
InfoGrid^{4Museum}: Eine mediale Vermittlungsstrategie mittels Augmented Reality für Museen

Alexander Ohlei

IMIS, Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23562 Lübeck, DE
ohlei@imis.uni-luebeck.de

Dr. Thomas Winkler

IMIS, Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23562 Lübeck, DE
winkler@imis.uni-luebeck.de

David Bouck-Standen

IMIS, Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23562 Lübeck, DE
Bouck-standen@imis.uni-luebeck.de

Julia Wittmer

Günter Grass-Haus
Glockengießerstraße 21
23552 Lübeck, DE
Julia.wittmer@luebeck.de

Prof. Dr. Michael Herczeg

IMIS, Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23562 Lübeck, DE
herczeg@imis.uni-luebeck.de

Abstract

Museumskuratoren stehen vor der Herausforderung, neue Konzepte für die inhaltliche Präsentation ihrer Ausstellung unter Verwendung aktueller Informations- und Kommunikationstechnologien zu entwickeln. Im DFG-Forschungsprojekt „Ambient Learning Spaces (ALS)“ wird diese Fragestellung aufgegriffen und das System InfoGrid^{4Museum} entwickelt und erprobt. InfoGrid^{4Museum} ermöglicht eine Darstellung von Texten, Bildern, Videos und 3D-Objekten und die Wiedergabe von Audioaufnahmen auf den Smartphones und Tablets von Museumsbesuchern. Zur Darstellung der Informationen wird dabei die Augmented-Reality-Technologie genutzt. Die Daten, die in InfoGrid^{4Museum} dargestellt werden, liefert das webbasierte Framework Network Environment for Multimedia Objects (NEMO). Durch die Anbindung an NEMO können in InfoGrid^{4Museum} orts-, kontext- und personenbezogene Daten dargestellt werden. Zwei Lübecker Museen, das Museum für Natur und Umwelt sowie das Günter Grass-Haus wirken als Partner im ALS-Projekt intensiv bei der Ausarbeitung und Bereitstellung von Inhalten und der Erprobung des Systems mit. Für InfoGrid^{4Museum} wurden zwei Szenarien entwickelt, welche in der Lübecker Museumsnacht 2017 erprobt wurden.

Author Keywords

Augmented Reality; mediale Vermittlungsstrategie; Museum; virtuelle Objekte; Bilderkennung; Mobile Computing

ACM Classification Keywords

H.5.1. Multimedia Information Systems: *Artificial, augmented, and virtual realities*

Einleitung

Augmented Reality (AR) ist eine Technologie, die es ermöglicht, die „physische Welt“ kombiniert oder überlagert mit virtuellen zwei- oder dreidimensionalen Objekten oder textueller Information darzustellen. Dabei wirken die virtuellen Überlagerungen eines Kamerabildes als würden sie im gleichen Raum mit der physischen Welt koexistieren [1]. AR ermöglicht die nahtlose Kombination von virtuellen Inhalten mit der physischen Welt [2]. Dabei gibt es verschiedene Trackingtechnologien, die dies ermöglichen. Sichtbasierten Trackingverfahren werden in ca. 80% aller Publikationen, die das Tracking im Rahmen von AR auf der ISMAR-Konferenz untersucht haben, beschrieben [3]. AR wird in vielen Bereichen zunehmend eingesetzt und verfügt über ein hohes Potenzial zur Unterstützung von Lernumgebungen. Obwohl die Technologie schon seit einigen Jahren bekannt ist, wird sie erst jetzt in Form von stabilen Anwendungen verfügbar [4]. Bei der Gestaltung von AR-Lernumgebungen sind formative Evaluationen im Rahmen des Entwicklungsprozesses wichtig, um auszuschließen, dass die Benutzer durch die Menge an Informationen und komplexen Aufgaben kognitiv überfordert werden [5]. Im DFG-Forschungsprojekt „Ambient Learning Spaces (ALS)“ werden speziell ambiente Lernumgebungen, wie sie unter anderem im

Museumskontext existieren, erforscht. Da der Lernprozess innerhalb eines Lernenden stattfindet, gibt es in dem Forschungsprojekt das Ziel, die bestmögliche Lernumgebung zu schaffen [6] [7]. Als ein Lernmedium werden im ALS-Projekt mitgeführte Medien der Lernenden betrachtet, welche über das zentrale NEMO-Framework mit allen weiteren körper- und raumbezogenen Lernmedien verbunden sind [8]. Die mobilen Endgeräte der Museumsbesucher ermöglichen den Abruf von Lernmaterialien zu jeder Zeit und an jedem Ort [9] [10]. Interessant für die Gestaltung von AR-Lernumgebungen in Museen ist es, dass Benutzer ihre eigenen Smartphones oder Tablets zum Abrufen von AR-Inhalten nutzen können. Durch die Bereitstellung von AR-Inhalten auf den privaten Geräten sparen die Museen die Investition für die Anschaffung und Wartung von Leihgeräten, wie es z.B. bei der derzeitigen Verwendung von Audioguides nötig ist. Mittlerweile nutzen 78% der Deutschen ab einem Alter von 14 Jahren Smartphones, wie der Branchenverband Bitkom im Bericht, der Smartphone Trends vom 22.02.2017 publizierte [11] [12]. Für Museen bedeutet dies, dass ein Großteil der Besucher heute AR-Anwendungen auf ihrem eigenen Smartphone abrufen können. Es gibt bereits einige Museen, welche auf die AR-Technologie via Smartphones und Tablets der Besucher zurückgreifen, um die Ausstellung mit virtuellen Informationen anzureichern. So nutzt beispielsweise das Smithsonian Museum in Washington-D.C. eine AR-App namens Skin&Bones, um in der Ausstellung Bone Hall virtuelle Rekonstruktionen von lebendigen Tieren über ausgestellte Tierknochen einzublenden. Dazu gibt es innerhalb der App noch viele weitere abrufbare Informationen über die Tiere [13]. Als weiteres Beispiel kommt im Casa Batlló von Antonio Gaudi in Barcelona eine AR-App zum Einsatz,

mit der der Besucher erfahren kann, wie die Familie Gaudi im früheren Barcelona gelebt hat [14].

Um die AR-Technologie weiter zu verbreiten, hat Apple das neue Framework ARKit auf der Worldwide Developers Conference (WWDC 2017) vorgestellt. Mit dem Framework soll es Entwicklern möglich sein, eigene AR-Apps für iOS 11-Geräte zu entwickeln. Im Gegensatz zu weiteren kommerziell angebotenen AR-Frameworks bietet Apple das ARKit kostenfrei an [15].

Auf der Konferenz Communicating the Museums 2017 (CTM17) wurde unter 300 Museumsexperten die heutige Rolle und Herausforderungen von Museen diskutiert. Als wichtigste Erkenntnisse wurden unter anderem herausgestellt, dass Besucher sich in Museen wohlfühlen sollen. Besucher mit verschiedenen kulturellen Hintergründen sollten im Fokus stehen, um eine bedeutsame Wissensvermittlung zu erlangen und um möglichst viele Personen anzusprechen [16]. Mittels NEMO lassen sich Informationen personalisiert vermitteln, z.B. altersgerecht oder in verschiedenen Sprachen. Auch das Interesse an Inklusion beim Lernen mittels personalisierter Inhalte zeigt sich in der zunehmenden Anzahl diesbezüglicher Publikationen [17]. AR-Technologie in Verbindung mit NEMO eignet sich für die Einbeziehung von Personen mit verschiedensten kulturellen, sprachlichen, altersbezogenen Hintergründen oder körperlichen Voraussetzungen. Zudem wurde festgestellt, dass praktische und spielerische Elemente innerhalb von Ausstellungen besonders geeignet sind, um Neugier und Kreativität vor allem bei Kindern hervorzurufen [16]. Über den Einsatz von interaktiven Elementen innerhalb einer App für Museen können spielerische Elemente realisiert werden, welche die Neugier

insbesondere von jüngeren Besuchern wecken können. Unter Museumsexperten ist die Annahme verbreitet, dass die Haupteigenschaft einer interaktiven Ausstellung die Reziprozität zwischen Besucher und Ausstellung ist, also die Ausstellung auf den Besucher reagiert [18]. In Museen zeigt sich ein Trend weg vom passiven Darstellen von Museumsinhalten hin zur aktiven Eingebundenheit der Besucher mittels interaktiv Erlebbar [19]. Durch das Angebot spezieller Events mit interaktiven Installationen können Museen zusätzliche Besucher anziehen. Bei interessierten Personen entsteht ein Gefühl der Dringlichkeit eines Museumsbesuchs, wenn diese besonderen interaktiven Events nur für einen bestimmten Zeitraum erlebbar sind [20].

InfoGrid⁴Museum

Für die Realisierung von InfoGrid⁴Museum wurden zunächst zwei Szenarien entwickelt. Das erste Szenario wurde zusammen mit der Leiterin des Museums für Natur und Umwelt in Lübeck (MNU), Frau Dr. Susanne Fütting, entwickelt. Für die entsprechende Ausarbeitung und Bereitstellung der Inhalte im Günter Grass-Haus (GGH) danken wir dem Direktor des Museums Herrn Jörg-Philipp Thomsa und der Günter und Ute Grass Stiftung. Die Szenarien beschreiben, wie die App zur Museumsnacht am 26.08.2017 in den beiden Museen genutzt werden konnte.

Szenario im MNU

Klara Müller entschließt sich, zur Lübecker Museumsnacht in das Museum für Natur und Umwelt (MNU) zu gehen. Sie ist neugierig, denn dem Programmheft zur Museumsnacht hat sie entnommen, dass sie im MNU den Ausstellungsbereich „Steine erzählen“ digital erleben kann. An der Kasse kauft sie

eine Eintrittskarte und sieht schon das Plakat zur Smartphone-Tour „Steine erzählen“. Außerdem erhält sie von den freundlichen Mitarbeitern die Auskunft, dass sie die zum Abspielen der Tour notwendige InfoGrid^{4Museum}-App über den am Poster abgedruckten QR-Code auf ihr Smartphone laden kann. Klara scannt anschließend mit ihrem Android Smartphone den QR-Code auf dem Plakat und lädt die InfoGrid^{4Museum} App aus dem Google Play Store. Nach dem Download und der Installation zeigt die App die Museumstour mit dem Titel „Steine erzählen“ und den Hinweis, dass sie in dem Ausstellungsbereich „Steine erzählen“ bei den kleinen abgedruckten Spatensymbolen AR-Inhalte abrufen kann. Bis dahin steckt sie das Smartphone zunächst weg und begibt sich in die Ausstellung.

In dem Ausstellungsbereich „Steine erzählen“ erkennt Klara das Symbol wieder, das zuvor auf dem Plakat und auch in der Smartphone-App zu sehen war. Sie startet die InfoGrid^{4Museum} auf ihrem Smartphone, folgt der Anweisung auf dem Bildschirm und hält das Smartphone so, dass die Kamera den entsprechenden Bereich erfasst. Fasziniert sieht sie durch das Smartphone ein 3D-Skelett eines paläontologischen Blauwals passgenau über einem Knochen in der physischen Ausstellung, welches sie eingehend von allen Seiten betrachten kann. Als sie mit dem Finger auf den Bildschirm tippt, wird das Walskelett durch ein 3D-Objekt eines lebendigen Wals überblendet, welcher eine animierte Schwimmbewegung macht. Dabei hört sie durch den Smartphone-Lautsprecher eine Erklärung über Entwicklung, Größe und Vorkommen der Blauwale.

Als sie ihr Smartphone in die Richtung eines Grabungsschildes hält, wird ihr auf dem Smartphone ein Video angezeigt, indem sie das Grabungsteam bei

der Arbeit in der Grube von Groß Pampau beobachten kann. Dazu wird ihr über den Lautsprecher des Smartphones eine Erklärung abgespielt, wo sich die Grube befindet und welche Funde dort bereits zutage gebracht wurden. Insgesamt sieht sie sich die verschiedenen Medien an fünf verschiedenen Orten des Ausstellungsbereichs an und freut sich über die zusätzlichen Hintergrundinformationen, die sonst nicht in der Ausstellung sichtbar sind.

Szenario im GGH

Babette Eberle entschließt sich, zur Lübecker Museumsnacht das Günter-Grass-Haus (GGH) aufzusuchen. Sie ist neugierig, denn dem Programmheft zur Museumsnacht hat sie entnommen, dass sie im GGH das Grass'sche Werk „Mein Jahrhundert“ digital erleben kann. Sie betritt das GGH durch den Shop-Eingang und kauft eine Eintrittskarte. An der Wand neben der Kasse sieht sie schon das Plakat zur Smartphone-Tour „Mein Jahrhundert“ und erhält einem Mitarbeiter die Auskunft, dass sie die zum Abspielen der Tour notwendige InfoGrid^{4Museum}-App über den am Poster im Eingangsflur abgedruckten QR-Code auf ihr Smartphone laden kann.

Babette verlässt den Shop und sieht das Plakat erneut. Mit ihrem iPhone scannt sie den QR-Code auf dem Plakat worauf ihr im Apple App-Store die App InfoGrid^{4Museum} zum Download angezeigt wird. Nach dem Download und der Installation zeigt die App die Museumstour mit dem Titel „Mein Jahrhundert“ und den Hinweis, dass sie in der Ausstellung immer bei dem angezeigten Symbol die digitale Tour zu „Mein Jahrhundert“ nutzen kann. Bis dahin steckt sie das Smartphone weg und begibt sich in den Innenhof und von dort durch die Glastür in das Foyer, in dem rechts

an der Wand ein großes Regal mit zahlreichen Gegenständen, dem „Kosmos Grass“, angebracht ist. An dem Tisch in dem Raum erkennt Babette das Symbol wieder, das zuvor auf dem Plakat zur digitalen Tour „Mein Jahrhundert“ und auch in der Smartphone-App zu sehen war. Sie zückt ihr iPhone, startet die App und folgt der Anweisung auf dem Bildschirm und hält das Smartphone so, dass die Kamera den Kuratorentisch erfasst. Fasziniert sieht sie durch das Smartphone dort ein 3D-Objekt stehen, welches sie eingehend von allen Seiten betrachten kann. Im nächsten Raum entdeckt sie wieder das Symbol und nutzt das Smartphone, welches sie gleich in der Hand behalten hat. Diesmal ertönt die Stimme von Günter Grass selbst aus ihrem Smartphone, das sie sich ans Ohr hält. Babette freut sich, dass sie in dieser für sie ohne Mühe handhabbaren Art und Weise an sechs Orten im GGH mehr zum Bezug zwischen den ausgestellten Objekten und Grass' „Mein Jahrhundert“ erfährt. Besonders begeistert sie das 3D-Objekt, das sie auf ihrem Rückweg noch einmal von allen Seiten betrachtet.

Entwicklung von InfoGrid⁴Museums

Für die beiden Museen wurde jeweils InfoGrid⁴Museum mit unterschiedlichen Inhalten bereitgestellt. Die beiden InfoGrid⁴Museum wurden nach der Erstellung der Szenarien mit Unity3D in C# entwickelt und in den Android sowie den iTunes Store mit den szenario-spezifischen medialen Inhalten eingestellt. Die Videos wurden mit Adobe Premiere sowie dem Magix Video Maker erstellt. Die Audiospuren der Videos aus dem MNU wurden textuell von der Museumsleitung

¹ Die Texte wurden von Franziska Buchner, eine an der Lübecker Musikhochschule ausgebildeten Sprecherin, gelesen und aufgezeichnet.

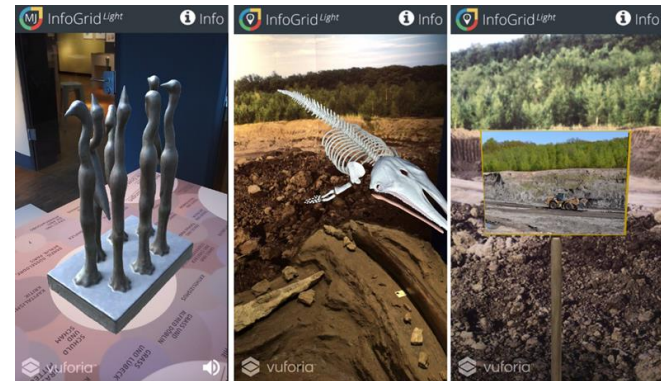


Abbildung 1: Links: Screenshot von InfoGrid⁴Museum und der 3D-Darstellung der Skulptur 7 Vögel von Günter Grass auf dem Kuratorentisch der Ausstellung des Günter Grass-Hauses abgebildet wird. Mitte: Screenshot von InfoGrid⁴Museum auf dem ein Skelett eines 3D- Blauwals dargestellt wird. Rechts: Video der Grabungsstelle in Groß Pampau, welches auf einer Ausstellungsfläche im MNU als AR Einblendung dargestellt wird.

ausgearbeitet und professionell aufgesprochen¹. Das Bildmaterial stammt aus dem jeweils eigenen Bestand der Museen. Das 3D-Objekt der Skulptur "7 Vögel" (siehe Abbildung 1), welches in die GGH-App eingebunden ist, wurde mit dem NEMO 3D Object-Converter [21] erzeugt. N3DOC ist ein Modul von NEMO, in das mehrere Fotos eines physischen Objektes über das ALS-Portal, der zentralen Eingabemaske für das NEMO-Framework, hochgeladen werden können. Anschließend werden diese Bilder in einem automatisierten Prozess in ein 3D-Modell übersetzt.



Abbildung 2: Besucher des Museums für Natur und Umwelt bei der Erprobung vom InfoGrid^{4Museums}. Die Besucher sehen sich das 3D-Skelett sowie das animierte 3D-Modell eines Blauwales an, welches zur Illustration der ausgestellten Kieferspange dient. Die Kieferspange wurde bei einer Grabung in Groß Pampau gefunden und ist in einem sehr guten Zustand erhalten.

Dabei verwendet N3DOC die Technologie der Photometrie [21].

Das Skelett des 3D-Wals (siehe Abb. 1), welches in der App für das MNU eingebunden wurde, sowie der animierte 3D-Wal wurden aus einer fundierten Objektdatenbank nach genauer Prüfung der Darstellungen erworben. Da in beiden Museen zur Lübecker Museumsnacht 2017 das lokale WLAN noch nicht ausgebaut war, wurden die angezeigten Medien vollständig in die App integriert. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass alle Medien verlässlich abgespielt werden, ohne dass die App zu diesem Zweck Datenvolumen von den Smartphones der Besucher verbraucht. In Kürze wird dies nicht mehr notwendig sein, da eine Datenverbindung über ein frei zugängliches WLAN vorhanden sein wird.

Zu den angeführten Funktionen wurde die App mit einer anonymen Tracking-Funktion versehen, das Nutzungsdaten der App an das Framework NEMO überträgt. Das Tracking dient Evaluationszwecken, hier der Beantwortung der Fragen:

- Welche Bereiche wurden von den Besuchern angesehen?
- Wie lange hat jeder Benutzer sich diese Bereiche angesehen?
- Welche mobilen Geräte wurden von den Museumsbesuchern verwendet?
- Kommen die Besucher gut mit der App zurecht?
- Welche Momente der digitalen Anreicherung der Ausstellungsobjekte finden die Besucher am spannendsten?

Um die Besucher auf die Installation aufmerksam zu machen, erschien eine Beschreibung im Programmheft zu Lübecker Museumsnacht 2017. Ferner wurden vor Ort Poster aufgehängt, welche die Möglichkeiten der App beschreiben. Um die App herunterzuladen, befanden sich QR-Codes auf den Postern, die ein einfaches Herunterladen aus dem Google Play Store und dem iTunes Store ermöglichen. Im MNU wurde der Ausstellungsbereich „Steine erzählen“ (siehe Abbildung 2) mit fünf Bereichen versehen, welche mit dem Mobilgerät des Besuchers gescannt werden konnten.

Erprobung von InfoGrid^{4Museums}

Als Möglichkeiten für die Evaluationen von AR-Apps im Allgemeinen eignen sich objektive Messungen, subjektive Messungen, qualitative Analysen, informelle Evaluationen sowie Usability-Studien [22]. Um die genannten Fragen zu beantworten, wurde neben dem Tracking eine Usability-Studie mit dem SUS-Test [23] durchgeführt.

Während der Lübecker Museumsnacht 2017 haben Mitarbeiter des Instituts für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS) der Universität zu Lübeck Besucher des MNU und GGH nach der Nutzung von InfoGrid^{4Museum} gebeten, einen Fragebogen auszufüllen. Die detaillierten Ergebnisse der Evaluation werden zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht. Es kann bereits festgestellt werden, dass die App den hohen SUS-Score von durchschnittlich 86,04 (mit N=31) aufweist. Auch zeigen die Beobachtungsaufzeichnungen, dass ein großes Interesse insbesondere an der Nutzung der 3D-Inhalte besteht.

Zusammenfassung

In diesem Paper wird InfoGrid^{4Muesums} als eine mediale Vermittlungsstrategie für Museen vorgestellt. Von jung bis alt zeigte sich bei den Besuchern besonders großes Interesse an den interaktiven 3D-Objekten und Videos innerhalb der Ausstellungen. Die Technologie Augmented Reality eignet sich, um Besuchern von Museen Informationen zu vermitteln, die sonst schwieriger zu vermitteln sind. Durch gezielte interaktive Einblendungen und dazugehörige Audio Informationen können Zusammenhänge interaktiv erlebbar werden. Dies steigert die Neugier bei Besuchern. Außerdem können über Animationen komplexe Abläufe dargestellt und Lebewesen, die schon seit Millionen von Jahren ausgestorben sind, virtuell lebendig dargestellt werden. Im Günter Grass-Haus kann die Ausstellung interaktiv individuell durch die Besucher mittels historischer Videos und Tonaufnahmen erweitert werden. Dadurch können bis heute nicht darstellbare Informationen interaktiv wahrnehmbar gemacht werden und es wird spielerisches Entdecken ermöglicht.

Quellen

1. Azuma, R., Baillet, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B., 2001. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34-47.
2. Azuma, R., Billinghurst, M., & Klinker, G., 2011. Special section on mobile augmented reality. *Computers & Graphics*, 35(4), vii-viii.
3. Zhou F., Duh H.B., & Billinghurst M., 2008. Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. In *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (ISMAR '08). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 193-202.
4. Aukstakalnis, S., 2016. *Practical Augmented Reality: A Guide to the Technologies, Applications, and Human Factors for AR and VR*. Addison Wesley Professional, 308-309.
5. Wu, W.-Y., Lee, S., Chang, H.-Y. & Liang, J.-C., 2013. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education, *Computers & Education*, Volume 62, 41-49.
6. Winkler, T., Scharf, F., & Herczeg, M., 2014. *Ambiente Lernräume*. *Informatik-Spektrum*, 37(5), 445-448.
7. Winkler, T., Scharf, F., Hahn, C., & Herczeg, M., 2011. *Ambient Learning Spaces, Education in a Technological World: Communicating Current and Emerging Research and Technological Efforts*, 56-67.
8. Lob, S., Cassens, J., Herczeg, M., & Stoddart, J., 2010. NEMO: the network environment for multimedia objects. In *Proceedings of the First International Conference on Intelligent Interactive Technologies and Multimedia ACM*, 245-249.
9. Clarke, K., Dede, J.C. & Dieterle, E., 2008. *Emerging Technologies for Collaborative, Mediated, Immersive Learning*. *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, 901-909.
10. Korucu, A.T. & Alkan, A., 2011. Differences between m-learning (mobile learning) and elearning, basic terminology and usage of m-learning in education. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15, 1925-1930.
11. *Mobile Steuerungszentrale für das Internet of Things*. Abgerufen am 18. August, 2017 von <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Mobile-Steuerungszentrale-fuer-das-Internet-of-Things.html>

12. Smartphone-Markt: Konjunktur und Trends. Abgerufen am 18. August, 2017 von <https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2017/02-Februar/Bitkom-Pressekonferenz-Smartphone-Markt-Konjunktur-und-Trends-22-02-2017-Praesentation.pdf>
13. A hall through new eyes. Skin & Bones. Abgerufen am 21. August, 2017 von <http://naturalhistory.si.edu/exhibits/bone-hall/>
14. Videoführer Augmented und Virtual Reality. Abgerufen am 21. August, 2017 von <https://www.casabatllo.es/de/was-zu-sehen-in-barcelona/videofuhrer>
15. Introducing ARKit. Abgerufen am 21 August, 2017 von <https://developer.apple.com/arkit/>
16. Tuesday 20th June Highlights of the day. Abgerufen am 15. August 2017 von <http://www.agendacom.com/wp-content/uploads/sites/34/2017/06/KeyPointsTuesday.pdf>
17. Jorge, B., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S. & Kinshuk, 2014. Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Journal of Educational Technology & Society* 17, 4, 133–149.
18. Allen, S., 2015. Interactive Exhibits, *Encyclopedia of Science Education*, Springer Netherlands, 529–533.
19. Monday 19th June Highlights of the day. Abgerufen am 15. August 2017 von <http://www.agendacom.com/wp-content/uploads/sites/34/2017/06/KeyPointsMonday.pdf>
20. Thursday 22th June Highlights of the day. Abgerufen am 15. August 2017 von <http://www.agendacom.com/wp-content/uploads/sites/34/2017/06/KeyPointsThursday.pdf>
21. Bouck-Standen, D., Ohlei, A., Daibert, V., Winkler, T. & Herczeg, M., 2017, In Press. NEMO Converter 3D: Reconstruction of 3D Objects from Photo and Video Footage for Ambient Learning Spaces. *The Seventh International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies*. Barcelona, Spain: IARIA XPS Press.
22. Duenser, A., Grasset, R., & Billinghamurst, M., 2008. A Survey of Evaluation Techniques Used in Augmented Reality Studies. *ACM SIGGRAPH ASIA*.
23. Brooke, J.: SUS: A "Quick and Dirty" Usability Scale, 1996. In: Jordan, P.W., Thomas, B., Weerdmeester, B.A., McClelland (eds.) *Usability Evaluation in Industry*, Taylor & Francis, London, 189–194.