungswerte der Lehrpersonen und Lernenden gemeinsam weiterentwickelt und verbessert wird. Darin steckt unseres Erachtens auch das große Potenzial von Citizen-Science-Projekten zur Lehr- und Lern-

materialienentwicklung. Diese können in regelmäßigen Feedbackschleifen an die aktuellen Bedürfnisse von Lernenden, aber auch an die äußeren Einflüsse angepasst werden.

Aufgrund der pandemiebedingten Projektverzögerung ergab sich die Möglichkeit, zwei Studierende einer Fachhochschule für die Entwicklung zu gewinnen. In der Erstellungsphase war Flexibilität hinsichtlich Veränderungen notwendig, denn die Arbeit mit den Citizens wurde aufgrund der Beschränkungen immer anspruchsvoller. Deshalb mussten einige Tests und Entwicklungsschritte in stark dezimierten Gruppen erfolgen. Citizen Science war in diesem Rahmen eine digitale Kommunikationsherausforderung. Teile der *SmartTravelAR* App wurden daher von einzelnen Gruppen erstellt, und es wurde überprüft, an welchen Stellen eine Zusammenarbeit im breiteren Umfeld wieder möglich wäre. Das Design der App wurde zu einem großen Teil von den Schülerinnen und Schülern selbst entworfen.

Die individuelle Erfahrung des Themas kann durch eine Weiterführung des Gamification-Ansatzes noch intensiviert werden. Die verfügbaren Städte, die entsprechenden Verkehrsverbindungen, die Städtepakete und 3D-Modelle sind beliebig erweiterbar. Im Sinne von Citizen -Science wäre eine diesbezügliche Inklusion von Unterrichtenden und Lernenden begrüßenswert.

Als schwierig für die Erstellung der Lernmaterialien mit Beteiligung von Citizens erachten wir den Umstand, dass Drittmittelprojekte an einen zeitlichen Rahmen gebunden sind und oftmals eine regelmäßige empirische Überprüfung im Rahmen eines Projektverlaufes nicht durchführbar ist. Gerade diese immer wieder

stattfindende Evaluation und Adaption der Unterrichtsmaterialien, vor allem bei Produktion und Einsatz digitaler Medien wie etwa AR-Anwendungen, ist jedoch für gesicherte und evidenzbasierte Unterrichtsmaterialien notwendig.

Eine weitere Herausforderung von sehr offen gehaltenen Citizen-Science-Projekten hinsichtlich der Gestaltung und Anwendung von Lehr-Lernmaterialien ist, dass Schülerinnen und Schüler eher kein Wissen darüber besitzen, welche evidenzbasierten Parameter dem Einsatz von Unterrichtsmaterialien zugrunde liegen. Es gilt daher eine Balance zu finden, zwischen großer Offenheit und Mitbestimmungsmöglichkeiten von Schülerinnen und Schülern und der Vorgabe eines engeren Rahmens, der auf wissenschaftlichen Erkenntnissen der Schul- und Unterrichtsforschung basiert. Erschwert wird dies beim Einsatz von AR zusätzlich dahingehend, dass es bisher noch an Konzepten zur Integration in das Unterrichtsgeschehen fehlt (Garzon et al. 2020).

Anmerkung

- 1 Siehe online unter: <https://komd.schule/smartravelar> (letzter Zugriff:01.12.2021).

Literatur

Anderson, Lorin/Krathwohl, David (Eds.) (2001): A taxonomy for learning, teaching and assessment. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, New York, NY: Longman.

Arnold, Patricia/Kilian, Lars/Thillosen, Anne/Zimmer, Gerhard (2018): Handbuch E-Learning, Bielefeld: Bertelsmann.

Azuma, Ronald (1997): A Survey of Augmented Reality, in: Teleoperators and Virtual Environments 6(4), 355–385.

Bela, Györgyi/Peltola, Taru/Young, Juliette/Balázs, Balint/Arpin, Isabelle/Pataki, György/Hauck, Jennifer et al. (2016): "Learning and the Transformative Potential of Citizen Science.", in: Conservation Biology 30(5), 990–999, online unter: <https://doi.org/10.1111/cobi.12762> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Bonney, Rick/Shirk, Jennifer/Phillips, Tina/Wiggins, Andrea/Ballard, Heidi/Miller-Rushing, Abraham/Parrish, Julia (2014): "Citizen Science. Next Steps for Citizen Science." in: Science 343(6178), 1436–1437, online unter: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1251554> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Bradley, Jennifer/Waliczek, Tina/Zajicek, Jayne (1999): "Relationship between Environmental Knowledge and Environmental Attitude of High School Students.", in: The Journal of Environmental Education 30(3), 17–21, online unter: <https://doi.org/10.1080/00958969909601873> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Buchner, Joseph/Zumbach, Jörg (2020): Augmented reality in teacher education. A framework to support teachers' technological pedagogical content knowledge, in: Italian Journal of Educational Technology, 28(2), 106–125.

Bundesministerium für Bildung (Hg.) (2016): Verordnung des Bundesministers für Unterricht und Kunst vom 14. November 1984 über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen, BGBl. II Nr. 219/2016, i. d. F. BGBl. II Nr. 395/2019, online unter: <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Bundesministerium für Unterricht und Kunst (Hg.) (1993): Verordnung des Bundesministers für Unterricht und Kunst über die Lehrpläne der dreijährigen Fachschule und der Höheren Lehran-

stalt für wirtschaftliche Berufe, BGBl. Nr. 661/1993, i. d. F. BGBl. II Nr. 340/2015, online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008878> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Carmigniani, Julie/Furht, Borko/Anisetti, Marco/Ceravolo, Paolo/Damiani, Eernesto/Ivkovic, Misa (2010): Augmented reality technologies, systems and applications, in: *Multimedia Tools and Applications* 51, 341–377.

Education Group (2021): *OÖ. Jugend-Medien-Studie 2021. Das Medienverhalten der 11- bis 18-Jährigen*, Linz: Education Group GmbH.

Fehling, Christian (2017): Neue Lehr- und Lernformen in der Ausbildung 4.0. Social Augmented Reality in der Druckindustrie, in: *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 2, 30–33.

Gadermeier, Gabriele/Dörler, Daniel/Heigl, Florian/Mayr, Stefan/Rüdisser, Johannes/Brodschneider, Robert/Marizzi, Christine (2018): Peer-reviewed publishing of results from Citizen Science projects, in: *Journal of Science Communication* 17(3), 1–5.

Garzón, Juan/Acevedo, Judith (2019): Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains, in: *Educational Research Review* 27, 244–260.

Garzón, Juan/Kinshuk, Baldris/Gutierrez, Jaime/Pavon, Juan (2020): How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis, in: *Educational Research Review* 31, 1–19.

Harris, Judith/Hofer, Mark (2011): Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in action: A descriptive study of secondary teachers' curriculum-based, technology-related instructional planning, in: *Journal of Research on Technology and Education* 43(3), 211–229.

Hiller, Suzanne/Kitsantas, Anastasia (2014): "The Effect of a Horseshoe Crab Citizen Science Program on Middle School Student

Science Performance and STEM Career Motivation”, in: *School Science and Mathematics* 114(6), 302–311, online unter: <https://doi.org/10.1111/ssm.12081> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Jordan, Rebecca/Gray, Steven/Howe, David/Brooks, Wesley/Ehrenfeld, Joan (2011): “Knowledge Gain and Behavioral Change in Citizen-Science Programs: Citizen-Scientist Knowledge Gain”, in: *Conservation Biology* 25(6), 1148–1154, online unter: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01745.x> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Krug, Manuel/Czok, Valerie/Weitzel, Holger/Müller, Wolfgang/Huwer, Johannes (2021): Gestaltungsp Parameter für Lehr-Lernszenarien mit Augmented-Reality-Anwendungen im naturwissenschaftlichen Unterricht – ein Review, in: Graulich, Nicole/Huwer, Johannes/Banerji, Amitabh (Hg.): *Digitalisation in Chemistry Education – Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie*, Münster: Waxmann, 51–58.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2020): JIM-Studie 2020 – Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19- Jähriger, online unter: <https://www.mpfs.de/studien/jim-studie/2020/> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2020): KIM-Studie 2020 – Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger, online unter: <https://www.mpfs.de/studien/kim-studie/2020/> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Milgram, Paul/Takemura, Haruo/Usumi, Akira/Kishino, Fumino (1994): Augmented Reality: a Class of Displays on the Reality-Virtuality continuum, in: *Telemanipulator and Telepresence Technologies* 2351, 282–292.

Osborne, Jonathan/Simon, Shirley/Collins, Sue (2003): “Attitudes towards Science: A Review of the Literature and Its Implications.”, in: *International Journal of Science Education* 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Radu, Iulian (2014): Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis, in: *Personal and Ubiquitous Computing* 18(6), 1533–1543, <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Riener, Korbian/Kühn, Fritz (2014): CO₂ – Baustein des Lebens und Treiber der globalen Erderwärmung, in: *Chemie in unserer Zeit* 48(4), 260–268.

Ryan, Richard/Deci, Edward (2017): *Self-determination theory. Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*, New York: Guilford Press.

Soanes, Kylie/Cranney, Kate/Dade, Marie/Edwards, Amy/Palavallinetti, Ravinda/Doherty, Tim (2020): How to work with children and animals: A guide for school-based citizen science in wildlife research, in: *Australien Ecology* 45, 3–14.

Tschiersch, Anja/Krug, Manuel/Huwer, Johannes/Banerji, Amibath (2021): Arbeiten mit erweiterter Realität im Chemieunterricht – ein Überblick über Augmented Reality in naturwissenschaftlichen Lehr-Lernszenarien, *Chemkon* 28(6), 241–244.

Varaden, Diana/Leidland, Einar/Lim, Shanon/Barratt, Benjamin (2021): „I am an air quality scientist“ – Using citizen science to characterise school children’s exposure to air pollution, in: *Environmental Research* 201, 1-10.

Williams, Katherine/Hall, Troy/O’Connell, Keri (2021): Classroom-based citizen science: impacts on students’ science identity, nature connectedness, and curricular knowledge, in: *Environmental Education Research* 27(7), 1037–1053.

Wittlich, Christian/Brühne, Thomas (2020): Entwicklung von BNE-Kriterien zur Sichtbarmachung und Bewertung von Implementierungsprozessen in (Umwelt-)Bildungskonzepten, in: *Zeitschrift für Geographiedidaktik* 48(1), 1–17.

Yuen, Steve/Yaoyuneyong, Gallayanee/Johnson, Erik (2011): *Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Educa-*

tion, in: Journal of Educational Technology Development and Exchange 4, 119–140.

Zumbach, Jörg (2010): Lernen mit Neuen Medien, Stuttgart: Kohlhammer.