

## Augmented Reality Lernkontexte – Eine Europäische Perspektive

István Koren<sup>1</sup>, Benedikt Hensen<sup>1</sup>, Ralf Klamma<sup>1</sup>

**Abstract:** Augmented Reality (AR) ist auf dem Weg, sich in der Wirtschaft und der Lehre zu etablieren. In den letzten Jahren sind durch Forschung und Entwicklung viele neue Technologien, Methoden und Softwareentwicklungswerkzeuge auf den Markt gekommen. Allerdings fehlen sowohl in der Erstellung von Lehrmaterialien, als auch in der Nutzung von AR in der Lehre einheitliche Richtlinien oder gar Standards. Darüber hinaus müssen in der Wirtschaft genügend gut ausgebildete Fachkräfte vorhanden sein, welche die aufgestellten AR-Konzepte umsetzen können, so dass ein Transfer aus der Hochschule in die Wirtschaft notwendig ist. Daher gehen wir in diesem Beitrag sowohl auf Herausforderungen im Lernen *mit* AR, als auch auf die speziellen Bedürfnisse des Lernens *über* AR ein. Wir nehmen dazu als Informatiker eine europäische, interdisziplinäre und anwendungsnahe Perspektive ein, da unsere Erfahrungen aus mehreren geförderten europäischen Projekten in diesen Bereichen stammen. Dabei versuchen wir auch, neue Impulse in Lehrkontexten in unserem Rahmenwerk aufzunehmen, wie Gamifizierung, Learning Analytics und Experience Capturing. Zusätzlich weisen wir auf Standardisierungsbemühungen wie IEEE ARLEM hin. Die konzeptuellen und technischen Lösungsansätze stellen wir als Open Content und Open Source zur Verfügung, um einer möglichst schnellen Verbreitung Vorschub zu leisten. Aus diesem Grund laden alle unsere Aktivitäten explizit zur aktiven Teilnahme ein.

**Abstract (English):** Augmented Reality (AR) is on the way to establishing itself in business and teaching. In recent years, many new technologies, methods and software development tools have come onto the market through research and development. However, there is a lack of uniform guidelines or even standards both in the creation of teaching materials and in the use of AR in teaching. In addition, the industry needs enough well-trained specialists who can implement the established AR concepts, making a transfer from university to industry necessary. Therefore, in this paper we address both challenges in learning *with* AR and the special needs of learning *about* AR. As computer scientists, we have a European, interdisciplinary and application-oriented perspective, as our experience comes from several funded European projects in these areas. We also incorporate new incentives into teaching contexts in our framework, such as gamification, learning analytics and experience capturing. In addition, we refer to international standardization efforts such as IEEE ARLEM. We make the conceptual and technical solutions available as open content and open source in order to promote the fastest possible dissemination. For this reason, all our activities explicitly encourage active participation.

**Keywords:** Augmented Reality, Lernen, Training

---

<sup>1</sup> RWTH Aachen University, Lehrstuhl Informatik 5, Advanced Community Information Systems Group (ACIS), Ahornstr. 55, 52074 Aachen, Deutschland, {koren,hensen,klamma}@dbis.rwth-aachen.de

## 1 Einleitung

In den letzten Jahren gab es einen deutlichen Anstieg an verfügbarer Augmented Reality (AR) Hardware und Software. Gerade für Lernkontexte versprechen Firmen wie Microsoft oder Facebook unter anderem in Werbefilmen eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten für ihre entwickelte Hardware. Jedoch sind diese noch nicht großflächig im Alltag der Hochschulbildung oder des berufsbegleitenden Trainings angekommen. Zum einen mag der hohe Preis dieser ersten Generation an Brillen eine Rolle spielen, andererseits, und noch wichtiger, fehlt es an Untersuchungen und durchgängigen Konzepten, wie diese neuartigen Lernverfahren effektiv und effizient konzipiert und durchgeführt werden können. Ein weiterer Punkt geht in der Diskussion oft unter: Um Augmented Reality Bildungsangebote wirkungsvoll und umfassend anwenden zu können, bedarf es zuerst einer großen Menge an Fachkräften, welche diese Angebote umsetzen, d.h. designen und vor allem programmieren können. Dazu sind gerade Schnittstellenkompetenzen, nicht nur rein informatisch zwischen Design und Entwicklung, sondern auch fachlicher und inhaltlicher Natur gefragt. Mit diesem Artikel möchten wir zur Diskussion über den Einsatz von Augmented Reality in verschiedenartigen Lernkontexten beitragen. Insbesondere sehen wir einen Bedarf an Angeboten für die Ausbildung von Fachkräften.

Der Beitrag gliedert sich wie folgt. In Abschnitt 2 stellen wir laufende Projekte unserer Forschungsgruppe vor, die unsere Überlegungen und Standpunkte verdeutlichen. Anschließend werden in Abschnitt 3 Herausforderungen benannt. Deren mögliche Lösungen besprechen wir in Abschnitt 4. Die Zusammenfassung und ein Ausblick des Artikels finden sich in Abschnitt 5.

## 2 Europäische Projektkontexte

Wir stellen nun Forschungsprojekte unserer Arbeitsgruppe vor, welche sich aus verschiedenen Perspektiven mit dem Thema Augmented Reality Lernkontexte beschäftigen.

### 2.1 Mixed Reality Anatomie

*Anatomie 2.0* (<http://dbis.rwth-aachen.de/3dnrt/>) ist ein Projekt, welches von der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit der Uniklinik Maastricht in den Niederlanden bearbeitet wird [NTK15]. Gefördert wurde es initial durch interne Mittel der RWTH im Rahmen eines „Exploratory Teaching Space“. In der medizinischen Grundausbildung und gerade im Fachbereich der Anatomie spielen Modelle eine große Rolle. Sie sind jedoch nicht überall und zu jeder Zeit zugänglich, obwohl gerade für das Selbststudium notwendig und sinnvoll. Daher begann das Projekt mit der Erstellung, Bereitstellung und Nutzung eines Pools digitaler 3D-Anatomiemodelle, um auf diese jederzeit über das Internet mit einem Browser zugreifen zu können. Zuerst wurden bestehende anatomische Exemplare mit hochauflösender Hardware gescannt und mit professioneller Software in 3D-Modelle umgewandelt. Anschließend wurden diese in einer Web-basierten Software für Studen-

ten zugänglich gemacht. Hierin sind die 3D-Modelle frei drehbar, zoombar und skalierbar. In der anschließenden Evaluierung sind jedoch zwei Aspekte genannt worden, welche die Benutzbarkeit einschränken. Zum einen gehen durch die Darstellung auf Computermonitoren die Tiefeninformationen verloren. Zum anderen stellt die abnehmende Langzeitmotivation der Studenten ein Problem dar.

Deshalb haben wir das Projekt mit der Entwicklung eines AR-Prototyps und den Einsatz von Gamifizierungsstrategien vorangetrieben [He18]. Die Umsetzung in AR erfolgte durch eine Software für die Microsoft HoloLens. Die resultierende App *GaMR* ermöglicht die Platzierung der 3D-Modelle im freien Raum, um diese von allen Seiten betrachten zu können. Auf der Oberfläche der Modelle sind Annotationen platzierbar, welche auf textuelle Notizen oder Audioaufnahmen verweisen. In einem Quizmodus werden Studenten nach der exakten anatomischen Bezeichnung einer markierten Stelle gefragt. Alternativ kann bei gegebener Begriffsliste der passende Annotations-Punkt auf dem Modell selektiert werden. Die in Abbildung 1 ersichtliche Füllstandsanzeige macht den Bearbeitungsstand deutlich. Bei erfolgreicher Bearbeitung eines Quizzes gewinnen Studenten Auszeichnungen in Form von Badges.

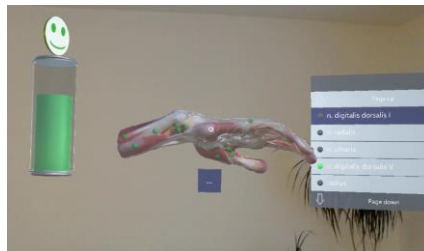


Abb. 1: Quizmodus des entwickelten GaMR Frameworks

Der Quelltext der GaMR App und die anatomischen Modelle sind unter einer freizügigen Open-Source-Lizenz verfügbar (<https://github.com/rwth-acis/GaMR>).

## 2.2 Wearable Experience for Knowledge Intensive Training (WEKIT)

Die in dem obigen Projekt dargestellten Anforderungen der Hochschulbildung sind zu unterscheiden von denen des berufs begleitenden Trainings. Daher beschäftigt sich das europäische Forschungs- und Innovationsprojekt WEKIT (<https://wekit.eu/>), welches seit 2015 und bis Ende 2018 unter der „Horizon 2020“ Förderlinie läuft, mit der Rolle von tragbaren Technologien (englisch *Wearable Technologies*) in informellen Lernkontexten von High-Tech-Industrien. Eine Schlüsselrolle spielt dabei AR, um Lerninhalte in realweltliche Prozesse einzubinden. Die zwölf Partner aus Industrie- und Forschung, die an diesem Projekt zusammenarbeiten, stammen aus sechs europäischen Ländern. Das Ziel von WEKIT ist die Konzeption und Umsetzung einer Hard- und Softwareplattform, die das Aufzeichnen und das Abspielen von Arbeitsabläufen im Sinne des *Experience Capturing* ermöglicht. Die Aufgabe von Experten ist es, aufgabenbezogene Aufnahmen zu erstellen, um diese später Lernenden vorspielen zu können. In virtuellen AR-

Führungen machen Experten beispielsweise mit eingeblendeten „Geisterhänden“ Anleitungen verständlich. Das Projekt evaluiert die Methodologie und Hardwareprototypen in drei unterschiedlichen Anwendungsfällen. Es handelt sich hierbei um eine Flugzeugwerft in Norwegen, medizinische Bildverarbeitung und ein Astronautentraining in Italien. Ein erster Probelauf im Jahr 2017 verlief in allen drei Fällen positiv; beispielhaft lässt sich hier das Szenario der Reparatur einer Tragflächenklappe nennen, bei der diverse Sicherheitsregularien eingehalten werden müssen.

### **2.3 Augmented Reality in Formal European University Education (AR-FOR-EU)**

Durch die Zusammenarbeit mit der Industrie, besonders im oben genannten Projekt WEKIT, wurde deutlich, dass nicht nur ein allgemeiner IT-Fachkräftemangel besteht, sondern speziell Experten im Bereich AR benötigt werden. Zu diesem Zweck ist das AR-FOR-EU Projektkonsortium zusammengelassen, um im Rahmen eines europäischen Erasmus+ Projektes zwei interdisziplinäre Kurse (für Anfänger und Fortgeschrittene) über AR zu konzipieren und umzusetzen. Die fünf Partner aus vier Ländern erforschen informatische, didaktische und mediale Aspekte. Von Anfang an ist eine öffentliche Beteiligung vorgesehen, die sich auf das Erstellen der Kurse durch öffentliche Ausschreibungen für Kapitel, die Veröffentlichung der erstellten Bildungsressourcen (Open Educational Resources), interaktive E-Bücher und eines MOOCs (Massive Online Open Course) bezieht. Ein wesentliches Instrument der Bedarfsanalyse ist eine Studie, welche zu Anfang der Projektlaufzeit erstellt wurde. Die Ergebnisse des Projektes werden unter dem Namen Code Reality veröffentlicht (<http://codereality.net/>).

## **3 Herausforderungen**

Nach der Vorstellung der Forschungskontexte widmet sich dieser Teil nun den Herausforderungen, die sich aus den Projekten ergeben. Wie bereits in der Einführung angesprochen, ist eines der Gründe der mangelnden Durchdringung von AR-Produkten in Bildungskontexten die geringe Verfügbarkeit, bedingt durch den hohen Preis der derzeitigen Geräte. Dieses Problem ist vor allem eine Zeitfrage wie der Preisverfall von Virtual Reality-Hardware gezeigt hat. Zwar bietet es sich an, auf diese preiswerteren VR-Brillen wie Google Cardboard/Daydream oder Oculus Go auszuweichen; bei AR-Technologien gibt es jedoch andere Fragestellungen als im Bereich der Virtual Reality. Im Folgenden beginnen wir mit generellen Herausforderungen, gehen zu technischen Faktoren über und erläutern dann Schwierigkeiten, die in der Umsetzung auftreten.

### **3.1 Herausforderungen beim Einsatz von AR in der Bildung**

Für einen effizienten Einsatz von AR-Technologien in der Bildung müssen noch Probleme gelöst werden. Ein wichtiger Aspekt des Lernens ist die Arbeit in Gruppen, die auch von AR unterstützt werden sollte [PAH14]. Lernapplikationen müssen hierzu mit

Synchronisationsprotokollen ausgestattet werden, die einzelne isolierte Applikationsinstanzen in einem gemeinsamen Lernraum verbinden. Die Erstellung von Lerninhalten und 3D-Modellen stellt ebenfalls hohe Ansprüche. Hierzu werden technische Mittel und Kenntnisse benötigt, um reale Objekte zu scannen und daraus nutzbare 3D Objekte zu erstellen. Weiterhin sind Autoren nötig, um AR-Applikationen mit Lerninhalten zu füllen. Die Umsetzung bedingt den Einsatz von Fachkräften mit Programmierkenntnissen, die entweder direkt in Kooperation mit Autoren interaktive Lerninhalte umsetzen oder Frameworks entwickeln, mit denen sich ohne Programmierkenntnisse allgemeine Inhalte erstellen lassen. Darauf aufbauend werden Schulungen benötigt, die darauf vorbereiten mit der Technik didaktisch sinnvoll zu arbeiten. Die notwendige Soft- und Hardware muss weiterentwickelt werden, um vielen Lehreinrichtungen Zugang zu den neuen Technologien gewähren zu können. Neben fehlenden Standards und heterogenen, applikationsspezifischen Konzepten auf der Softwareseite, ist die Verfügbarkeit fortgeschrittener AR-Hardware das Hauptproblem. Momentan liegt der Preis für die Entwicklerversion der HoloLens bei 3.299,00 €. Zwar können für AR Smartphone-basierte Systeme verwendet werden, diese sind aber auf Grund ihrer begrenzten Rechenleistung nicht auf die Nutzung von grafikintensiven 3D-Applikationen ausgelegt.

### 3.2 Technische Herausforderungen

Eine der größten technischen Herausforderungen die sich derzeit abzeichnet, ist die Vielfalt an technischen Frameworks, 3D-Modell-Formaten und Hardware. Diese macht auch eine didaktisch wertvolle Integration problematisch. Entwicklerframeworks wie Googles ARCore und Apples ARKit ermöglichen es, virtuelle Objekte in Echtzeit-Kamerabilder eines Smartphones einzubinden. Bewegt der Nutzer das Smartphone, werden aus Kamerabildern Tiefeninformationen berechnet und dadurch ein Szenenverständnis ermöglicht, indem die Verschiebung auffälliger Punkte in der Umgebung beobachtet wird [Go18]. Dies ermöglicht zugleich die Erstellung eines 3D-Scans der Umgebung, der z.B. zu Schattenberechnungen und zur kontinuierlichen Bestimmung der Position des Smartphones eingesetzt wird. Einen anderen Ansatz verfolgt das Vuforia Framework, das ebenfalls AR auf Smartphones anbietet. Es sucht in dem Kamera-Feed nach *Markern*, d.h. vorher definierten eindeutigen Mustern [Vu18]. Diese können als ausgedruckte Sticker in der Umgebung platziert werden. Aus der perspektivischen Verzerrung des Musters in dem Bild kann die Software die relative Position der Kamera zum Marker errechnen, um virtuelle Objekte in der gleichen Perspektive einzufügen. Vuforia unterstützt auch dreidimensionale Marker, z.B. vorher eingescannte Objekte. Während diese Lösungen für Smartphone-basierte Systeme konzipiert sind, hat Microsoft mit dem Head-mounted-Display HoloLens eine andere Hardware-Lösung für die Augmented Reality entwickelt. Über ein Head-up-Display können virtuelle Objekte als 3D Projektion in die Umgebung integriert werden. Dazu legt die HoloLens, die als eigener Rechner keine zusätzliche Hardware benötigt, kontinuierlich einen 3D Scan der realen Welt an.

ARCore, ARKit, Vuforia und Microsoft bieten unterstützende Software für 3D Grafik-Engines wie Unity oder die Unreal Engine an. Diese beiden Softwarewerkzeuge sind auf

die Erstellung interaktiver 3D Applikationen spezialisiert. Die beiden Engines übernehmen Basisfunktionalitäten, wie die Anzeige der 3D Szene oder Physiksimulationen.

Auf technischer Ebene treten Schnittstellenprobleme auf, sobald in AR-Umgebungen Inhalte verschiedener Anwendungsbereiche zusammentreffen. Es existieren unzählige 3D-Formate wie z.B. CAD oder das im Baubereich genutzte Building Information Modeling (BIM) Format. Für Web-basierte 3D Anwendungen wurde das Extensible 3D (X3D) Format als Standard vorgeschlagen [DB07]. Dagegen gibt es keine einheitlichen Transformationen vom Ursprungsformat in die von den entsprechenden AR-Toolkits benötigten Dateiformate. Formate wie Wavefront OBJ, Autodesk FBX oder COLLADA DAE werden zwar von vielen, aber nicht allen, 3D Programmen unterstützt [MB08].

### 3.3 Informatische Ausbildung

Wie oben beschrieben, beschäftigt sich das Projekt AR-FOR-EU mit der Fragestellung, welche Fachkenntnisse in der Industrie verlangt werden. Im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung Ende Mai 2018 in Brüssel wurden der Öffentlichkeit erste Ergebnisse einer Studie vorgestellt [Co18]. Die Veranstaltung mit dem Titel „Augmented Reality Skills Summit“<sup>2</sup> zog dabei Besucher aus Hochschulbildung, Industrie, sowie Politik an. An der Onlineumfrage nahmen 66 Teilnehmer aus 24 Ländern teil. 53 dieser Teilnehmer gaben an, entweder in der Vergangenheit schon AR-Spezialisten eingestellt zu haben, oder diese noch einstellen zu wollen. Der Großteil der erwarteten Kenntnisse von zukünftigen Bewerbern entfiel dabei auf Entwicklungserfahrung mit AR-Frameworks, und hierbei wurden besonders plattformspezifische Fähigkeiten hervorgehoben, gefolgt von Multi-Plattform-Entwicklungsumgebungen. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass größere Organisationen auch eher einen Bedarf an AR-Experten angemeldet haben. Unternehmen, welche bereits AR-Spezialisten eingestellt haben oder diese gerade einstellen, sehen auch für die Zukunft einen erhöhten Bedarf an AR-Entwicklern, Computergrafik- sowie Mensch-Computer-Interaktions-Spezialisten. AR-SDKs sind gefragter als Virtual Reality SDKs, und Unity ist wichtiger als die Unreal Engine. Gleichrangig sind Kenntnisse in Computergrafik, Bildverarbeitung und Objekterkennung nötig. Während Fachwissen im maschinellen Lernen und der künstlichen Intelligenz gefordert sind, werden Audiokenntnisse als zweitrangig angesehen.

## 4 Lösungsansätze

Im Folgenden stellen wir Lösungsansätze zu den genannten Herausforderungen vor.

---

<sup>2</sup> Bericht und Ergebnisse unter <http://codereality.net/report-from-the-augmented-reality-skills-summit-in-brussels/>

#### 4.1 Augmented Reality in der Hochschulbildung

Eines der Ziele von AR in der Bildung besteht darin, Studenten interaktives Lernen mit virtuellen 3D Objekten anzubieten. Kollaboration ermöglicht das Arbeiten in Gruppen, um in Echtzeit über weite Distanzen hinweg Inhalte auszutauschen. So ist es möglich, auf ständig aktuelle, interaktive Lerninhalte zurückgreifen, die von verschiedenen Experten erstellt und veröffentlicht wurden [DAM17]. Über diese Technikinnovationen können Wissensinhalte in der Form des Crowdsourcing global geteilt werden und sind für alle Interessenten zugänglich. Mithilfe von Learning Analytics lässt sich das Lernverhalten der Nutzer untersuchen, um die bereitgestellten Lernmaterialien zu optimieren. Im Bereich der Medizin wird speziell das *Bedside Teaching* an Möglichkeiten gewinnen. Studenten können ihre theoretischen Anatomiekenntnisse in der Praxis mit Patienten verfestigen. Augmented Reality hilft bei dieser Lernmethode, indem die reale Welt mit Informationen aus Lehrbüchern und schematischen Modellen angereichert werden können. Dies schafft einen fließenden Übergang zwischen Theorie und Praxis.

#### 4.2 Gamifizierung

Die Studie der Anatomie-Anwendung zeigte, dass die Langzeitmotivation der Studenten ein Problem darstellt. Weiterhin sorgt die begrenzte Verfügbarkeit der AR-Anwendung durch die teure Technik dafür, dass es nicht möglich ist, im Alltag zwischendurch, z.B. beim Warten auf den Bus, die Lernanwendung zu starten. Stattdessen müssen Nutzer sich bewusst Zeit für das Lernen mit der App nehmen. Wir sahen daher die Notwendigkeit, zusätzliche Anreize zu schaffen, die zur wiederholten Nutzung der App führen. Daher wurde ein Gamifizierungskonzept erarbeitet und in die GaMR App integriert. Bei der Gamifizierung einer Aufgabe oder Anwendung werden Elemente, die hauptsächlich in Spielen genutzt werden, in einem anderen, alltäglichen Kontext wiederverwendet [De11]. Komponenten wie Achievements, Quests, Badges oder Fortschrittsanzeigen dienen in Spielen dazu, feste Ziele zu definieren und das Erreichen dieser zu belohnen. Der Nutzen einer Gamifizierung wird unterschiedlich bewertet, da dieser stark von der Anwendung abhängt. In GaMR wurde die Gamifizierung folgendermaßen realisiert: Wenn das Quiz startet, wird eine Badge präsentiert, die durch das Lösen des Quizzes gewonnen werden kann. Eine Fortschrittsanzeige zeigt an, wie viele Fragen bereits korrekt gelöst wurden. Neben der Motivation bieten viele Gamifizierungselemente auch eine Übersicht über bisher erreichte Erfolge. Dies unterstützt beim Lernen den Reflektionsprozess, da Studenten mit gemeisterten Quizen ihren Wissensstand abschätzen können. Das Gamifizierungsrahmenwerk wurde an unserem Lehrstuhl geschrieben [KA17].

#### 4.3 Nutzerverwaltung

Lernapplikationen sollten in der Lage sein, Nutzer wiederzuerkennen, um z.B. deren Fortschritt zu verfolgen und Lernende im Sinne der Learning Analytics über Applikationsgrenzen hinweg bewerten zu können. Der OpenID Connect Standard stellt ein Single Sign-on Protokoll bereit. Die Login-Funktionalität wird von einem Provider, wie z.B.

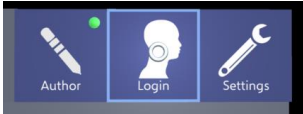
Google, bereitgestellt. Die Applikation leitet auf eine zentrale Login-Webseite weiter und erhält nach dem Login ein Token, das sie berechtigt, auf Ressourcen zuzugreifen. Die Integration einer Single Sign-on Lösung hat gegenüber eines eigenen Systems den Vorteil, dass Zugangsdaten über Anwendungsgrenzen hinweg nur einmal eingegeben werden müssen. Damit eröffnet ein Account den Zugang zu verschiedenen Applikationen. Auch auf technischer Seite bietet das Verfahren Vorteile. Der Token ist nur für eine begrenzte Zeit gültig und kann auch manuell entwertet werden. Dies minimiert den Schaden, den z.B. Angreifer mit einem gestohlenen Token anrichten können. OpenID Connect macht ebenfalls ersichtlich, auf welche Nutzerdaten eine Anwendung zugreifen darf. Die Nutzerdaten sind in *Scopes* sortiert. Nach dem erfolgreichen Login muss der Nutzer der Freigabe der Informationen explizit zustimmen, bevor die App darauf zugreifen kann. In GaMR wurde eine solche Nutzerverwaltung für Mixed Reality konzipiert und integriert. Der Login findet hier in einem Webbrowser statt. Danach wird die App wieder über ein eigenes URL-Schema geöffnet. Werden solche eigenen URL-Schemata aufgerufen, öffnet das System automatisch eine dazu konfigurierte Anwendung. Beispielsweise öffnet sich mit dem URL-Schema *mailto://* automatisch die Standard-E-Mail Anwendung. Durch diese Weiterleitung können die notwendigen Daten der erfolgreichen Anmeldung an die App übermittelt werden.

#### 4.4 Wiederverwendbare Komponenten




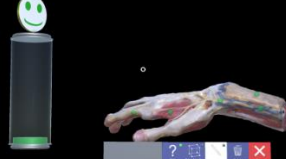
Interaktionsmöglichkeiten der HoloLens sind auf zwei Gesten beschränkt. Neben einer Geste zur Selektion von Objekten lässt sich mit Kopfbewegungen eine Art Mauszeiger steuern. Damit unterscheiden sich diese Techniken von denen bestehender Virtual und Augmented Reality Geräten. Daher wurden im Rahmen der Entwicklung der GaMR App eine Reihe an User Interface Lösungen umgesetzt, die auf die neuen Anforderungen abgestimmt sind. Sie sind in Tabelle 1 zusammen mit ihren wichtigsten Features und Herausforderungen aufgelistet.

#### 4.5 Plattformübergreifende Kompatibilität

Um weitere Anwendungsfälle für unsere Software zu ermöglichen wurde ein Dienst entwickelt, der 3D-Modelle im X3D-Format in ein von der HoloLens-Applikation verständliches Datenformat umwandelt. Das X3D Format ist verbreitet für Web-basierte 3D-Anwendungen. Der entwickelte Web-Dienst extrahiert hierzu Daten aus X3D und bereitet sie für die Anzeige in Unity auf. Beim Ladevorgang werden die extrahierten Daten von der HoloLens abgerufen und in darstellbare Geometrie umgewandelt.

Screenshot	Features und Herausforderungen
	<b>Button Widgets</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aktiviert, wenn im Blickfokus</li><li>• Anpassbare Vorlage für Entwickler</li><li>• Animationen geben Nutzer Feedback</li></ul>



Screenshot	Features und Herausforderungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschiedene Buttontyp-Erweiterungen</li> </ul>
	<p><b>3D Tastatur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollständig in Applikation integriert</li> <li>• Eingabefeld bleibt im Blickfeld</li> <li>• Tastenlayout passt sich der Sprache an</li> </ul>
	<p><b>Annotations-System</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Markierungen auf der Oberfläche platzierbar</li> <li>• Vollständig vom Nutzer definierbar</li> <li>• Verbindet Text und Audio</li> <li>• Basis für das Quiz System</li> </ul>
	<p><b>Bounding Box</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umgibt 3D Objekte</li> <li>• Elemente zum Platzieren, Drehen und Skalieren</li> <li>• Kontextmenü für weitere Optionen</li> <li>• Ein- und ausschaltbar</li> </ul>
	<p><b>Badges und Fortschrittsbalken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortschrittsbalken zeigt Anzahl beantworteter Fragen des Quiz an</li> <li>• Vergabe der nach Beantwortung aller Fragen</li> <li>• Anpassbare Bilder auf den Badges</li> </ul>

Tab. 1: Überblick über entwickelte Widgets

Um die Verfügbarkeit der entwickelten HoloLens Apps zu verbessern, haben wir die Möglichkeiten zur Migration auf andere Systeme untersucht. So arbeiten wir zurzeit an einer Veröffentlichung der GaMR Anwendung als Virtual Reality Projekt, um sie in verschiedenen auf Windows 10 basierten Mixed Reality Brillen aufrufbar zu machen. Neben diesen Optionen beschäftigten wir uns auch mit der Erstellung eines Desktop-Viewers, um die Grundfunktionalität der HoloLens App auch auf 2D Anzeigen ohne Augmented Reality verfügbar zu machen. Als Windows App kann die Single Sign-on Lösung für den Desktop-Viewer übernommen werden. Änderungen waren an den Interaktionskomponenten der Software notwendig, um das Sichtfeld und das User Interface mit Maus und Tastatur steuern zu können. Die Desktop-Anwendung erlaubt es Nutzern ohne Zugang zu einer HoloLens ebenfalls an den 3D Objekten zu arbeiten.

#### **4.6 Standardisierung**

Um über Plattformgrenzen eine möglichst breite und nachhaltige Unterstützerbasis zu erreichen, sind standardisierte Austauschformate notwendig. Dagegen sprechen jedoch oftmals Herstellerinteressen, die ihre Rolle stärken wollen. Deshalb sind Initiativen aus öffentlicher Hand gefragt, die frühzeitig geeignete Dateiformate vorschlagen. In dem WEKIT-Projekt arbeiten wir zusammen mit dem IEEE-Standardisierungsgremium an einer Vereinheitlichung eines Austauschformates für Augmented Reality Lernszenarien. Das Ziel des Augmented Reality Learning Experience Model (ARLEM) ist es, ein Modell zu schaffen welches die Interaktionen zwischen der realen Welt, den Nutzern, digitalen Informationen, AR-Kontexten sowie weiteren Parametern abbildet [IE18]. Mittels eines XML-Baumes können Arbeitsplätze (mittels WorkplaceML) und Aktivitäten (mittels ActivityML) beschrieben werden. Die Verknüpfung dieser Modellierungssprachen erlaubt es, komplexe Zusammenhänge in Lernkontexten darzustellen.

#### **4.7 Einbindung von Endbenutzern**

Gerade in neuartigen Szenarien, in denen wenige Erfahrungen vorliegen, ist eine frühzeitige Einbindung von Endbenutzern essentiell. Als Endbenutzer betrachten wir hierbei sowohl Lehrende als auch Lernende, die mit einer Augmented Reality Umgebung interagieren [Re17]. Im Projekt WEKIT setzen wir daher auf das Instrument der „WEKIT Community“, ein dediziertes soziales Netzwerk, in der sich Erstanwender und andere Innovationsträger austauschen können (<https://wekit-community.org>). Hierbei wiederum spielt der „Requirements Bazaar“ eine tragende Rolle. Requirements Bazaar ist ein offenes Innovationswerkzeug, in der sowohl frühzeitig vor, als auch während der Einführung und Benutzung der WEKIT-Hardware neue Ideen von Endbenutzern direkt gesammelt und diskutiert werden können. Auch um die Akzeptanz von Learning Analytics zu steigern, setzen wir zusammen mit der standardisierten Nutzungsverwaltung auf ein Rechtssystem, welches die gesammelten Daten auch den Lernenden zugänglich macht.

#### **4.8 Augmented Reality Lehrkonzepte**

Offene Lernmaterialien sind eine Möglichkeit, die Öffentlichkeit zu involvieren. Die für AR-FOR-EU produzierten Materialien werden daher kostenfrei online bereitgestellt, um weitere Anwender aus diversen Kontexten zu erreichen. Die geplanten Curricula sind für Anfänger und Fortgeschrittene konzipiert und für Informatikstudenten optimiert. Themen umfassen AR SDKs, Aspekte aus der Computergrafik, Bildverarbeitung, 3D-Modellierung, dem maschinellen Lernen sowie Benutzeroberflächendesign. Als Hardware sollen smarte Brillen, Sensoren sowie sogenannte Wearables angesprochen werden.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel wurde das Thema Augmented Reality unter besonderem Augenmerk auf Lernszenarien betrachtet. Dazu stellten wir zuerst diverse regionale und internationale Projekte dar, die sich mit diesem Thema auseinandersetzen. Aus diesen Szenarien wurden anschließend spezifische und technische Herausforderungen an das Lernen ausgearbeitet. Dass diese lösbar sind, ist im darauffolgenden Kapitel dargelegt worden. Die angebotenen Lösungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Herausforderung	Lösungsansatz
Langzeitmotivation	Gamifizierung
Anwendungsübergreifendes Learner Modeling	Single Sign-On mit OpenID Connect
Proprietäre Lernformate	Standardisierung eines Austauschformats für AR-Lernszenarien
Proprietäre Interaktionsformen	Open Source User-Interface-Elemente
Inhaltliche Skalierung, Nutzerwünsche	Open Innovation durch Tools wie Requirements Bazaar
Mangel an AR-Fachkräften	Open Educational Resources

Tab. 2: Gegenüberstellung von Herausforderungen und angebotenen Lösungen

Zuletzt möchten wir ein besonderes Augenmerk auf unsere Mixed Reality Anwendung namens GaMR legen. Für diese wurden viele *Best Practices* umgesetzt, wie die unter Open-Source-Lizenz frei verfügbaren Benutzeroberflächenelemente. Weitere Lösungen sind ein Service für 3D-Modell-Import sowie eine anbieterübergreifende Benutzerverwaltung mit Hilfe des OpenID Connect Standards. Gerade dies ist für weitergehende Learning Analytics Szenarien von hoher Bedeutung. Derzeit wird das Framework auf Virtual Reality Brillen und weitere Plattformen portiert. Dadurch erhoffen wir uns weitere Erfahrungen zu gewinnen. Wichtig bleibt in der zukünftigen Entwicklung, dass es ein Open Source Projekt bleibt und auch die anatomischen Modelle weiterhin frei zugänglich sind als Open Educational Resources.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Augmented Reality ein enormes Potential gerade in Lernkontexten darstellt. Die Umsetzung hängt jedoch maßgeblich davon ab, ob es genügend wiederverwendbare Komponenten sowie gut ausgebildete und interdisziplinär arbeitende Informatiker gibt, welche diese Szenarien umsetzen können.

Literaturverzeichnis

- [Co18] Code Reality: AR Teaching Review: Existing Teaching Practices: Analytical report, Brussels, Belgium, 2018.
- [DAM17] Dubois, F.; An, T.-S.; Merceron, A.: Eine Middleware Infrastruktur für das Teilen von Lerndaten und Diensten zwischen Bildungseinrichtungen. In (Igel, C.; Ullrich, C.; Martin, W., Hrsg.): *Bildungsräume 2017*. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 345–356, 2017.
- [DB07] Daly, L.; Brutzman, D.: X3D: Extensible 3D graphics standard [standards in a nutshell]. *IEEE Signal Processing Magazine* 24/6, S. 130–135, 2007.
- [De11] Deterding, S.; Dixon, D.; Khaled, R.; Nacke, L.: From game design elements to gamification: defining gamification. In: *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*. ACM, S. 9–15, 2011.
- [Go18] Google: ARCore Fundamental Concepts, [developers.google.com/ar/discover/concepts](https://developers.google.com/ar/discover/concepts), Stand: 01.07.2018.
- [He18] Hensen, B.; Koren, I.; Klamma, R.; Herrler, A.: An Augmented Reality Framework for Gamified Learning. In (Hancke, G. et al., Hrsg.): *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2018*. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 2018.
- [IE18] IEEE Computer Society/Learning Technology: 1589 - IEEE Draft Standard for an Augmented Reality Learning Experience Model, [standards.ieee.org/develop/project/1589.html](https://standards.ieee.org/develop/project/1589.html), 2018.
- [KA17] Klamma, R.; Arifin, M. A.: Gamification of Web-Based Learning Services. In (Xie, H.; Popescu, E.; Hancke, G.; Fernández Manjón, B., Hrsg.): *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2017*. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, S. 43–48, 2017.
- [MB08] McHenry, K.; Bajcsy, P.: An Overview of 3D Data Content, File Formats and Viewers. *National Center for Supercomputing Applications* 1205/, S. 22, 2008.
- [NTK15] Nicolaescu, P.; Toubekis, G.; Klamma, R.: A Microservice Approach for Near Real-Time Collaborative 3D Objects Annotation on the Web. In (Li, F. W. et al., Hrsg.): *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2015: 14th International Conference, Guangzhou, China, November 5-8, 2015, Proceedings*. Springer International Publishing, Cham, S. 187–196, 2015.
- [PAH14] Phon, D.N. E.; Ali, M. B.; Halim, N. D. A.: Collaborative Augmented Reality in Education: A Review. In: *2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering*. IEEE, S. 78–83, 2014.
- [Re17] Renzel, D.; Koren, I.; Klamma, R.; Jarke, M.: Preparing Research Projects for Sustainable Software Engineering in Society. In: *Proceedings 2017 IEEE/ACM 39th IEEE International Conference on Software Engineering (ICSE)*, 2017.
- [Vu18] Vuforia: Image Targets, [library.vuforia.com/articles/Training/Image-Target-Guide](https://library.vuforia.com/articles/Training/Image-Target-Guide), Stand: 01.07.2018.