



Kolloquium „Zukunftsfragen des Baubetriebs“

Tagungsband | Komplexe Baubetriebssysteme

Fachvorträge der Zukunftsfragen:

**KÜNSTLICHE
INTELLIGENZ**

MIXED REALITIES

**DATENKETTEN -
VON DER BAUSTELLE
IN DIE DATENBANK**

**KOOPERATIVE
INTELLIGENZ**

Herausgeber
Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger
Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Schranz, M.Sc.
Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Leopold Winkler
Univ.Ass. Dipl.-Ing. Bettina Chylik
Technische Universität Wien - IBPM

IMPRESSUM

Herausgeber

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger

Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Schranz, M.Sc.

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Leopold Winkler

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Bettina Chylik

Technische Universität Wien

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik

Karlsplatz 13/234, 1040 Wien

Telefon: + 43/1/58801-23401

Telefax: + 43/1/58801-23499

E-Mail: zukunftbaubetrieb@tuwien.ac.at

Homepage: www.zukunftbaubetrieb.at



Verlag: TU-MV Media Verlag GmbH, Wiedner Hauptstraße 8 – 10, 1040 Wien, www.tuverlag.at

Redaktion und Koordination: Dipl.-Ing. Bettina Chylik & Dipl.-Ing. Dr.techn. Leopold Winkler

Mitwirkung: Vortragende und Teilnehmer des 2. Kolloquiums „Zukunftsfragen des Baubetriebs“

Lektorat: Marion Decker, BSc

ISBN 978-3-903311-24-4

Copyright: für die Texte, Fotos, Grafiken und Statistiken bei den Herausgebern und AutorInnen bzw. den verfassenden Firmen und/oder Instituten, wenn nicht anders angegeben.

Nachdruck oder Vervielfältigung, Aufnahme auf oder in sonstigen Medien oder Datenträgern nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Copyright-InhaberInnen gestattet.

Personenbezogene Formulierungen

Nicht immer werden im vorliegenden Tagungsband weibliche Formen explizit angeführt. An dieser Stelle wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich alle personenbezogenen Formulierungen grundsätzlich gleichermaßen auf Frauen und Männer beziehen.

AUGMENTED REALITY
AUF DER BAUSTELLE
AUGMENTED REALITY
ON THE CONSTRUCTION SITE



Univ.Ass. Dipl.-Ing. Harald Urban studierte Bauingenieurwesen an der TU Wien. Neben seiner Anstellung als Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement im Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik ist er stellvertretender Leiter des Zentrums Digitaler Bauprozess (ZDB) an der TU Wien. Dipl.-Ing. Urban ist staatlich geprüfter Baumeister und einer der ersten Zertifizierten Trainer (BIM) von buildingSMART Austria. Zudem leitet er die nationale Workinggroup „Digitale Baueinreichung“ von buildingSMART Austria und ist Mitglied des ÖBV-Fachgremiums für Lean Construction.

WEITERE AUTOREN:

Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Schranz, M.Sc.
Leiter des Zentrums Digitaler Bauprozess (ZDB),
Vorstandsmitglied von buildingSMART Austria

Alexander Gerger, BSc
Dipl.-Ing. Simon Fischer, BSc
Wissenschaftliche Mitarbeiter am Zentrum Digitaler Bauprozess

ABSTRACT

Die digitale Transformation in der Bauindustrie (auch als Bauen 4.0 bezeichnet) schreitet immer stärker voran. Im Zentrum dieser Entwicklung steht BIM als zentraler Punkt für modellbasierte Planung und Kommunikation. Der verstärkte Einsatz von BIM in Bauprojekten ermöglicht den Einsatz von weiteren Technologien im Bauprozess (Augmented Reality, Virtual Reality, Robotik, 3D-Druck, Künstliche Intelligenz und Drohnen).

Dieser Artikel beschäftigt sich mit dem Einsatz von Augmented Reality auf der Baustelle. Nach einer kurzen Einleitung und Abgrenzung des Begriffes Augmented Reality erfolgt die Beschreibung von drei Anwendungsbeispielen. Der erste Anwendungsfall zeigt die Möglichkeiten von AR bei der Abnahme und der Kommunikation innerhalb des openBIM-Prozesses. Das zweite Beispiel widmet sich dem Einsatz von AR-Remote-Expert-Systemen auf der Baustelle. Beide Beispiele wurden im Zuge des Forschungsprojektes *AR-AQ-Bau* entwickelt und validiert. Im letzten Anwendungsfall steht die Ausbildung im Fokus.

The digital transformation in the construction industry (also referred to as Construction 4.0) is progressing ever more strongly. BIM as the central point for model-based planning and communication is at the center of this development. The increased use of BIM in construction projects enables the use of other technologies in the construction process (augmented reality, virtual reality, robotics, 3D printing, artificial intelligence and drones).

This article deals with the use of augmented reality on the construction site. After a brief introduction and definition of the term augmented reality, three application examples are described. The first use case shows the possibilities of AR for inspection and communication within the openBIM process. The second example is dedicated to the use of AR remote expert systems on the construction site. Both examples were developed and validated in the *AR-AQ-Bau* research project. In the last case, the focus is on training and teaching.

1 EINLEITUNG

Der Einsatz neuer digitaler Technologien führt zu einer digitalen Transformation bestehender Prozesse. Vieles, das lange als selbstverständlich galt, wird hinterfragt und neu gedacht. Dies geht einher mit einer Verlagerung von einem traditionellen, projektorientierten zu einem prozessorientierten Ansatz. Neue technische Möglichkeiten und Tools (Apps) unterstützen nicht nur die Planung, sondern auch die Bauausführung. Die digitale Transformation in der Bauindustrie (bekannt als Construction 4.0 [4]) schreitet immer weiter voran. Im Zentrum dieser Entwicklung steht Building Information Modeling (BIM) als zentraler Punkt für eine modellbasierte Planung und Kommunikation.

Der verstärkte Einsatz von BIM in Bauprojekten ermöglicht den Einsatz von weiteren Technologien im Bauprozess (Augmented Reality, Virtual Reality, Robotik, 3D-Druck, Künstliche Intelligenz und Drohnen). Einige dieser Technologien sind bereits vollständig verfügbar (z.B. BIM), andere befinden sich jedoch noch in der Entwicklung (z.B. Augmented Reality), bevor sie in die breite Anwendung kommen können [7]. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Stufen von Extended Reality (XR) auf Basis des sog. Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums von Milgram und Kishino [5]. So gibt es neben AR noch Augmented Virtuality (AV) und Virtual Environment (VE, oft auch als Virtual Reality bezeichnet, VR).

Die Erweiterung der realen Umgebung mit zusätzlichen virtuellen Informationen (z.B. Bilder, 3D-Modelle) wird als Augmented Reality (AR) bezeichnet. Azuma [1] weist dem Begriff Augmented Reality drei Charakteristika zu:

- Kombination von realer und virtueller Umwelt,
- Interaktion in Echt-Zeit und
- Registrierung in drei Dimensionen.

Das Komplementär dazu ist Augmented Virtualität, bei der reale Objekte die Virtualität erweitern. Bei Virtual Environment (Virtuell Reality, VR) hingegen befindet man sich komplett in einer virtuellen Umgebung inklusive virtueller Elemente, mit denen interagiert werden kann. Die Nutzer bekommen daher die reale Umgebung nicht mit. Die Realitätswahrnehmungen zwischen vollständiger Realität und vollständig virtueller Umgebung werden unter dem Oberbegriff Mixed Reality zusammengefasst [5]. Dazu zählen Augmented Reality und Augmented Virtuality. Extended Reality (XR) wird allgemein als Oberbegriff und einfache Abkürzung verwendet, um sich mit einem Begriff auf verschiedene Technologien wie VE/VR und MR zu beziehen. Augmented Reality kommt derzeit in zwei Arten von Hardwareprodukten zum Einsatz. Einerseits auf Tablets und Smartphones andererseits auf sogenannten Head-Mounted-Displays (HMD oder AR-Brille).

In den folgenden Abschnitten werden drei AR Anwendungsbeispiele präsentiert. Zwei wurden im Zuge des Forschungsprojekts *AR-AQ-Bau* (Einsatz von Augmented Reality zur Abnahme und Quali-

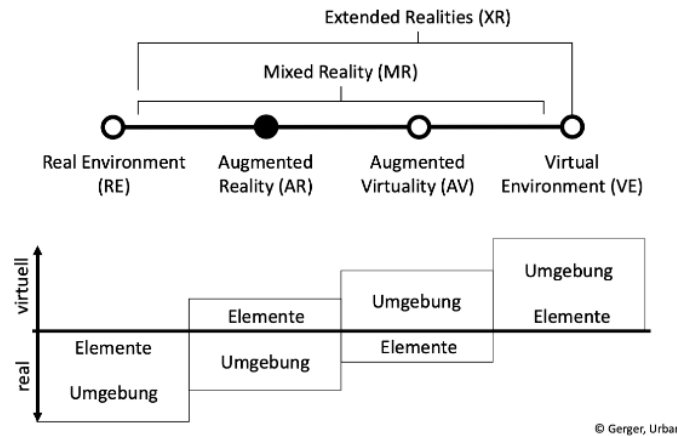


Abb. 1. Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (adaptiert nach Milgram und Kishino [5])

tätssicherung auf Baustellen) entwickelt [9]. Im Forschungsprojekt *AR-AQ-Bau* beschäftigte sich ein interdisziplinäres Forschungsteam unter der Führung der TU Wien mit der Weiterentwicklung von AR für den Einsatz auf Baustellen. Ziele des Forschungsprojekts sind neben einer Anwendungs- und Anforderungsanalyse von AR [8] die Verbesserung eines baustellentauglichen Trackingsystems, die Entwicklung eines bidirektionalen AR gestützten TGA-Abnahmetools sowie eines Remote-Expert-Systems für den Baustelleneinsatz und die Validierung auf der Baustelle [11].

2 BIM- UND AR-GESTÜTZTE ABNAHME

Die Aufnahme des Leistungsfortschritts und die Kontrolle der Bauqualität erfolgt derzeit zum größten Teil durch händische Dokumentation oder durch Tablets während der Baustellenbegehung. Die erkannten Soll- und Ist-Unterschiede werden auf den Computer in eine Liste und/oder ein Begehungsprotokoll übertragen und per E-Mail an den Vertragspartner geschickt. Auf der Baustelle kommen vereinzelt Softwareprogramme zum Einsatz, welche die händische Eingabe von Mängeln über ein Tablet in einen 2D-PDF-Plan ermöglichen. Dabei sind die Hände auf der Baustelle durch das Tragen des Tablets blockiert. Diese Vorgehensweise entspricht somit nicht den Vorgaben der Baustellensicherheit. Der 2D-Plan ist gerade bei der TGA-Abnahme teilweise unübersichtlich. Die Problemfälle müssen anschließend vom 2D-Plan nochmals ins BIM-Modell (am besten im IFC-Format) mit der dazugehörigen Verortung eingetragen werden. Dies stellt einen Medienbruch dar. Diese Problemstellungen können durch den Einsatz von AR-Brillen und der dazugehörigen Software gelöst werden.

Aus Sicht der Autoren sollte AR nicht nur dazu dienen, BIM auf der Baustelle mit der Realität zu überlagern (siehe Abbildung 2), sondern auch umgekehrt Informationen der Baustelle in das BIM-Modell ein zu spielen.

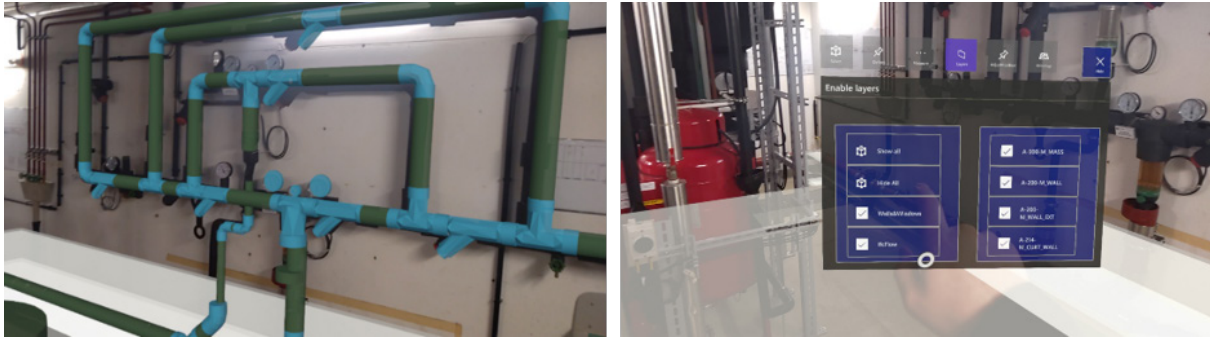


Abb. 2. AR-gestützte Abnahme eines TGA-Systems bei der U-Bahnstation „An den alten Schanzen“

Abbildung 3 zeigt eine geschlossene Datenkommunikation zwischen AR-Brille und BIM-Modell. Über diese Datenkommunikation erfolgt die Informationsübergabe in Form von Kommentaren, Bildern sowie anderen semantischen Informationen ins BIM-Modell. Der Datenweg vom Modell zur AR-Brille (AR-Applikation) erfolgt über die kollaborative Datenumgebung. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten zur Erfassung des Baufortschrittes oder von Herstellerdaten wartungsrelevanter Bauteile (z.B. Brandschutzklappen). Um ein As-built-Modell für den Betrieb zu erhalten, sind geometrische Informationen und der Status der Freigabe nicht ausreichend. Über die AR-Brille können Herstellerinformationen zu Bauteilen mittels QR-Codes oder RFID-Chip über den Webserver abgerufen werden und mittels Gestik mit dem BIM-Modell referenziert werden [3].

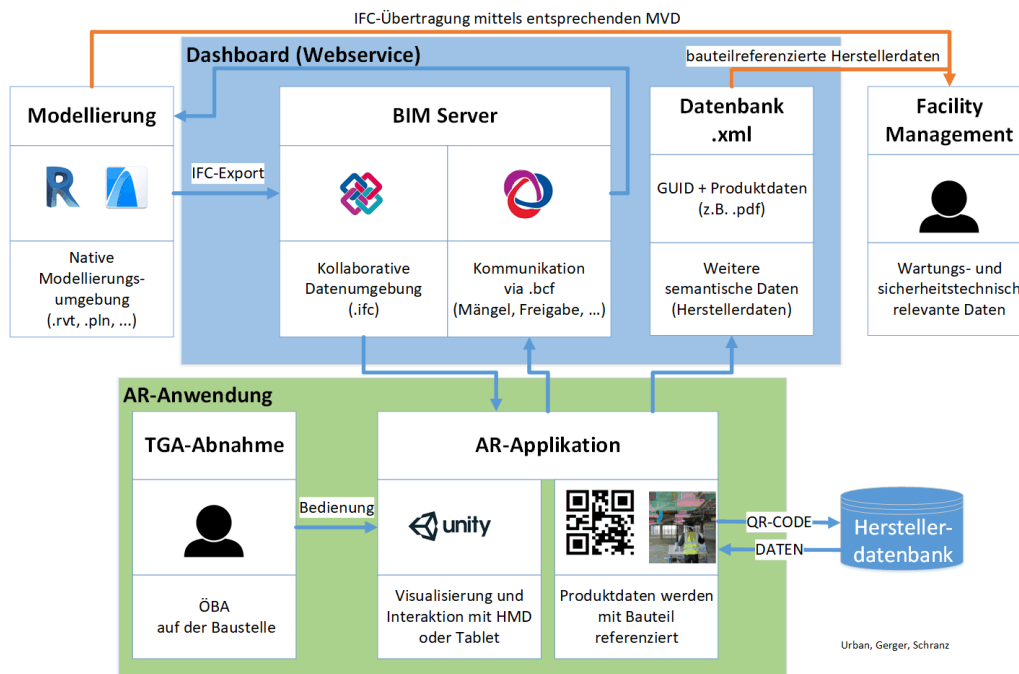


Abb. 3. Umgesetzter Closed-Loop-BIM-Exchange-Service (Dashboard, AR-Anwendung)

3 REMOTE-EXPERT-SYSTEM

Treten bei der Kontrolle der Bauqualität der TGA akute Probleme auf, sind meistens mehrere Gewerke betroffen, welche zu diesem Zeitpunkt oft nicht vor Ort sind. Das im Forschungsprojekt entwickelte Remote-Expert-System ermöglicht die Zuschaltung von *Remote Experts* aus der Ferne (z.B. im Büro oder einem anderen Ort) über die AR-Datenbrille [6]. Dieses Remote-Expert-System wurde bei einigen Baustellen angewendet. Das Feedback bei den bisher durchgeführten Remote-Expert-System-Tests fiel sehr positiv aus. Die Probanden fanden das System sehr unterstützend. Als hilfreichste Funktion wurde dabei die Möglichkeit der Stiftmarkierung angegeben. Darüber hinaus fanden die Testpersonen die geteilte Bildschirmansicht mit darin gezeigten Arbeitsanweisungen hilfreich, welche in Abbildung 4 unten dargestellt ist.

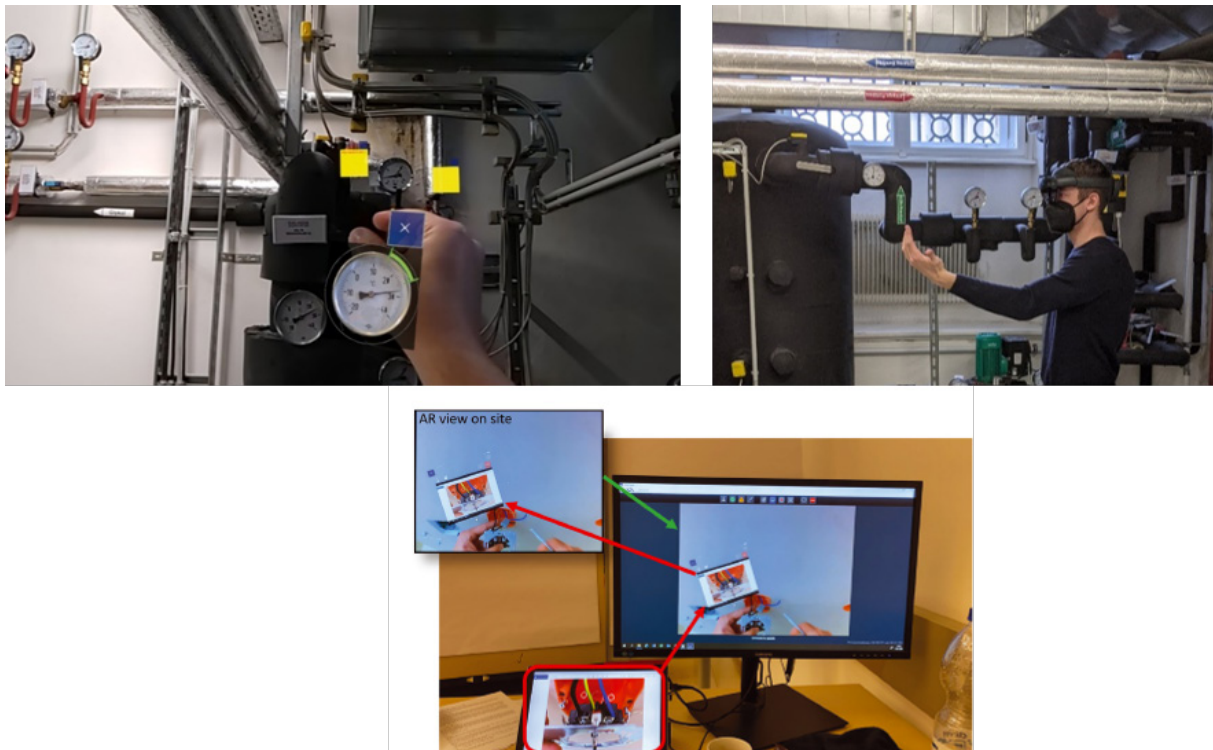


Abb. 4. Remote-Expert-System zur Unterstützung vor Ort: User Interface aus Sicht des AR-Brillennutzers (links), AR-Brillennutzer (rechts), Ansicht des Remote-Experten und HMD-Nutzers (unten)

4 AR-SUPPORTED TEACHING

Die derzeitigen Lehrmaterialien sind auf 2D-Darstellungen beschränkt. Die Beschreibung von Inhalten erfolgt daher meist auditiv oder wird auf 2D-Abbildungen reduziert. Die Interaktion mit Lehrmaterialien ist somit ebenfalls eingeschränkt. Im Präsenzunterricht kompensieren dies die Lehrenden durch die Erklärungen des Inhalts in der direkten Interaktion mit den Studierenden. Bei Missverständnissen kann sofort nachgefragt werden. Die Corona-Krise erforderte den Umstieg auf Distance Learning auch in der Schulung von Mitarbeitern, Studierenden und HTL-Schülern in der Baubranche. Im Distance Learning ist der direkte Eingriff mittels Fragen an die Lehrenden erschwert. Die verständliche Darstellung der Lerninhalte erhält daher eine stärkere Bedeutung. AR kann bei der Visualisierung und Animierung einen wesentlichen Beitrag zum Ausbildungserfolg leisten. Im Projekt *AR-supported Teaching* [10] soll eine Lehrplattform entwickelt werden, welche Lehrenden ohne Programmierkenntnisse ermöglichen soll, eigene Lehrinhalte in AR-Szenen im Editor überzuführen. Die Auszubildenden rufen die AR-Lehrinhalte dann über Smartphone oder Tablet auf der Baustelle ab. Abbildung 5 zeigt den AR-Editor für die Lehrinhalteerstellung und die AR-App¹.

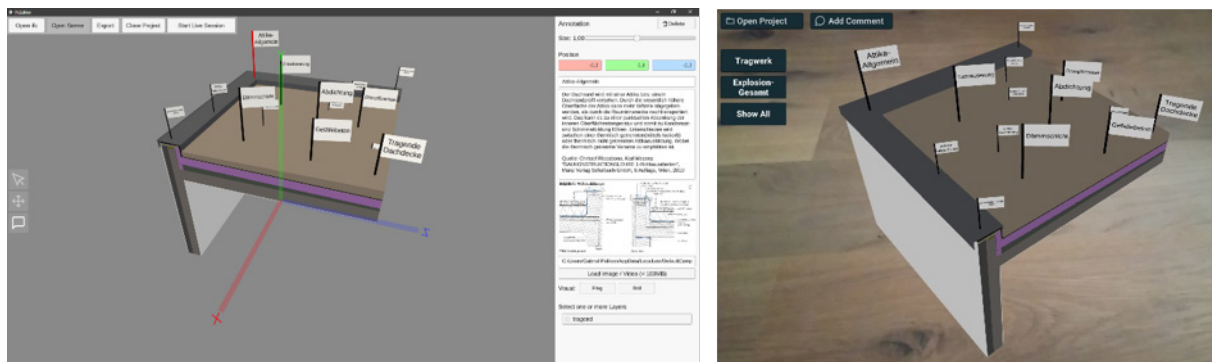


Abb. 5. AR-supported Teaching Editor (links) und App (rechts)

5 FAZIT

Das Thema BIM ist ein Treiber der Digitalisierung im Bauwesen. Bis dato häufig vor allem in der Planung eingesetzt, werden bereits die Möglichkeiten für den weiteren Bauprozess erkannt. Dazu muss BIM verstärkt auf die Baustelle. Eine sehr gute Möglichkeit und Ergänzung bietet dazu eine Technologie, die ebenfalls ihren Weg in den Bauprozess findet – AR. Augmented Reality ist dabei nur eine von mehreren Extended Realities, wobei vor allem die Unterscheidung zur ebenfalls

¹ <https://arserver.bilab.tuwien.ac.at/>

bekannteren Virtual Reality sehr wichtig ist. Für AR werden derzeit entweder Mobilgeräte (Smartphone, Tablet) oder AR-Brillen eingesetzt. Mobilgeräte kommen durch ihre Omnipräsenz derzeit wesentlich häufiger zum Einsatz, während AR-Brillen zukünftig durch ihre arbeitstechnischen Vorteile einen Einsatzzugewinn erleben werden. Im Forschungsprojekt *AR-AQ-Bau* erfolgte eine Untersuchung der bereits erprobten und möglicher weiterer Anwendungsszenarien. Gerade österreichische Baufirmen und Planungsbüros zeigen sich sehr innovationsfreudig und arbeiten an der Entwicklung angepasster AR-Tools. Die raschen Entwicklungen der AR-Technologie zeigen, dass AR ein äußerst großes Potential hat, BIM auf der Baustelle zu unterstützen. In einigen Jahren wird einerseits BIM in fast allen Projekten eingesetzt werden und andererseits der Einsatz von AR zum Alltag auf Baustellen gehören.

6 DANKSAGUNG

Dank geht an Konstantin Höbart, Gabriel Pelikan und Norbert Breitschopf, welche die Entwicklungen in den Forschungsprojekten tatkräftig unterstützen. Das Projekt *AR-AQ-Bau* wurde im Zuge des Programmes „Stadt der Zukunft“ gefördert. „Stadt der Zukunft“ ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (vormals BMVIT). Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) abgewickelt. Das Projekt *AR-supported Teaching* wird im Zuge der Digitalisierungsstrategie .dCall der TU Wien finanziell unterstützt.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Azuma R.T. (1997): „A Survey of Augmented Reality“ in: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), 355–385, DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355
- [2] Dallasega P.; Rauch E.; Linder C. (2018): „Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review“ in Computers in Industry, 99, 205-225, DOI: 10.1016/j.compind.2018.03.039
- [3] El Jazzar M.; Urban H.; Schranz Ch.; Nassereddine H. (2020): „Construction 4.0: A Roadmap to Shaping the Future of Construction“ in Osumi H.; Furuya H.; Tateyama K. (Hrg.): Proceedings of 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2020), 1314–1321, DOI: 10.22260/ISARC2020/0180
- [4] Klinc R.; Turk Z. (2019): „Construction 4.0 – digital transformation of one of the oldest industries“ in Economic and Business Review, 21(3), 393–410.
- [5] Milgram P.; Kishino F. (1994): „A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays“ in IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D(12), 1321–1329
- [6] Nassereddine H.; Schranz Ch.; Hatoum M.; Urban H. (2020): „A Comprehensive Map for Integrating Augmented Reality During the Construction Phase“; in Proceedings of the Creative Construction e-Conference 2020, S. 530–535, DOI: doi.org/10.3311/CCC2020-069
- [7] Oesterreich T.D.; Teuteberg F. (2016): „Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry“ in Computers in Industry, 83, 121-139. DOI: 10.1016/j.compind.2016.09.006
- [8] Schranz Ch.; Gerger A.; Urban, H. (2020): „Augmented Reality im Bauwesen: Teil 1 – Anwendungs- und Anforderungsanalyse“ in Bauingenieur, 95(10), 379–388
- [9] Schranz Ch.; Urban H. (2019): „AR-AQ-Bau – Einsatz von Augmented Reality zur Abnahme und Qualitätssicherung auf Baustellen“; URL: <https://www.ibb.tuwien.ac.at/zdb2/ar-aq-bau/> (Zugriff am 12.04.2021)
- [10] Schranz Ch.; Urban H. (2020): „AR-supported Teaching“; URL: <https://www.ibb.tuwien.ac.at/zdb2/ar-supported-teaching/> (Zugriff am 12.04.2021)
- [11] Urban H.; Irschik T.; Schranz Ch.; Schönauer C. (2020): „Augmented Reality im Bauwesen: Teil 2 – Baustellentaugliches Trackingsystem“ in Bauingenieur, 95(12), 501–508



**zukunftsfragen
baubetrieb**



br.ibpm

www.tuv**erlag.at**
ISBN 978-3-903311-24-4

TUv**erlag**
an der Technischen Universität Wien