

# REBUILD PALMYRA? – ZUKUNFT EINES UMKÄMPFTEN WELTERBES

Moritz Skowronski<sup>a</sup>, Jonathan Wieland<sup>a</sup>, Marcel Borowski<sup>a</sup>, Daniel Fink<sup>a</sup>, Carla Gröschel<sup>a</sup>, Daniel Klinkhammer<sup>a</sup> und Harald Reiterer<sup>a</sup>

<sup>a</sup> AG Mensch-Computer-Interaktion, Fachbereich Informatik und Informationswissenschaften, Universität Konstanz, Deutschland, vorname.nachname@uni-konstanz.de

**KURZDARSTELLUNG:** Im Rahmen eines Kooperationsprojekts von Studierenden der Universität Konstanz und HTWG Konstanz entstand die Ausstellung „Rebuild Palmyra?“, eine multimediale Ausstellung über die Stadt Palmyra und die Frage, ob deren Ruinen wiederaufgebaut werden sollen. In der Ausstellung wurde der Ansatz des Blended Museums verfolgt, welcher eine Verschneidung des virtuellen mit dem klassischen Museum vorsieht. In diesem Beitrag beschreiben wir drei Exponate, in welchen die Ruinen von Palmyra durch die Verwendung neuer Technologien wie Augmented und Virtual Reality rekonstruiert wurden und zeigen auf, inwiefern mit diesen der Ansatz des Blended Museums umgesetzt werden kann. Des Weiteren geben wir Einblicke in die technische Umsetzung der Exponate und diskutieren die Ergebnisse verschiedener qualitativer und quantitativer Evaluationen.

## 1. EINFÜHRUNG

Studierende der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung in Konstanz (Studiengänge Architektur und Kommunikationsdesign) und der Universität Konstanz (Studiengänge Geschichte sowie Informatik und Informationswissenschaft) erarbeiteten im Wintersemester 2016/17 und Sommersemester 2017 eine Ausstellung über die antike Stadt Palmyra (<http://rebuild-palmyra.de>, Stand: 20.10.17). Die Ausstellung half den Besuchenden, die Bedeutung Palmyras und die Diskussionen um den Schutz von Weltkulturerbe zu verstehen. Hierbei wurden diese mit unterschiedlichen Perspektiven konfrontiert und mussten zum Ende der Ausstellung die Entscheidungen treffen, aus welchen Gründen die zum Symbol für die Gefährdung von Weltkulturerbe gewordene Ruinenstadt wiederaufgebaut werden soll. In diesem Beitrag beschreiben wir, inwiefern in der Ausstellung der Ansatz des Blended Museums verfolgt wurde, um durch die Verwendung neuer Technologien die Visitor Experience in der Ausstellung zu steigern. Dazu beleuchten wir exemplarisch drei der dort gezeigten Installationen,

beschreiben deren Entwicklung und diskutieren die Ergebnisse aus der Evaluation quantitativer und qualitativer Erhebungen, welche während der Laufzeit der Ausstellung durchgeführt wurden.

## 2. ÜBER DIE AUSSTELLUNG

Die Ausstellung, die vom 30.06.17 bis zum 17.09.17 im BildungsTURM Konstanz zu sehen war, gliederte sich in vier Themenkomplexe, die jeweils in einem von vier Stockwerken des Turms behandelt wurden und die Besuchenden zur Beantwortung der Frage „Rebuild Palmyra?“ befähigte.



Abb. 1: Das Erdgeschoss der Ausstellung.

Die aufeinanderfolgenden Themenkomplexe waren: Palmyra in den Medien, Die Geschichte Palmyras, Zerstörung von kulturellem Welterbe und Palmyra wiederaufbauen?.

Im Erdgeschoss der Ausstellung (Abb. 1) wurden zahlreiche nationale wie internationale Zeitungsartikel der letzten Jahre von der Decke abgehängt, welche den Besuchenden die Aktualität der Ausstellung vor Augen führten, bevor in der zweiten Etage die historische Bedeutung Palmyras verdeutlicht wurde.

Ein an den Wänden angebrachter Zeitstrahl sowie mehrere interaktive Exponate wie ein Medientisch und eine interaktive Handelskarte beleuchteten wichtige historische Ereignisse und Entwicklungen der antiken Stadt (Abb. 2).



Abb. 2: Das 1.OG der Ausstellung.

Die gegenwärtige Zerstörung dieses kulturellen Welterbes stand im Fokus der dritten Etage (Abb. 3).

Die Besuchenden bewegten sich auf einer über den gesamten Boden streckenden Satellitenaufnahme des heutigen Palmyras. An den entsprechenden geographischen Positionen waren 3D-Drucke der zerstörten Monumente auf Stelen angebracht.



Abb. 3: Das 2. OG der Ausstellung.

Mit Augmented Reality-Tablets konnten die Besuchenden verschiedene historische

Zustände der Gebäude digital wiederherstellen, während Virtual Reality-Headsets eine virtuelle Tour durch die Ruinen Palmyras vor der Zerstörung durch den Daesh ermöglichten.

Die vierte und letzte Etage der Ausstellung betreten die Besuchenden durch eine von zwei Türen und beantworteten damit initial die Ausgangsfrage „Rebuild Palmyra?“ (Ja/Nein). Ausgehend davon wurden sie wiederholt mit auf den Boden aufgedruckten Aussagen konfrontiert (Abb. 4), die für oder gegen den Wiederaufbau waren und mussten so ihre eigene Meinung immer wieder hinterfragen.



Abb. 4: Das 3.OG der Ausstellung.

### 3. DER ANSATZ DES BLENDED MUSEUM

Der Einsatz digitaler Systeme innerhalb der Bildungsinstitution Museum gliedert sich in eine interne und in eine externe Nutzung. Die interne Nutzung von digitalen Medien erweitert das Spektrum musealer Präsentationsformen. Den Besuchenden können zur begleitenden Vermittlung multimediale Informationen in Form einer Kombination aus Texten, Ton, 2D/3D-Grafiken, Videos und Animationen dargeboten werden.

Neben den vielfältigen Darstellungsformen, die aufgrund ihrer größeren Anschaulichkeit zu einer Verbesserung der Behaltensleistung beitragen, können die Besuchenden vor allem durch die Interaktion stärker in den Vermittlungsprozess involviert werden. Die interne Nutzung bietet somit neue Möglichkeiten der Erweiterung des „klassischen“ Museums, welches sich traditionell-definitiv auf die begriffliche Einheit von Gebäude und Inhalt bezieht [13].

Die externe Nutzung ermöglicht hingegen einen ortsunabhängigen Zugriff auf

Museumsinhalte, z.B. über das Internet. Diese neuartige Form der Zugänglichkeit wird meist als virtuelles Museum bezeichnet. Treinen (1997) beschreibt die externe Nutzung als einen Weg, Objekte und ihre Kontexte in interaktiven Netzwerken zu präsentieren [12]. Die oft rein informativen Museums-Homepages setzen jedoch diese Idee der Abbildung von Netzstrukturen, welche der Idee des Museums folgen, nicht um. Wenn neben der Nutzung zur Öffentlichkeitsarbeit weitergehende Museumsinhalte angeboten werden, erfolgt der Zugriff meist in der Form von archivierenden Museumsdatenbanken, deren Nutzung aufgrund der mangelnden Informationsaufbereitung jedoch meist einer kleinen hochinformierten Gruppe von Fachnutzer\*innen vorbehalten ist.

Das Potenzial einer der heterogenen Gruppe Besuchender gerechten externen Präsentation von Museumsinhalten wird somit momentan oft noch nicht ausgeschöpft. Strategien zur Vermittlung von Wissen beziehen sich meist nur auf das reale Museum. Im Ansatz des Blended Museums wird versucht, durch die gezielte Integration von externer und interner Nutzung digitaler Medien die bestehende Form der Vermittlung von Wissen zu erweitern beziehungsweise neu zu gestalten. Somit ergibt sich folgende Definition:

Durch den integrierten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien und die Vermischung des virtuellen mit dem „klassischen“ Museum entsteht das Blended Museum, welches vielfältige Erfahrungen von Besuchenden (Visitor Experience) ermöglichen soll.

Zur Erreichung dieses Zieles können digitale Medien auf verschiedene Weise beitragen. Im Bereich des virtuellen Museums und von interaktiven Anwendungen innerhalb des realen Museums kann „Visitor Experience“ vor allem als „User Experience“ betrachtet werden. Hierunter ist ein ganzheitlicher Ansatz bei der Entwicklung interaktiver Produkte zu verstehen, welcher nicht nur klassische Aspekte des Usability Engineerings, wie hohe Gebrauchstauglichkeit (Usability), umfasst, sondern auch versucht, weniger formale Aspekte wie Spaß, hedonische Qualitäten [3] oder Ästhetik [11] zu berücksichtigen.

Während sich die „User Experience“ vornehmlich auf die Gestaltung interaktiver

Produkte beschränkt, ist zur Erreichung einer „Visitor Experience“ zusätzlich noch der gezielte Einsatz digitaler Medien zur Motivationsförderung innerhalb des musealen Vermittlungsprozesses von besonderer Bedeutung. Der Museumsbesuch dient weder einer rationalen Zweckerfüllung noch der Durchführung einzelner extrinsisch motivierter Rechercheaufgaben. Er ist vielmehr durch die intrinsische Motivation der Besuchenden zur Wissensvermehrung, zur Unterhaltung und zur Sammlung neuer Erfahrungen begründet.

Daher ist der Einfluss motivationaler Faktoren auf das Lernen der Besuchenden von höchster Bedeutung [2]. Die Motivation der Besuchenden beeinflusst das Verhalten innerhalb des Museums in Bezug auf die Selektion der Lernobjekte, die Bereitschaft sich mit den Lerninhalten auseinanderzusetzen und die Persistenz des Lernvorgangs. Aus diesem Verhalten resultiert ein Maß von Lernerfahrung und Zufriedenheit der Besuchenden [7]. Das Ausmaß von Erfahrungen, die bei einem Museumsbesuch gesammelt werden, ist somit abhängig vom Verhalten bzw. von der aktiven Teilnahme der Besuchenden. So rückt die Aktivitätssteigerung der Besuchenden durch den Einsatz digitaler Medien in den Mittelpunkt der Betrachtung.

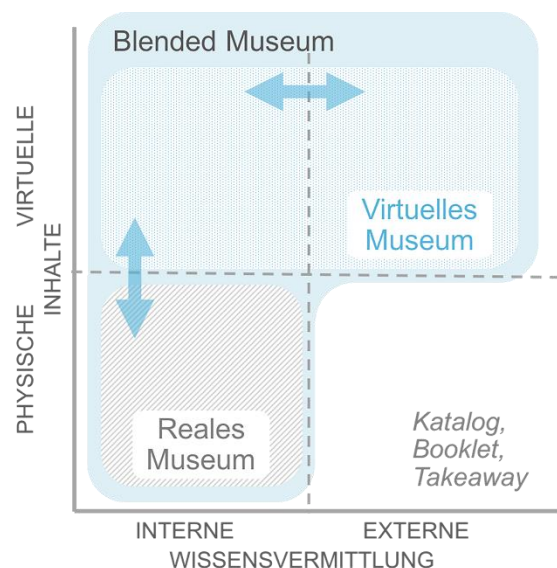


Abb 5: Der Ansatz des Blended Museum.

In Abbildung 5 wird dieses Konzept des Blended Museums noch einmal zusammengefasst. Das „klassische“ reale Museum vermittelt Wissen durch die Vermischung von realen Objekten und



digitaler Information. Reine virtuelle Inhaltsvermittlung ist letztlich nur vom Vermittlungsmedium abhängig. So könnte die Präsentation spezifischer Inhalte bei einer internen und externen Wissensvermittlung auf unterschiedlichen Geräten stattfinden (z.B. intern: Tabletop; extern: Tablet). Die Grenzen zwischen den Definitionen des „realen“ und „virtuellen“ Museum verschwimmen somit mehr und mehr; daher haben wir uns für die Begrifflichkeit „Blended Museum“ entschieden. Wir sehen das Blended Museum als Möglichkeit der Auflösung klassischer Strukturen. Letztlich bietet das Blended Museum einen interaktiven, digitalen Wissensraum, welcher intern und extern mittels verschiedener interaktiver Devices erfahren werden kann.

#### 4. BLENDED MUSEUM IM KONTEXT DER AUSSTELLUNG

Um den Ansatz des Blended Museums umzusetzen, eignen sich insbesondere die neuen Technologien Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR), da diese auf immer mehr mobilen Endgeräten verfügbar sind. So entwickeln sowohl Apple mit ARKit als auch Google mit Daydream und ARCore AR- und VR-Technologien, die in neuen Smartphone-Generationen und damit für den Massenmarkt verfügbar sind.

Ferner ist die Verwendung dieser Technologien nicht an eine spezifische Umgebung gebunden. Während in der AR die reale Umgebung um virtuelle Inhalte erweitert wird [10], werden die Nutzer\*innen in der VR vollständig in eine virtuelle Umgebung versetzt [6]. Bereits 1994 entwarfen Milgram & Kishino das Virtuality Continuum (Abb. 6), auf welchem die Technologien auf einem Spektrum zwischen der realen und virtuellen Umgebung verortet werden [6].

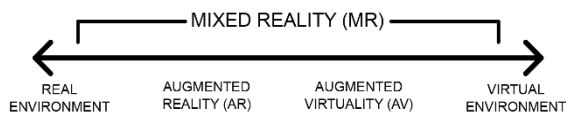


Abb. 6: Das Virtuality Continuum (nach Milgram & Kishino 1994).

Im Kontext von Blended Museum lässt sich diese Einordnung auch auf Exponate anwenden. Der zentrale Unterschied zwischen den Exponaten ist dabei, ob und wie stark diese in den klassischen Ausstellungsraum

eingebettet, beziehungsweise von diesem abhängig sind.



Abb. 7: Die Exponate unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Einbettung in den Ausstellungsraum.

In Abbildung 7 werden drei Vermittlungsformen aufgezeigt und in das Kontinuum eingeordnet. Jeder Vermittlungsform ist dabei beispielhaft ein Exponat aus der Ausstellung zugeordnet, welche im Folgenden ausführlich beschrieben werden:

##### 1) 3D-Druck

Durch den 3D-Druck von digitalen 3D-Modellen können zerstörte oder für die Öffentlichkeit nicht zugängliche Exponate im klassischen Sinne ausgestellt werden. Zahlreiche Museen – darunter das British Museum und Museen der Smithsonian Institution – stellen ausgewählte Exponate bereits auf eigenen oder öffentlichen Portalen wie sketchFab (<https://sketchfab.com/>, Stand: 20.10.17) oder Thingiverse (<https://thingiverse.com>, Stand: 20.10.17) kostenlos zur Verfügung.

Darüber hinaus existieren Ansätze, 3D-Modelle von Kulturerbe durch Crowdsourcing zu erstellen und dadurch die Gesellschaft aktiv an der Archivierung von Kulturerbe teilhaben zu lassen [4]:

Für das Projekt #NEWPALMYRA können Beitragende Fotografien der Ruinen vor der Zerstörung durch den Daesh zusenden um das Team zu unterstützen oder direkt bei der digitalen Rekonstruktion der zerstörten Stätten helfen (<http://newpalmyra.org>, Stand: 20.10.17). Die aktuellen Zwischenstände der Modelle sind online verfügbar und frei bearbeitbar. Ziel des Projekts ist die digitale Rekonstruktion Palmyras durch Crowdsourcing.

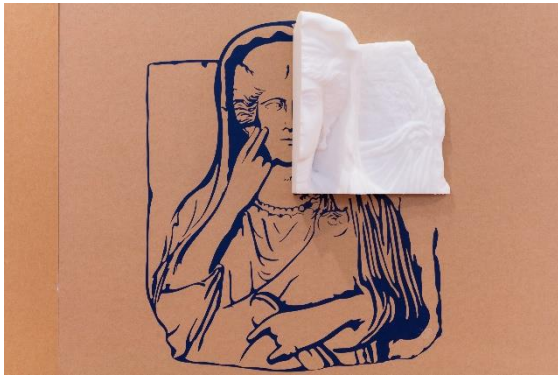


Abb. 8: Die Büste Haliphats in einer von vier Rekonstruktionsphasen während der Ausstellung.

Für die Ausstellung wurden sowohl selbst erstellte Modelle genutzt als auch eines, welches von der Smithsonian Institution bereitgestellt wurde. Diese, in Abbildung 8 gezeigte Büste Haliphats, einer wohlhabenden Palmyrenerin, wurde im Laufe der Ausstellung stückweise gedruckt und ausgestellt, um dabei den Fokus auf die Rekonstruktion und nicht auf die Büste selbst zu legen.



Abb. 9: Die 3D-gedruckte Ruine des Bel-Tempels.

Des Weiteren wurden auf einer raumgreifenden Bodenkarte Palmyras 3D-gedruckte Ruinen der wichtigsten Gebäude Palmyras an ihrer entsprechenden geographischen Position platziert (Abb. 9). Diese 3D-Modelle wurden im Rahmen eines studentischen Kurses selbst erstellt (siehe Abschnitt 5).

## 2) Augmented Reality Tablets

Mittels eines Tablets und Techniken aus dem Bereich der Augmented Reality war es möglich, die 3D-gedruckten Ruinen virtuell zu vervollständigen und einzelne Stadien der Zerstörung vergleichend zu betrachten. Dafür konnten die Besuchenden eine von vier iPads nutzen, die im Raum an Ladestationen angebracht waren, jedoch von den Besuchenden frei im Raum bewegt werden konnten.



Abb. 10: Auf einem Tablet ist eine virtuelle Rekonstruktion des Bel-Tempels zu sehen.

Die Tablets fungierten als “digitale Lupen” und zeigten lediglich ihr eigenes Kamerabild.

Bewegten die Besuchenden das Tablet über eine Ruine, wurde das virtuelle Äquivalent über den im Kamerabild zu sehenden 3D-Druck gelegt (in Abbildung 10 dargestellt). Ermöglicht wurde dies durch spezielle Marker, auf welchen die 3D-Drucke angebracht wurden. Über Vor- und Zurück-Pfeile konnten die Gebäude zu den Zeiten *Antike*, *Vor der Zerstörung durch den Daesh* und *Aktueller Zustand* betrachtet werden. Über einen Zoom-Button vergrößerten die Besuchenden die Gebäude und betrachteten diese näher.



Abb. 11: Eine zusätzliche Informationsebene wurde durch das Anwählen eines Highlight-Punkts freigeschaltet.

Die zu vermittelnden Inhalte waren in der AR-Applikation in zwei Ebenen aufgeteilt: Über die oben beschriebene Hauptebene wurden die wichtigsten Inhalte kommuniziert. Eine zweite Ebene für tiefere Informationen war im Zoom-Modus verfügbar. Hier konnten die Besuchenden Details zur Geschichte und Architektur der Gebäude über orangene Highlight-Punkte an den virtuellen Modellen

abrufen. In Abbildung 11 ist ein solcher Highlight-Punkt neben dem Schriftzug Baal-Shamen zu sehen. Aktiviert werden konnten diese, indem die Besuchenden diese mit dem Finger anwählten oder mit der Mitte des Displays über einem Punkt verharreten.

Da nur die Marker benötigt wurden, um die virtuellen Gebäude im Kamerabild darzustellen, konnte die Applikation auch als App für iOS und Android-Geräte publiziert werden. Die benötigten Marker wurden online bereitgestellt sowie in einer Broschüre abgedruckt, die in der Ausstellung auslag. Abgesehen von den 3D-Drucken und der Integration in den szenografischen Ausstellungsraum, konnte die Applikation damit auch größtenteils zuhause genutzt werden und ist so ein hervorragendes Beispiel für den Ansatz des Blended Museum.

### 3) Virtual Reality Ferngläser

An Seilzügen aufgehängte, frei bewegliche Virtual-Reality Headsets ermöglichten den Besuchenden einen virtuellen Rundgang durch Palmyra im Zustand vor dessen Zerstörung (siehe Abbildung 12).



Abb. 12: Eine Besucherin schaut durch ein VR-Fernglas.

Hierfür wurden 360°-Fotografien verwendet, die in einer festen geographischen Reihenfolge miteinander verknüpft waren. Die Besuchenden sahen sich in diesen Fotografien um, indem sie die Ferngläser frei im Raum schwenkten. Um von einer Fotografie zur nächsten zu gelangen, konnten sie in jeder Szene virtuelle Wegweiser (siehe Abbildung 13) anwählen, indem sie auf einen Knopf an der Oberseite des Fernglases drückten. Durch diese Verknüpfung entstand für die Besuchenden der Eindruck, sich in den Ruinen von Palmyra zu bewegen. Auch in dieser Installation waren als zusätzliche

Informationsebene an wichtigen Orten in den Fotografien Highlight-Punkte angebracht (siehe Abbildung 13).



Abb. 13: Screenshot aus der VR-Applikation. Zu sehen ist ein Wegweiser (unten im Bild) sowie zwei Highlight-Punkte (links und rechts oben im Bild).

Diese konnten angewählt werden, indem der Cursor in der Mitte des Displays auf diese ausgerichtet wurde. Im Gegensatz zur AR-App zeigten die Highlight-Punkte lediglich die Bezeichnung des Ortes und dienten so vielmehr zur Orientierung der Nutzer\*innen.

Im Gegensatz zur AR-Applikation entschieden wir uns gegen eine Veröffentlichung der VR-Applikation. Auch hier wäre dies jedoch prinzipiell möglich gewesen.

## 5. TECHNISCHE UMSETZUNG

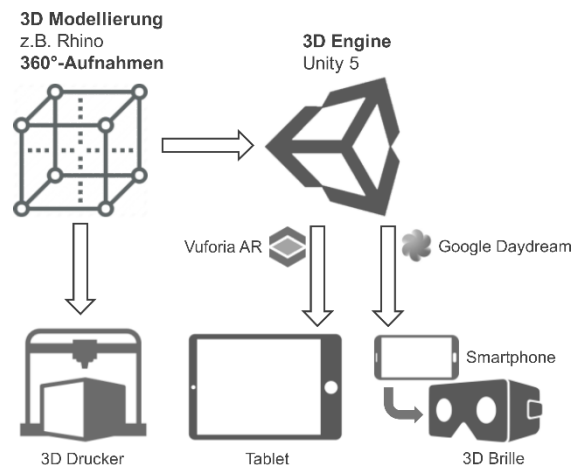


Abb. 14: Schematische Darstellung des Produktionsprozesses der Exponate.

Wie in Abschnitt 4 beschrieben, können rekonstruierte Kulturgüter mittels verschiedener Technologien und Endgeräte zugänglich gemacht werden (siehe Abbildung 14).

Um einen 3D-Druck anzufertigen, genügt ein 3D-Modell des auszustellenden Objekts, welches entweder durch Rekonstruktion oder Digitalisierung des Originalobjekts erstellt



werden kann. Für die Digitalisierung von Objekten können verschiedene Technologien eingesetzt werden. Die in der Ausstellung gezeigte Büste wurde durch Photogrammetrie erstellt. Hierbei wird eine Vielzahl hochauflösender Fotos des Originalobjekts aus verschiedenen Winkeln aufgenommen und digital zu einem 3D-Modell zusammengesetzt [8]. Die auf den Stelen positionierten 3D-gedruckten Ruinen Palmyras sowie deren virtuelle Gegenstücke in der AR-App wurden hingegen im Rahmen eines studentischen Kurses rekonstruiert, in dem Architekturstudierende den Umgang mit der 3D-Modellierungssoftware Rhinoceros (kurz: Rhino) erlernten. Dafür analysierten die Studierenden Fotos sowie Grundrisse der Stätten und kooperierten eng mit zwei Archäologen, um diese – in Anbetracht der begrenzten Quellenlage – möglichst präzise zu rekonstruieren.

Für die Umsetzung der AR- und VR-Anwendungen wurde die Spiel-Engine Unity eingesetzt, welche zunehmend auch außerhalb der Spieleindustrie Verwendung findet [1][9]. In Unity können Applikationen plattformunabhängig erstellt werden. Inhalte, welche für ein bestimmtes Gerät produziert werden, können oft ohne oder mit geringem Aufwand auf andere Geräte portiert werden. Im Rahmen der Ausstellung musste der Quellcode der AR-App jeweils nur geringfügig verändert werden, um diesen für iOS als auch Android-Geräte auszuspielen.

Des Weiteren sind in Unity die grafische Entwicklungsumgebung und die Programmierumgebung getrennt. Dadurch ist eine Arbeitsteilung zwischen den Designer\*innen, welche die 3D-Umgebung gestalten und den Programmierer\*innen, welche die für die Nutzer\*innen verborgenen Abläufe implementieren, möglich.

Gleichzeitig erleichtert dies die Kooperation der unterschiedlichen Disziplinen im Gestaltungsprozess. Kurator\*innen können beispielsweise frühzeitig erste Entwürfe der Designer\*innen überprüfen und etwaige inhaltliche Fehler korrigieren.

Der Funktionsumfang von Unity kann durch eine Vielzahl von Plug-Ins erweitert werden. In der AR-Installation wurde beispielsweise die Erweiterung Vuforia verwendet. Mit dieser können virtuelle Inhalte im realen Raum

dargestellt werden. Dabei dienen gedruckte Marker als Referenzpunkte für die räumliche Darstellung. Als Marker können hierbei beliebige Objekte oder Texturen mit eindeutigen Merkmalen fungieren. So lassen sich diese leicht in den Ausstellungsraum einbetten. Für die VR-Ferngläser wurde das Daydream VR-Headset von Google und der dazugehörige Controller genutzt. Sowohl die Bewegung des VR-Headsets im Raum als auch die Eingaben am Controller konnten durch eine gleichnamige Erweiterung für Unity leicht ausgelesen und verwendet werden.

## 6. EVALUATION

Die Ausstellung wurde von den Besuchenden überaus positiv aufgenommen. Mit 1268 Besuchenden pro Monat lag die Ausstellung deutlich über den durchschnittlichen Zahlen des Ausstellungshauses (im Jahr 2016: 587 Besuchende pro Monat). Im Gästebuch der Ausstellung wurde von den Besuchenden besonders die aufwendige Gestaltung der Ausstellung sowie die interaktiven Installationen hervorgehoben:

„Eine unglaublich informative und ästhetisch vorbildliche Ausstellung, die zeigt, was medial heute didaktisch möglich ist!“

„Eine tolle Ausstellung! Besonders die interaktiven Möglichkeiten habe ich so noch in keinem Museum gesehen.“

„[...] es fehlte nur noch die Wüstenluft, dass ich mich so fühlte, als wäre ich dort.“

Die VR- und AR-Installationen nehmen durch ihre Neuartigkeit im musealen Kontext eine besondere Rolle ein und wurden aufgrund dessen mit Hilfe von unterschiedlichen Instrumenten evaluiert. Ziel dieser Evaluation war festzustellen, inwiefern die Installationen von den Besuchenden angenommen und verstanden worden sind. Hierfür begleiteten wir in einem ersten Schritt Besuchende in der Ausstellung, beobachteten teilnehmend deren Interaktion mit den Installationen und führten mit sechs Besuchenden qualitative Interviews. Des Weiteren werteten wir Nutzungsdaten der Installationen aus, welche über den gesamten Zeitraum der Ausstellung aufgenommen wurden sowie User Experience Fragebögen,

die im Zuge zweier Führungen an die Besuchenden ausgeteilt worden sind.

In den Interviews gaben die Befragten an, die AR-Tablets hauptsächlich zum Vergleich der Zustände der Gebäude zu den einzelnen Epochen genutzt zu haben. Bei den VR-Ferngläsern lobten sie insbesondere die hohe Immersion der Installation. Zusätzlich hoben sie die Neuartigkeit sowohl der AR- als auch der VR-Installation hervor. Während die Besuchenden in den Interviews angaben, keine Probleme mit der Steuerung gehabt zu haben, ergab sich in den teilnehmenden Beobachtungen ein differenzierteres Bild. Besuchende aller Altersklassen verstanden zwar die grundlegende Funktionsweise der Installationen, jedoch übersahen einige Besuchende die Zoom-Funktion der AR-Tablets oder nutzten diese nicht. Dadurch konnten auch die Highlight-Punkte nicht aufgerufen werden, da diese erst im Zoom-Modus angezeigt wurden. Die Highlight-Punkte sowie die virtuellen Wegweiser wurden auch in der VR-Installation von einigen Besuchenden nicht entdeckt oder verwendet, sodass diese nur eine Fotografie betrachten konnten.

Die ausgewerteten Nutzungsdaten der Installationen unterstützen diese Beobachtung. Bei den AR-Tablets wurden die Interaktionen *Markererkennung*, *Weiterschaltung zwischen Epochen*, *Betätigung des Zoom-Buttons* sowie *Auswählen eines Highlight-Punkts* gespeichert.

Bei den VR-Ferngläsern wurden folgende Interaktionen registriert: *Fotografiewechsel* und *Auswählen eines Highlight-Punkts*. Für jede Interaktion wurde zusätzlich deren Zeitstempel gespeichert. In Abbildung 15 sind beispielhaft die Interaktionen von zwei Besuchenden an einem VR-Fernglas über einen Zeitraum von 80 Sekunden abgebildet. Die beiden Personen nutzten das Fernglas auf eine unterschiedliche Art und Weise. Person 1 betrachtete die Highlight-Punkte, übersah jedoch die virtuellen Wegweiser oder nutzte diese nicht. Person 2 hingegen nutzte beide Funktionen. An den AR-Tablets ließen sich ähnliche Verhaltensmuster erkennen. So nutzten viele Besuchende die Tablets ausschließlich um vergleichend zwischen den einzelnen Epochen vor- und zurück zu springen (vgl. Abbildung 16 p1). Andere wiederum verwendeten den Zoom-Button,

nutzten oder sahen aber die Highlight-Punkte nicht (p2), während manche Besuchende alle Funktionen nutzten (p3).

Da die Besuchenden sich die Geräte oft direkt weitergaben und damit kein konkreter Start- oder Endpunkt einzelner Sitzungen in den Logfiles zu erkennen war, konnte keine durchschnittliche Nutzungsdauer der Geräte oder die Anzahl der Nutzer\*innen berechnet werden.

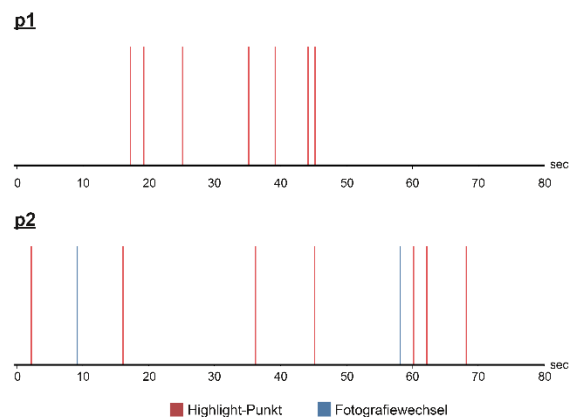


Abb. 15: Zwei unterschiedliche Interaktionsarten von Besuchenden mit den VR-Ferngläsern.

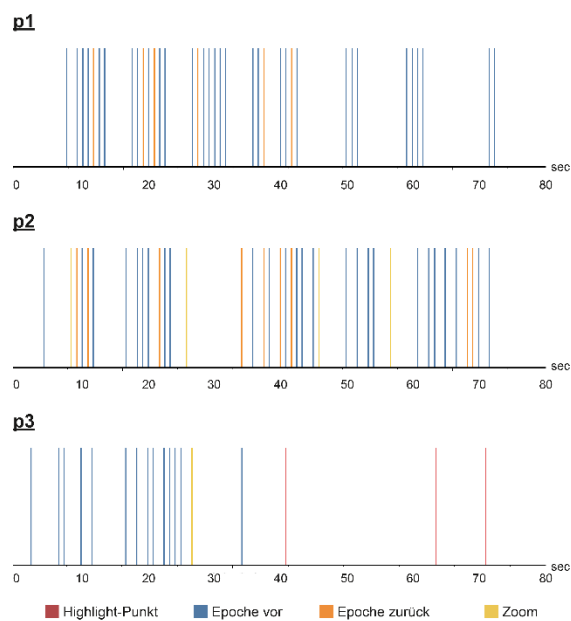


Abb. 16: Verschiedene Interaktionsarten von Besuchenden mit den AR-Tablets.

Mithilfe des Fragebogens UEQ wurde die User Experience der Installationen hinsichtlich der Kategorien Attraktivität, Durchschaubarkeit, Effizienz, Steuerbarkeit, Stimulation und Originalität zusätzlich quantitativ bewertet [5]. Im Rahmen zweier öffentlicher Führungen wurde jeweils ein Fragebogen pro Installation



(AR-Tablets: n = 17; VR-Ferngläser: n = 20,) an die Besuchenden nach deren Nutzung der Installationen ausgeteilt.

Ein Fragebogen bestand aus 26 Gegensatzpaaren von Eigenschaften, die die Installation aufweisen kann (beispielsweise attraktiv, unattraktiv), wobei jedes Gegensatzpaar sich einer der oben genannten Kategorien zuordnen lässt. Inwiefern eine der Eigenschaften eines Gegensatzpaares zu der Installation passt, gaben die Befragten anhand einer 7-Punkt-Skala an. Aus der Summe der Antworten für jede Kategorie lässt sich so ein Durchschnittswert auf einer Skala von -3 bis 3 berechnen. Werte < 0,8 stellen ein negatives, Werte > 0,8 ein positives sowie Werte in dem dazwischenliegenden Intervall ein neutrales Ergebnis dar.

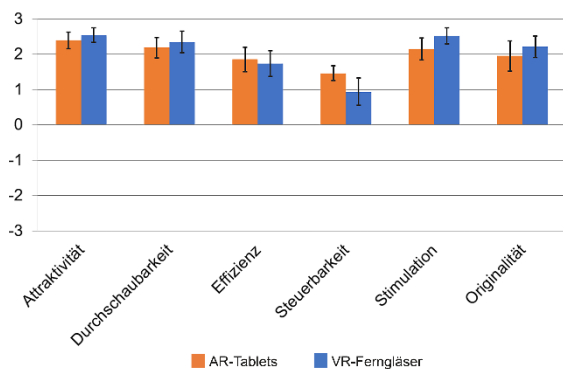


Abb. 17: Die Ergebnisse des UEQ für die AR-Tablets und VR-Ferngläser.

Beide Installationen erhielten in allen Kategorien ein positives Ergebnis, wie in Abbildung 17 noch einmal verdeutlicht wird: Dabei wurden insbesondere die Attraktivität (AR-Tablets: 2,3; VR-Ferngläser: 2,5;) die Durchschaubarkeit (AR-Tablets: 2,1; VR-Ferngläser: 2,3), die Stimulation (AR-Tablets: 2,1; VR-Ferngläser: 2,5) und die Originalität (AR-Tablets: 1,9; VR-Ferngläser: 2,2) der Installationen sowohl der VR-Ferngläser als auch der AR-Tablets von den Besuchenden sehr gut bewertet.

Während beide Installationen in den Kategorien Effizienz (AR-Tablet: 1,8; VR-Ferngläser: 1,7) und Steuerbarkeit (AR-Tablet: 1,5; VR-Ferngläser: 1,0) ebenfalls positiv bewertet wurden, ist auffallend, dass das Ergebnis der Steuerbarkeit im Vergleich zu den anderen Kategorien abfällt. Da die Besuchenden in den Führungen die Möglichkeit hatten, andere Besuchende und deren Interaktion mit den Geräten zu

beobachten, ist es möglich, dass das Ergebnis bei einer längeren Beobachtung im neutralen Bereich liegen könnte.

## 7. DISKUSSION

In den vorherigen Abschnitten stellten wir drei Exponate vor, die das Spektrum musealer Vermittlungsstrategien erweitern. Insbesondere im Kontext der Rekonstruktion von Kulturgütern ergeben sich durch den Einsatz von modernen Technologien wie Augmented Reality und Virtual Reality neue Möglichkeiten der Informationsvermittlung.

Dabei lassen sich beide Technologien gut in den klassischen Ausstellungsraum integrieren. Das Beispiel der AR-Tablets zeigt, wie derartige Installationen in den auratischen Raum eingebettet werden können. Dadurch werden unterschiedliche Informationsebenen für eine heterogene Gruppe von Besuchenden angeboten. Sowohl die Anzahl der Besuchenden und deren Einträge im Gästebuch der Ausstellung als auch die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass die interaktiven Installationen sehr positiv aufgenommen wurden. Eine Besucherin besuchte die Ausstellung sogar viermal, um die VR-Ferngläser benutzen zu können.

Im Zuge der Evaluation war auffallend, dass einige Besuchende nicht alle Funktionen der Installationen nutzten oder diese übersahen. So wurden bei den AR-Tablets die Inhalte der tiefergehenden Informationsebene seltener aufgerufen als die der Hauptebene. Ein möglicher Grund dafür ist, dass die auf der Hauptebene vermittelten Inhalte (Vergleich der Gebäudezustände) für die Besuchenden ausreichend waren.

Bei den VR-Ferngläsern nutzten manche Besuchenden die virtuellen Wegweiser nicht. Auch hier ist eine fehlende intrinsische Motivation denkbar. Unsere teilnehmenden Beobachtungen lassen jedoch darauf schließen, dass die Besuchenden aufgrund des hohen Immersionsgrades der VR-Applikation die Funktionen übersahen.

Auch wenn die Steuerbarkeit der Installationen in unseren quantitativen Erhebungen positiv bewertet wurde und unsere Beobachtungen keine gravierenden Schwächen in der Usability der Exponate zeigen konnten, sind standardisierte Interaktionskonzepte in der

Augmented und Virtual Reality noch nicht etabliert. Insbesondere, da viele Besuchende in der Ausstellung zum ersten Mal mit den neuartigen Technologien interagierten, ist es wichtig, ein besonderes Augenmerk auf eine hohe Usability zu legen.

Bei der Implementierung der Technologien zeigen sich weitere Vorteile in deren Einsatz: So ist die verwendete Hardware vergleichsweise kostengünstig (ein Daydream VR-Headset kostet beispielsweise ca. 70€) und die mobilen Geräte, die zum Einsatz kommen, lassen sich gut warten. Durch die Verwendung der weit verbreiteten und fortlaufend weiterentwickelten Spiel-Engine Unity bleiben die Installationen zudem lange nutzbar und können sogar während der Laufzeit der Ausstellung weiterentwickelt werden. Dies kann insbesondere dann relevant sein, wenn mit einem kleinen Prototyp neuartige Ausstellungskonzepte getestet werden sollen, bevor aufwändigere Funktionen hinzugefügt werden. Da in Unity Inhalte plattformunabhängig entwickelt werden, können die Applikationen auch außerhalb der Ausstellung zur Verfügung gestellt werden. Nutzer\*innen kann so ein virtueller Zugang zur Ausstellung gegeben werden. Zusätzlich können die Applikationen zur Vor- und Nachbereitung eines Ausstellungsbesuchs – beispielsweise in Schulen – eingesetzt werden.

Auch ist eine langfristige Bindung von Besuchenden denkbar, indem diese in Zukunft ihre eigenen Geräte in die Ausstellung mitbringen. So könnten kontinuierlich neue Inhalte zu den Applikationen hinzugefügt werden, um den Anreiz zu einem erneuten Besuch zu steigern. Die Applikation könnte sich dabei beispielsweise an den Wissenstand, die Motivation oder das Alter der Besuchenden anpassen und so die Visitor Experience dieser verbessern.

Aus diesen Gründen sehen wir die vorgestellten Technologien als ideale Vermittlungsformen um den Ansatz des Blended Museum umzusetzen. Wir glauben, dass insbesondere Mixed Reality-Applikationen in Zukunft stark auf die Institution Museum einwirken werden und eine Chance bieten, diese für weitere Gruppen von Besuchenden zu öffnen.

## 8. ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Beitrag beschrieben wir die Ausstellung „Rebuild Palmyra? – Zukunft eines umkämpften Welterbes“ und inwiefern in dieser der Ansatz des Blended Museums verfolgt wurde. Insbesondere die Technologien 3D-Druck, Augmented Reality und Virtual Reality eignen sich um diesen Ansatz umzusetzen. Daher beleuchteten wir exemplarisch drei Exponate, in welchen diese Technologien eingesetzt wurden. Wir erläuterten neben dem Inhalt und der Funktionsweise der Exponate auch die Entwicklungswerkzeuge, mit denen diese umgesetzt wurden. Dabei zeigten wir auf, wie unterschiedliche Disziplinen durch die Verwendung dieser Werkzeuge zusammenarbeiten konnten.

Die Ausstellung wurde von den Besuchenden überaus positiv aufgenommen. Darüber hinaus zeigte die Evaluation der AR- und VR-Installationen, dass dieses neuartigen Vermittlungsformen für eine heterogene Gruppe von Besuchenden zur Steigerung der Visitor Experience beitragen.

## 9. DANKSAGUNG

Wir danken Prof. Stefan Hauser, Dr. Ulf Hailer (beide Fachbereich Geschichte der Universität Konstanz), Prof. Eberhard Schlag (FB Architektur der HTWG Konstanz) sowie allen Studierenden, die an der Umsetzung der Ausstellung beteiligt waren.

## 10. LITERATURHINWEIS

- [1] De Amicis, Raffaele; Girardi, Gabrio; Andreolli, Michele; Conti, Giuseppe: Game based technology to enhance the learning of history and cultural heritage. *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, Athen, 2009, ACM, New York, 451.
- [2] Falk, John H & Dierking, Lynn D: *The Museum Experience*, Whalesback, Washington DC, 1992.
- [3] Hassenzahl, Marc; Burmester, Michael & Koller, Franz: AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung*, 2003, B. G. Teubner, Stuttgart, Leipzig, 187-196.

- [4] Inzerillo, Laura & Santagati, Cettina: Crowdsourcing Cultural Heritage: From 3D Modeling to the Engagement of Young Generations. *EuroMed*, Nikosia, 2016, Springer, Cham, 869-879.
- [5] Laugwitz, Bettina; Schrepp, Martin & Held, Theo: Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten. *Mensch und Computer 2006: Mensch und Computer im Strukturwandel*, 2006, Oldenbourg, München, 125-134.
- [6] Milgram, Paul & Kishino, Fumio: A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, Band 77, Heftnr. 12, 1321-1329, 1994.
- [7] Packer, Jan & Ballantyne, Roy: Motivational Factors and the Visitor Experience. A Comparison of Three sites. *Curator*, Band 45, 183-198, 2002.
- [8] Remondino, Fabio & El-Hakim, Sabry: Image-based 3D Modelling: A Review. *The Photogrammetric Record*. Band 21, Heftnr. 115, 269-291, 2006.
- [9] Reunanen, Markku; Díaz, Lily; Horttana, Tommi: A Holistic User-Centered Approach to Immersive Digital Cultural Heritage Installations: Case Vrouw Maria. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, Band 7, Heftnr. 4, 1-16, 2015.
- [10] Schmalstieg, Dieter & Hollerer, Tobias: *Augmented Reality: Principles and Practice*, Addison Wesley, Boston, 2016.
- [11] Tractinsky, Noam & Hassenzahl, Marc: Arguing for Aesthetics in Human-Computer Interaction. *i-com*, Band 4, 66-68, 2005.
- [12] Treinen, Heiner: Multimedia als kulturelles Werkzeug. *Museumspädagogik Aktuell*, Band 48, 37-40, 1997.
- [13] Wohlfromm, Anja: *Museum als Medium – Neue Medien in Museen*, Herbert von Halem, Köln, 2005.