

Neue Zugänge schaffen – Augmented und Virtual Reality an der ETH-Bibliothek¹

Simone Leitner, ETH Zürich, ETH-Bibliothek, Community & Content Marketing

Claudia Lienhard, ETH Zürich, ETH-Bibliothek, Innovation & Networking

Agnese Quadri, ETH Zürich, ETH-Bibliothek, Sammlungen und Archive

Zusammenfassung

Die ETH-Bibliothek und die Sammlungen und Archive der ETH Zürich nahmen 2019 zwei Veranstaltungen – die Zürcher Wissenschaftstage (Scientifica) und die Europäischen Tage des Denkmals – zum Anlass, Erfahrungen mit Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) im Veranstaltungskontext zu sammeln. Entstanden sind zwei Anwendungen: Eine AR-Applikation lässt Schmetterlinge und Käfer in 3-D zum Leben erwachen; eine für VR-Brillen konzipierte 360°-Rekonstruktion eines historischen Chemielaboratoriums ermöglicht das Eintauchen in die Welt der Chemie der ETH Zürich um die Zeit von 1900. Die Entwicklung beider Anwendungen erfolgte auf der Basis von Objekten sowie Bild-, Plan- und Textquellen aus den Sammlungen und Archiven der ETH-Bibliothek und der ETH Zürich. Der Einsatz von AR und VR stiess bei den Veranstaltungsbesuchenden auf positive Resonanz. Das Ziel, mit modernen Technologien neue Zugänge zu Bibliotheks-, Archiv- und Sammlungsbeständen zu schaffen und dadurch ein breiteres Publikum anzusprechen, wurde erreicht.

Summary

In 2019, the ETH Library and the collections and archives of ETH Zurich took the opportunity to gain experience with augmented reality (AR) and virtual reality (VR) in the context of events on two separate occasions: the Zurich Science Days (Scientifica) and the European Heritage Days. Two applications were created: an AR app that brings butterflies and beetles to life in 3D and a 360° reconstruction of a historic chemistry lab designed for VR headsets that enables users to immerse themselves in the world of ETH Zurich chemistry around the turn of the last century. Both apps used sources such as objects, images, plans and texts from the collections and archives of the ETH Library and ETH Zurich. Visitors reacted positively to the use of AR and VR. The goal of using modern technology to make library, archive and collection holdings more accessible, thus appealing to a broader audience, was achieved.

Zitierfähiger Link (DOI): <https://doi.org/10.5282/o-bib/5648>

Autorentifizikation:

Leitner, Simone: GND: [1226089992](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-63864-p0011-9);

Lienhard, Claudia: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4883-9430>, GND: [1226090095](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-63864-p0011-9);

Quadri, Agnese: GND: [122609001X](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-63864-p0011-9)

1 Der Beitrag war ursprünglich als Vortrag im Rahmen des aufgrund von Covid-19 abgesagten 109. Deutschen Bibliothekartags 2020 in Hannover geplant:
Lienhard, Claudia; Quadri, Agnese: Neue Zugänge zu Bibliotheksbeständen. Augmented, Virtual Reality und Touch-Anwendungen an der ETH-Bibliothek, 109. Deutscher Bibliothekartag in Hannover 2020 (abgesagt). Online: <https://opus4.kobv.de/opus4-bib-info/frontdoor/index/index/searchtype/collection/id/16255/rows/100/docId/17222/start/21>, Stand: 20.01.2021.

Schlagwörter: Augmented Reality, Virtual Reality, 360°-Anwendung, GLAM (Galleries, Libraries, Archives, Museums), Sammlungsbestände, Erfahrungsbericht, Veranstaltung/Event

Dieses Werk steht unter der Lizenz [Creative Commons Namensnennung 4.0 International](#).

1. Neue Anwendungsszenarien mit Augmented und Virtual Reality

Die Architektin durchschreitet zusammen mit den Bauherren den neuen Bahnhof, der sich aktuell erst in der Planungsphase befindet. Die angehende Monteurin wirft parallel zur Arbeit an der Anlage einen Blick in das Innenleben der Maschine und erlangt dadurch ein noch tieferes Verständnis der Funktionsweise. Zur Vorbereitungsphase einer anstehenden Operation tauchen Arzt und Patient in den Körper des Patienten ein. Ohne das Klassenzimmer zu verlassen, geht die Lehrerin mit ihren Schülern an entlegenen Orten der Welt auf Erkundungstour. Die Familie holt sich den brüllenden Tiger direkt ins Wohnzimmer und muss dabei nicht um ihr Leben fürchten.²

Diese und viele weitere Anwendungsszenarien sind durch Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) möglich geworden. Dass die Technologien dabei nicht nur immer stärker Einzug in den beruflichen, sondern auch in den privaten Alltag halten, liegt nicht zuletzt an der Verfügbarkeit der benötigten Hardware. Während bei Augmented Reality Smartphones und Tablets eine zentrale Rolle spielen, sind auch VR-Brillen in zunehmendem Masse für Endnutzerinnen und -nutzer zugänglich. Mit der Oculus Quest z.B. ist seit 2019 eine leistungsfähige und erschwingliche VR-Brille auf dem Markt, die als Standalone-Headset ohne zusätzliche Hardware funktioniert.³

Auch GLAM⁴-Institutionen wie Bibliotheken, Archive, Sammlungen und Museen entdecken die Technologien in zunehmenden Mass für sich. In der durch die BBC in Kooperation mit rund 30 Museen und Galerien aus Grossbritannien erstellten AR-App „Civilisations AR“ können sich Nutzerinnen und Nutzer 3-D-Rekonstruktionen der Exponate direkt in die eigenen vier Wände holen.⁵ Der Louvre bietet seinen Besucherinnen und Besuchern seit 2019 über eine VR-Anwendung die Möglichkeit, virtuell in das Gemälde der Mona Lisa und seine Entstehungsgeschichte einzutauchen.⁶ Die

- 2 Die beispielhaft genannten Szenarien gehen auf folgende Anwendungen zurück:
Bahnhof Bern 2025 in Virtual Reality, ikonaut, <<https://www.ikonaut.ch/portfolio/bahnhof-virtual-reality/>>, Stand: 20.01.2021.
Machine@Hand, Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung, <<https://www.igd.fraunhofer.de/projekte/machinehand/>>, Stand: 20.01.2021.
Schwermann, Jacqueline; Bassani, Franco: Mit dem Patienten im Körper des Patienten. VR im Dienst der Medizin, Schweizer Radio und Fernsehen, 16.12.2019, <<https://www.srf.ch/news/panorama/vr-im-dienst-der-medizin-mit-dem-patienten-im-koerper-des-patienten>>, Stand: 20.01.2021.
National Geographic Explore, Oculus Quest, YouTube, 26.11.2019, <<https://www.youtube.com/watch?v=D1VILv6Db7I>>, Stand: 20.01.2021.
Schoon, Ben: Google 3D animals and objects. Which ones are available and how to use them, 9To5Google, 21.08.2020, <<https://9to5google.com/2020/07/30/google-3d-animals-list/>>, Stand: 20.01.2021.
- 3 Erlebe die Zukunft der kabellosen VR, oculus from Facebook, <<https://www.oculus.com/quest/>>, Stand: 20.01.2021.
- 4 Galleries, Libraries, Archives, Museums (GLAM).
- 5 Civilisations AR, BBC, <<https://www.bbc.co.uk/taster/pilots/civilisations-ar>>, Stand: 20.01.2021.
- 6 Leonardo da Vinci. Around the exhibition, Louvre, <<https://www.louvre.fr/en/leonardo-da-vinci-0/realite-virtuelle>>, Stand: 20.01.2021.

Schweizerische Nationalbibliothek lancierte im selben Jahr eine Ausstellung mit VR-Komponente in Form eines virtuellen Ballonflugs.⁷

Ebenfalls 2019 sind die ETH-Bibliothek und die Sammlungen und Archive der ETH Zürich der Frage nachgegangen, wie sich Augmented und Virtual Reality mit Mehrwert im Bibliotheks-, Archiv- und Sammlungskontext einsetzen lassen und experimentierten vor diesem Hintergrund im Rahmen verschiedener Vorhaben und Veranstaltungen mit den Technologien.

2. Augmented und Virtual Reality kurz erklärt

Zur Einordnung und Definition der Begriffe Augmented und Virtual Reality wird in der Fachliteratur noch heute das 1994 durch Milgram und Kishino lancierte „Virtuality Continuum“ (Abb. 1) herangezogen. Bei AR und VR handelt es sich somit nicht um neue Konzepte. Vielmehr haben sich die Technologien hardware- und softwareseitig über die letzten Jahrzehnte hinweg stetig weiterentwickelt. Wie bereits in Kap. 1 verdeutlicht, kann dadurch mittlerweile ein breites Spektrum an Anwendungsszenarien adressiert werden.

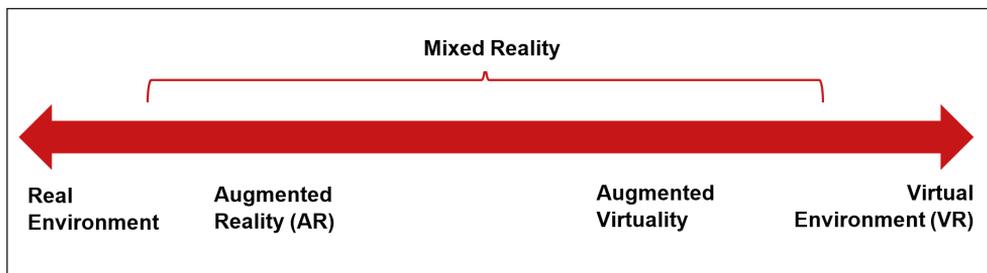


Abb. 1: Virtuality Continuum⁸

Am linken Rand des Kontinuums von Milgram und Kishino steht die reale Welt. Am rechten Rand ist die virtuelle Realität angesiedelt. Dazwischen werden verschiedene Zustände der *Mixed Reality* unterschieden. Der Realitätsanteil wird dabei ständig kleiner und der Anteil an Virtualität ständig grösser, bis die Realität schliesslich komplett verschwindet. Bewegt sich die Nutzerin oder der Nutzer in einer primär virtuellen Welt mit einzelnen physischen Elementen, so wird dies als *Augmented Virtuality* bezeichnet⁹. Überwiegt hingegen die Realität, so wird der Begriff *Augmented Reality* verwendet.¹⁰

7 Von oben. Spelterinis Ballon und die Drohne, Schweizerische Nationalbibliothek NB, <<https://www.nb.admin.ch/snl/de/home/ausstellungen-va/ausstellungen-past/vonoben.html>>, Stand: 20.01.2021.

8 Eigene Darstellung nach: Milgram, Paul; Kishino, Fumio: A taxonomy of mixed reality visual displays, in: IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E77-D (12), December 1994, S. 1321-1329 (S. 1321f.).

9 Als Beispiel für Augmented Virtuality nennt Schnier die Simulation eines Lagerfeuers, bei dem die Nutzerin/der Nutzer virtuell Bilder sieht und gleichzeitig physisch die Wärme des Feuers spürt. Schnier, Kai: Im/material Spaces. Virtual and Augmented Reality eröffnen neue Zugänge zu Kulturerbe, kulturBdigital, 19.12.2019, <<https://kultur-bdigital.de/digitale-kultur/praesentieren-vermitteln/im-material-spaces-vr-ar-kulturerbe/>>, Stand: 20.01.2021.

10 Dörner, Ralf; Boll, Wolfgang; Grimm, Paul u.a.: Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität, Berlin 20192, S. 22.

Virtual und Augmented Reality – worauf der Fokus des vorliegenden Artikels liegt – weisen verschiedene Gemeinsamkeiten auf: Sowohl in der virtuellen als auch in der erweiterten Realität werden 3-D-Inhalte/-Objekte in Echtzeit simuliert und der Nutzerin oder dem Nutzer wird eine Echtzeitinteraktion mit eben diesen Inhalten ermöglicht. Doch es gibt auch grundlegende Unterschiede: Bei AR finden Interaktionen sowohl mit virtuellen Inhalten als auch mit der realen Umgebung statt. Bei VR hingegen kommt es zu einer vollständigen Immersion – d. h. einem vollständigen Eintauchen – in die virtuelle Welt. Während Nutzende bei VR ihre Umgebung also völlig virtuell wahrnehmen, wird bei AR der physische Raum um virtuelle Inhalte angereichert.¹¹

3. AR und VR im GLAM-Bereich – Einsatzszenarien & Mehrwerte

Für GLAM-Institutionen bietet sich durch den Einsatz von Augmented und Virtual Reality die Chance, Zugänglichkeit und Sichtbarkeit ihrer Bestände und Sammlungen zu erhöhen¹² und dadurch ein breiteres Publikum zu erreichen. Damit sind die Technologien gerade im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung von besonderer Relevanz für GLAM-Institutionen. Denn wie z.B. Kilchemann, Laurens und Rosenthaler betonen, spielen die Themen Vermittlung und (Nach-)Nutzbarkeit eine immer zentralere Rolle: „The difficulty is not the data storage anymore but the presentation and usage of the data. The aim is not to archive data, but to keep them alive. Availability and usability are playing an important role.“¹³

AR und VR sollten allerdings nie nur um der Technologie willen eingesetzt werden, sondern einen Mehrwert mit Blick auf das Nutzererlebnis bieten. Bailenson formuliert dies in Bezug auf VR wie folgt: „...if an experience is not impossible, dangerous, expensive, or counterproductive, then you should seriously consider using a different medium – or even doing it in the real world. Save VR for special moments.“¹⁴

Wie die folgenden Beispiele illustrieren, fokussieren bestehende Anwendungen aus dem GLAM-Bereich in erster Linie auf den Aspekt des Unmöglichen, indem sie Orte, Gebäude, Objekte etc. erfahrbar machen, die in der Realität so nicht oder nicht mehr existieren. Ausserdem liegt ein besonderer Fokus auf dem Infotainment, d.h. der Unterhaltung bei gleichzeitiger Vermittlung von Informationen:

11 Ebd., S. 22-25.

12 Schnier: *Im/material Spaces*, 2019.

13 Kilchemann, André; Laurens, Flavie; Rosenthaler Lukas: Digitizing, archiving... and then? Ideas about the usability of a digital archive, in: Society for Imaging Science and Technology (Hg.): *Digitization, Preservation, and Access, IS&T Archiving Conference (ARCHIVING 2019), Final Program and Proceedings*, S. 146-150(5). Online: <<https://doi.org/10.2352/issn.2168-3204.2019.1.0.34>>, Stand: 20.01.2021.

14 Bailenson, Jeremy: *Experience on demand. What virtual reality is, how it works, and what it can do*, New York 2018, S. 253.

- Die bereits eingangs erwähnte App „Civilisations AR“¹⁵ bietet Nutzerinnen und Nutzern nicht nur die Möglichkeit, Artefakte aus verschiedenen Museen und Galerien Grossbritanniens orts- und zeitunabhängig mittels Smartphone und Tablet in den physischen Raum einzubetten, sondern auch in sie hineinzublicken, sie von verschiedenen Seiten zu betrachten, sie um die eigene Achse zu rotieren, zu vergrössern und Detailinformationen abzurufen. Im Vergleich zu den physischen Exponaten sind die Interaktionsmöglichkeiten somit deutlich vielfältiger.
- Auch im Smithsonian Natural History Museum in Washington, DC macht eine AR-App das Unmögliche möglich. Indem man ein iPhone oder iPad über dort ausgestellte Tierskelette hält, verwandeln sich diese in 3-D-Rekonstruktionen der echten Tiere.¹⁶ Den Besucherinnen und Besuchern wird somit durch die Verbindung von digital und physisch ein erweitertes und nachhaltigeres Nutzererlebnis geboten. Ergänzend dazu können die 3-D-Modelle auch ausserhalb des Museums unter Verwendung gedruckter Vorlagen abgerufen werden.
- Das Anne Frank Haus lässt Nutzerinnen und Nutzer auf der ganzen Welt virtuell erfahren, wie Anne Frank im Versteckten lebte. Das Hinterhaus mit seinen Räumen, in denen sich Anne Frank mit ihrer Familie versteckt hielt, existiert noch heute, steht jedoch leer. Auf Basis von Anne Franks Tagebüchern, den Aufzeichnungen ihres Vaters und den physischen Räumlichkeiten entstand eine massstabsgetreue 3-D-Rekonstruktion des Verstecks.¹⁷ Nutzerinnen und Nutzer können sich mittels eines VR-Headsets frei durch die Räume des Hinterhauses bewegen, Gegenstände anfassen und Audiokommentare in Form von Zitaten aus Annes Tagebüchern abrufen.
- Die Schweizerische Nationalbibliothek versetzte Besucherinnen und Besucher im Rahmen einer Ausstellung mit einem virtuellen Ballonflug über die Schweizer Alpen zurück in die Zeit um 1900, als Eduard Spelterini – Schweizer Fotograf und Ballonfahrtpionier – die Alpen überquerte. Teil des VR-Flugs sind dabei auch Fotografien aus der Spelterini-Sammlung¹⁸ der Schweizerischen Nationalbibliothek; ausserdem berichtet ein Erzähler über diese aussergewöhnliche Reise Spelterinis.¹⁹

15 Civilisations AR, BBC.

16 Bone Hall, Smithsonian National Museum of Natural History, <<https://naturalhistory.si.edu/exhibits/bone-hall>>, Stand: 20.01.2021.

17 Erneuerter VR-Rundgang durch Anne Franks Versteck, anne frank house, 04.07.2020, <<https://www.annefrank.org/de/uber-uns/nachrichten-und-presse/news-de/2019/7/4/erneuerter-vr-rundgang-durch-anne-franks-versteck/>>, Stand: 20.01.2021.

18 Sammlung Eduard Spelterini, Schweizerische Nationalbibliothek NB, <<https://www.nb.admin.ch/snl/de/home/ueber-uns/gs/sammlungen/fotografien/spelterini.html>>, Stand: 20.01.2021.

19 Von oben VR, Ateo, <<https://www.ateo.ch/index.php/portfolio/vonoben/>>, Stand: 20.01.2021.

4. AR- und VR-Anwendungen der ETH-Bibliothek – Zwei Erfahrungsberichte

In Zusammenarbeit mit dem Game Technology Center (GTC) und der Entomologischen Sammlung der ETH Zürich entstand eine AR-Anwendung, die Insekten zum Leben erwachen lässt. Ein zweites Vorhaben beschäftigte sich mit der Rekonstruktion eines historischen Chemielaboratoriums in 360° auf der Basis von Beständen aus den Sammlungen und Archiven der ETH Zürich. Diese Anwendung ist speziell für die Nutzung mit VR-Brillen konzipiert.

Im Zentrum steht bei beiden Anwendungen die Sensibilisierung eines breiteren Publikums für Archiv-, Sammlungs- und Bibliotheksbestände durch die Schaffung neuer Zugänge unter Verwendung moderner Technologien. Dabei zielen die Applikationen analog zu den in Kap. 3 genannten Beispielen darauf ab, den Nutzenden Erlebnisse zu ermöglichen, die im rein physischen Raum so nicht oder nicht mehr möglich sind.

Die vorliegenden Erfahrungsberichte beschreiben, wie die ETH-Bibliothek bei der Konzipierung und der Entwicklung der beiden Anwendungen vorgegangen ist und wie die Applikationen im Kontext von Veranstaltungen eingesetzt wurden. Sie schildern ausserdem sowohl aus Kunden- als auch aus Bibliotheksperspektive, welche Mehrwerte AR und VR bieten können.

4.1. Insekten zum Leben erwecken – AR macht's möglich

Für den Auftritt an den Zürcher Wissenschaftstagen 2019 (Scientifica 2019)²⁰ sollte ein passender Zugang zu Inhalten der Sammlungen und Archive der ETH Zürich²¹ mit dem Fokus auf die Zielgruppen „Familien mit Kindern“ und „Jugendliche“ geschaffen werden. Ziel war es, neue Technologien und Anwendungen mit den Inhalten einer (natur-)wissenschaftlichen Sammlung zusammenzubringen und dadurch diese junge Zielgruppe sowohl an den Wissenschaftstagen, aber auch später beim Besuch der Sammlung oder sammlungsnaher Veranstaltungen spielerisch an ein wissenschaftliches Thema heranzuführen und sie dafür zu begeistern.

Bei der Planung des Scientifica-Auftrittes wurde als Erstes überlegt, welche Sammlungsinhalte und welche Technologie sich für dieses Vorhaben eignen. Bereits zu einem früheren Zeitpunkt und in einem anderen Zusammenhang hatte die ETH-Bibliothek mit dem Game Technology Center (GTC) der ETH Zürich zusammengearbeitet. Die vom GTC programmierte Applikation „Augmented Creativity“ stellte sich bei den ersten Abklärungen als prädestinierte Anwendung für das aktuelle Vorhaben heraus. Das GTC vereint Forschung, Lehre und Transfer in die Gesellschaft im Bereich Game Technology unter einem Dach. Dabei konzentriert sich das Center sowohl auf die Weiterentwicklung von Spieltechnologien sowie auf Anwendungsmöglichkeiten in Bereichen der Bildung, Kreativität und Kultur.²²

20 Scientifica. Zürcher Wissenschaftstage, <<https://www.scientifica.ch/>>, Stand: 20.01.2021.

21 Sammlungen und Archive, ETH Zürich, <<https://ethz.ch/de/campus/erleben/lernen-und-arbeiten/sammlungen-und-archive.html>>, Stand: 20.01.2021.

22 ETH Zürich Game Technology Center, <<https://gtc.inf.ethz.ch/the-center.html>>, Stand: 20.01.2021.

Im Rahmen seiner Forschung auf dem Gebiet der „Augmented Creativity“²³ hat das GTC eine AR-Applikation²⁴ entwickelt mit dem Ziel, spielerische und kreative Aktivitäten mittels AR-Technologie zu fördern. In der AR-Malbuch-App, die Teil von „Augmented Creativity“ ist, malen Anwenderinnen und Anwender verschiedene Vorlagen, darunter z.B. ein Elefant und eine Prinzessin, nach eigener Vorstellung und ohne Vorgaben aus. Auf einem Smartphone oder Tablet erwacht die eigene Kreation dann zum Leben und kann in 3-D erforscht und bestaunt werden. Zum Einsatz kommt ein markerbasiertes System.²⁵ Die physische Malvorlage, d.h. der Elefant oder die Prinzessin, dient dabei als sogenannter Marker. Wird das mobile Endgerät über die Vorlage gehalten, so erkennt die App unter Verwendung der Geräte-Kamera den Marker und zeigt das entsprechende 3-D-Objekt an. Durch das Scannen der Malvorlage wird die vorgängig vorgenommene Kolorierung auf das 3-D-Objekt übertragen.²⁶ So entsteht eine Brücke zwischen dem kreativen Prozess auf Papier (in der realen Welt) und der Anwendung/Exploration in einer AR-Umgebung (in der virtuellen Welt).

Für die Kombination dieser beiden „Welten“ über die AR-App eignen sich die Bestände der Entomologischen Sammlung der ETH Zürich ausgezeichnet. Sie gehört mit rund zwei Millionen Exemplaren zu den grössten und wichtigsten wissenschaftlichen Sammlungen europäischer Insekten²⁷ und repräsentiert wie selbstverständlich die Kreativität der Natur.

In einer gemeinsamen Konzeptionsphase arbeiteten GTC, ETH-Bibliothek und Entomologische Sammlung die Möglichkeiten der Weiterentwicklung der Applikation aus. Das GTC beurteilte die dabei entstandene Idee der App-Erweiterung als umsetzbar und relevant für die eigene Forschung. Bei der Weiterentwicklung handelte es sich nämlich nicht nur um eine Erweiterung um zwei weitere Malvorlagen – Schmetterling und Nashornkäfer –, sondern auch um neue Funktionalitäten und somit um die Entwicklung neuer Algorithmen. So hat das GTC zum ersten Mal eine Malvorlage auf der Grundlage lebendiger Tiere erstellt. Dafür haben die Programmierer die Bewegungen von Nashornkäfern eingehend studiert, um ausgewählte, echte Bewegungsmuster dieser Käfer in die AR-App zu übernehmen. Die Vorlage des Nashornkäfers kann nun also beliebig koloriert werden und durch das Scannen in der App bewegt sich der individuell eingefärbte und gemusterte Käfer analog dreier dem Nashornkäfer nachempfunderer, natürlicher Bewegungsmuster (Krabbeln, Losfliegen und „Tanzen“). Bei der zweiten Erweiterung der App wurde der Algorithmus der Anwendung dahingehend ausgebaut, dass die Malvorlage eines Tagfalters ohne vorgegebene Flügelkonturen auskommt. Dadurch können die Anwenderinnen und Anwender ihrer Fantasie nicht nur betreffend Farben und Muster des Schmetterlings freien Lauf lassen, sondern auch in Bezug auf die Form der Flügel. So entstehen

23 Augmented Creativity, ETH Zürich Game Technology Center, <<https://gtc.inf.ethz.ch/research/augmented-creativity.html>>, Stand: 20.01.2021.

24 Augmented Creativity, Game Technology Center, <<http://www.augmentedcreativity.ch/>>, Stand: 20.01.2021.

25 Zu den verschiedenen Systemen: Schnier: *Im/material Spaces*, 2019.

26 Weiterführende Informationen zur Funktionsweise: Magenat, Stéphane; Ngo, Dat T.; Zünd, Fabio u.a.: *Live texturing and augmented reality characters from colored drawings*, in: 14th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 21 (11), 2015, S. 1201-1210. Online: <<https://cgl.ethz.ch/Downloads/Publications/Papers/2015/Zun15e/Zun15e.pdf>>, Stand: 20.01.2021.

27 Entomological Collection, ETH Zürich Biocommunication, <<https://biocommunication.ethz.ch/entomological-collection.html>>, Stand: 20.01.2021.

die vielfältigsten Kreationen von Faltern, die wiederum in der AR-App zum Leben erweckt bzw. zum Fliegen gebracht werden (Abb. 2 und 3).²⁸

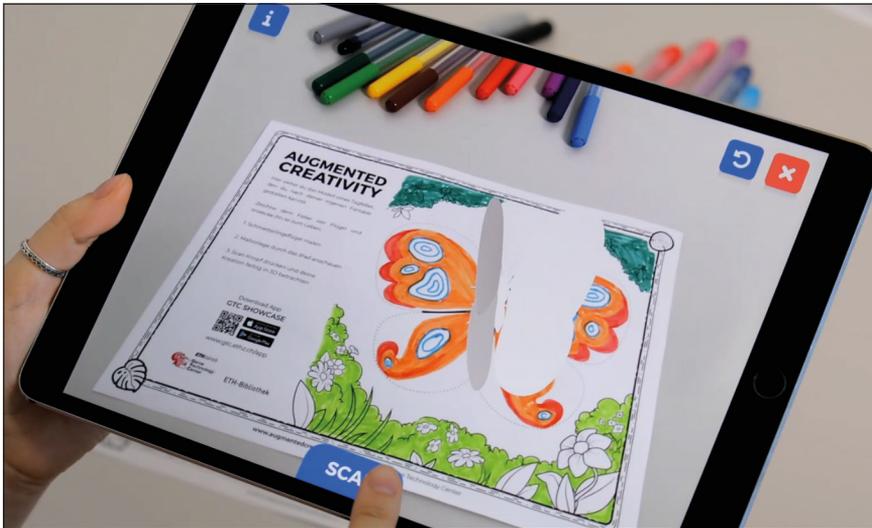


Abb. 2: AR-Malbuch-App des GTC – Die App detektiert die physische Schmetterlings-Malvorlage als Marker und zeigt das entsprechende 3-D-Modell an. (© GTC)

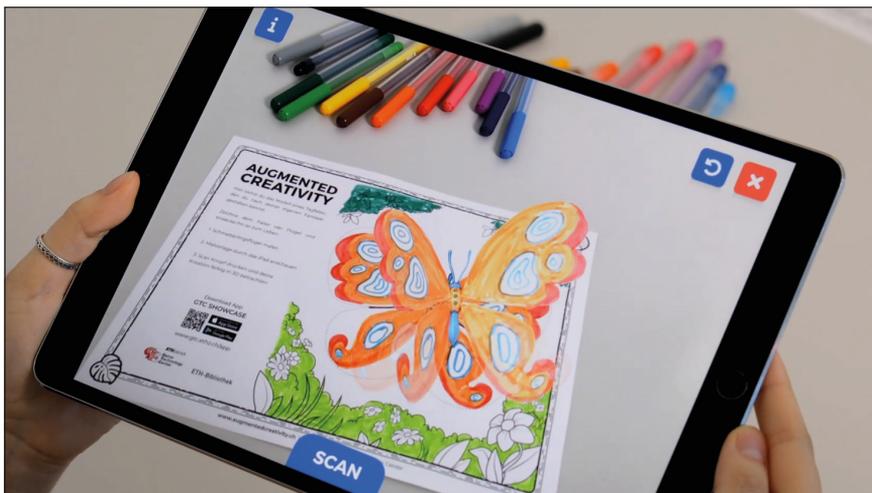


Abb. 3: AR-Malbuch-App des GTC – Die Kolorierung der physischen Vorlage wird unter Betätigung des Scan-Buttons auf das 3-D-Modell übertragen und die Animation gestartet. Die Schmetterlingsflügel passen ihre Form der Kolorierung an. (© GTC)

28 Demo siehe 00:31 im Scientifica-Werbevideo der ETH-Bibliothek. ETH-Bibliothek: ETH-Bibliothek @ Scientifica 2019, YouTube, 29.07.2019, <<https://www.youtube.com/watch?v=RjrQj8rlkby>>, Stand: 20.01.2021.

Nach der Entwicklungsphase war die Augmented Creativity App bereit für den Einsatz bei den Zürcher Wissenschaftstagen 2019. Während der drei Ausstellungstage stand den Besuchenden ein Maltisch mit Stiften und Malvorlagen des Nashornkäfers sowie des Tagfalters zur Verfügung. Daneben lagen mehrere Tablets aus, mit denen die ausgemalten Insekten in der App gescannt und in 3-D erforscht werden konnten. Ausserdem demonstrierte die Entomologische Sammlung der ETH Zürich anhand mehrerer Schaukästen mit echten, präparierten Insekten, wie durch Nachahmung (Mimikry), Tarnung und Warnung auf natürlichem Weg formen- und farbenreiche Muster entstanden sind. Dadurch wurde der Transfer vom selbst kolorierten Insekt über das virtuelle Ebenbild zum echten Tier eindrücklich aufgezeigt und blieb den Teilnehmenden nachhaltig in Erinnerung. So wurde über einen spielerischen, einfachen Zugang das Interesse an der Sammlung und deren Beständen geweckt. Da die Malvorlagen selbst ausgedruckt werden können und die App kostenlos für iOS- und Android-Geräte verfügbar ist, war es den Besuchenden möglich, das Erlebnis zu Hause zu wiederholen sowie Freunde und Bekannte darauf aufmerksam zu machen. Die Auswertung der Scan-Zahlen der einzelnen Malvorlagen während und unmittelbar nach der Scientifica 2019 zeigt deutlich das Interesse an den beiden Malvorlagen. Im Zeitraum zwischen August und November 2019 wurde die Schmetterlingsvorlage der Auswertung des GTC zur Folge rund 4200 Mal, die des Käfers rund 2500 Mal gescannt.

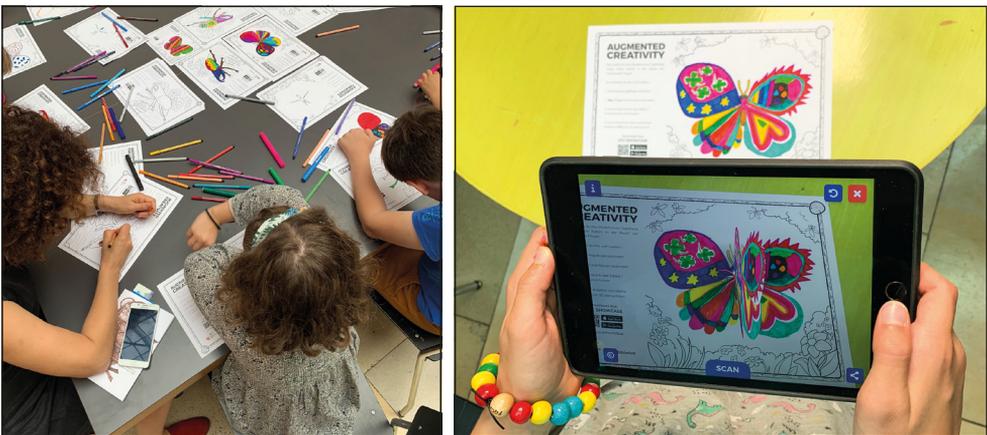


Abb. 4: Scientifica 2019 – Die Besuchenden, sowohl Kinder als auch Erwachsene, malen die Vorlagen nach eigener Kreativität aus. Mit Hilfe des Tablets, auf dem die GTC-App installiert ist, wird die selbst kreierte Vorlage gescannt und zum Leben erweckt. (© ETH-Bibliothek)

Der Stand der ETH-Bibliothek verzeichnete während der gesamten Wissenschaftstage ein reges Besucheraufkommen mit vielen aktiven, malenden Teilnehmenden (Abb. 4 und 5). Neben den hauptsächlich angesprochenen Familien mit Kindern zeigten erfreulicherweise auch viele Erwachsene grosses Interesse an der Malaktivität, der AR-Anwendung sowie den dazugehörigen Informationen zu den Insekten am Stand. Die Mal-App und die Insekten-Vorlagen wurden und werden von der Entomologischen Sammlung der ETH Zürich auch bei weiteren Publikumsanlässen eingesetzt. Ausserdem sind die Vorlagen nach wie vor Bestandteil des Angebots der Augmented Creativity App und werden auch in anderen Kontexten genutzt, was die Sichtbarkeit der Entomologischen Sammlung zusätzlich erhöht.



Abb. 5: Scientifica 2019 – Transfer vom ausgemalten Insekt über die AR-App zu echten Insekten. (© ETH-Bibliothek)

4.2. Virtuelle Zeitreise – Mit VR in historische Chemielaboratorien eintauchen

Die Europäischen Tage des Denkmals²⁹ im Kontext der European Heritage Days finden schweizweit jährlich am zweiten Wochenende im September statt und verfolgen das Ziel, das Interesse an Kulturgütern und deren Erhaltung in der Bevölkerung zu wecken. Die ETH-Bibliothek nahm ihre Beteiligung an der Ausgabe 2019 zum Anlass, Erfahrungen mit Virtual Reality im Veranstaltungskontext zu sammeln. Als Teil eines eintägigen Veranstaltungsprogramms, das im ehemaligen, denkmalgeschützten Chemiegebäude der ETH Zürich stattfand, bot eine virtuelle Tour³⁰ Einblicke in die Geschichte der Chemie der ETH Zürich.

Das historische Gebäude aus dem Jahr 1886, das von Beginn an die Chemielaboratorien der eidgenössischen polytechnischen Schule (heute ETH Zürich) beherbergte, wurde nach dem Umzug der Chemie an einen anderen Standort in Zürich saniert und zu einem Büro- und Seminargebäude umgebaut. Nur der historische, grosse Laboratoriumsraum für organische Chemie blieb mit seinem Bestand von 2001 erhalten und wurde in einen Arbeitsraum für Studierende umgestaltet.³¹ Hierfür wird er bis heute genutzt. In diesem ehemaligen Laboratoriumsraum präsentierte die ETH-Bibliothek im Rahmen der Denkmaltage eine 360°-Rekonstruktion des historischen Chemielaboratoriums um 1900. Ziel war es, den physischen Raum von heute durch die virtuelle Rekonstruktion von damals für die Besuchenden neu erlebbar zu machen. Zu diesem Zweck kamen hardwareseitig VR-Headsets vom

29 hereinspaziert.ch Denkmaltage, NIKE Nationale Informationsstelle zum KULTURERBE, <<https://www.nike-kulturerbe.ch/de/hereinspaiziertch-denkmaltage/>>, Stand: 20.01.2021.

30 Virtuelles Chemielabor, ETH Zürich ETH-Bibliothek, <<https://www.library.ethz.ch/chemie360/>>, Stand 20.01.2021.

31 Der Raum heisst heute [Denk]fabrik und wurde von ruggero tropeano architekten 2012-2013 zum Lernbereich für Studierende umgestaltet (projekte, ruggero tropeano architekten, <<http://www.tropeano.ch/project.php?id=59>>, Stand: 20.01.2021).

Typ Oculus Quest zum Einsatz. Diese Standalone-Headsets der neuen Generation benötigen weder Smartphone, PC noch Kabel und können somit flexibel im Raum genutzt werden.

Die virtuelle Tour besteht aus drei 360°-Panoramen, die verschiedene Standorte im Raum zeigen und jeweils durch einen Audiokommentar eingeleitet werden (Abb. 6). Jedem Standort ist ein Themenbereich zugewiesen, von der Geschichte der Chemie an der ETH Zürich, über die Forschung zu Teerfarbstoffen bis hin zu den denkmalpflegerischen Massnahmen und der Erhaltung des Raumes. In jedes der drei Panoramen sind ausserdem Infopunkte integriert, welche Archiv-, Bibliotheks- und Sammlungsbestände zeigen, die in Zusammenhang mit dem Raum stehen (Abb. 7).

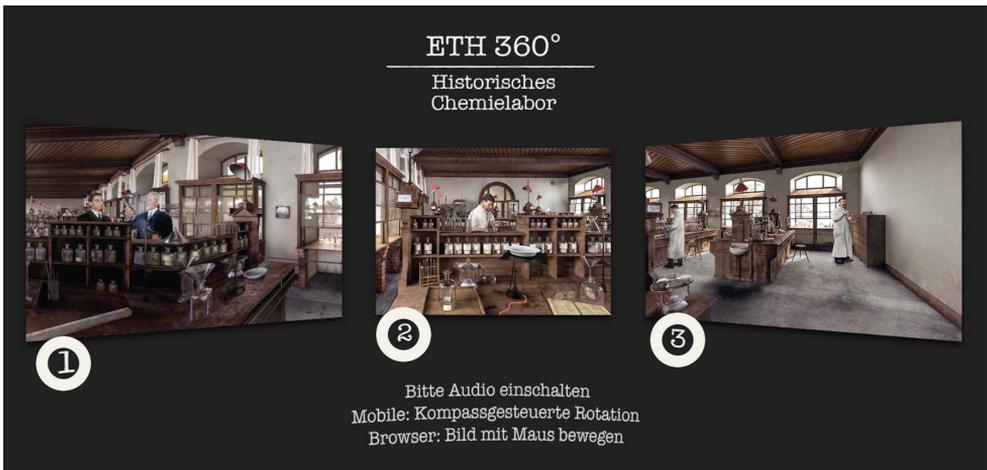


Abb. 6: Virtuelle Tour – Einstiegsseite. Zur Auswahl stehen drei 360°-Panoramen. (© ikonaut)

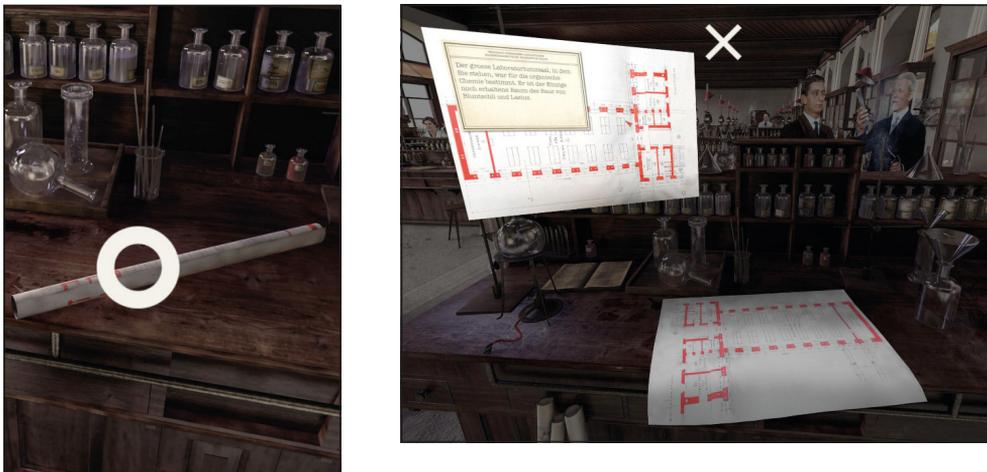


Abb. 7: Virtuelle Tour – Interaktive Infopunkte als Teil der 360°-Panoramen. (© ikonaut)

Damit schafft die Anwendung nicht nur einen neuen Zugang zu gebautem Kulturerbe, sondern auch zu Beständen aus den Sammlungen und Archiven der ETH Zürich. Durch die Einbettung der einzelnen Objekte in den virtuell erfahrbaren Raum werden sie in einen entsprechenden Kontext gesetzt und reichern wiederum den Raum inhaltlich an. Neue Erlebniswelten werden geschaffen und unmittelbar erfahrbar gemacht.

Die virtuelle Tour wurde in Zusammenarbeit mit einer Mitarbeiterin der Professur für Bauforschung und Konstruktionsgeschichte der ETH Zürich³² inhaltlich realisiert und von den Firmen ikonaut³³ und LUDIC³⁴ gestaltet und programmiert. Während sich die Firma LUDIC auf Game Design und interaktive Anwendungen im Museumskontext spezialisiert hat, ist ikonaut in den Bereichen wissenschaftliche Illustration sowie 3-D-Visualisierung tätig, mit Spezialisierung auf historische Themen.

ikonaut war somit für die 360°-Rekonstruktion des historischen Raumes und dessen Einrichtung um 1900 zuständig. Die Rekonstruktion basiert auf der realen Grösse des heute noch existierenden Raumes sowie auf Objekten aus den Sammlungen und Archiven der ETH Zürich³⁵. Auf der Basis von Plänen und historischen Fotografien erstellten Mitarbeitende von ikonaut ein 3-D-Modell des Raumes und der Arbeitsstationen. Anschliessend ergänzten sie das Modell um Beleuchtung und Texturen und rechneten pro Panorama sechs Teile heraus (links, rechts, vorne, hinten, oben, unten; Abb. 8). Diese Teile versahen sie in einem Bildbearbeitungsprogramm mit Details und fügten sie zum Schluss wieder zu einem Panorama zusammen.



Abb. 8: 360°-Rekonstruktion des historischen Chemielaboratoriums um 1900 – Ausschnitt aus dem Erstellungsprozess. Die Panoramen werden in je sechs Teile gesplittet und um Details ergänzt. Die obere Reihe zeigt die Teile vor, die untere nach der Detailbearbeitung. (© ikonaut)

32 Dr. Marianne Tauber.

33 ikonaut GmbH (Visualisierung durch optimale Bildsprache und Technik. Willkommen bei ikonaut, ikonaut, <<https://www.ikonaut.ch/>>, Stand: 20.01.2021).

34 LUDIC GmbH Serious Games & Gamification (Herzlich Willkommen bei Ludic, LUDIC game development, <<http://www.ludic.ch/>>, Stand: 20.01.2021).

35 Ein weiteres Beispiel für eine quellenbasierte Rekonstruktion: De Vos, P. J.; De Rijk, M. J.: Virtual reconstruction of the birthplace of Rembrandt van Rijn. From historical research over 3D modeling towards virtual presentation, in: 27th CIPA International Symposium «Documenting the past for a better future», Volume XLII-2/W15, 2019, S. 397-404. Online: <<https://www.int-arch-photogram-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W15/397/2019/isprs-archives-XLII-2-W15-397-2019.pdf>>, Stand: 20.01.2021.

Die Firma LUDIC erstellte aus den entstandenen Visualisierungen sowie den eigens dafür produzierten Sprachaufnahmen eine interaktive, virtuelle Tour.

Die historischen Quellen dienten somit als Grundlage für die Rekonstruktion eines in diesem Fall zum grössten Teil nicht mehr existierenden und in seiner ursprünglichen Funktion veränderten Raumes.³⁶ Die Mitarbeitenden der Firma ikonaut orientierten sich an diesen historischen Vorlagen, um eine so weit wie möglich originalgetreue Rekonstruktion des Raumes entstehen zu lassen. An manchen Stellen konnte eine gewisse Interpretation allerdings nicht vermieden werden. Dies betrifft z.B. die Farbgebung der Lampenschirme sowie der Schläuche auf den Tischen, da die vorhandenen Quellen schwarzweiss sind. Die Personen, welche den virtuellen Raum beleben, liessen sich hingegen sehr gut aus den Vorlagen übernehmen und tragen zusätzlich dazu bei, den Raum in seiner Historizität besser wahrzunehmen (Abb. 9).



Abb. 9: 360°-Rekonstruktion des historischen Chemielaboratoriums um 1900. Der Mann links im Bild ist einem Foto aus dem Bildarchiv der ETH-Bibliothek entnommen. (© ikonaut)

36 Virtuelle Rekonstruktionen und Modellierungen finden bereits seit Langem in der archäologischen Forschung als Methoden Verwendung, werden aber immer mehr auch in anderen Disziplinen genutzt und sind ein beliebtes und beforschtes Thema im Bereich Cultural Heritage. Es gibt viele Beispiele und Projekte im Bereich Architektur und Archäologie, s. dazu mehrere Beiträge im 27th CIPA International Symposium «Documenting the past for a better future», Volume XLII-2/W15, 2019. Online: <<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W15/>>, Stand: 20.01.2021.

Im Rahmen der Veranstaltung waren die VR-Headsets an drei den Panoramen entsprechenden Standorten im ehemaligen Chemielaboratorium aufgelegt und wurden dort jeweils stationär genutzt. Denn eine 360°-Rekonstruktion ermöglicht es den Nutzenden zwar, sich um die eigene Achse zu drehen, eine aktive Begehung des Raumes ist jedoch innerhalb einer solchen „VR-light-Version“ nicht möglich. Der besondere Mehrwert des Einsatzes von VR im Kontext der Denkmaltage ergab sich aus der Tatsache, dass den Besuchenden im physischen Raum von heute der Raum in seinem ursprünglichen Zustand und seiner ursprünglichen Funktion um 1900 als immersive Erfahrung vermittelt werden konnte. Dadurch konnte den Besuchenden die Geschichte des Raumes zusammen mit der des Gebäudes und der Chemie an der ETH Zürich umso eindrücklicher nähergebracht werden.

Die architektur(historisch) und an denkmalpflegerischen Fragestellungen interessierten Besuchenden der Denkmaltage zeigten sich dementsprechend sehr interessiert daran, die Tour auszuprobieren. Innerhalb der sechsstündigen Veranstaltung konnten ca. 50 Personen gezählt werden. Die Tour selber dauerte rund 20 Minuten. Bei drei verfügbaren Headsets waren somit rund 10 Nutzungen pro Stunde möglich, was u.a. daran lag, dass die Besuchenden bei der Nutzung der Headsets verstärkt angeleitet und betreut werden mussten (Abb. 10).

VR-Headsets entwickeln sich in punkto Benutzerfreundlichkeit, Leistungsstärke und Grafik zwar ständig weiter, haben aber nach wie vor einen experimentellen Charakter und sind somit in der Handhabung noch nicht so intuitiv wie Smartphones und Tablets. Hinzu kommt, dass sie in privaten Haushalten zwar zunehmend, aber insgesamt doch nur von einer Minderheit genutzt werden.³⁷



Abb. 10: Europäische Tages des Denkmals 2019 – Einsatz mobiler VR-Headsets des Typs Oculus Quest. Die Besuchenden wurden bei der Nutzung entsprechend angeleitet. (© ETH-Bibliothek)

37 Im Rahmen einer 2019 durch den Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (Bitkom) in Deutschland durchgeführten Studie gaben 10% der Befragten an, privat ein VR-Headset zu besitzen. Gegenüber dem Vorjahr konnte ein Anstieg um 2% verzeichnet werden. 22% verfügen über praktische Erfahrung mit einer VR-Brille. Bitkom e.V.: Zukunft der Consumer Technology. 2019. Marktentwicklung, Trends, Mediennutzung, Technologien, Geschäftsmodelle, Berlin 2019, S. 49. Online: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-09/190903_ct_studie_2019_online.pdf>, Stand: 20.01.2021.

Ausgehend vom Einsatz von Virtual Reality als innovatives Format für die Vermittlung digitaler Sammlungs- und Archivbestände im Veranstaltungskontext wurde die Applikation auch für eine Nachnutzung über die Europäischen Tage des Denkmals hinaus optimiert. Die Rekonstruktion ist als webbasierte Lösung via Browser abrufbar und kann somit auf verschiedenen Geräten orts- und zeitunabhängig genutzt werden. Eine Einstiegseite ermöglicht die Auswahl zwischen einer Nutzung mit VR-Brille oder mit einem anderen Endgerät wie Smartphone, Tablet oder auch einem Desktop-PC. Durch diese parallel erfolgte Optimierung auf mobile Endgeräte eröffnen sich unabhängig von Virtual und Augmented Reality weitere Nutzungsszenarien vor Ort im ehemaligen Chemielaboratorium. So ist angedacht, die Applikation im Raum gezielt zu bewerben, um Besuchende dazu zu animieren, die Anwendung auf ihren eigenen Endgeräten aufzurufen und dadurch quasi ein Fenster in die Vergangenheit zu öffnen.

4.3. Erstellung der Anwendungen: Externe Fachexpertise und Ressourcenbedarf

Wie bereits in Kap. 4.1 und 4.2 deutlich wird, war der Einbezug bibliotheksexterner Fachexpertise bei der Erstellung der Anwendungen essenziell. Die involvierten Partner erfüllten dabei primär zwei Rollen: Sie übernahmen entweder Gestaltung, Design und technische Entwicklung der Anwendung oder sie lieferten die je Anwendungsfall notwendige inhaltliche Fachexpertise – in diesem Fall in den Bereichen Entomologie bzw. Chemie und Denkmalpflege. Die ETH-Bibliothek fungierte als Ideengeberin und Content-Providerin. Ausserdem koordinierte sie die Abwicklung beider Vorhaben und war für das Testen der Anwendungen aus Nutzersicht, das Marketing und den Betrieb im Rahmen der Veranstaltungen zuständig. Für die Betreuung der VR-Standorte während der Denkmaltage wurden zusätzlich drei Guides der ETH Zürich aus dem Bereich Besucher- und Informationsmanagement hinzugezogen und für die technische und inhaltliche Betreuung des Angebots entsprechend trainiert. Diese Unterstützung war wichtig, da die Guides Erfahrungen im Umgang mit Besuchenden und das nötige inhaltliche Grundwissen über die Geschichte der ETH Zürich und die Hochschule im Allgemeinen mitbrachten.

Die involvierten Partner konnten vor allem deshalb für die Vorhaben begeistert und gewonnen werden, weil sie darin einen Mehrwert für die eigene Arbeit bzw. Forschung sahen. So erhielt die Entomologische Sammlung eine Plattform zur innovativen Präsentation ihrer Sammlungsobjekte in der Öffentlichkeit, das Game Technology Center konnte seine Forschung weiterentwickeln und einer breiten Öffentlichkeit präsentieren und die bei der virtuellen Tour involvierten Firmen erweiterten ihr Portfolio um einen weiteren, inhaltlich zu ihnen passenden Anwendungsfall.

In zeitlicher und finanzieller Hinsicht gestalteten sich die Vorhaben anspruchsvoll. So erstreckten sich Planung, Konzeption und Umsetzung je Anwendungsfall über etwa ein halbes Jahr; der effektive Zeitaufwand für alle Beteiligten der ETH-Bibliothek betrug circa zwei bis drei Arbeitswochen pro Vorhaben. Die Kosten³⁸ für die vier beschafften VR-Headsets lagen bei rund 2'400 CHF. In Zusam-

³⁸ Auf Details zu den Entwicklungskosten wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da sie wenig repräsentativ sind und sich spezifisch aus den Kooperationsmöglichkeiten innerhalb der ETH Zürich ergeben haben. So wurde z.B. bei der AR-Anwendung ein wesentlicher Teil der effektiven Kosten durch das Game Technology Center getragen und somit der ETH-Bibliothek gar nicht in Rechnung gestellt. Fragen zu den Entwicklungskosten beantworten die Autorinnen gerne auf Anfrage.

menhang mit der AR-Anwendung fielen keine zusätzlichen Hardware-Kosten an, da das GTC eigene Tablets für die Nutzung im Rahmen der Scientifica zur Verfügung stellte.

5. Fazit & Ausblick

Wie die vorgestellten Erfahrungsberichte zeigen, hat sich der Einsatz von Augmented und Virtual Reality zur Vermittlung und Sichtbarmachung von GLAM-Beständen aus Sicht der ETH-Bibliothek bewährt. Das Ziel, durch den Einsatz neuer Technologien ein jüngeres und breiteres Publikum an die Bestände heranzuführen, wurde erreicht.

Es hat sich jedoch auch bestätigt, dass sich solche Projekte zeit- und ressourcenintensiv gestalten und für die Umsetzung Spezialkenntnisse in den Bereichen Softwareentwicklung und -design unabdingbar sind. Es empfiehlt sich also, bei der Initiierung von AR- und VR-Vorhaben im GLAM-Kontext eine sorgfältige Abschätzung von Kosten und Nutzen vorzunehmen sowie ein durchdachtes Konzept zu erarbeiten. In diesem Kontext sollte Wert darauf gelegt werden, eine Nutzung über den Veranstaltungskontext hinaus zu ermöglichen. Bei den beiden in diesem Artikel vorgestellten Anwendungen ist dies der Fall: Die 360°-Rekonstruktion ist als webbasierte Anwendung online abrufbar und damit auf unterschiedlichen Endgeräten zugänglich. Die Malbuch-App ist inkl. Malvorlagen frei via App Stores verfügbar und erfährt ausserdem regelmässige Updates durch das Game Technology Center. Diese Nachnutzbarkeit zahlte sich im durch Covid-19 geprägten Jahr 2020 aus, als die ETH-Bibliothek praktisch alle ihre physischen Veranstaltungen absagen musste, das digitale Angebot jedoch unverändert aufrechterhalten konnte.

Die ETH-Bibliothek wird auch zukünftig die technologischen Entwicklungen im Bereich AR und VR beobachten und diese auf Einsatzmöglichkeiten prüfen mit dem Ziel, die Technologien gezielt zur Schaffung neuer Zugänge zu Beständen einsetzen zu können. Mit Blick auf die (Nach-)Nutzung der Bestände sieht die Bibliothek auch beim Einsatz zu Forschungszwecken weiteres Potenzial.³⁹

Dabei soll immer berücksichtigt werden, diese Technologien nicht der Technologie wegen zu nutzen, sondern einen klar ersichtlichen Mehrwert durch ihre Nutzung zu erzielen: Welchen Mehrwert bringen virtuelle Angebote gegenüber analogen? Inwiefern übertrifft die virtuelle Repräsentation

39 Als aktuelles Beispiel ist die App «Artifact: Parallelen» zu nennen, welche das Game Technology Center der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit der Graphischen Sammlung ETH Zürich speziell für eine zwischen Dezember 2020 und März 2021 stattfindende Ausstellung entwickelt hat. In der Ausstellung gezeigte Kunstwerke werden mittels AR um Videos, Animationen und textuelle Informationen angereichert. Artifact. Parallelen App, ETH Zürich Game Technology Center, <<https://gtc.inf.ethz.ch/publications/parallelen-app.html>>, Stand: 20.01.2021.

die des Originalobjekts?⁴⁰ Welche Möglichkeiten eröffnet der virtuelle Zugang zum Original?⁴¹ Dies sind Fragen, die beim Einsatz neuer Technologien leitend sein sollten.

Konsumentinnen und Konsumenten kommen in ihrem beruflichen und privaten Alltag in zunehmendem Mass mit AR- und VR-Anwendungen in Berührung, wodurch auch die Ansprüche entsprechend steigen. Eine einwandfreie Qualität, signifikante Inhalte sowie ein angenehmes Nutzungserlebnis werden von den Zielgruppen vorausgesetzt und sollen auch für künftige Anwendungen an der ETH-Bibliothek unabdingbare Kriterien sein.

Literaturverzeichnis

- Bailenson, Jeremy: Experience on demand. What virtual reality is, how it works, and what it can do, New York 2018.
- Bitkom e.V.: Zukunft der Consumer Technology. 2019. Marktentwicklung, Trends, Medien-nutzung, Technologien, Geschäftsmodelle. 2019. Online: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-09/190903_ct_studie_2019_online.pdf>, Stand: 20.01.2021.
- Dörner, Ralf; Boll, Wolfgang; Grimm, Paul u.a.: Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Berlin 2019.
- Martin, Kathi; Lamm, Spencer; Tomren, Holli u.a.: Experiments in High Resolution Imaging for Exhibition and Publication of Historic Fashion. The Drexel Digital Museum Project, in: Angel, Christine M.; Fuchs, Carolin (Hg.): Organisation, Representation and Description through the Digital Age. Information in Libraries, Archives and Museums, Berlin 2017, Current Topics in Library and Information Practice.
- Milgram, Paul; Kishino, Fumio: A taxonomy of mixed reality visual displays, in: IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E77-D (12), December 1994, S. 1321-1329.
- Schnier, Kai: Im/material Spaces. Virtual and Augmented Reality eröffnen neue Zugänge zu Kulturerbe, kulturBdigital, 19. Dezember 2019, <<https://kultur-b-digital.de/digitale-kultur/praesentieren-vermitteln/im-material-spaces-vr-ar-kulturerbe/>>, Stand: 20.01.2021.

40 „As cultural institutions continue to disseminate their holdings, now through digital technologies for reproduction, a challenge to humanities collections looking to digital curation and dissemination of their holdings is to make the quality and significance of the virtual representation meet or exceed that of the original object.“ Martin, Kathi; Lamm, Spencer; Tomren, Holli u.a.: Experiments in High Resolution Imaging for Exhibition and Publication of Historic Fashion. The Drexel Digital Museum Project, in: Angel, Christine M.; Fuchs, Carolin (Hg.): Organisation, Representation and Description through the Digital Age. Information in Libraries, Archives and Museums, Berlin 2017, Current Topics in Library and Information Practice, S. 269-281.

41 „If an artefact is transferred properly into the digital domain [...], the examination of surface details can be done afterwards [in a virtual space][...]“. Fornaro, Peter; Bianco, Andrea: Standardized Reflection Transformation Imaging (RTI) for Documentation and Research, in: Society for Imaging Science and Technology (Hg.): Digitization, Preservation, and Access, IS&T Archiving Conference (ARCHIVING 2019), Final Program and Proceedings, S. 58. Online: <<https://doi.org/10.2352/issn.2168-3204.2019.1.0.13>>, Stand: 20.01.2021.

- Society for Imaging Science and Technology (Hg.): Digitization, Preservation, and Access, IS&T Archiving Conference (ARCHIVING 2019), Final Program and Proceedings. Online: <<https://doi.org/10.2352/issn.2168-3204.2019.1.0.34>>, Stand: 20.01.2021.
- 27th CIPA International Symposium „Documenting the past for a better future“, Volume XLII-2/W15, 2019. Online: <<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W15/index.html>>, Stand: 20.01.2021.