

# **Technologiereport: Digitalisierung der Bau- und Immobilienbranche**

K. Künzler, S. Robbi,  
A. Schuster, P. Schuster

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**32/2022**

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe  
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

### **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Interimistischer Leiter: DI Theodor Zillner

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in  
dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik  
Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:  
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

# Technologiereport: Digitalisierung der Bau- und Immobilienbranche

DI Katrin Künzler, DI Dr. Steffen Robbi,  
DI Philipp Schuster, Anna Schuster BA  
Digital Findet Stadt GmbH

Wien, Juli 2022

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Theodor Zillner

Interimistischer Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Technologien und Definitionen</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Methodik und Umfrage</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Technologie-Steckbriefe</b> .....	<b>15</b>
5.1.	Allgemeines.....	15
5.1.	BIM- Building Information Modeling und „digitaler Zwilling“ (DZ).....	17
5.1.1.	Steckbrief.....	17
5.1.2.	Technologiebeschreibung.....	19
5.1.3.	Voraussetzungen .....	20
5.1.4.	Anwendungsfälle .....	20
5.1.5.	Nutzen, Mehrwert, Chancen .....	21
5.1.6.	Herausforderungen .....	23
5.2.	CDEs- Common Data Environment .....	25
5.2.1.	Steckbrief.....	25
5.2.2.	Technologiebeschreibung.....	27
5.2.3.	Voraussetzungen .....	27
5.2.4.	Anwendungsfälle .....	27
5.2.5.	Nutzen, Mehrwert, Chancen .....	28
5.2.6.	Herausforderungen .....	29
5.3.	Künstliche Intelligenz .....	31
5.3.1.	Steckbrief.....	31
5.3.2.	Technologiebeschreibung.....	33
5.3.3.	Voraussetzungen .....	35
5.3.4.	Anwendungsfälle .....	35
5.3.5.	Nutzen, Mehrwert, Chancen .....	36
5.3.6.	Herausforderungen .....	37
5.4.	IoT- Internet of Things .....	40
5.4.1.	Steckbrief.....	40
5.4.2.	Technologiebeschreibung.....	42
5.4.3.	Voraussetzungen .....	42
5.4.4.	Anwendungsfälle .....	43
5.4.5.	Nutzen, Mehrwert, Chancen .....	44
5.4.6.	Herausforderungen .....	45
5.5.	Virtual Reality/Augmented Reality .....	47
5.5.1.	Steckbrief.....	47

5.5.2. Technologiebeschreibung.....	49
5.5.3. Voraussetzungen .....	50
5.5.4. Anwendungsfälle .....	50
5.5.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen .....	51
5.5.6. Herausforderungen .....	52
5.6. Laserscan (Punktwolke) .....	55
5.6.1. Steckbrief.....	55
5.6.2. Technologiebeschreibung.....	57
5.6.3. Voraussetzungen .....	58
5.6.4. Anwendungsfälle .....	58
5.6.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen .....	59
5.6.6. Herausforderungen .....	60
5.7. Robotik.....	62
5.7.1. Steckbrief.....	62
5.7.2. Technologiebeschreibung.....	65
5.7.3. Voraussetzungen .....	65
5.7.4. Anwendungsfälle .....	66
5.7.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen .....	67
5.7.6. Herausforderungen .....	68
5.8. 3D-Druck .....	71
5.8.1. Steckbrief.....	71
5.8.2. Technologiebeschreibung.....	73
5.8.3. Voraussetzungen .....	74
5.8.4. Anwendungsfälle .....	74
5.8.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen .....	75
5.8.6. Herausforderungen .....	75
<b>6 Zusammenfassung.....</b>	<b>77</b>
<b>7 Ausblick.....</b>	<b>82</b>
<b>8 Verzeichnisse.....</b>	<b>83</b>
8.1. Abbildungsverzeichnis .....	83
8.2. Tabellenverzeichnis.....	86
8.3. Literaturverzeichnis .....	86
<b>9 Anhang.....</b>	<b>90</b>
9.1. Data Management Plan (DMP) .....	90



# 1 Kurzfassung

Die Bauwirtschaft gehörte lange Zeit zu den am wenigsten von der Digitalisierung erfassten Wirtschaftszweigen. In vielen Bereichen herrscht noch immer ein hoher Grad an Ineffizienz, da eine rein projekt- anstatt prozessorientierte Denk- und Arbeitsweise an den Tag gelegt wird. Zusätzlich ist die Bauindustrie sehr kleinteilig, spezialisiert und fragmentiert, was dazu führt, dass die Einführung technischer Innovationen für die zumeist kleinen und mittleren Unternehmen mit sehr hohem Aufwand bzw. schwer kalkulierbarem Risiko verbunden ist. Veränderung geschieht nur langsam. Dabei eröffnen die Digitalisierung und Technologisierung der Baubranche viele neue Optimierungspotentiale und damit Möglichkeiten zur Kostenersparnis. Die sogenannte 4. industrielle Revolution nimmt auch im Bauwesen immer mehr Fahrt auf <sup>1</sup>.

In der Vielzahl digitaler Möglichkeiten ist es nur sehr schwer möglich, einen Überblick zu behalten, Trends und Potentiale abzuschätzen sowie Zusammenhänge zu erkennen. Der vorliegende Report zielt daher darauf ab, den aktuellen Stand der Technik und die Markteinschätzung vielversprechender digitaler Technologien zu beschreiben. Es werden Informationen über konkrete Anwendungsfälle, Mehrwert und Herausforderungen der jeweiligen Technologien bereitgestellt. Die dargestellten Analysen dienen der Potentialbewertung und der strategischen Weichenstellung zur Integration der aktuell wichtigsten digitalen Technologien der Bau- und Immobilienbranche.

Die intensive Literaturrecherche und die am österreichischen Markt getätigte Umfrage stellen eine Momentaufnahme der Digitalisierung im Bausektor dar. Es wurden sehr unterschiedliche Reifegrade und Potentiale festgestellt, sowohl zwischen den verschiedenen Technologien als auch in der Anwendung dieser, von unterschiedlichen Prozessbeteiligten. Es hat sich aber insgesamt gezeigt, dass der Bausektor Fortschritte bei der Einführung digitaler Technologien macht.

Die effektive Nutzung digitaler Daten ist entscheidend für die Digitalisierung des Bausektors. Um die digitale Transformation im Überblick zu betrachten ist es hilfreich, die unterschiedlichen Technologien in Gruppen zu clustern. Unterschieden werden kann in Technologien und Methoden zur Datenerfassung und -Verarbeitung (Laser-Scanning, Sensorik, IoT, Künstliche Intelligenz (KI), etc.), Möglichkeiten der Informationsbereitstellung (Building Information Modelling (BIM), digitaler Zwilling, common data environments (CDEs), Virtual / Augmented Reality (VR/AR), etc.) und prozessorientierte Technologien wie 3D-Druck, Robotik und Drohnen.

Die Markterhebungen zeigen klare Anwendungspräferenzen bei den Möglichkeiten zur Informationsbereitstellung, gefolgt von Technologien der Datengenerierung wie Laser-Scanning. Fast schon abgeschlagen präsentiert sich der Bereich automatisierter Arbeitsprozesse, wie auch internationale Studien bestätigen – der Einsatz von Robotern oder 3D-Druck Verfahren in der Fertigung befinden sich aus technischer Sicht erst in der Entwicklungsphase <sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Christoph Carl Eichler u. a., *BIMcert Handbuch 2021 - Grundlagenwissen openBIM*, 2021.

<sup>2</sup> European Construction Sector Observatory, „*Digitalisation in the construction sector*“ (EUROPEAN COMMISSION, April 2021).

## 2 Abstract

For a long time, the construction industry was one of the sectors least affected by digitization. In many areas, there is still a high degree of inefficiency due to a purely project-oriented rather than process-oriented way of thinking and working. In addition, the construction industry is very small-scale, specialized and fragmented, which means that the introduction of technical innovations for the mostly small and medium-sized companies is associated with a very high level of effort or risk that is difficult to calculate. Change happens only slowly. At the same time, digitalization and technologization are opening up many new optimization potentials for the construction industry and thus opportunities for cost savings. The so-called 4th industrial revolution is also gaining momentum in the construction industry <sup>3</sup>.

In the multitude of digital possibilities, it is very difficult to maintain an overview, to assess trends and potentials, and to recognize correlations. This report therefore aims to describe the current state of the art and the market assessment of promising digital technologies. Information is provided on concrete use cases, added value and challenges of the respective technologies. The analyses presented serve to assess the potential and set the strategic course for the integration of the currently most important digital technologies in the construction and real estate industry.

The intensive literature research and the survey conducted on the Austrian market represent a snapshot of digitization in the construction sector. Very different levels of maturity and potential were found, both between the different technologies and in the application of these, by different process participants. However, it has been shown overall that the construction sector is making progress in adopting digital technologies.

Effective use of digital data is critical to the digitization of the construction sector. To view the digital transformation in an overview, it is helpful to cluster the different technologies into groups. A distinction can be made between technologies and methods for data acquisition and processing (laser scanning, sensor technology, IoT, artificial intelligence (AI), etc.), information delivery options (building information modeling (BIM), digital twin, common data environments (CDEs), virtual / augmented reality (VR/AR), etc.) and process-oriented technologies such as 3D-printing, robotics and drones.

The market surveys show clear application preferences for information delivery capabilities, followed by data generation technologies such as laser scanning. The area of automated work processes is almost lagging behind, as international studies also confirm - the use of robots or 3D printing processes in manufacturing are only in the development phase from a technical point of view<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Christoph Carl Eichler u. a., *BIMcert Handbuch 2021 - Grundlagenwissen openBIM*, 2021.

<sup>4</sup> European Construction Sector Observatory, „Digitalisation in the construction sector“ (EUROPEAN COMMISSION, April 2021).

# 3 Technologien und Definitionen

Digitalisierung ist ein Querschnittsthema von enormer Bandbreite und umfasst alle Bereiche des privaten und beruflichen Lebens. Vorliegender Bericht fokussiert sich auf die 10 digitalen Schlüsseltechnologien, denen nach Ansicht der Autoren das aktuell größte Innovationspotential im Bauwesen zugerechnet werden kann.

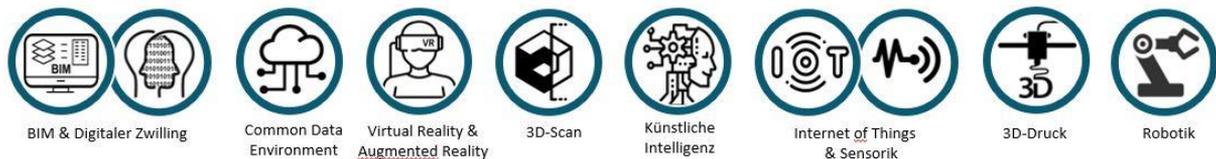


Abbildung 1: Icons Technologieüberblick, Digital Findet Stadt

Um ein gemeinsames Verständnis der im Bericht vorgestellten Technologien zu gewährleisten, sollen folgende Begriffsbestimmungen vorangestellt werden:

**BIM** (Building Information Modelling) ist eine digitale Arbeitsmethode für die vernetzte Planung, den Bau und die Bewirtschaftung von Gebäuden und anderen Bauwerken mithilfe von interdisziplinär vernetzten und referenzierten Softwarelösungen <sup>5</sup>. Der Kern von BIM ist das digitale Bauwerksmodell, das die Informationen in Form von Geometrie und Alphanumerik enthält <sup>6</sup>.

Der **Digitale Zwilling** ist die digitale Echtzeitdarstellung des physischen Gebäudes oder der Infrastruktur. Daten werden von Sensoren vor Ort gesammelt, die kontinuierlich Änderungen im Gebäude und in der Umgebung überwachen und das BIM-Modell mit den neuesten Daten und Messungen aktualisieren.

**CDE**: Für das Informationsmanagement ist eine gemeinsame Datenumgebung nötig, auch Common Data Environment (CDE) genannt. Diese internetbasierte Plattform wird für das Management von Prozessen und Informationen in allen Lebenszyklusphasen des Bauwerks verwendet <sup>7</sup>.

**Virtual Reality** (VR) beinhaltet ein detailliertes virtuelles Modell des Projekts und versetzt den Benutzer direkt in die virtuelle Umgebung, so dass es möglich ist, das Gebäude vor oder während seiner Realisierung zu erleben <sup>8</sup>.

**Augmented Reality** (AR) ist eine digitale Ansicht einer realen und physischen Umgebung bzw. eines Objekts, die durch computergenerierte Informationen oder Elemente ergänzt wird <sup>9</sup>.

Beim **3D-Scannen** wird ein 3D-Modell eines realen Objekts oder einer Konstruktion erstellt, indem es aus allen möglichen Winkeln gescannt wird. Dieses Verfahren kann im Baubereich zur Erstellung von

<sup>5</sup> KBOB, „KBOB Empfehlungen zum Umgang mit BIM“ (Schweiz, Bern, Jänner 2018).

<sup>6</sup> Eichler u. a., BIMcert Handbuch 2021 - Grundlagenwissen openBIM.

<sup>7</sup> „DIN SPEC 91391 - Deutsche BauZeitschrift“, zugegriffen 23. Jänner 2022, [https://www.dbz.de/artikel/dbz\\_DIN\\_SPEC\\_91391\\_3413980.html](https://www.dbz.de/artikel/dbz_DIN_SPEC_91391_3413980.html).

<sup>8</sup> „3 Ways Virtual Reality in Construction is Shaping the Industry“, zugegriffen 23. Jänner 2022, <https://bim360resources.autodesk.com/connect-construct/3-ways-virtual-reality-in-construction-is-shaping-the-industry>.

<sup>9</sup> Jeff Yoders, „What Is Augmented Reality in Construction and Architecture?“, Redshift EN, 20. April 2021, <https://redshift.autodesk.com/what-is-augmented-reality/>.

3D-Modellen bestehender Gebäude und Infrastrukturen eingesetzt werden, für die es (noch) keine digitalen Informationen gibt.

**Künstliche Intelligenz** (KI) ist eine disruptive Technologie, die aus einer Maschine (Computer) besteht, die durch künstliche neuronale Netze menschliche kognitive Funktionen wie Problemlösung, Mustererkennung und Lernen nachahmt <sup>10</sup>.

**Internet of Things** (IoT) ist das Konzept, Geräte, Sensoren, Fahrzeuge usw. mit dem Internet zu verbinden und so Kommunikation, Fernsteuerung, Datenaustausch usw. zu ermöglichen <sup>11</sup>. IoT ist derzeit eng mit Sensoren verbunden, deren gesammelten Daten in Echtzeit online bereitgestellt werden.

**Sensoren** sind technische Bauteile, die bestimmte physikalische oder chemische Eigenschaften und/oder die Beschaffenheit seiner Umgebung qualitativ oder als Messgröße quantitativ erfassen können. Diese Größen werden mittels physikalischer, chemischer oder biologischer Effekte erfasst und in ein weiter verarbeitbares elektrisches Signal umgeformt <sup>12</sup>.

**3D-Druck** oder additive Fertigung ist der computergesteuerte Prozess der Erstellung eines Objekts durch Verfestigung eines Materials (z. B. Kunststoff, Metall, Holz oder Beton) unter Verwendung einer Computer-Aided-Design (CAD) oder BIM-Datei. Im Baubereich unterscheidet man zwischen der Vorfertigung einzelner Bauteile oder dem Drucken ganzer Gebäude direkt auf der Baustelle.

**Robotik** ist die Entwicklung und Steuerung einer ortsfesten oder mobilen Maschine. Sie umfasst Teilgebiete der Informatik (insbesondere von Künstlicher Intelligenz), der Elektrotechnik und des Maschinenbaus <sup>13</sup>. Die Hauptanwendung im Bausektor ist der Einsatz von Geräten mit Roboterarmen, die repetitive Bauaufgaben ausführen.

Aufgrund der engen Verknüpfung von erstens **BIM** mit dem „**Digitaler Zwilling**“ und zweitens „**Internet of Things**“ mit **Sensorik** werden diese in den folgenden Definitionen und Technologie-Steckbriefen als Technologie-Paare behandelt.

---

<sup>10</sup> P Desruelle u. a., „Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration [Er“ (EUROPEAN COMMISSION, 2019), [https://op.europa.eu/publication/manifestation\\_identifizier/PUB\\_KJNA29782ENN](https://op.europa.eu/publication/manifestation_identifizier/PUB_KJNA29782ENN).

<sup>11</sup> P Desruelle u. a., „Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration [Er“ (EUROPEAN COMMISSION, 2019), [https://op.europa.eu/publication/manifestation\\_identifizier/PUB\\_KJNA29782ENN](https://op.europa.eu/publication/manifestation_identifizier/PUB_KJNA29782ENN)

<sup>12</sup> „Wikipedia Sensor“, in Wikipedia, 3. November 2021, <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sensor&oldid=216937626>.

<sup>13</sup> „Wikipedia Roboter“, in Wikipedia, 17. Jänner 2022, <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Roboter&oldid=219252565>.

# 4 Methodik und Umfrage

Um einen Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand und das Innovationspotential der digitalen Technologien zu gewinnen, wurden eine umfangreiche Literaturrecherche betrieben und eine Marktumfrage durchgeführt.

Zur online Literaturrecherche wurden u.a. die folgenden Schlüsselwörter verwendet: Digitalisierung, Marktreife, Automatisierung, Vorfertigung, Robotik, 3D-Druck, Internet of Things, Sensoren, BIM, künstliche Intelligenz (KI), digitaler Zwilling, 3D-Scanning, Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR). Die gesamte Liste der gesichteten Literatur ist gesammelt im Anhang des Berichts aufgeführt.

Anschließend wurde eine listenbasierte Online-Umfrage zur Technologiebewertung im Zeitraum November bis Dezember 2021 durchgeführt. Um einen möglichst breiten und repräsentativen Querschnitt der österreichischen Baubranche innerhalb der Stichprobe abdecken zu können, wurden branchenvertretende Unternehmen und Institutionen aus allen Bereichen der Bauwirtschaft kontaktiert. Die Übermittlung der Fragebögen erfolgte mittels Newsletter von „Digital Findet Stadt“, Anschreiben unserer Netzwerkpartner über interne Kontaktlisten sowie über zusätzlich recherchierte Kontakte technologierelevanter Unternehmen.

Es nahmen 139 Unternehmen bzw. Institutionen an der Befragung teil und benötigten im Durchschnitt 9 Minuten, um die gestellten Fragen zu beantworten. Die Abschlussquote lag bei 65%. Um eine möglichst hohe Anzahl an beantworteten Fragen zu erreichen, wurden nur wenige Fragen als Pflichtfragen gestellt (siehe Fragebogen im Anhang).

Die Tätigkeitsbereiche (siehe Abbildung 2) der befragten Unternehmen liegen vermehrt im Projektmanagement und der Planung sowie in der Projektentwicklung und Ausführung. Am geringsten vertreten sind Unternehmen aus den Bereichen Dienstleistung oder Produktion.

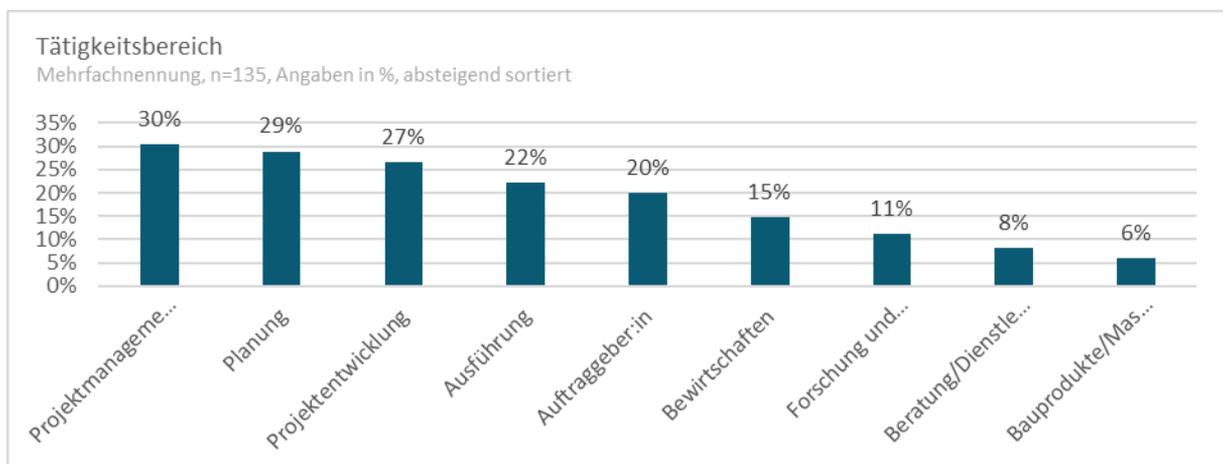


Abbildung 2: Umfragediagramm, Verteilung der Tätigkeitsbereiche, ©Digital Findet Stadt

90% der Befragten setzen sich zu je gleichen Teilen aus Geschäftsführenden, Abteilungsleiter:innen und Projektleiter:innen zusammen. Lediglich 10% der Interviews wurden von Fachkräften oder Assistenzen ausgefüllt (siehe Abbildung 3).

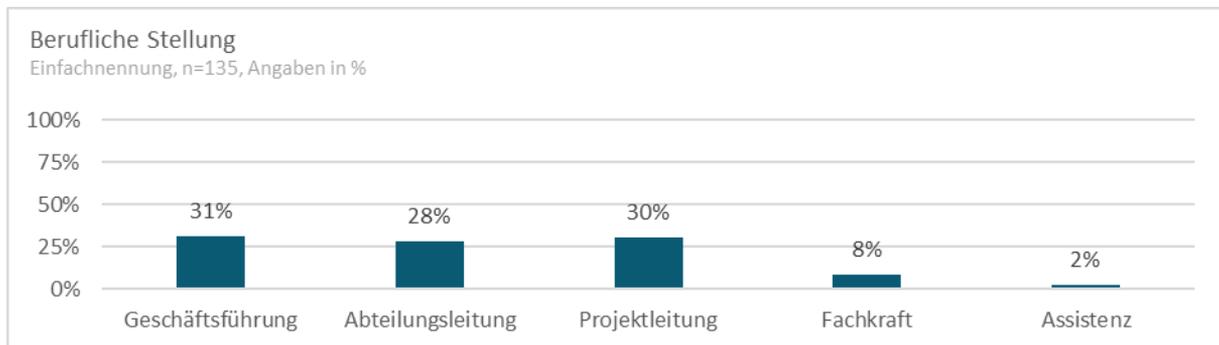


Abbildung 3: Umfragediagramm Verteilung der beruflichen Stellung, ©Digital Findet Stadt

Mehr als die Hälfte der Befragten arbeiten in Unternehmen, die mehr als 100 Mitarbeiter:innen beschäftigen, kleinere Unternehmen sind in vier Gruppen gefasst zu je 13-14% vertreten (siehe Abbildung 4).

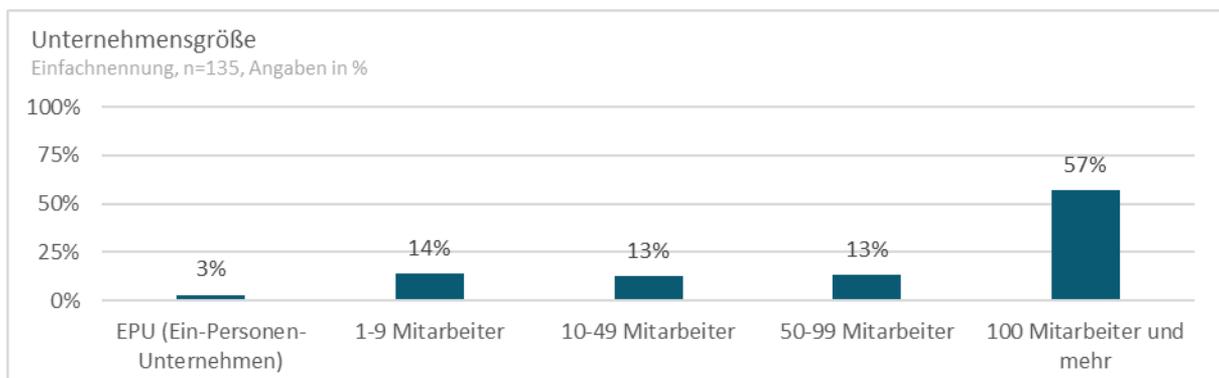


Abbildung 4: Umfragediagramm, Verteilung der Unternehmensgröße, ©Digital Findet Stadt

# 5 Technologie-Steckbriefe

## 5.1. Allgemeines

Um den Leser einen möglichst einfachen Zugang zur technologischen Bewertung zu ermöglichen, werden Technologie-Steckbriefe erstellt, die eine Übersicht des Technologiereifegrades, des Marktpotentials, der wichtigsten Mehrwerte und Herausforderungen der betreffenden Technologie bieten. Zusätzlich wird eine grafische Verortung in einer Prozesslandkarte und einem Lebenszyklusdiagramm vorgenommen (siehe Abbildung 5, Abbildung 6).

Die vorgestellten digitalen Technologien sind größtenteils stark vernetzt. Der Bericht analysiert beispielsweise Sensoren, Robotik, 3D-Scanner und IoT als vier separate Technologien; Roboter können jedoch mit verschiedenen Sensoren, IoT, und 3D-Scannern ausgestattet werden. Gleichzeitig stellt ein etabliertes BIM-System das digitale Gebäudemodell dem Roboter zur Navigation zur Verfügung und erhält vom 3D-Scanner Daten, um den aktuellen Bauzustand (As-Built) zu aktualisieren.

Abbildung 5 stellt keinen Vollständigkeitsanspruch hinsichtlich aller möglichen Interaktionen, sondern verdeutlicht vielmehr, dass Digitalisierung nicht ein isoliert gedachter Prozess oder eine einzelne technische Innovation bedeutet, sondern es sich um stark vernetzte Anwendungsfälle digitaler Prozesse, Methoden und Technologien handelt, die erst in ihrer Gesamtheit das volle Wertschöpfungspotential erreichen.

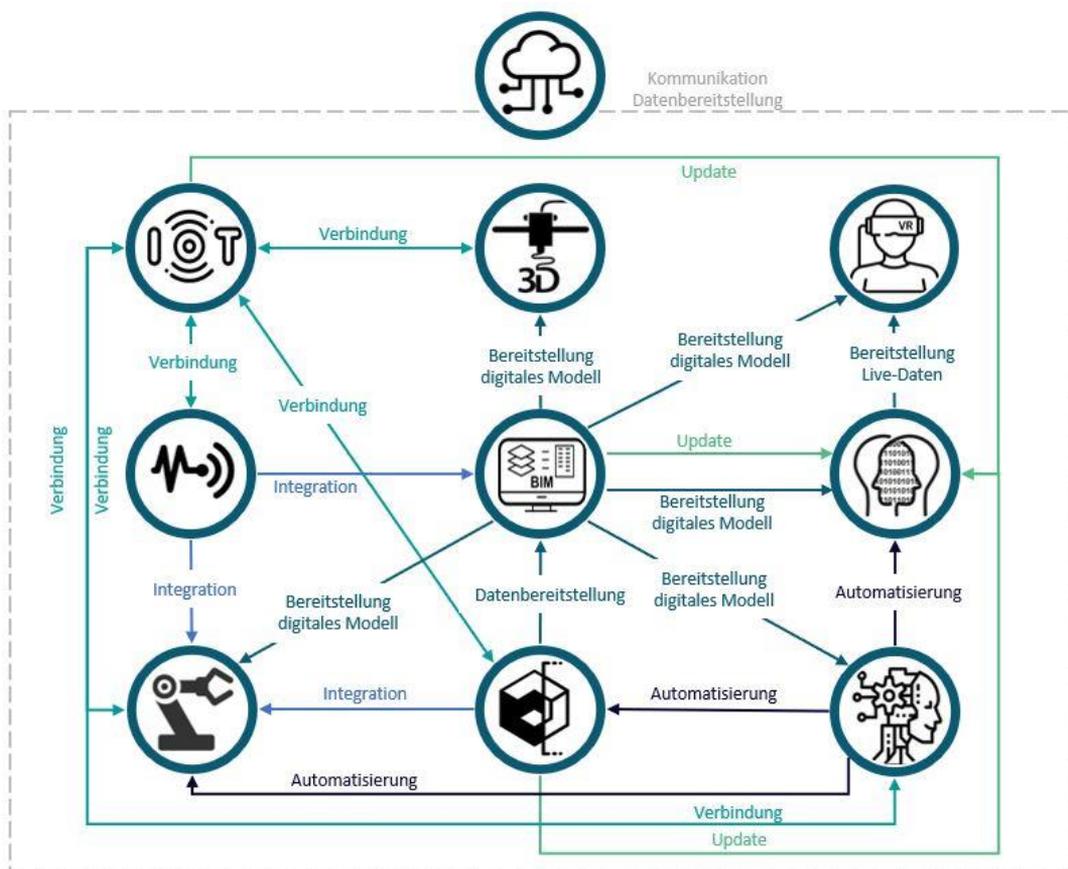


Abbildung 5: Prozesslandkarte digitaler Technologien, ©Digital Findet Stadt

Diese Prozesskarte wird nachfolgend jeweils um die Einordnung der jeweiligen Technologie in den Lebenszyklus eines Bauprojektes ergänzt. Dies soll einen Überblick darüber geben, wann die Technologie gewöhnlich gebraucht wird und zu welchem Zeitpunkt sie das Projekt bestmöglich unterstützen kann.

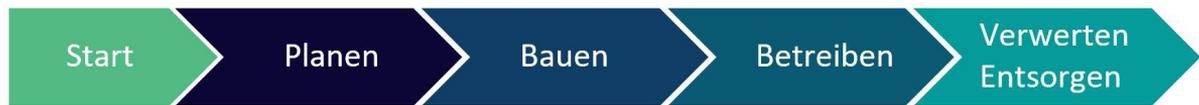


Abbildung 6: Lebenszyklusdiagramm, ©Digital Findet Stadt

Inwiefern Technologien bereits Anwendung finden, zeigen die Antworten der Umfrageteilnehmer:innen über ihr Nutzungsverhalten. Die Darstellung der Nutzungsintensität wird gefolgt von den Einschätzungen über Technologiereifegrad und Marktpotential auf Basis der Umfrageergebnisse.

Die Ergebnisse bezüglich Technologiereifegrad und Marktpotential spiegeln die subjektive Wahrnehmung der Umfrageteilnehmer:innen wider und geben Einblick in die Sichtweise der Branchenteilnehmer:innen.

# 5.1. BIM- Building Information Modeling und „digitaler Zwilling“ (DZ)

## 5.1.1. Steckbrief



**Technologiereifegrad**

(4,8 Punkte, siehe Abbildung 12)



**Marktpotential**

(6,9 Punkte, siehe Abbildung 12)

### Mehrwert

- ✓ Effizienzsteigerung
- ✓ Prozesstransparenz
- ✓ Steigerung der Planungsgüte

### Herausforderungen

- ✗ Mangel an Fachpersonal
- ✗ Aufwendiger Kompetenzaufbau
- ✗ Mangel an normativer Standardisierung

Abbildung 7: Technologiereifegrad und Marktpotential - BIM, DZ, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 8: Mehrwert und Herausforderungen – BIM, DZ, ©Digital Findet Stadt

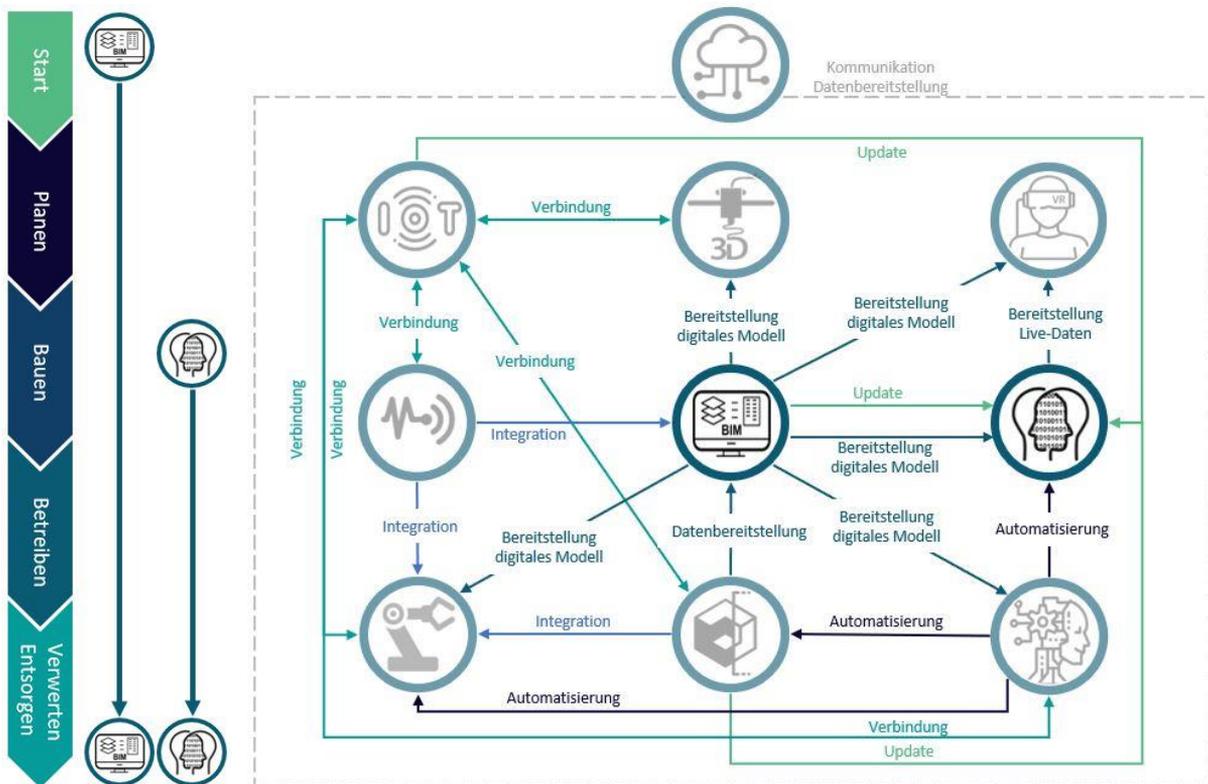


Abbildung 9: Lebenszyklusdiagramm - BIM, DZ, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 10: Prozesslandkarte - BIM, DZ, ©Digital Findet Stadt

## Verortung im Lebenszyklusdiagramm

Die BIM-Methodik begleitet im besten Fall das Projekt durch den gesamten Lebenszyklus. Das BIM-Modell ist Träger aller räumlichen und alphanumerischen Informationen und kann stetig erweitert werden. Eine Unterbrechung der BIM-Nutzung geht daher immer mit Datenverlust einher. Ein durchgängiges Modell hat alle Daten, Informationen und die gesamte Genese des Projektes verankert. Das BIM-Modell ist Gedächtnis und Archiv des Projektes bzw. des fertiggestellten Bauwerks. Oft wird es deshalb auch als digitaler Zwilling bezeichnet. Angemerkt werden muss jedoch, dass je nach Anwendungsfall, die alphanumerischen Informationen nicht immer direkt im nativen Modell verankert sein müssen, sondern auch auf verknüpften Datenbanken archiviert werden können.

## Nutzung der Technologie

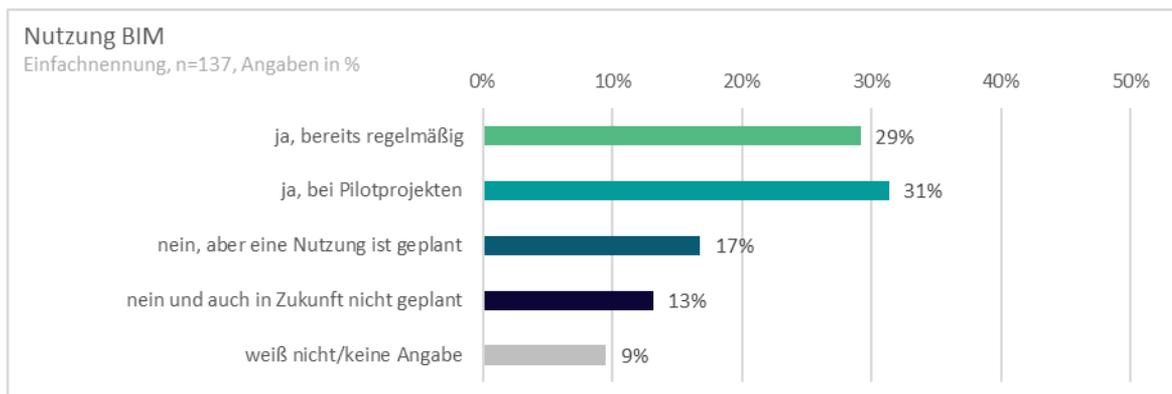


Abbildung 11: Umfragediagramm, Nutzung von BIM, ©Digital Findet Stadt

BIM wird laut unserer Umfrage zu einem Drittel bereits etabliert genutzt. Rechnet man die Pilotprojekte dazu (60%), kommt man mit der dargestellten Stichprobengröße in etwa auf Werte, die auch in anderen Ländern Europas zu beobachten sind. In Großbritannien geben 71% der 906 Befragten der Baubranche in einem Report der NBS Enterprises Ltd © 2021 an, BIM als Arbeitsmethodik zu verwenden, weitere 25% wollen es in den nächsten 5 Jahren tun<sup>14</sup>. Das zeigt eindeutig, dass diese Technologie den Markt prägen und führen wird.

## Kategorisierung Technologie- und Marktpotential

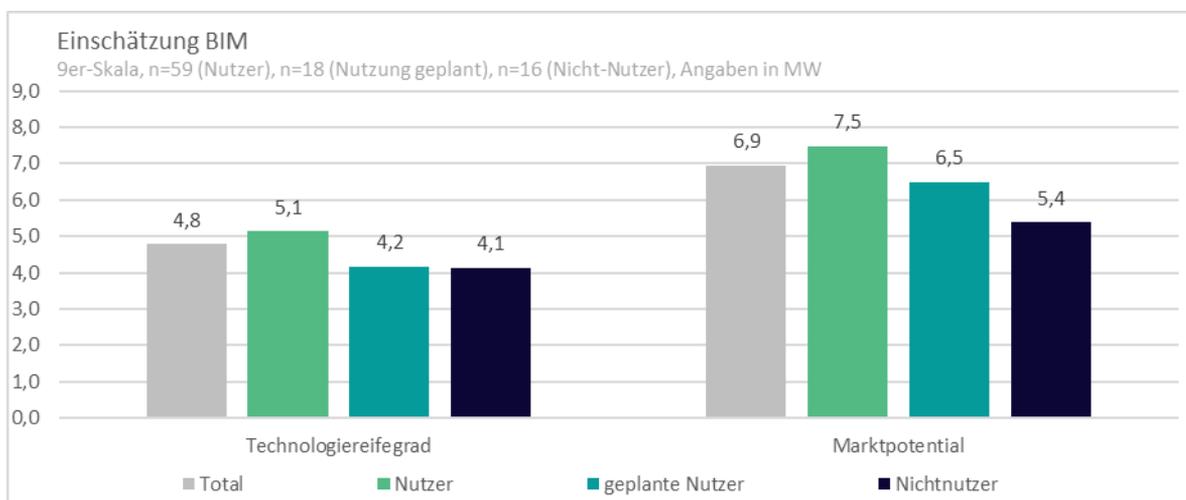


Abbildung 12: Umfragediagramm, Einschätzung von BIM, ©Digital Findet Stadt

<sup>14</sup> Stephan Hamil und David Bain, „NBS Digital Construction Report“ (NBS Enterprise Ltd, 2021).

Das Marktpotential von BIM und der Technologiereifegrad wird jedenfalls von jenen, die BIM bereits nutzen, am höchsten eingeschätzt. Das lässt auf eine geglückte Umsetzung und gute Anwendbarkeit im Unternehmen schließen, wenngleich es bei der Weiterentwicklung der Technologie noch Potential gibt. Der Technologiereifegrad wird nur als mittel eingeschätzt. Aber auch die „Noch-nicht-Nutzer:innen“ messen BIM Marktpotential zu – es scheint allgemein in der Branche angekommen zu sein, dass es ohne eine Auseinandersetzung mit dieser Technologie künftig nicht gehen wird.

### 5.1.2. Technologiebeschreibung



Abbildung 13: Building Information Modelling @italy3d/shutterstock.com

BIM (Building Information Modeling) ist eine Arbeitsmethodik zur interdisziplinären Zusammenarbeit in Bauplanung, Ausführung und Betrieb. Dabei werden den virtuellen Objekten eines 3D-Modells alphanumerische Informationen zugeteilt. So können Informationen über deren Beschaffenheit, Produktinformationen, Sachdaten zu Kosten, Zeit und Nachhaltigkeit direkt am Objekt verankert und weitergegeben werden. Die Informationen reichern das Gebäudemodell im Zuge der Planungs- und Bauphasen weiter an, bis am Ende ein „As-Built Modell“ als digitaler Zwilling zum fertig gestellten Gebäude vorliegt. BIM ermöglicht eine zentrale Informationsverwaltung. Darüber hinaus ist BIM eine Technologie, die von unterschiedlichen Softwareanbietern bereitgestellt wird und über die offene Schnittstelle IFC (Industry Foundation Classes) Format verfügt. Durch die visuelle Darstellung im 3D-Modell erleichtert diese Technologie die Kommunikation aller Beteiligten. Das Simulieren und Ausprobieren am Modell können Problematiken vorwegnehmen und somit Risiken minimieren. BIM schafft Orientierung und gibt ein konkretes Bild des späteren Gebäudes ab, weswegen BIM-Modelle auch eine gute Grundlage für Visualisierungen und Renderings zu Marketingzwecken sind. Meist werden für die einzelnen Bauphasen und Stakeholder noch 2D-Pläne aus dem Modell generiert, gerade für den Laien ist das räumliche Modell aber oft leichter verständlich.

BIM steht als Synonym für den digitalen Transformationsprozess des Bauens. Es ermöglicht die integrale Planung; verschiedene Konsulenten und Professionisten arbeiten gemeinsam in einem virtuellen Gebäudemodell. Abstimmungspunkte, Konflikte und Schnittstellen können so frühzeitig erkannt und abgeklärt werden. Diese Arbeitsweise ist vor allem bei komplexen Projekten zielführend,

aber auch in Hinblick auf die immer größeren Anforderungen an Bauprojekte zur Schaffung nachhaltiger und zukunftsfähiger Gebäude.

### 5.1.3. Voraussetzungen

Neben dem Fachwissen über die Anwendung der jeweiligen Software sind deren Lizenzen und die geeignete Computerausstattung der Anwender:innen notwendig. Die Datenmodelle liegt auf einem Server, auf den der:die User:in zugreifen können, bzw. mit dem die Arbeitsmodelle synchronisiert werden.

Der Mangel an Fachpersonal mit entsprechenden Kompetenzen wurde als größte Herausforderung angegeben und stellt damit eine kritische Voraussetzung dar.

### 5.1.4. Anwendungsfälle

Da Digitalisierung vom Informationsaustausch lebt, fördert und erfordert die BIM-Methodik die interdisziplinäre Zusammenarbeit in allen Projektphasen. Mehrere Fachdisziplinen können ihre Planungsvarianten miteinander in Beziehung setzen und vergleichen, die Simulation des Betriebs oder der Errichtung hilft, frühzeitig auf Bedürfnisse und Anforderungen eingehen zu können.

In der Umfrage wurden die häufigsten BIM Anwendungsfälle abgefragt und die Ergebnisse nachfolgend entsprechend der Häufigkeit ihrer Nennung gereiht.

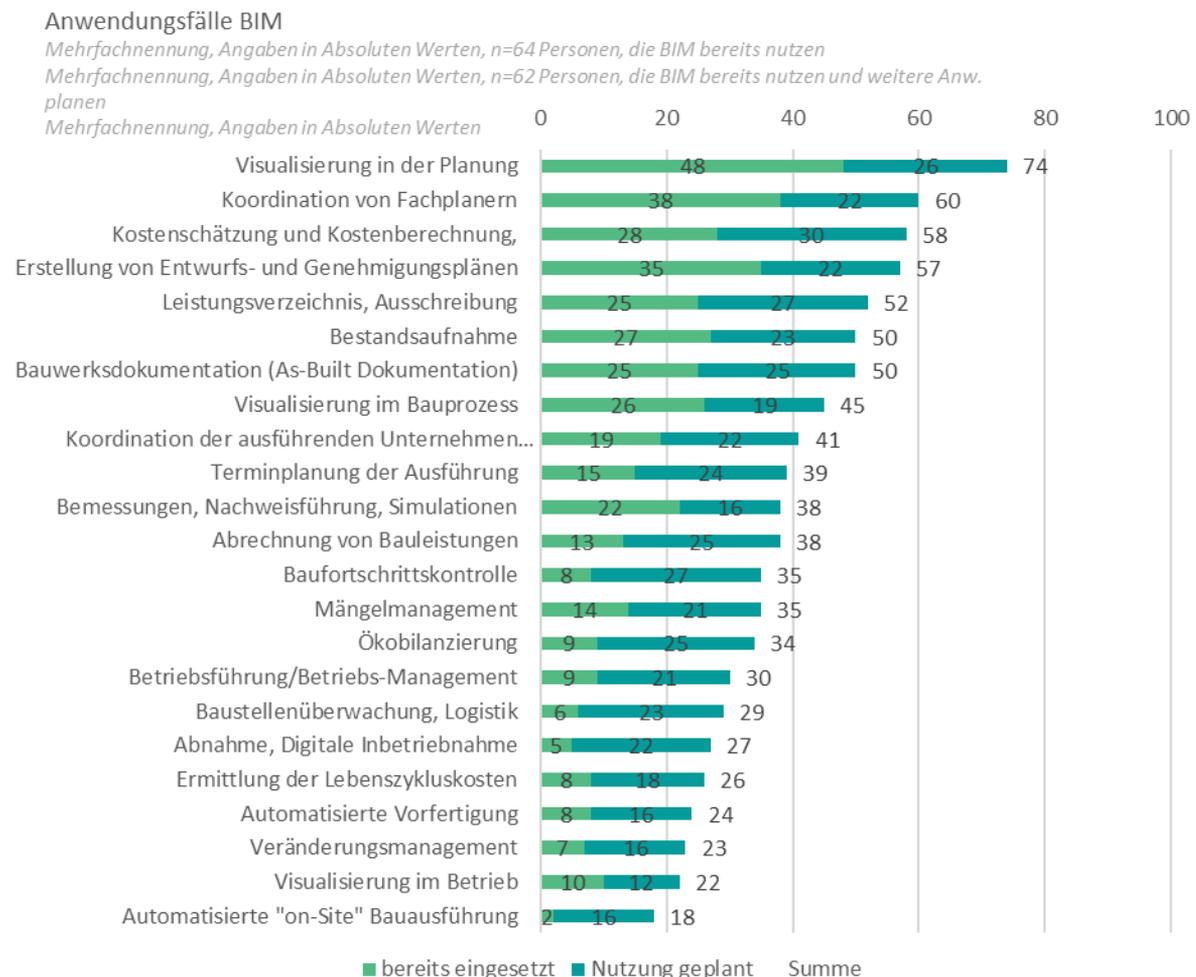


Abbildung 14: Umfragediagramm, Anwendungsfälle BIM, ©Digital Findet Stadt

Der beliebteste Anwendungsfall (siehe Abbildung 14) unter den hier Befragten ist die Visualisierung während der Planungsphase. Dies liegt auf der Hand, da die visuelle Unterstützung dank des Modells enorm ist. Auch Beteiligte, die keine Erfahrung im Lesen von 2D-Plänen haben, können sich so einen guten Überblick über das Projekt und den Stand der Planung machen. Auch zu Marketingzwecken lässt sich das Modell nutzen. Ein bereits in der Planungsphase möglicher virtueller Rundgang durch das Gebäude vermag auch Investor:innen ohne großem technischem Verständnis einen Eindruck zu gewähren.

Allgemein ist zu beobachten, dass vorrangig Anwendungsfälle der Planungsphase nachgefragt sind, was auf eine vorrangige Nutzung von BIM bei den Ziviltechniker:innen und Konsulent:innen in der Bauplanung und bei der Erstellung von Plänen zur Baueinreichung schließen lässt, während Use Cases in der Bauausführung oder in der Nutzung des Gebäudes unterrepräsentiert sind.

### **5.1.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen**

Je nach Anwendungslevel des Programmes wird eine integrale Kollaboration ermöglicht und somit eine durchgängige Datenkette über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes etabliert. Das BIM-Modell kann auf Grund der Informationen und geometrischen Dimensionen für Kosten, Massen und Mengenbetrachtung herangezogen werden. Je sorgfältiger und standardisierter die Informationen befüllt werden, desto automatisierter können Daten ausgelesen und verwendet werden. Dies erhöht die Transparenz und optimiert die Kommunikation durch strukturierte Zusammenarbeit über die Projektphasen.

Wie in den Anwendungsfällen skizziert, kann die BIM-Methodik die Qualitätssicherung und Entscheidungsfindung in den Prozessen unterstützen. Dies macht vor allem in der Projektentwicklung Sinn, in der das BIM-Modell zur Variantenentwicklung und -bewertung, und somit zur Chancen- und Risikobeurteilung herangezogen werden kann. Das Erreichen der Einhaltung vorgegebener Kostenrahmen kann anhand verlässlicher Kostenprognosen auf Basis digitaler Bauwerksmodelle erfolgen und zur Überwachung und Anpassung der Planung oder der Prozesse führen (Design to Cost-Prinzip). Das beinhaltet auch den Nachweis über am Modell simulierte Betriebs- und Unterhaltskosten und ist somit eine gute Lebenszykluskostenanalyse. Das Bereitstellen von Daten für Nachhaltigkeitsziele oder die Nutzung von Bauwerksinformationen im Betrieb ergänzen die mannigfaltigen Chancen durch Anwendung der BIM-Technologie<sup>15</sup>. Dabei ist die Anwendung von BIM ab einer frühen Projektphase für das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen und gegebenenfalls Zertifizierungen der Gebäude ein Vorteil.

In vorliegender Umfrage wird, wie durch die Anwendungsfälle bereits aufgezeigt, der Mehrwert und Nutzen von BIM in der Planung und Beratung am höchsten bewertet – vor allem in den Unternehmen, die BIM bereits regelmäßig nutzen (siehe Abbildung 15). Doch auch die Unterstützung von BIM im Projektmanagement wird genannt und entspricht der Nutzung dieser Technologie und ihrer Möglichkeit als Datenbank, welche das Management mit Zahlen und Informationen unterstützt.

Bei vorliegender Stichprobengröße waren die öffentlichen Auftraggeber:innen unterrepräsentiert, weswegen eine BIM-Nutzung im öffentlichen Sektor nicht ablesbar ist, die Menge an öffentlichen

---

<sup>15</sup> Eichler und Churschellas, „BIM-Regelwerk-AIABAP-2020.08.20-V1.“ (buildingSMART, 20. August 2020).

(Pilot-)Projekten in Österreich lässt aber darauf schließen, dass BIM auch bei öffentlichen Auftraggeber:innen ein relevantes Thema ist<sup>16</sup>.

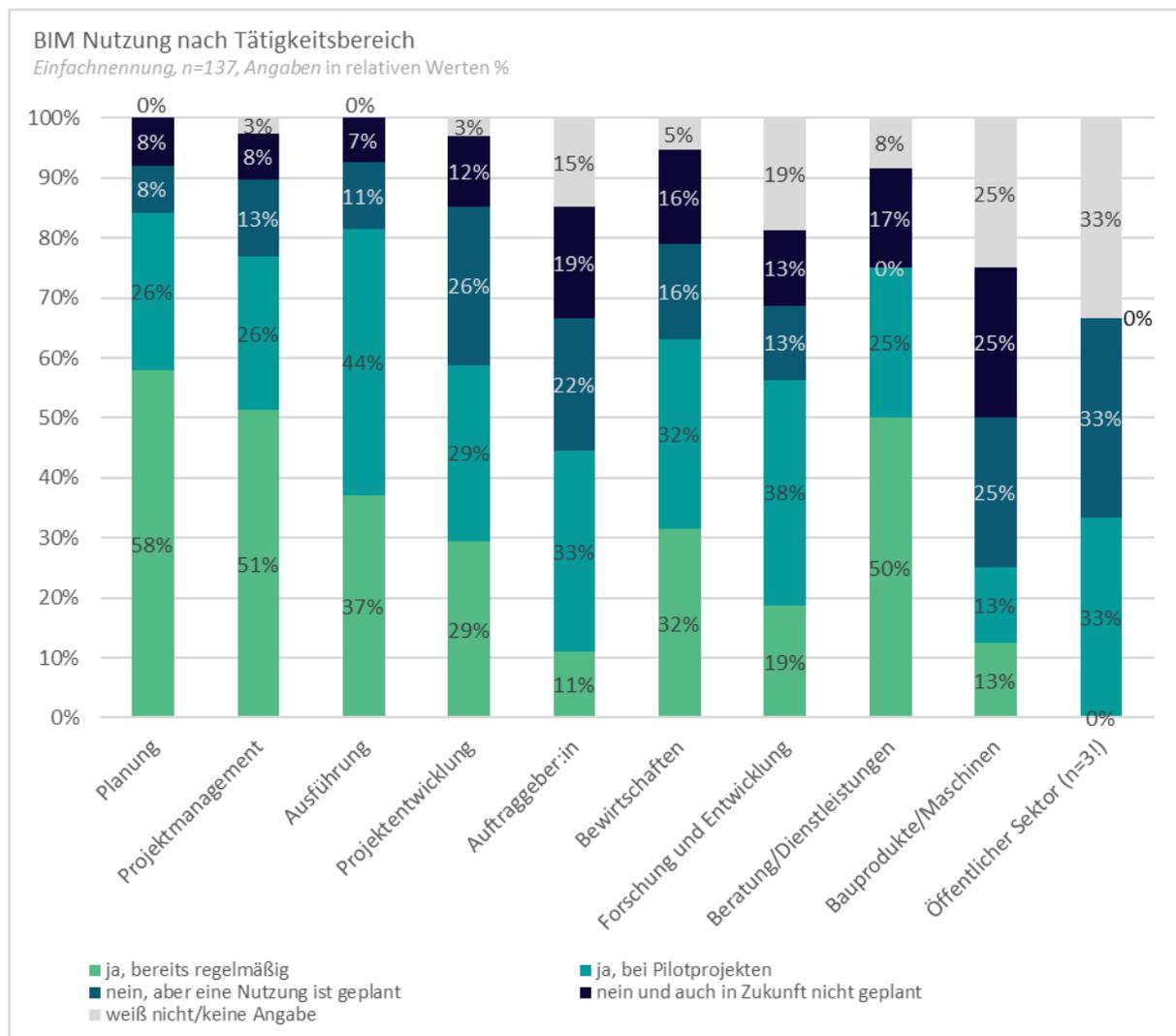


Abbildung 15: Umfragediagramm BIM Nutzung nach Tätigkeitsbereichen, ©Digital Findet Stadt

Weiters ist erwähnenswert, dass es im Tätigkeitsbereich Bauausführung eine Vielzahl an Pilotprojekten gibt, die eine wohl kommende Einführung von BIM in Bauabläufen vorwegnimmt. Die Zögerlichkeit bei den Auftraggeber:innen wirkt dabei überraschend, sind die Mehrwerte der Methodik doch immens, wie auch Abbildung 15 zeigt.

Effizienz und Qualitätssteigerung wird von allen an der Umfrage beteiligten Nutzer:innen bestätigt. Dafür scheint vor allem die Prozesstransparenz verantwortlich. Die oft proklamierte Zeitersparnis schlägt (noch) nicht zu Buche, wird aber sicher mit Steigerung der BIM-Routine höher. Ein Punkt, der für die Unternehmer:innen von Bedeutung ist, ist die Wettbewerbsfähigkeit und die Erschließung neuer Geschäftsfelder, da in internationalen Ausschreibungen BIM immer häufiger ein Muss-Kriterium ist (siehe Abbildung 16).

<sup>16</sup> Steffen Robbi, Katrin Künzler, und Patricia Braun, „Digitales Planen, Bauen und Betreiben\_Technologiereport“ (Digital Findet Stadt, März 2021), [https://wirtschaftsagentur.at/fileadmin/user\\_upload/Technologie/Factsheets\\_T-Reports/Digitales\\_Bauen\\_Technologiereport\\_DE.pdf](https://wirtschaftsagentur.at/fileadmin/user_upload/Technologie/Factsheets_T-Reports/Digitales_Bauen_Technologiereport_DE.pdf).

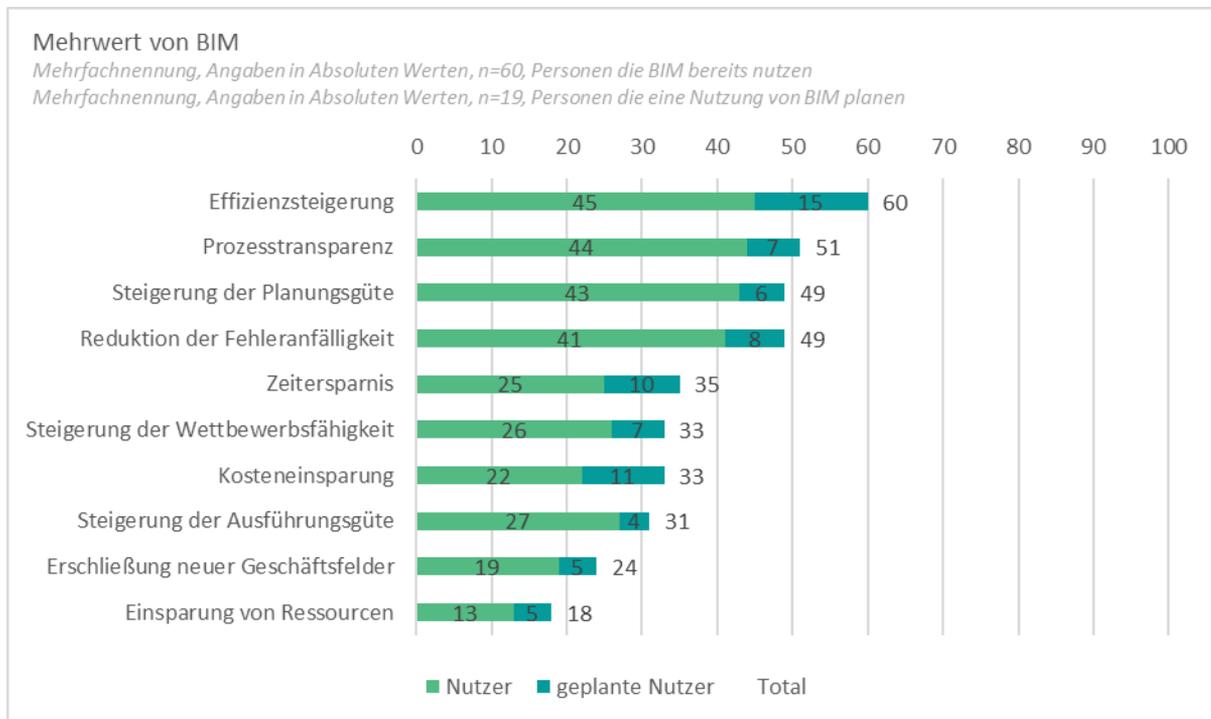


Abbildung 16: Umfragediagramm Mehrwert von BIM, ©Digital Findet Stadt

### 5.1.6. Herausforderungen

Wie Abbildung 17 aufzeigt, ist die größte Herausforderung in der Arbeit mit BIM das benötigte Fachwissen und der aufwendige Kompetenzaufbau. Die Ausbildungssituation für BIM ist in den Grundbildungseinrichtungen noch schwach ausgeprägt. Daher müssen Arbeitgeber den Ausbildungsbedarf zumeist über berufsbegleitende Weiterbildungsangebote decken, was sehr kosten- und zeitintensive Aufwände verursacht.

Die BIM-Arbeitsweise besitzt international mit der IFC Schnittstelle und in Österreich mit der ÖNORM 6241-2 bereits ein umfangreiches Regelwerk zu geometrischen und alphanumerischen Inhalten eines virtuellen Gebäudes über den Lebenszyklus. Der österreichische Standard wurde im europäischen Vergleich frühzeitig etabliert, weist jedoch noch immer große inhaltliche Lücken auf, um offenen Informationsaustausch mit BIM (open-BIM) wirklich in der Praxis umsetzen zu können. Dies wäre jedoch vor allem für KMU eine notwendige Voraussetzung, um sich am Markt wirtschaftlich behaupten zu können. Mangelnde Standardisierung wurde daher direkt nach dem Fachkräftemangel als zweitgrößte Herausforderung erkannt. Der Weiterentwicklung der Standards ist daher hohe Priorität beizumessen.

Die BIM-Methodik verlangt bereits in der Initiierungsphase eines Projekts eine sehr genaue Prozessbeschreibung und Zieldefinition. Die Zusammenarbeit in Projekten mit BIM benötigt einen gut moderierten Informationsaustausch der einzelnen Stakeholder untereinander, um Informationsverluste zu und Ineffizienz verhindern. Dies wiederum erfordert geeignete Software, wie zum Beispiel „Common Data Environments“ aber auch neue organisatorische Kompetenzen und eine neue Kommunikationskultur zur Arbeit im digitalen Raum. Die Ergebnisse in den Abbildungen Abbildung 17, Abbildung 18 und Abbildung 19 weisen daher auch immer wieder auf Herausforderungen im Schnittstellenmanagement und der Arbeits- und Organisationsprozesse hin. Die Investitionskosten in neue Soft- und Hardware werden dabei nicht so gravierend beurteilt wie die

Einbettung der Technologie in das Unternehmen – wohl wissend, dass dies zeitlich aufwändig sein kann, erst recht bei mangelndem Wissen zum Managen des Change-Prozesses.

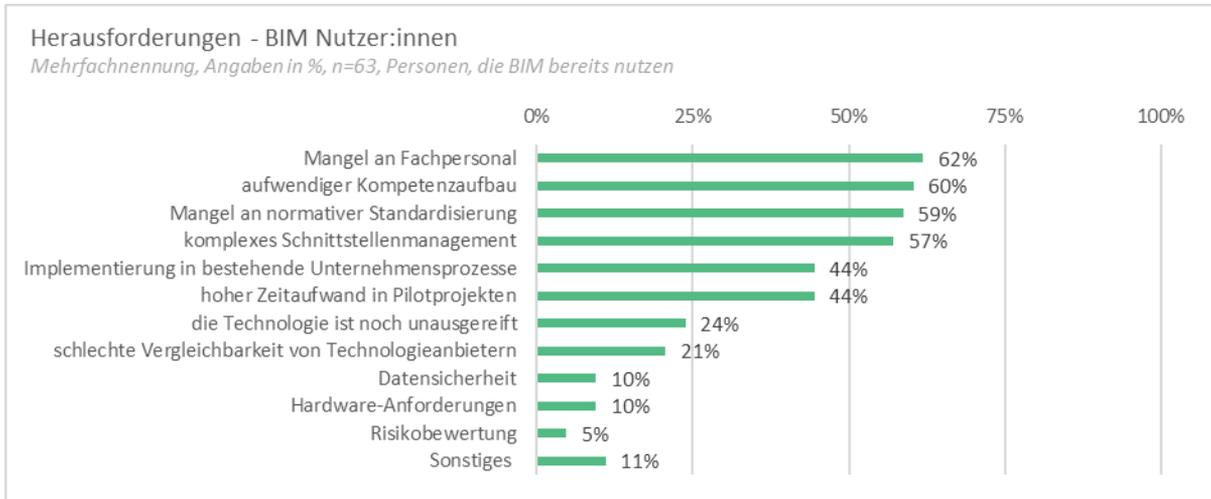


Abbildung 17: Umfragediagramm Herausforderungen BIM Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

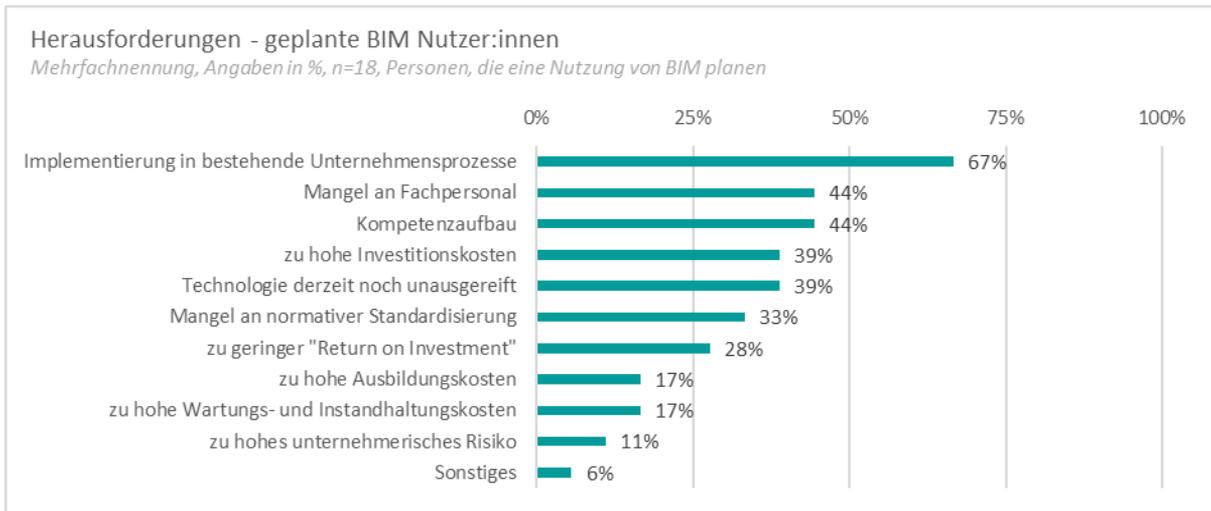


Abbildung 18: Umfragediagramm Herausforderungen geplante BIM Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

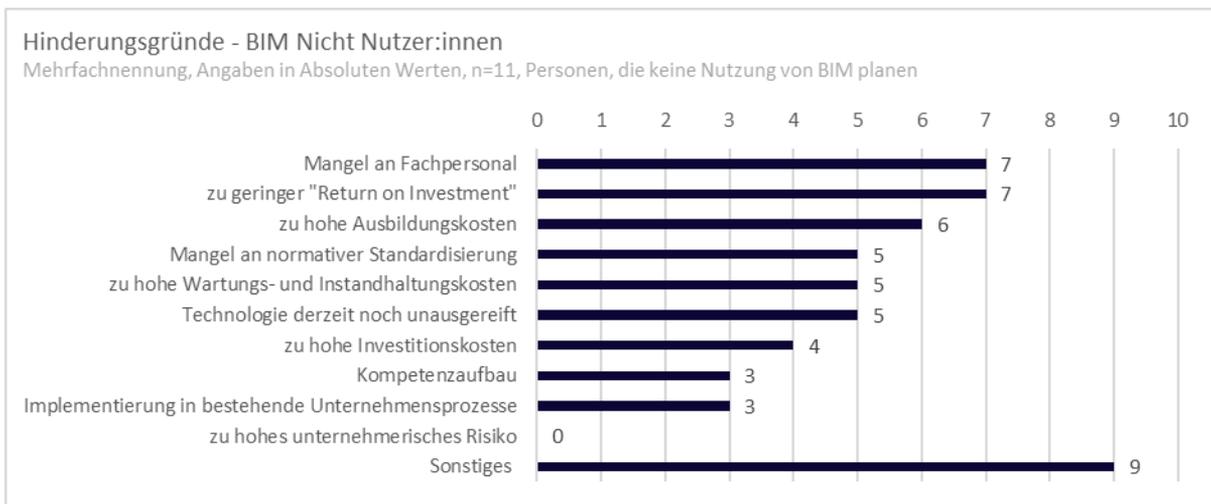


Abbildung 19: Umfragediagramm Hinderungsgründe BIM-Nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

## 5.2. CDEs- Common Data Environment

### 5.2.1. Steckbrief



**Technologiereifegrad**

(4,7 Punkte, siehe Abbildung 25)



**Marktpotential**

(6,6 Punkte, siehe Abbildung 25)

#### Mehrwert

- ✓ Prozesstransparenz
- ✓ Effizienzsteigerung
- ✓ Reduktion der Fehleranfälligkeit

#### Herausforderungen

- ✗ Implementierung in bestehende Unternehmensprozesse
- ✗ Aufwendiger Kompetenzaufbau
- ✗ Schlechte Vergleichbarkeit von Technologieanbietern

Abbildung 20: Technologiereifegrad und Marktpotenzial – CDE, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 21: Mehrwert und Herausforderungen - CDE, ©Digital Findet Stadt

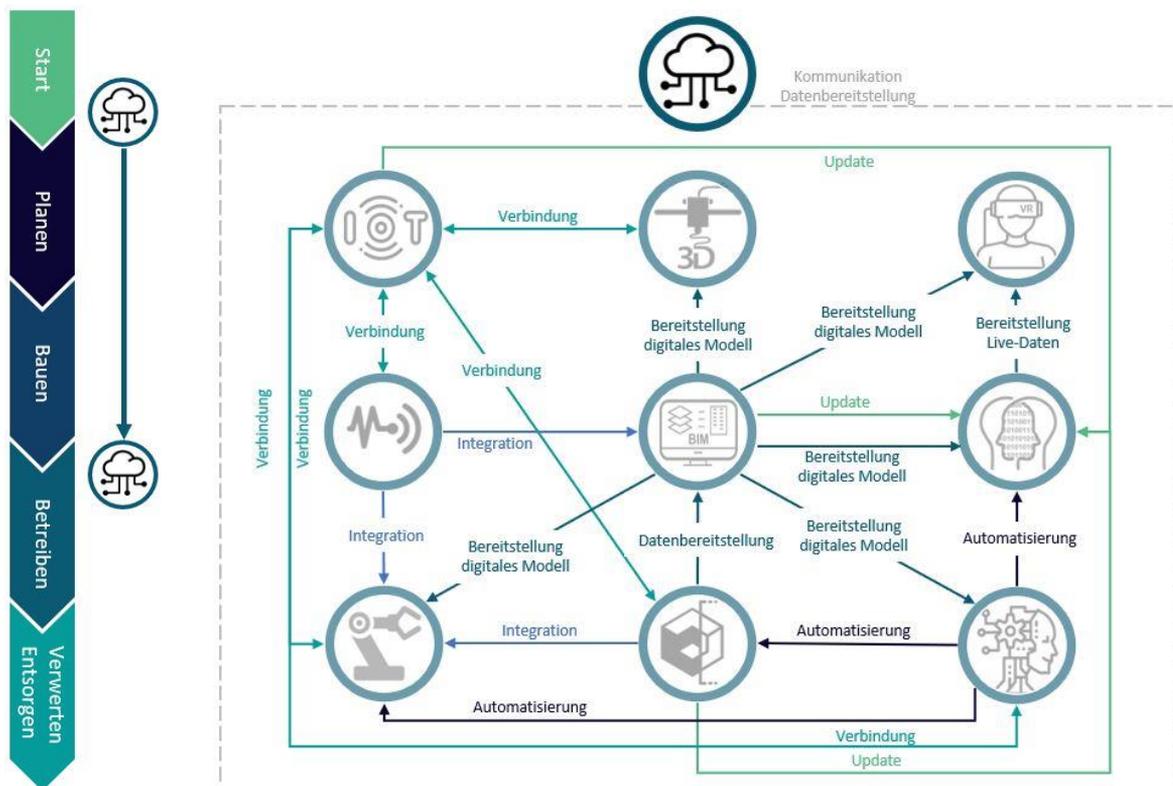


Abbildung 22: Lebenszyklusdiagramm - CDE, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 23: Prozesslandkarte - CDE, ©Digital Findet Stadt

## Verortung im Lebenszyklusdiagramm

Die CDE als die Projektplattform zur Datenablage und dem gemeinsamen Datenaustausch unterstützt Projekte im gesamten Lebenszyklus, vor allem aber dann, wenn es zum Austausch von Dokumenten und Daten zwischen den Projektbeteiligten kommt. Es wird daher zeitlich von den ersten Grundlagendaten des Projektstarts bis zur Übergabe in den Betrieb verortet. Technisch möglich ist natürlich auch darüber hinaus die Anwendung von CDEs als Datenablage im Betrieb. Die Sinnhaftigkeit ist jedoch im Einzelfall zu prüfen.

## Nutzung der Technologie

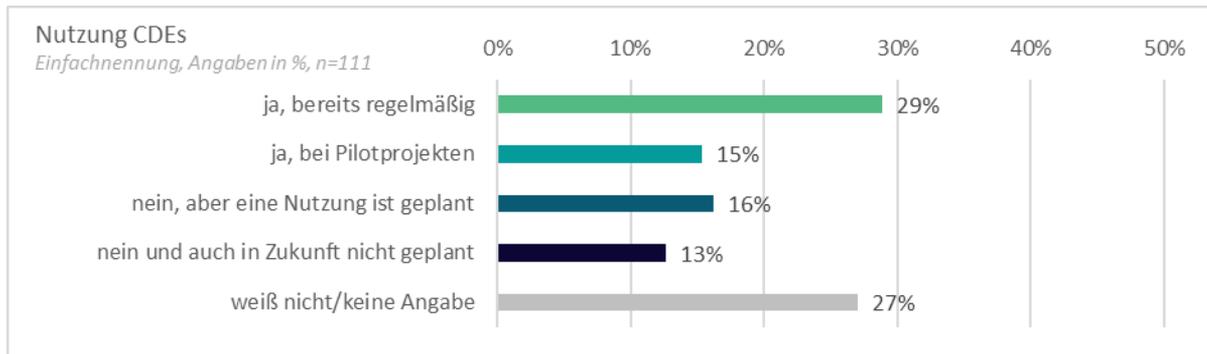


Abbildung 24: Umfragediagramm Nutzung CDEs, ©Digital Findet Stadt

Nach Abbildung 24 verzichteten bereits ein Drittel der Befragten nicht mehr auf den Comfort von CDEs und weitere 16% planen den Einsatz in naher Zukunft. Wobei berechtigter Weise gesagt werden sollte, dass CDEs erst ab mehreren Projektbeteiligten ihr Potential entfalten, wenn ein Austausch über herkömmliche Ablagesysteme wie Emails und interne Ordnerstrukturen zu unübersichtlich würde.

## Kategorisierung Technologie- und Marktpotential

Die Einschätzung des Reifegrades ist ähnlich gelagert wie bei der BIM-Methodik. Interessanter Weise sind CDEs in der Anwendung relativ weit verbreitet, ihr technischer Reifegrad wird jedoch nur mittel bewertet. Das Marktpotential schätzen die Teilnehmer:innen der Umfrage als relativ hoch ein, was auf eine künftig starke Nachfrage und Anwendungsbereitschaft schließen lässt.

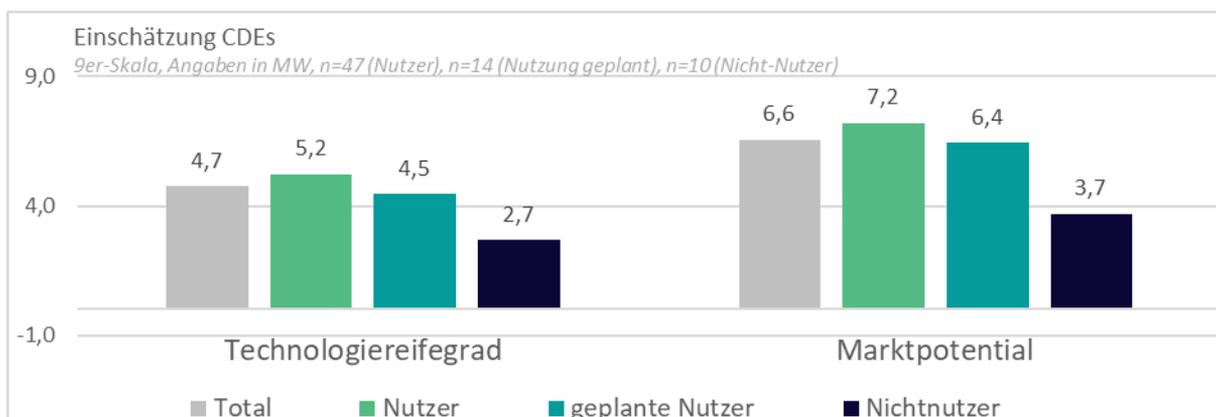


Abbildung 25: Umfragediagramm Einschätzung CDEs, ©Digital Findet Stadt

## 5.2.2. Technologiebeschreibung



Abbildung 26: Common Data Environment © Green Tech/shutterstock.com

CDEs sind digitale Online-Projektplattformen, die die Erstellung und das Management zentral abgelegter Dokumente und Informationen ermöglichen. Über den digitalen Zugriff auf die Plattform lassen sich Berechtigungen und Zuordnungen von Daten übersichtlich regeln. Genehmigte Projektdokumente oder wichtige Meilensteine im Projekt können den Beteiligten gleichsam zugänglich gemacht werden. Die Technologie ermöglicht eine gute Transparenz der Informationsflüsse im Projekt.

Oft wird die Technologie des Common Data Environments mit dem Lean Management in Verbindung gebracht, da sich über den zentralen, digitalen „Informationscontainer“ ein zielgerichtetes schlankes Prozessmanagement erreichen lässt. Die Zuverlässigkeit der Informationen spielt hierbei die größte Rolle.

### 5.2.3. Voraussetzungen

Grundvoraussetzung zur Anwendung ist die Interoperabilität von Daten, das bedeutet standardisierte Softwareschnittstellen und Informationsinhalte. Geschulte Anwender:innen und die erforderlichen Endgeräte müssen in Verwendung sein. Eine lokale Unabhängigkeit wird durch mobile Geräte bei gleichzeitiger Globalität durch Cloud-Lösungen erreicht.

### 5.2.4. Anwendungsfälle

In einer projektspezifischen Datenumgebung (CDE) werden alle Informationen zum (Bau-)Projekt gesammelt und sukzessive aufgebaut. Apps für spezielle Anwendungen können auf den Daten aufsetzen. Machine-to-machine communication kann auf die Daten zurückgreifen bzw. diese einspeisen.

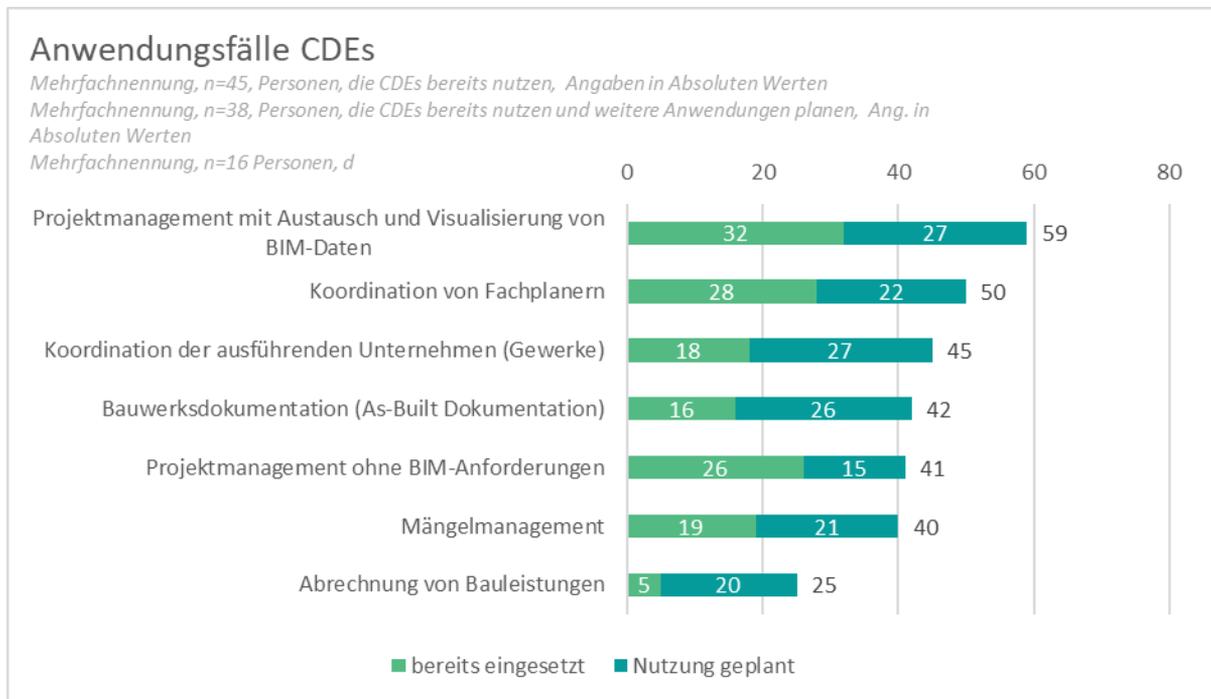


Abbildung 27: Umfragediagramm, Anwendungsfälle CDEs, ©Digital Findet Stadt

Entsprechend Abbildung 27 wird die Anwendung vor allem im Kontext von BIM Projekten für den Datenaustausch und die Kommunikation zwischen verschiedenen Projektbeteiligten und auch die Visualisierung für das Projektmanagement und auch Auftraggeber:innen gesehen. Diese koordinative Unterstützung nehmen CDEs wie schon eingangs angemerkt im gesamten Lebenszyklus ein. Umfrage spiegelt die Anwendung in der Koordination von Planern, von ausführenden Gewerken, zur Erfassung des Baufortschritts und möglicher Mängel, bis zur abschließenden Dokumentation des gebauten Ergebnisses („as-built“).

Die CDE kann also im Besonderen für BIM Projekte als zentrale Kommunikationsunterstützung mit hoher Bedeutung für gelingende Kollaboration angesehen werden.

### 5.2.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen

Im Zusammenspiel mit der BIM-Methodik entfaltet die CDE ihre Vorteile für die Kommunikation unter den einzelnen Stakeholdern des Projekts, da auf Grund der gemeinsamen Arbeit am Modell viele Daten ausgetauscht und mit dem Modell verknüpft werden müssen. Die CDE bildet die Grundlage, um das gesamte Datenmodell überhaupt im Lebenszyklus nutzen und gut befüllen zu können.

CDE in Verbindung mit BIM einzusetzen verbessert entsprechend Abbildung 28 die Kontrolle und Effizienz in den Projekten. Dabei ist eine automatisierte Verwaltung der Informationshistorie essenziell für die Dokumentation über den gesamten Lebenszyklus. Eine kontinuierliche Versionierung und Protokollierung von Aktionen ist unerlässlich, kann aber in der gemeinsamen Datenumgebung transparent und zielgerichtet verwirklicht werden. Die Dokumentation ist wichtig für die Übergabe des Gebäudes in den Betrieb und dessen Wert als Immobilie (asset information model).

Neben der Generierung und Dokumentation von Daten ist Transparenz, eines der wichtigsten Merkmale eines erfolgreichen Immobilien-Projektes. Das beginnt bei der Prozesstransparenz, die als

entscheidender Mehrwert in der Arbeit mit einer CDE von den Befragten angesehen wird (siehe Abbildung 28). Die Effizienzsteigerung resultiert zumeist aus einer verbesserten Kommunikation in der gemeinsamen Datenumgebung und führt zu einer Steigerung der Planungsgüte bei Reduktion der Fehleranfälligkeit. Bei konsequenter Einhaltung der vordefinierten Datenströme und einem Verzicht auf die Erstellung von Druckwaren geht auch ein zeitlicher Gewinn damit einher. Ansonsten werden wirtschaftliche Vorteile eher nachgereiht gesehen.

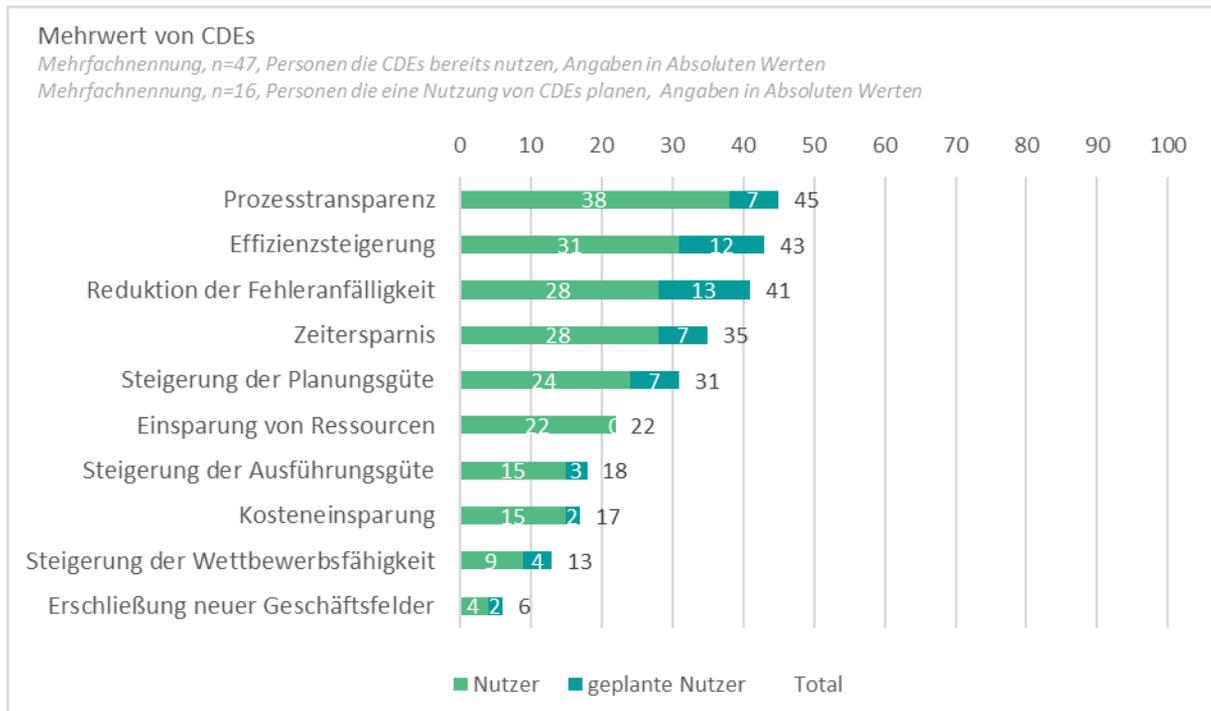


Abbildung 28: Umfragediagramm, Mehrwert von CDEs, ©Digital Findet Stadt

### 5.2.6. Herausforderungen

Ähnlich wie bei der Einführung von BIM, stellt der notwendige Kompetenzaufbau und die Implementierung in den Projektalltag, damit verbunden auch die notwendige Anpassung gewohnter Arbeitsweisen, die größten Herausforderungen der Befragten dar (siehe Abbildung 29, Abbildung 30, Abbildung 31). Hierzu gehört auch die Auswahl der passenden Software und ihrer Schnittstellen der einzelnen Technologieanbieter. Alles Zusammen stellt die Einführung des Arbeitens mit einer CDE viele potenzielle Unternehmen vor eine zeitliche Herausforderung. Dabei geht es um die Zeit für die Einschulung des Personals genauso, wie um den befürchteten zeitlichen Mehraufwand während des Projektes. Dabei sollte eine CDE eigentlich eine entlastende Wirkung haben. Doppelablagen in Ordnersystemen aller Projektbeteiligten werden vermieden, die Kanäle der Kommunikation sind klar definiert und die Datensuche wird erleichtert.

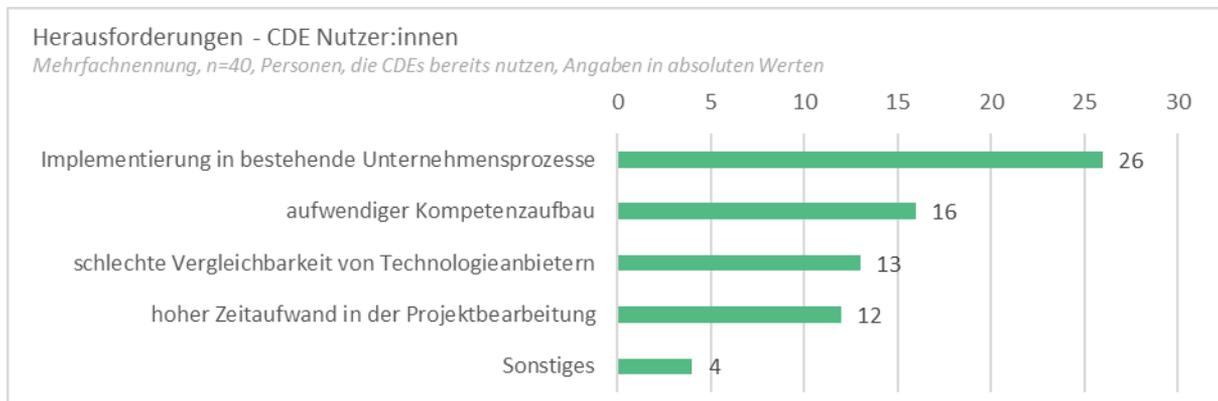


Abbildung 29: Umfragediagramm, Herausforderungen CDE Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

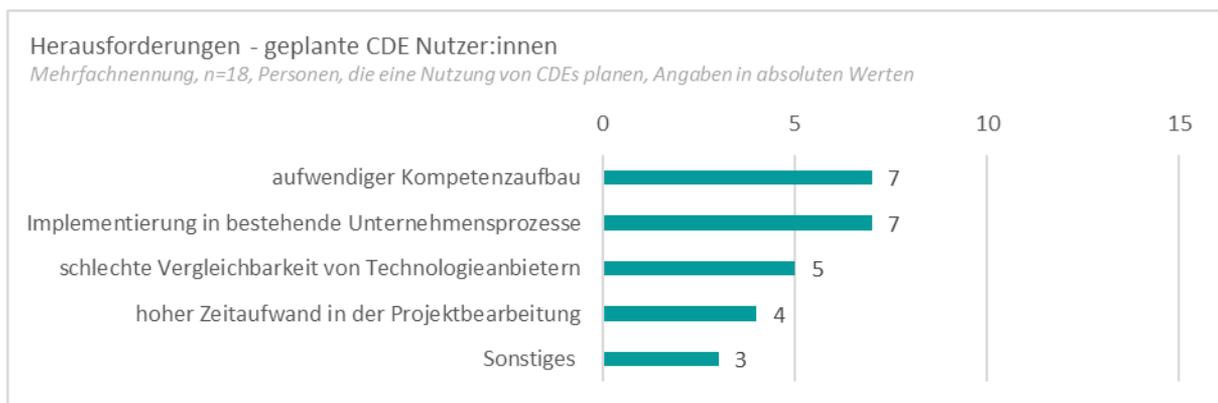


Abbildung 30: Umfragediagramm, Herausforderungen geplante CDE Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

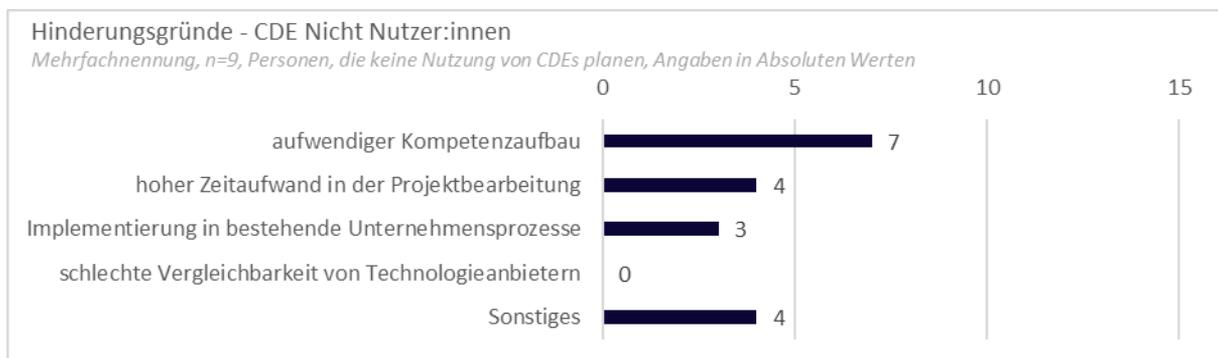


Abbildung 31: Umfragediagramm, Hinderungsgründe CDE nicht Nutzer, ©Digital Findet Stadt

Weitere Herausforderungen in der Anwendung von CDEs stellen die zuverlässige, digitale Sicherheit dar, die ein sinnvolles Maß an Management der Zugriffsrechte erfordert. Um Zeitverluste zu minimieren, sollte auf eine leistungsstarke Software, einen effizienten Support und eine schnelle Internetverbindung geachtet werden. Die Datenhoheit ist zu klären, damit eine Steuerung der Prozesse möglich bleibt. Meist übernimmt diese Rolle die Projekt-Auftraggeber:in.

Entwicklungsanforderungen an die Software werden von den Befragten hauptsächlich hinsichtlich der Schnittstellen gestellt. Mit dem Ziel eigene, projektspezifische Prozesse integrierbar zu machen, müssen APIs (Application Programming Interface) weiter an Bedeutung gewinnen<sup>17</sup>. Nur so wird die Integration in unternehmensspezifische Prozesse durch die Nutzer:innen selbst ermöglicht.

<sup>17</sup> „CDE und BIM für das Bauwesen entdecken | Oracle Deutschland“, 2021, <https://www.oracle.com/de/industries/construction-engineering/what-is-cde-and-bim/>.

## 5.3. Künstliche Intelligenz

### 5.3.1. Steckbrief



**Technologiereifegrad**

(3,2 Punkte, siehe Abbildung 37)



**Marktpotential**

(6,5 Punkte, siehe Abbildung 37)

#### Mehrwert

- ✓ Effizienzsteigerung
- ✓ Zeitersparnis
- ✓ Kosteneinsparung

#### Herausforderungen

- ✗ Mangel an Fachpersonal
- ✗ Komplexes Schnittstellenmanagement
- ✗ Kompetenzaufbau

Abbildung 32: Technologiereifegrad und Marktpotential – Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 33: Mehrwert und Herausforderungen - Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt

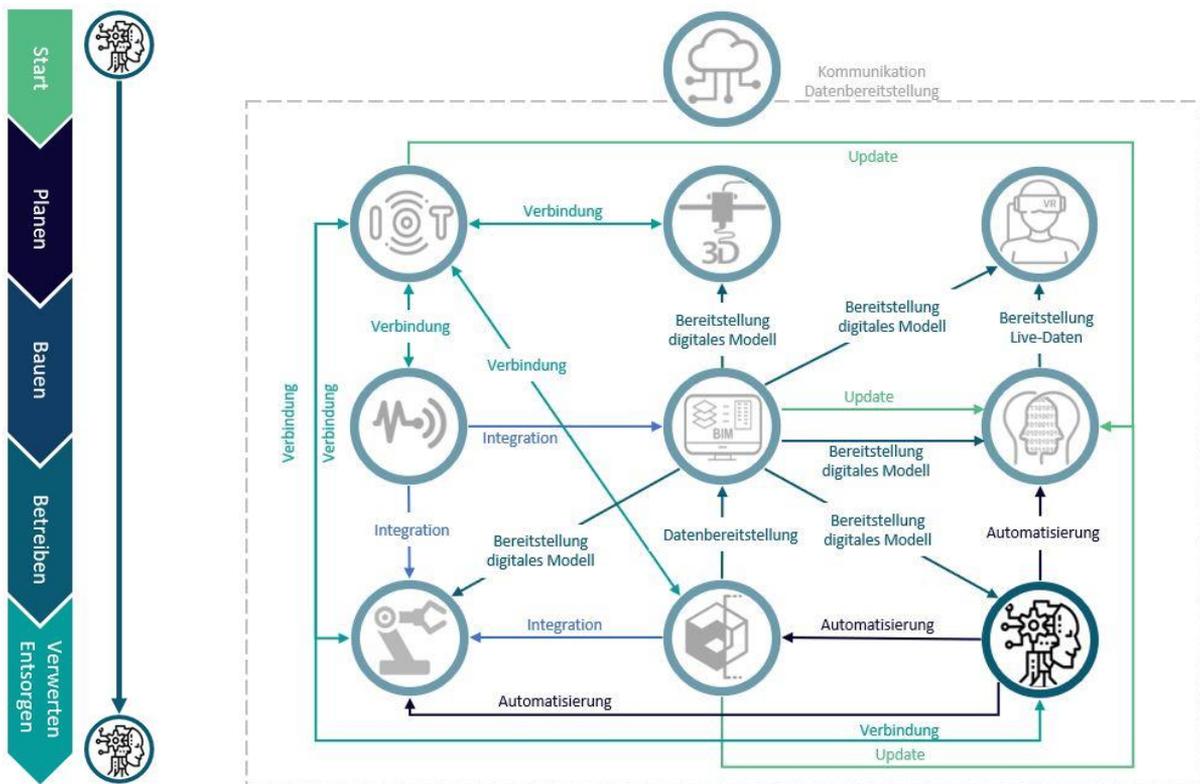


Abbildung 34: Lebenszyklusdiagramm – Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 35: Prozesslandkarte – Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt

## Verortung im Lebenszyklusdiagramm

Die unzähligen Anwendungsfälle künstlicher Intelligenz können in allen Phasen eines Bauprojektes eingesetzt werden. Eine genauere Darstellung der möglichen Anwendungen ist im Unterkapitel Anwendungsfälle angeschlossen.

## Nutzung der Technologie

Künstliche Intelligenz wird laut Umfrage noch nicht regelmäßig genutzt, zumindest ist der Einsatz der Technologie nur wenigen Befragten bewusst (siehe Abbildung 36). Lediglich 8% gaben an, dass sich KI-gestützte Prozesse bereits in ihren Unternehmen etabliert haben. Rechnet man die „Nutzung bei Pilotprojekten“ und die „geplante Nutzung“ dazu, ergibt sich jedoch eine Mehrheit von 53% Prozent, die mittelfristig KI-Systeme zum Einsatz bringen werden.

Untermauert wird dieser Trend durch die Einschätzung des Marktpotentials in Abbildung 37, dass sich mit insgesamt 6,5 von 9 Punkten auf einem sehr hohen Niveau befindet. Dem gegenüber steht die Einschätzung des Technologiereifegrads, der auf einem sehr niedrigen Niveau von 3,2 von 9 Punkten gesehen wird. Das zeigt eindeutig, dass der Anwendung von KI-Systemen ein überaus hohes Potential zugemessen wird, aber der Reifegrad der Technologie in bestimmten Anwendungsfällen noch nicht hoch genug ist, um branchenweit eingesetzt zu werden.

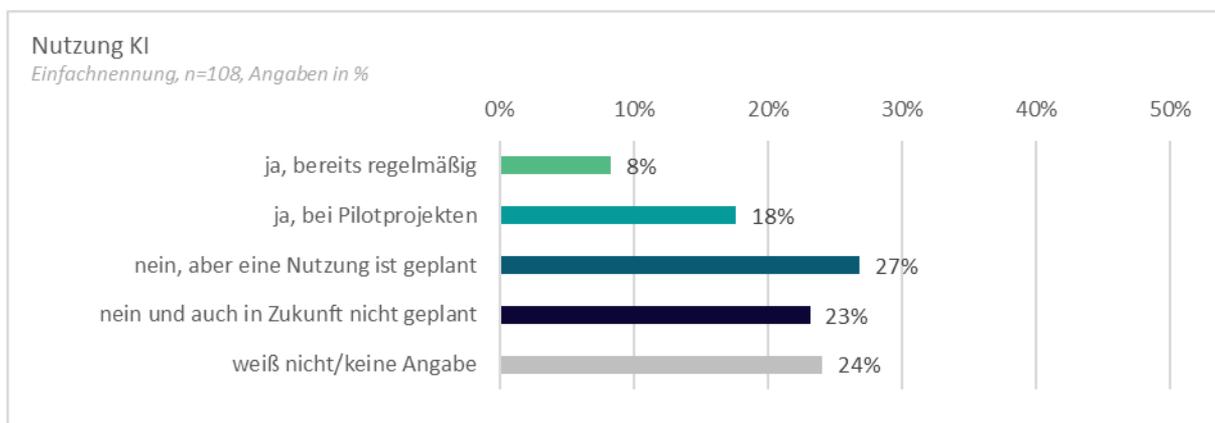


Abbildung 36: Umfragediagramm, Nutzung Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt

## Kategorisierung Technologie- und Marktpotential

Das Marktpotential nach Abbildung 37 mit 6,5 von 9 Punkten als verhältnismäßig hoch bewertet und selbst von den Nichtnutzer:innen mit 5,1 Punkten im Mittelfeld gesehen. Viel Entwicklungsbedarf wird der Technologie seitens der Nutzer:innen zugerechnet. Der technologische Reifegrad wird mit durchschnittlich 3,2 Punkten als wenig bis gar nicht zufriedenstellend angesehen. Genaue Ursachen dieser schlechten Bewertung sind den Autoren nicht bekannt.

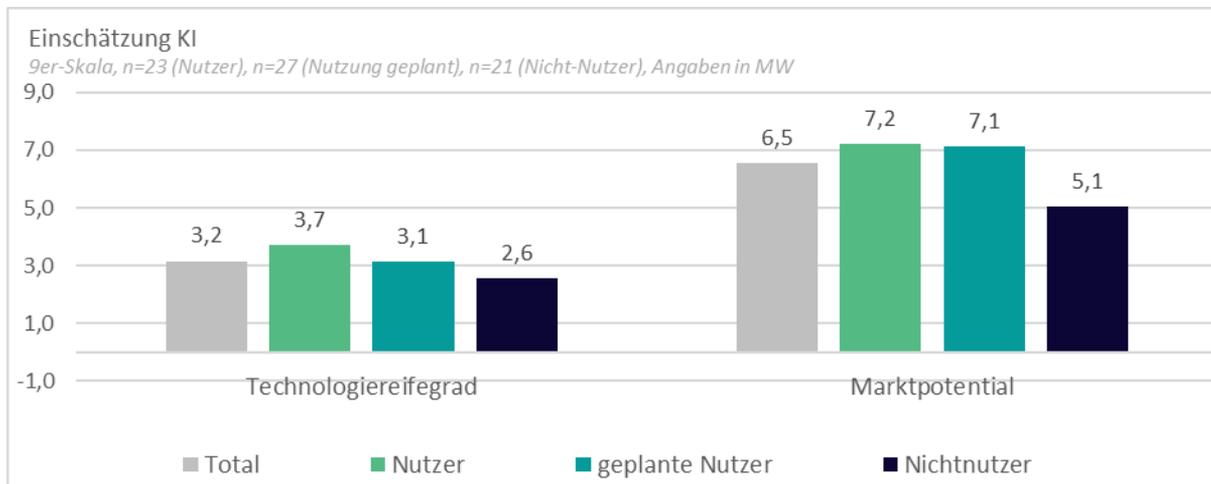


Abbildung 37: Umfragediagramm, Einschätzung Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt

### 5.3.2. Technologiebeschreibung



Abbildung 38: Künstliche Intelligenz, iStock, © metamorworks

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Sammelbegriff für die maschinelle Nachahmung menschlicher kognitiver Funktionen wie Problemlösung, Mustererkennung und Lernen. Maschinelles Lernen ist ein Teilgebiet der KI, welches statistische Methoden einsetzt, um Computersystemen die Fähigkeit zu geben, aus Daten zu „lernen“, ohne explizit programmiert zu werden. Eine Maschine kann besser verstehen und Erkenntnisse liefern, je mehr Daten vorhanden sind<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Sumana Rao, „The Benefits of AI In Construction“, 8. Juli 2021, <https://constructible.trimble.com/construction-industry/the-benefits-of-ai-in-construction>, 2022-01-27 07:50:52.

Dank der stetig fortschreitenden Steigerung der Rechenleistung von Computern, hat die KI in letzter Zeit bahnbrechende Fähigkeiten erlangt. Deren Anwendung können sich über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes oder einer Infrastruktur erstrecken<sup>19</sup>.

In BIM-fähige Software integrierte KI ist in der Lage, mit Hilfe von veränderbaren Parametern und unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen eine Vielzahl an Entwurfs- bzw. Designvarianten automatisch zu generieren. Maschinelles Lernen wird seit Kurzem eingesetzt, um potenzielle Fehler und Inkompatibilitäten im Zusammenhang mit Variationen im Design zu identifizieren.

KI wird bereits erfolgreich in BIM-Prüfverfahren angewandt, mit denen es möglich ist, umfangreiche automatische Überprüfung (z.B. Kollisionsprüfung) ohne direkten menschlichen Eingriff durchzuführen. Dieser Anwendungsfall ist für den Einsatz in öffentliche Verwaltungen zur Bearbeitung von Genehmigungsverfahren von größter Bedeutung.

Das amerikanische Unternehmen ALICE Technologies<sup>20</sup> hat eine KI-gestützte Bausimulationsplattform entwickelt, die in der Lage ist, die Anforderungen eines Projekts zu analysieren und effiziente Baupläne zu erstellen. Laut den auf ihrer Website gemeldeten Informationen kann der Einsatz von KI in der Entwurfsphase zu einer Reduzierung der Baukosten um 32 % und einer um 10,2 % schnelleren Bauzeitplanung führen<sup>21</sup>.

Während der Bauphase können Bauunternehmen, Baustoffhersteller und -händler künstliche neuronale Netze nutzen, um beispielsweise Kostenüberschreitungen auf der Grundlage von Faktoren wie Projektgröße, Vertragsart und Kompetenzniveau der Projektmanager vorherzusagen<sup>22</sup>. Historische Daten, wie geplante Start- und Enddaten, können vom Projektmanager genutzt werden, um Vorhersagemodelle zu speisen und realistische Zeitpläne für zukünftige Projekte zu generieren<sup>23</sup>.

Die Verbindung von KI, parametrischem Design und Robotik führt zu neuartigen Produktionsansätzen, die einen vielversprechenden Ausblick auf revolutionäre Konstruktionsansätze geben.

KI fördert die Entwicklung von autonomen Maschinen und Industrie Robotern, die das Potential besitzen, den Bausektor grundlegend und nachhaltig zu verändern. Die Einführung von automatisierten Bauprozessen auf Basis von KI wird einen Beitrag zur Verbesserung der Sicherheit auf der Baustelle leisten<sup>24</sup>.

Sensoren ermöglichen die ständige Überwachung der Umgebungsparameter und die Anwesenheit von Personen in den Räumen eines Gebäudes. KI-basierte Tools passen dann Klimatisierung, Belüftung und Belichtung nicht nur auf Basis von Echtzeitdaten an, sondern auch unter Verwendung

---

<sup>19</sup> Desruelle u. a., „Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration [Er“.

<sup>20</sup> „Construction simulation and optimization software - powered by AI | ALICE Technologies“, Alice Technologie, zugegriffen 27. Jänner 2022, <https://www.alicetechnologies.com/home>, 2022-01-27 09:25:07.

<sup>21</sup> „General Contractor Leverages ALICE on Silicon Valley Project To Save Millions“, zugegriffen 27. Jänner 2022, <https://blog.alicetechnologies.com/case-studies/general-contractor-drives-millions-in-labor-savings-on-silicon-valley-project-using-alice>, 2022-01-27 09:29:20.

<sup>22</sup> „Artificial Intelligence in the Construction Industry“, Roland Berger, zugegriffen 27. Jänner 2022, <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Artificial-intelligence-in-the-construction-industry.html>, 2022-01-27 09:31:25.

<sup>23</sup> Sumana Rao, „The Benefits of AI In Construction“, 8. Juli 2021, <https://constructible.trimble.com/construction-industry/the-benefits-of-ai-in-construction>, 2022-01-27 07:50:52.

<sup>24</sup> Desruelle u. a., „Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration [Er“.

sensorisch generierter Nutzungsstatistiken. Das Gebäude lernt, sich anzupassen und Nutzerbedürfnisse zu antizipieren.

### **5.3.3. Voraussetzungen**

In sogenannten Deep-Learning-Systemen werden Entscheidungen nicht mehr programmiert (als Wenn/Dann-Entscheidungsbäume), sondern mithilfe von Daten trainiert. Daraus ergeben sich andere Anforderungen als in der klassischen Programmierung: Zum Trainieren der Systeme muss ausreichend Rechenleistung in Form von parallel arbeitenden Prozessoren zur Verfügung gestellt werden. Das bekannte OpenAI GPT-3 Deep Learning Sprachsystem mit 175 Milliarden Parametern würde für das bisherige Training mit 8 V100-GPUs etwa 36 Jahre dauern<sup>25</sup>. Für Anwendungen im Baubereich sind die Anforderungen sicher geringer, dennoch ist Rechenleistung ein wesentlicher und limitierender Faktor.

Um Künstliche Intelligenz zu trainieren und sinnvoll einsetzen zu können, wird eine große Menge von Daten mit bestimmter Qualität benötigt. Daten müssen erhoben, strukturiert und zugänglich gemacht und für das Training eines KI-Systems aufbereitet werden.

### **5.3.4. Anwendungsfälle**

Die Anwendungsmöglichkeiten von KI im Bauwesen sind enorm. Sie reichen von der parametrischen Planung, über automatisierte Gebäudeverwaltung bis hin zur Optimierung der Materialverwertung am Ende des Lebenszyklus eines Bauwerks. Die unzähligen denkbaren Anwendungsfälle können alle Phasen eines Bauprojektes betreffen.

Der schon am meisten im Einsatz befindliche Anwendungsfall ist entsprechend Abbildung 39 unter den Befragten die Verwendung von KI im Bereich der Betriebsführung. Allgemein ist zu beobachten, dass KI-Anwendungen operativ noch nicht stark genutzt werden, jedoch wird von einer signifikanten Anzahl von Unternehmen geplant, zukünftige damit zu arbeiten. Im Speziellen werden die Anwendungsfälle aus den Bereichen Bemessung, Nachweisführung, Simulation, Betriebsführung und Baustellenüberwachung genannt. Zusätzlich zu den Antwortmöglichkeiten wurden aufgeführt: Digitales Projektmanagement, Generatives Design, Sensorik, und Big Data Analysen.

---

<sup>25</sup> Ram Sagar, „How To Take Full Advantage Of GPUs In Large Language Models“, *Analytics India Magazine*, 6. Mai 2021, <https://analyticsindiamag.com/how-to-take-advantage-gpus-large-language-models-gpt-3/>.

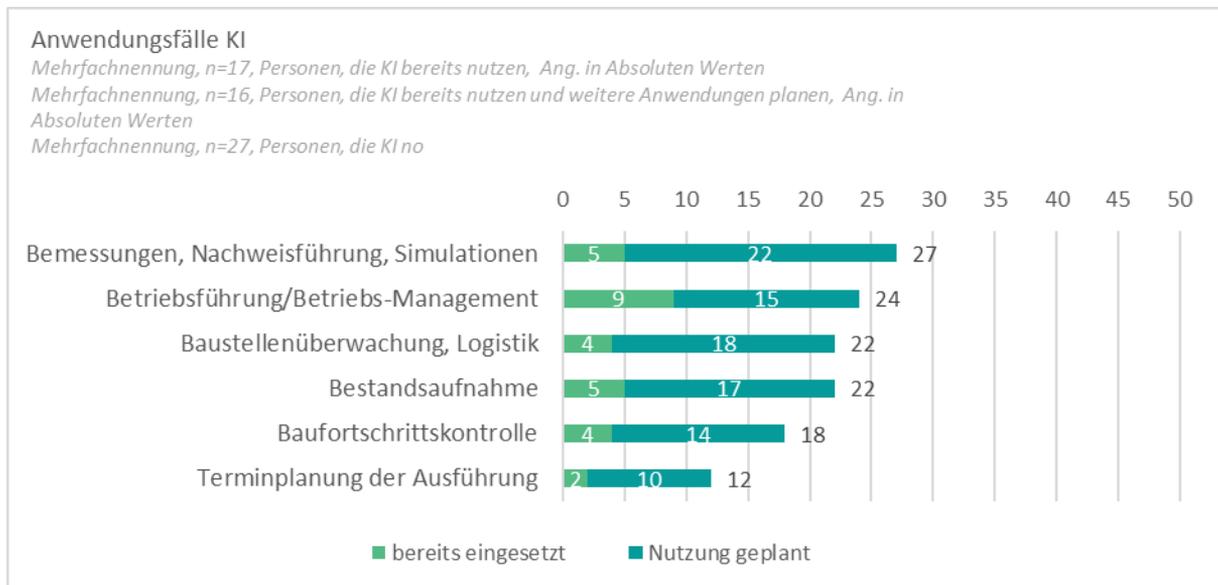


Abbildung 39: Umfragediagramm, Anwendungsfälle Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt

### 5.3.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen

Künstliche neuronale Netze können in Projekten eingesetzt werden, um Kostenüberschreitungen von Projektmanagern aufgrund von Faktoren wie Projektgröße, Vertragsart und Kompetenzniveau vorherzusagen.

Es gibt heute KI- und maschinelle Lernlösungen, die Generalunternehmer verwenden, um Risiken auf der Baustelle zu überwachen und zu priorisieren, damit das Projektteam seine begrenzte Zeit und Ressourcen auf die größten Risikofaktoren lenken kann.

Die Branche nutzt maschinelles Lernen in Form von KI-gestütztem generativem Design, um Kollisionen zwischen den von den verschiedenen Teams erstellten Modellen zu identifizieren, zu mindern und um Nacharbeiten zu vermeiden.

Künstliche Intelligenz kann für mehr Sicherheit auf der Baustelle sorgen. Ein in Boston ansässiges Bautechnologieunternehmen entwickelt einen Algorithmus, der Fotos von seinen Baustellen analysiert, sie auf Sicherheitsrisiken wie Arbeiter ohne Schutzausrüstung scannt und die Bilder mit seinen Unfallaufzeichnungen korreliert.

Ein McKinsey-Bericht aus dem Jahr 2017 besagt, dass Bauunternehmen die Produktivität durch Echtzeitanalyse von Daten um bis zu 50 Prozent steigern könnten. Bauunternehmen beginnen damit, KI und maschinelles Lernen zu nutzen, um die Verteilung von Arbeitskräften und Maschinen auf die einzelnen Arbeitsplätze besser zu planen.

Facility-Manager können KI noch lange nach Abschluss der Bauarbeiten einsetzen. Durch das Sammeln von Informationen über eine Struktur mittels Sensoren, Drohnen und andere drahtlose Technologien, gewinnen fortschrittliche Analysen und KI-gestützte Algorithmen wertvolle Einblicke in

den Betrieb und die Leistung eines Bauwerks – von einer Brücke, über Straßen bis hin zu Gebäuden und fast allem in der bebauten Umgebung<sup>26</sup>.

Die mit der Umfrage erreichten Unternehmen sehen die zu erwartende Effizienzsteigerung und die potenzielle Zeitersparnis als die größten Mehrwerte von Künstlicher Intelligenz. Reduktion der Kosten, Einsparung von Ressourcen und die Vermeidung von Fehlern werden etwas geringer, aber dennoch sehr hoch bewertet. Auffällig ist, dass die Steigerung der Planungs- und Ausführungsgüte eher weniger als Mehrwert von KI gesehen werden. Dies lässt vermuten, dass einem Großteil der Befragten das immense Potential von KI in den Anwendungsbereichen Planung und Bauausführung noch nicht bewusst ist.

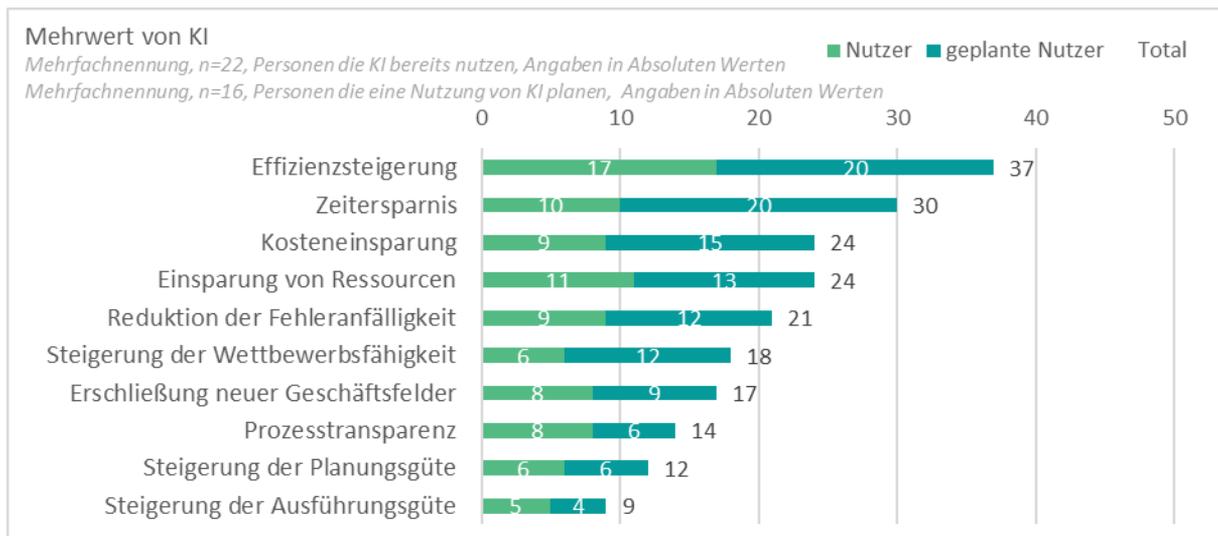


Abbildung 40: Umfragediagramm, Mehrwert Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt

### 5.3.6. Herausforderungen

Künstliche Intelligenz lebt von der Menge und der Qualität der Daten, mit der die KI-Modelle trainiert werden können. Die Datenlage ist für viele Anwendungen eine zentrale Herausforderung. Zunächst müssen die Daten zugänglich sein und entsprechend für das Training eines KI-Systems aufbereitet werden. Der Aufwand für diesen ersten Aufbereitungsschritt wird oft unterschätzt und kann durchaus die Hälfte der gesamten geplanten Zeit erfordern.

Da künstlichen Intelligenz mithilfe von Daten trainiert wird, um Muster zu erkennen bzw. Vorhersagen zu treffen, steht und fällt die Qualität des Systems mit der Menge an verwertbaren Daten, die das Muster enthalten haben. Das ist vor allem bei Fehlererkennung schwierig: Auch wenn hunderte Betriebsstunden an Daten vorhanden sind, tritt das Fehlermuster in diesen Daten vielleicht nur wenige Male auf – damit kann es vom KI-System auch nicht klar von anderen Betriebszuständen getrennt werden.

Schließlich benötigt ein System, das einmal trainiert und in den Arbeitsablauf integriert wurde, kontinuierliche Wartung und Weiterentwicklung. Für einen Chatbot, der Kundenanfragen beantwortet, können sich sowohl die neu hereinkommenden Daten (Kundenfragen) als auch die Anforderungen ans System ändern (z.B. neue Produkte oder Services im Portfolio). Damit ist es

<sup>26</sup> Sumana Rao, „The Benefits of AI In Construction“, 8. Juli 2021, <https://constructible.trimble.com/construction-industry/the-benefits-of-ai-in-construction>, 2022-01-27 07:50:52.

erforderlich, dass die Toolchains zur Entwicklung des KI-Systems, auch im laufenden Betrieb verwendet werden müssen. Ein KI-System kann nicht auf Basis eines einmaligen Trainings etabliert, sondern muss ständig gepflegt und adaptiert werden.

Gemäß Umfrageergebnis ist der Mangel an Fachpersonal die mit Abstand größte Herausforderung in der Nutzung von Künstlicher Intelligenz. Das ist nicht verwunderlich, da für das Aufsetzen und Betreiben von KI-Systemen ein hohes Maß an Fachwissen erforderlich ist. Die Umsetzung bleibt hochspezialisierten Experten vorbehalten. Auch das mit KI einhergehende Schnittstellenmanagement wird von den befragten Nutzer:innen gleichermaßen herausfordernd bewertet. Diese Herausforderung geht Hand in Hand mit dem Mangel an normativer Standardisierung. Schnittstellen zu anderen Systemen müssen derzeit noch unter hohem Aufwand programmiert und angepasst werden. Jene Befragten, die KI-Systeme auch nicht in Zukunft nutzen wollen, sehen diese Technologie in der Bau- und Immobilienwirtschaft technisch noch als unausgereift an.

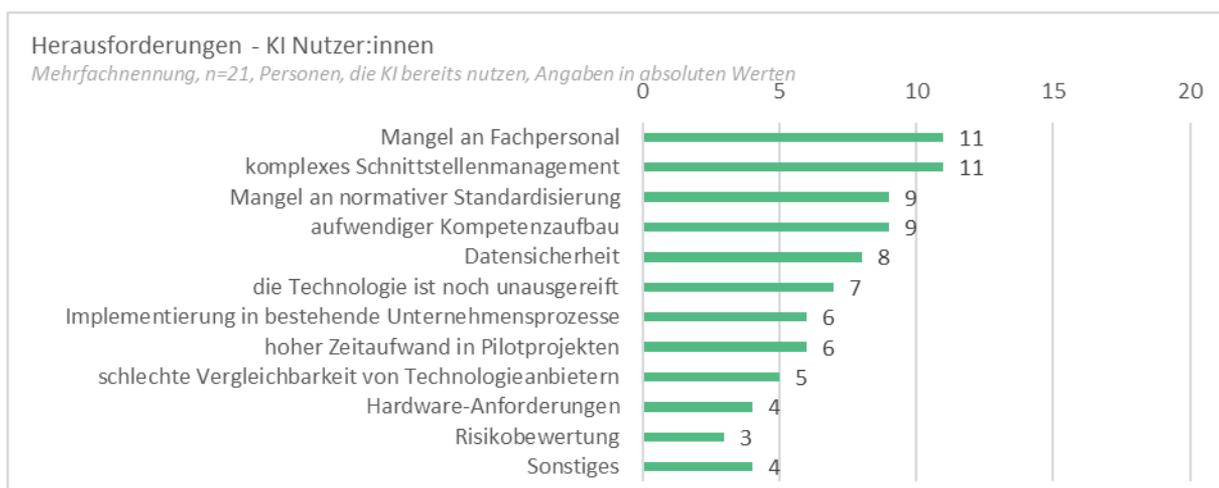


Abbildung 41: Umfragediagramm, Herausforderungen KI Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt



Abbildung 42: Umfragediagramm, Herausforderungen geplante KI Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

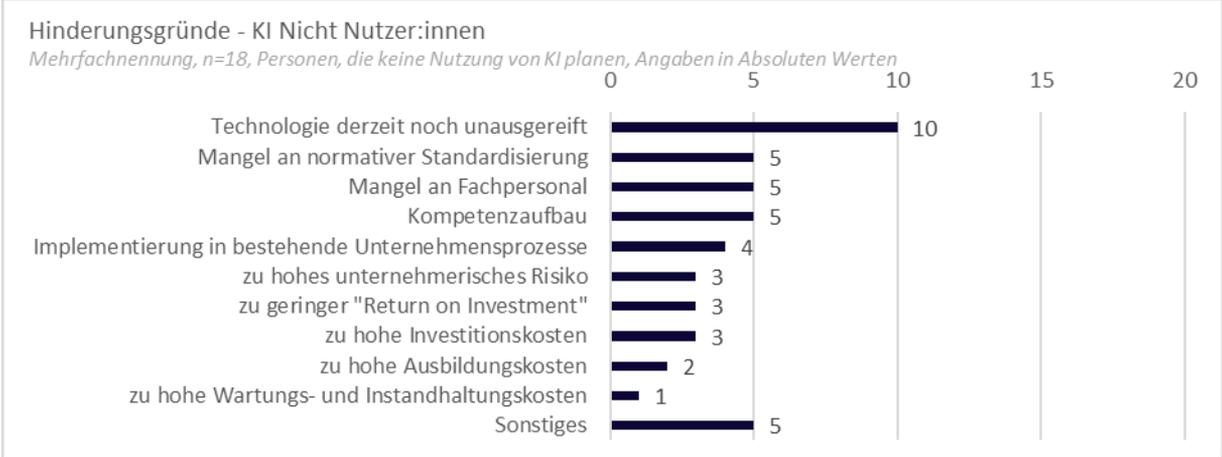


Abbildung 43: Umfragediagramm, Hinderungsgründe KI nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

## 5.4. IoT- Internet of Things

### 5.4.1. Steckbrief



**Technologiereifegrad**

(4,1 Punkte, siehe Abbildung 49)



**Marktpotential**

(6,4 Punkte, siehe Abbildung 49)

#### Mehrwert

- ✓ Effizienzsteigerung
- ✓ Zeitersparnis
- ✓ Kosteneinsparung

#### Herausforderungen

- ✗ komplexes Schnittstellenmanagement
- ✗ Mangel an Fachpersonal
- ✗ Implementierung in bestehende Unternehmensprozesse

Abbildung 44: Technologiereifegrad und Marktpotential - Internet of Things, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 45: Mehrwert und Herausforderungen - Internet of Things, ©Digital Findet Stadt

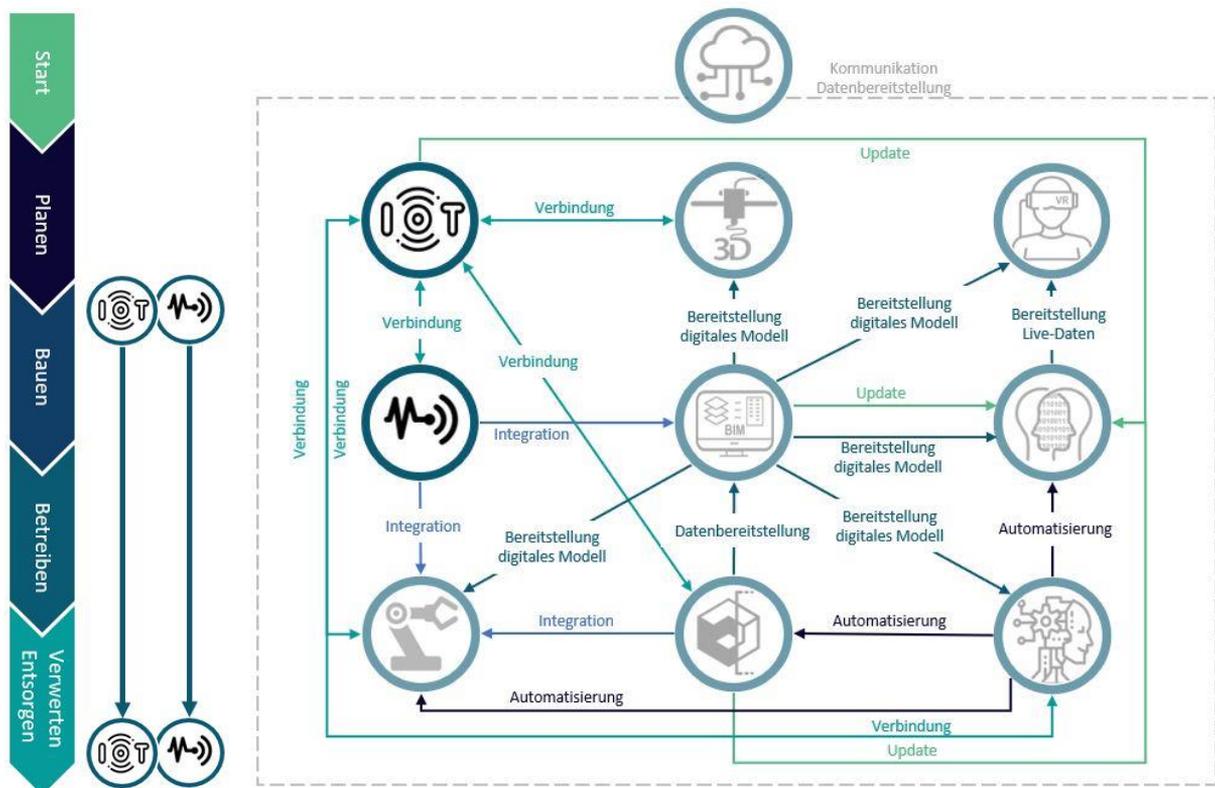


Abbildung 46: Lebenszyklusdiagramm – Internet of Things, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 47: Prozesslandkarte – Internet of Things, ©Digital Findet Stadt

## Verortung im Lebenszyklusdiagramm

Internet of Things (IoT) kann Prozesse auf der Baustelle, aber auch im Betrieb bis zum Lebensende des Gebäudes unterstützen. Immer wenn automatisierte Analysen – etwa zur Qualitätssicherung – erforderlich sind, kann diese Technologie Daten sammeln und auswerten. Ihre zeitliche Verortung wird daher von der Bauausführung bis in den Gebäudebetrieb und auch Rückbau gesetzt.

## Nutzung der Technologie

In Pilotprojekten wird entsprechend Abbildung 48 bei einem Fünftel der Befragten bereits mit IoT und Sensorik gearbeitet. Dass über ein Drittel der Befragten keine Angabe zum Thema machen kann, zeigt, dass diese Technologie zwar bekannt aber noch nicht verstanden ist, wenngleich das Interesse bei einem Fünftel der Stichprobe vorhanden ist.

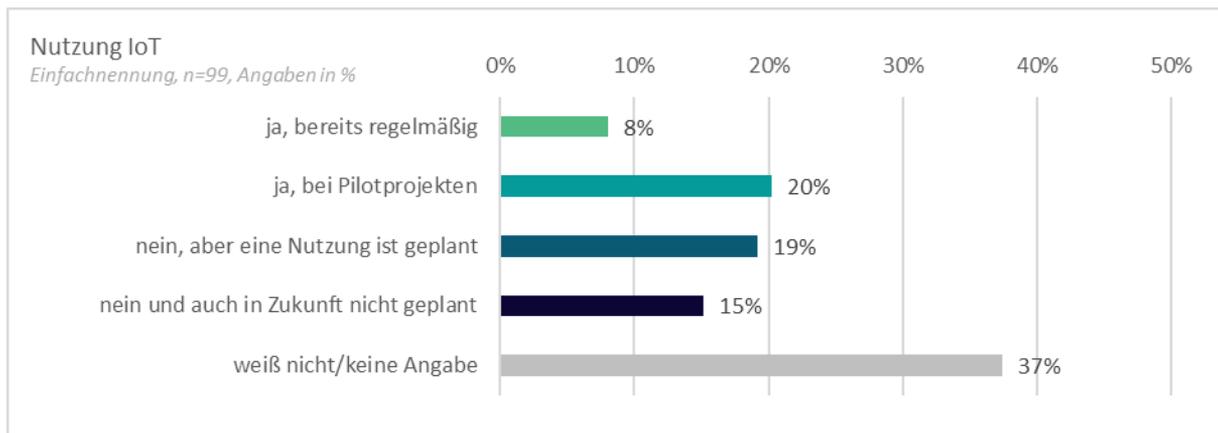


Abbildung 48: Umfragediagramm, Nutzung Internet of Things, ©Digital Findet Stadt

## Kategorisierung Technologie- und Marktreife

Obwohl IoT Anwendungen vor allem im Gebäudebetrieb bereits seit mehr als 20 Jahren in Anwendung sind, wird der technologische Reifegrad, der eine breite Nutzung ermöglichen würde, entsprechend Abbildung 49 mit durchschnittlich 4,1 Punkten als verhältnismäßig niedrig bewertet. Im Gegensatz dazu wird das Marktpotential aber mit 6,4 Punkten als relativ hoch eingeschätzt, vor allem von Nutzern oder Befragten mit geplanter Nutzung.

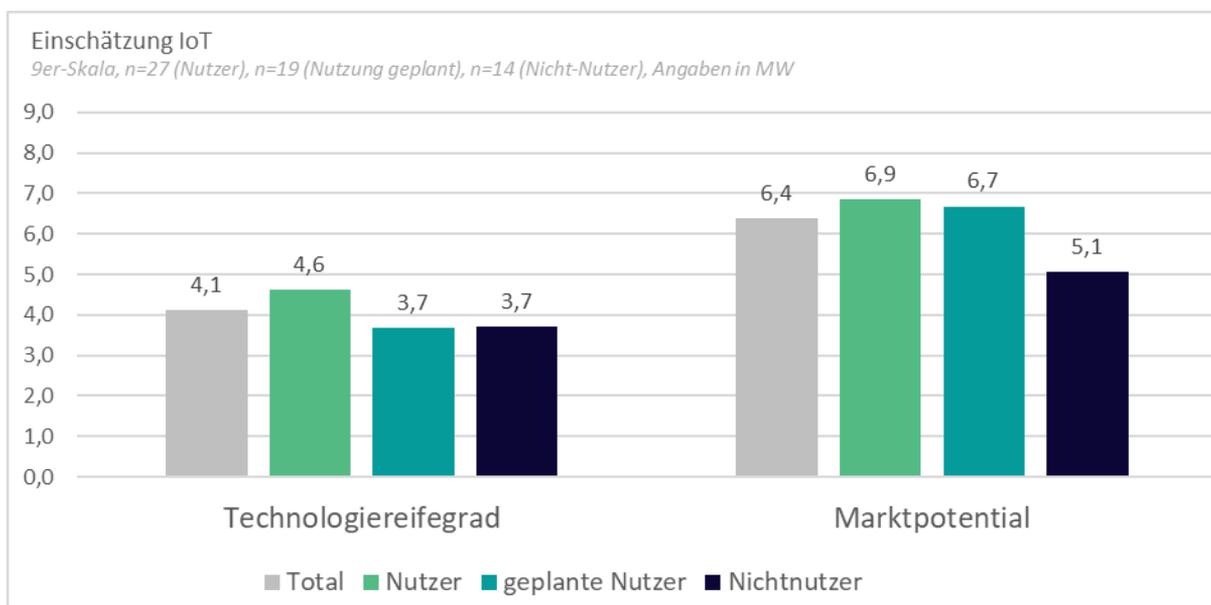


Abbildung 49: Umfragediagramm, Einschätzung Internet of Things, ©Digital Findet Stadt

## 5.4.2. Technologiebeschreibung



Abbildung 50: Internet of Things, iStock, © metamorworks

Internet of Things (IoT) ist das Konzept, Geräte, Sensoren, Fahrzeuge usw. mit dem Internet zu verbinden und so Kommunikation, Fernsteuerung, Datenaustausch und dgl. zu ermöglichen. Aus diesem Grund ist IoT immer mit Sensorik verknüpft<sup>27</sup>. Gleichzeitig ist die IoT-Technologie eng mit dem Konzept des Cloud Computing verflochten, d.h. mit externen Servern, die mit Speicherkapazität und spezifischer Datenverarbeitungssoftware ausgestattet sind. Durch die Nutzung von Cloud Computing kann IoT Daten von verschiedenen physischen Geräten (z. B. Sensoren, Arbeitsmaschinen usw.) sammeln und die Analyse und/oder Speicherung dieser Daten in die Cloud auslagern. Erst die Anwendung von IoT ermöglicht es, Prozesse intelligent, bedarfsabhängig zu steuern und laufend zu optimieren.

### 5.4.3. Voraussetzungen

Die wichtigste Voraussetzung für den Einsatz von IoT und der damit verbundenen Sensorik ist eine stabile und leistungsstarke Internetverbindung. Der Breitbandausbau muss so voranschreiten, dass alle Regionen gleichermaßen das Internet der Dinge nutzen können und davon profitieren.

Außerdem muss der Datenschutz und die Datensicherheit insoweit vorangetrieben werden, dass sowohl Firmen, als auch Privatanutzer, den neuen Technologien und Geräten überhaupt vertrauen können. Es ist nötig, alles zu unternehmen, damit die vorhandenen Daten sicher sind und dass Hacker keinen Zugriff darauf erlangen können.

---

<sup>27</sup> EUROPEAN COMMISSION, „Supporting digitalisation of the construction sector and SMEs“ (EUROPEAN COMMISSION, 2019).

#### 5.4.4. Anwendungsfälle

Während der Bauphase kann IoT von Projektmanagern und Bauleitern verwendet werden, um die Sicherheit der Arbeiter zu überwachen. Ein System vernetzter Sensoren stellt sicher, dass keiner der auf der Baustelle befindlichen Personen gefährlichen Stoffen oder Situationen ausgesetzt wird.

Durch die Verbindung von Baumaschinen mit der Cloud ermöglicht IoT die Fern-Verwaltung bzw. Überwachung des Fuhrparks und des Bauprozesses<sup>28</sup>. Die Prozesse rund um schwere Maschinenarbeit, wie beispielsweise beim Erdaushub, können durch eine IoT-fähige Maschinen dokumentiert und optimiert werden. IoT ermöglicht es, Baumaschinen effektiver und autonomer zu betreiben. IoT kann diese Maschinen so steuern, dass sie mit größerer Präzision und minimaler menschlicher Beteiligung funktionieren. Die Systeme sind in der Lage, Bedienern stetig Informationen über den Gerätezustand zu liefern, um unerwartete Ausfälle und Fehlfunktionen frühzeitig anzuzeigen bzw. diese zu vermeiden.

Während der Betriebsphase von Gebäuden können Facility Manager und Gebäudeeigentümer IoT verwenden, indem Geräte mit Sensorik für Raumklimatik, Anwesenheitserkennung, Akustik, Belichtung, Vibration oder elektrischer Leistungsmessung mit Aktoren für Heizung, Lüftung und Klima verbunden werden, um das Gebäude und dessen Komponenten zu überwachen und bedarfsgeführt und effizient zu betreiben.

Schließlich kann IoT die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen unterstützen<sup>29</sup>. Genauer gesagt ermöglicht IoT durch den Einsatz sensorbasierter Tools die Überwachung der Abfallmengen und in Kombination mit Bilderkennung auch von Abfalltypen vor Ort. Darüber hinaus kann die Verwendung vernetzter Sensoren die Möglichkeit bieten, Echtzeit-Daten zur Abfallbewirtschaftung zu erhalten und diese für die Berichterstattung sowie für die Entwicklung automatisierter Abfallrecyclingprotokolle, von Sortieranlagen oder von bedarfsgeführter Logistik zu nutzen<sup>30</sup>.

Der beliebteste Anwendungsfall unter den hier Befragten, ist nach Abbildung 51 auch jener mit dem wahrscheinlich größten Potential: der Einsatz von IoT und Sensorik in der Betriebsführung. Dies liegt auf der Hand, denn dieser Anwendungsfall wirkt sich direkt auf den Wert des Gebäudes aus. Die Einbeziehung von IoT gestützten Gebäudeautomatisierungssystemen kann zu einer Steigerung des Wiederverkaufswerts um bis zu 17 % führen, Mietpreise können auf Grund von Energieeinsparungen von bis zu 30% angepasst werden, was in Summe zu höheren Nettobetriebsergebnissen für Eigentümer und Betreiber führt<sup>31</sup>.

Allgemein ist zu beobachten, dass sich IoT-Anwendungen noch nicht stark in Verwendung befinden, jedoch wird von einer signifikanten Anzahl von Unternehmen eine zukünftige Nutzung bereits geplant. Die intelligente und bedarfsgerechte Betriebsführung, die Baustellenüberwachung von

---

<sup>28</sup> Naveen Joshi, „Transforming the construction industry with IoT“, 14. August 2019, <https://www.allerin.com/blog/transforming-the-construction-industry-with-iot>, 2022-01-26 13:30:43.

<sup>29</sup> Zhijia You u. a., „An Informatization Scheme for Construction and Demolition Waste Supervision and Management in China“, *Sustainability* 12, Nr. 4 (23. Februar 2020): 1672, <https://doi.org/10.3390/su12041672>.

<sup>30</sup> Institute of Construction Materials und Farid Sartipi, „Influence of 5G and IoT in Construction and Demolition Waste Recycling – Conceptual Smart City Design“, *Journal of Construction Materials* 1, Nr. 4 (2. Juli 2020), <https://doi.org/10.36756/JCM.v1.4.1>.

<sup>31</sup> Frost & Sullivan, „New Building Constructions and Strict Energy-Use Norms Fuel Demand for Building Automation Systems in Europe“, *Frost & Sullivan (blog)*, 5. Dezember 2019, <https://www.frost.com/news/new-building-constructions-and-strict-energy-use-norms-fuel-demand-for-building-automation-systems-in-europe/>.

Gerätschaften verbunden mit optimierter Baulogistik, die Baufortschrittskontrolle und die digitale Inbetriebnahme stehen aus Sicht der Befragten dabei an erster Stelle.

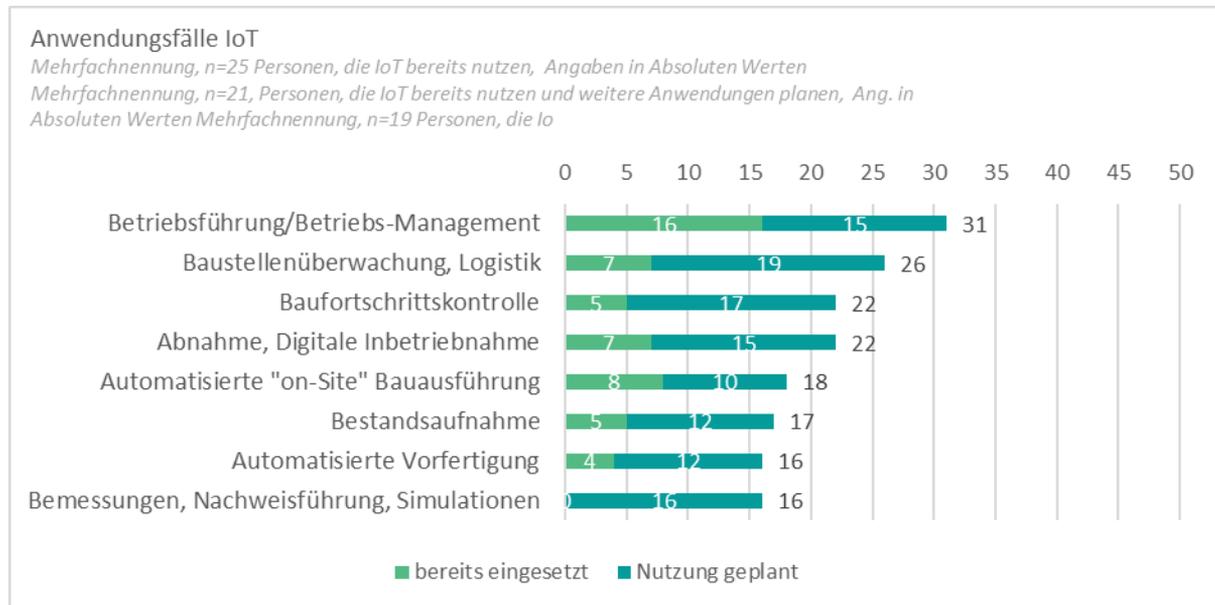


Abbildung 51: Umfragediagramm, Anwendungsfälle Internet of Things, ©Digital Findet Stadt

#### 5.4.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen

Durch den Einsatz von IoT können Bauprozesse in kürzerer Zeit abgeschlossen werden, ohne die Bauqualität zu beeinträchtigen. Studien haben den Einsatz von IoT in Bauprojekten mit einer geschätzten durchschnittlichen Kosteneinsparung von etwa 22 – 29 % der gesamten Projektkosten in Verbindung gebracht <sup>32</sup>.

Im Gebäudebetrieb können IoT-Komponenten für die Kommunikation mit Versorgungsunternehmen verwendet werden, um den Energieverbrauch und die Stromerzeugung effektiv aufeinander abzugleichen und somit Stromnetze zu entlasten. Allein durch Optimierung der Gebäudesteuerung lassen sich der Nutzerkomfort im Gebäude erhöhen und der Energieverbrauch reduzieren. Vor allem im Gebäudebestand ist großes Potential zu erwarten.

Im Bereich der Wiederverwertung bzw. Entsorgung von Baurestmassen trägt eine Bestimmung der zu erwartenden Abfallmengen und -arten zur logistischen Optimierung des Entsorgungs- bzw. Wiederverwertungsprozesses bei <sup>33</sup>.

Die Umfrage nach Abbildung 52 zeigt dass sich Anwender vor allem eine Steigerung der Arbeitseffizienz erwarten. Damit verbunden stehen Zeit- und Kostenreduktionen als auch Materialeinsparungen durch optimierte Baulogistik. Zu beobachten ist, dass das Vertrauen in IoT-Anwendungen von Unternehmen, die diese Technologie bereits nutzen, größer ist, als das von jenen Unternehmen, die eine Nutzung erst planen.

<sup>32</sup> Arka Ghosh, David John Edwards, und M. Reza Hosseini, „Patterns and Trends in Internet of Things (IoT) Research: Future Applications in the Construction Industry“, *Engineering, Construction and Architectural Management* 28, Nr. 2 (23. August 2020): 457–81, <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2020-0271>.

<sup>33</sup> Digiteum Team, „How Is IoT Changing the Construction Industry?“, *Digiteum*, 30. März 2020, <https://www.digiteum.com/iot-construction-industry/>.

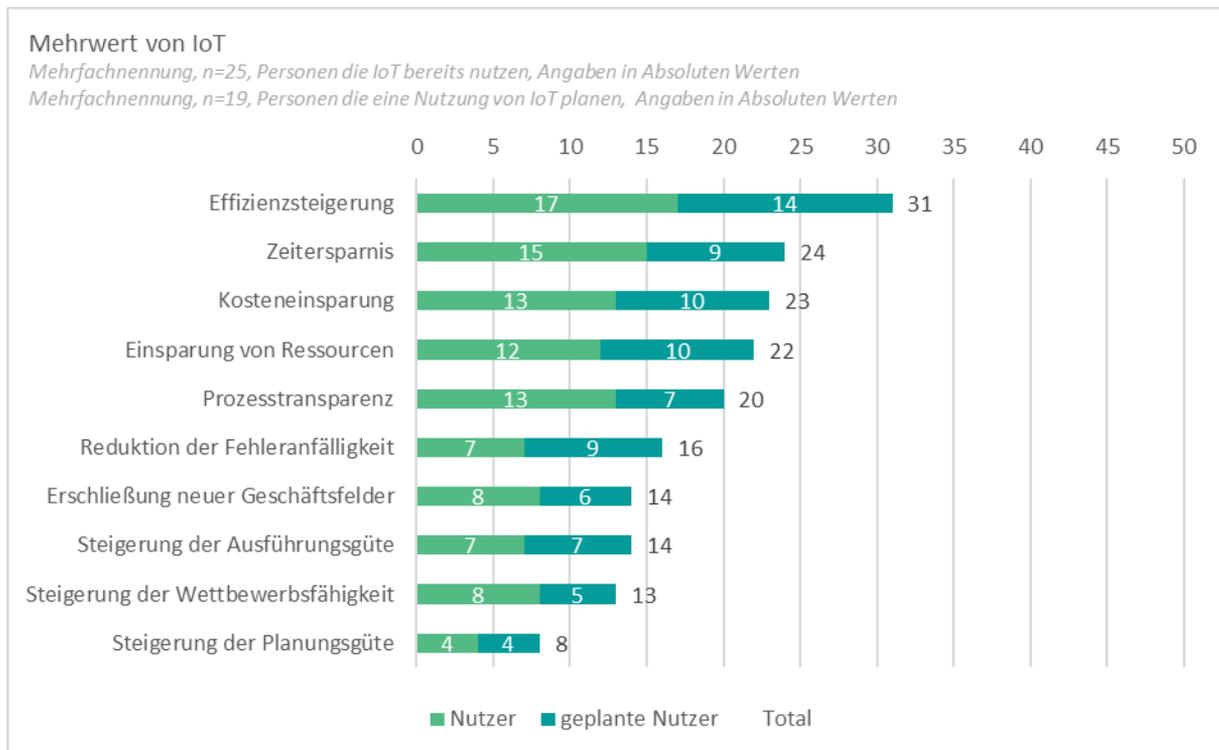


Abbildung 52: Umfragediagramm, Mehrwert Internet of Things, ©Digital Findet Stadt

#### 5.4.6. Herausforderungen

Aufgrund der Auswirkungen der digitalen Transformation in all unseren Lebensbereichen, hat die Angriffsfläche für Cyber-Kriminalität stark zugenommen. So wird geschätzt, dass es 2019 weltweit etwa 14 Milliarden IoT-verbundene Geräte gab und dass die Anschlusszahl im Jahr 2022 bereits mehr als 25 Milliarden erreichen wird<sup>34</sup>. Die Sicherstellung zugriffssicherer IT-Systeme und des Thema Datensicherheit im Allgemeinen werden daher eine systemrelevante Bedeutung erreichen – auch in der Bau- und Immobilienwirtschaft.

In der Umfrage wurde die Datensicherheit aus der Sicht der Anwender:innen jedoch nicht als primäre Herausforderung genannt. Das Bewußtsein über deren Bedeutung scheint nicht sehr hoch ausgeprägt, bzw. werden bestehende Lösungen offenbar als sicher eingeschätzt.

An oberster Stelle der Umfrage zu Herausforderungen stehen hingegen das komplexe Schnittstellenmanagement von IoT Systemen, dicht gefolgt vom Mangel an Fachpersonal und dem Aufbau notwendiger Kompetenzen und der Implementierung der Technologien in den Unternehmensprozessen (Abbildung 53). Auch hier zeigt sich also, dass komplexe technische Systeme nur dann vom Markt angenommen werden, wenn Interoperabilität auf Basis guter Standards gewährleistet ist, und damit die Einbettung in bestehende Unternehmens- und Arbeitsprozesse mit relativ wenig Aufwand erfolgen kann. Dies ist selbst dann der Fall, wenn grundsätzlich ein hohes Potential für eine Steigerung der Arbeitseffizienz und Senkung von Kosten gesehen wird.

<sup>34</sup> „Gartner Identifies Top 10 Strategic IoT Technologies and Trends“, Gartner, zugegriffen 26. Jänner 2022, <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-07-gartner-identifies-top-10-strategic-iot-technologies-and-trends>.

Unter den Nicht-Nutzer:innen werden hohe Investitionskosten gescheut. Die Nutzer:innen der Technologie berichten von hohen Zeitaufwänden in Pilotprojekten und dem nötigen Kompetenzaufbau – ein Zögern vor dieser Investition erscheint folglich nachvollziehbar.

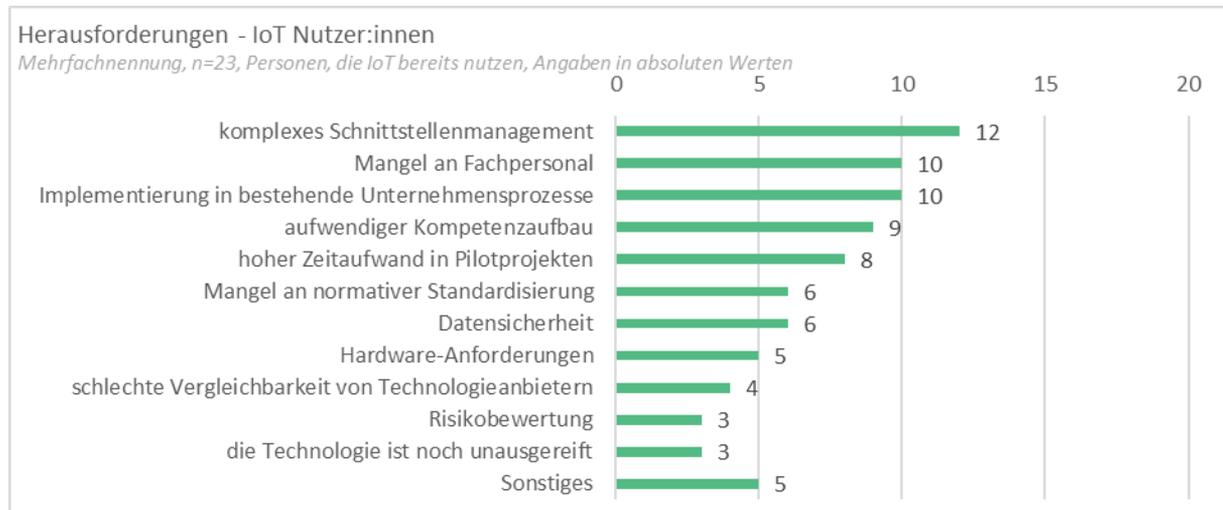


Abbildung 53: Umfragediagramm, Herausforderungen IoT Nutzer:innen, © Digital Findet Stadt

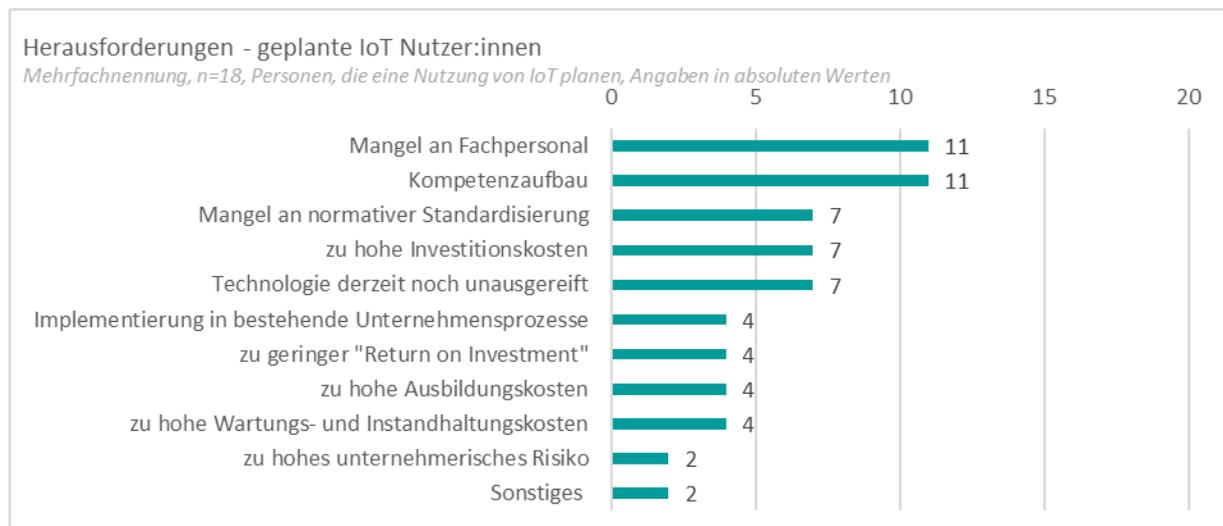


Abbildung 54: Umfragediagramm, Herausforderungen geplante IoT Nutzer:innen, © Digital Findet Stadt

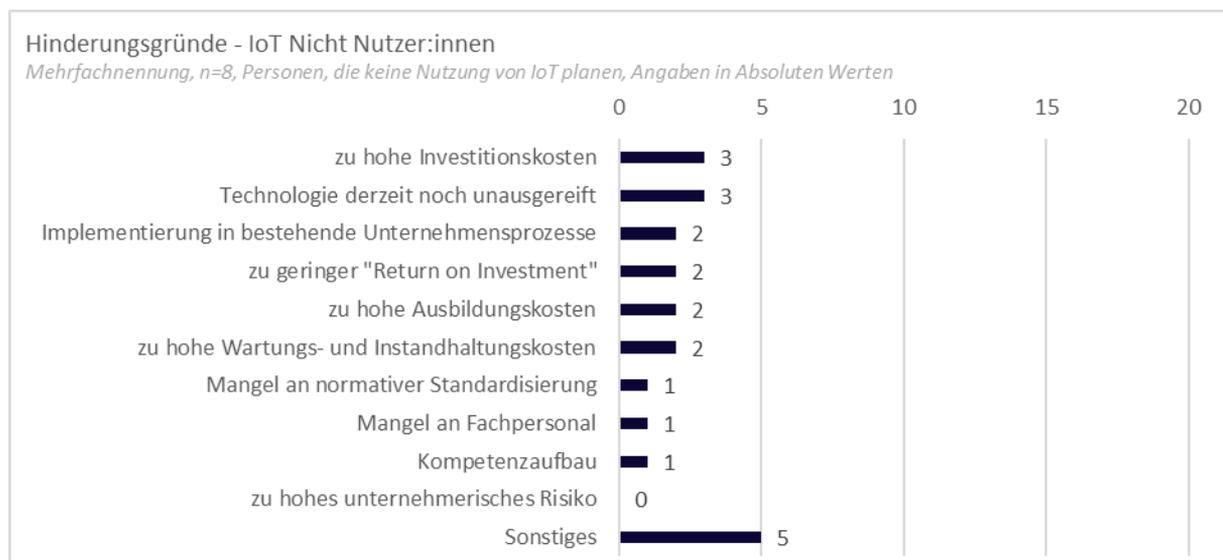


Abbildung 55: Umfragediagramm, Hinderungsgründe IoT nicht Nutzer:innen, © Digital Findet Stadt

## 5.5. Virtual Reality/Augmented Reality

### 5.5.1. Steckbrief



**Technologiereifegrad**

(5,1 Punkte, siehe Abbildung 61)



**Marktpotential**

(6,4 Punkte, siehe Abbildung 61)

#### Mehrwert

- ✓ Steigerung der Planungsgüte
- ✓ Effizienzsteigerung
- ✓ Reduktion der Fehleranfälligkeit

#### Herausforderungen

- ✗ Hardware-Anforderungen
- ✗ Mangel an Fachpersonal
- ✗ Implementierung in bestehende Unternehmensprozesse

Abbildung 56: Mehrwert und Herausforderungen – VR/AR, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 57: Technologiereifegrad und Marktpotential– VR/AR, ©Digital Findet Stadt

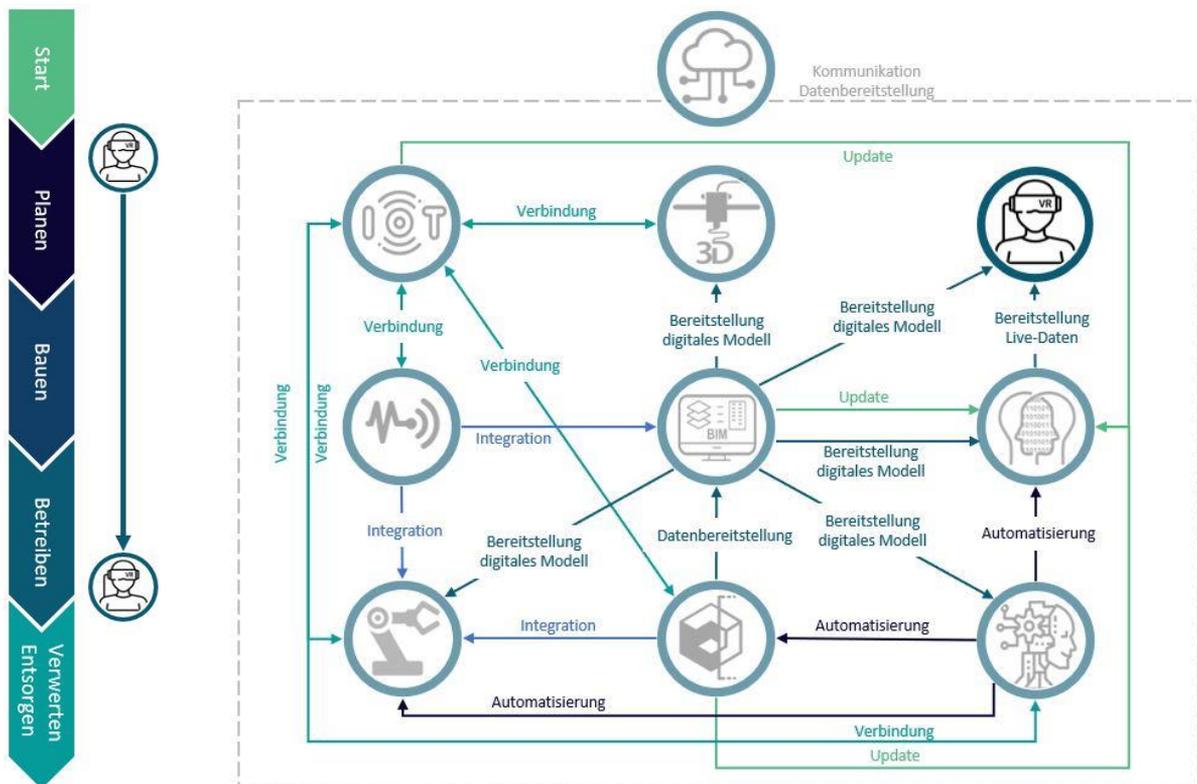


Abbildung 58: Lebenszyklusdiagramm – VR/AR, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 59: Prozesslandkarte – VR/AR, ©Digital Findet Stadt

## Verortung im Lebenszyklusdiagramm

Die Möglichkeiten der virtuellen und erweiterten Realitäten werden vorzugsweise im Bereich des Marketings und der Orientierung im 3D-Modell bzw. Gebäude angewendet. So fallen diese Use Cases hauptsächlich in die Planungs- und Betriebsphase des Lebenszyklus. Aber auch in der Bauphase kann diese Technologie genutzt werden, um beispielsweise Bauprozesse und Baufortschritt zu visualisieren.

## Nutzung der Technologie

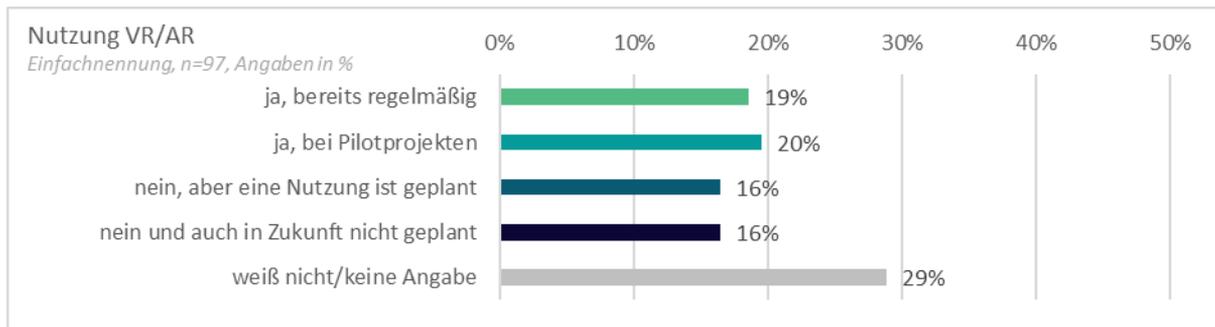


Abbildung 60: Umfragediagramm, Nutzung VR/AR, ©Digital Findet Stadt

39% der Umfrage-Teilnehmer:innen nutzen in der Kommunikation oder in Prozessen bereits die Unterstützung von VR und AR. Weitere 16% planen die Einführung der Technologie, und nur 16% der Befragten lehnen die Anwendung auch zukünftig ab (Abbildung 60). Bei rund einem Drittel scheint noch Informationsbedarf zu den möglichen Nutzungen und Chancen der Anwendungen zu bestehen.

Insgesamt ist die Technologie zur visuellen Darstellung von Daten und Informationen aber am Markt bekannt und findet bereits eine vergleichsweise häufige Anwendung.

## Kategorisierung Technologie- und Marktreife

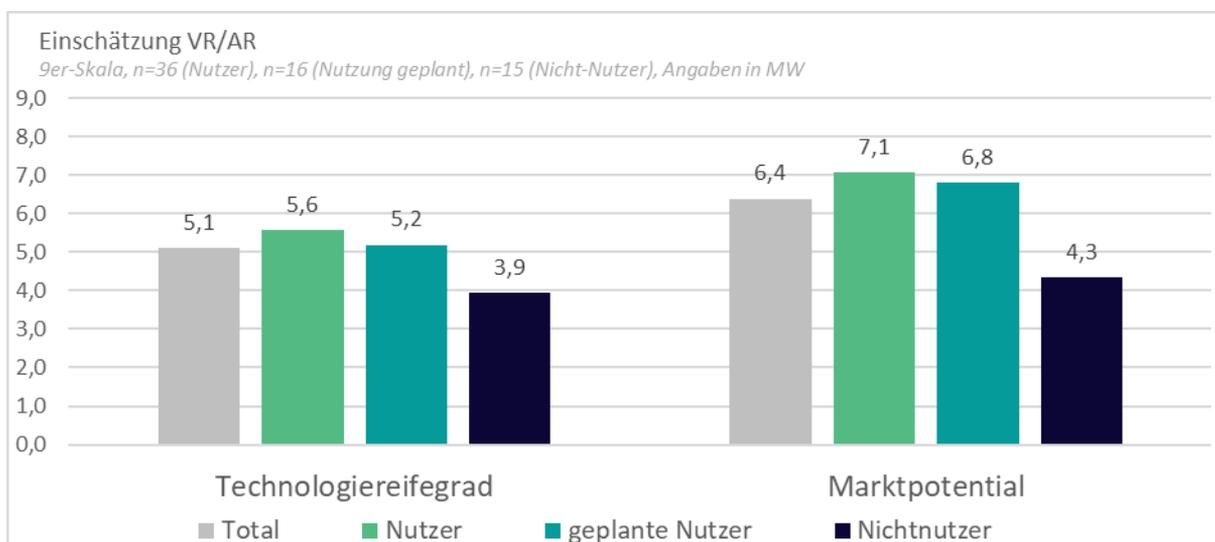


Abbildung 61: Umfragediagramm, Einschätzung VR/AR, ©Digital Findet Stadt

Entsprechend Abbildung 61 platzieren die Nutzer:innen von VR/AR den Reifegrad der Technologie im Mittelfeld, das bedeutet durchaus brauchbar, aber noch nicht fertig ausgereift. Das Marktpotential wird hingegen als relativ hoch eingeschätzt.

## 5.5.2. Technologiebeschreibung



Abbildung 62: Demonstration einer VR Brille, Digital Findet Stadt, ©Leo Hagen

Die virtuelle Realität (VR) und die erweiterte Realität (AR) sind technisch ähnliche Anwendungen, dennoch gibt es eine klare Abgrenzung der beiden Technologien.

Bei der VR nimmt der Nutzer die reale Umwelt nicht mehr wahr. Er taucht mit Hilfe von beispielsweise einer VR-Brille, in eine computergenerierte, künstlich erschaffene 3D-Welt ein. Die Qualität der Wahrnehmung und des Erlebnisses hängen stark von der Art der Gestaltung der 3D-Animation oder der 3D-Visualisierung ab. Dabei kann die virtuelle Welt gesehen, gehört und somit „gespürt“ werden. Die Nutzer:in bewegt sich in einem 360° Raum, kann sich in diesem bewegen, umschauen und bestenfalls mit der virtuellen Umgebung interagieren. Dabei nimmt er:sie die reale Umgebung nicht mehr wahr. Eine der einfachsten Anwendungen sind 360° Bilder, wie wir sie z.B. von Google Street View kennen. Wir haben das Gefühl vor Ort zu sein und können eine weit entfernte Situation oder eine fiktiv gestaltete Welt „erleben“. Dabei gibt es unterschiedliche Perspektiven innerhalb der 360° Videos: Bei der silent observer und silent participant Perspektive gibt es keine Interaktion, der:die Anwender:in sieht den Boden oder den eigenen Körper. Bei den interaktiven Perspektiven wird, die des acting observers und die des acting participants unterschieden.

Die erweiterte Wirklichkeit, Augmented Reality (AR), nutzt die reale Welt und addiert bzw. überblendet zusätzliche Informationen. Dies geschieht beispielsweise auf dem Smartphone, einem Tablet oder einem Holographie-System, z.B. einer AR-Brille. Die Technologie ermöglicht somit eine „sichtbare“ Anreicherung der Umgebung mit Informationen. Der:Die Nutzer:in bewegt sich im realen Raum und bekommt zusätzliche Informationen durch Texte, Grafiken, Animationen und statische oder bewegte 3D-Objekte. Eine bekannte und beliebte Anwendung ist z.B. das Spiel „Pokemon Go“, bei dem die virtuellen Pokemons in der realen Umgebung eingesammelt werden. Auch das Einblenden in der Fußball-Übertragung von Freistoßentfernungen ist strenggenommen AR, auch

wenn das interaktive Element fehlt. Die Vermischung der beiden Systeme wird als Mixed Reality definiert.

### **5.5.3. Voraussetzungen**

Leistungsstarke Rechner sind für ein gutes Erlebnis in der virtuellen und augmentierten Realität unabdingbar. Nicht zuletzt auch um motion-sickness der Nutzer:innen zu verhindern, die dann auftritt wenn Abläufe nicht flüssig sind oder den Eindrücken unserer Sinnesorgane widersprechen. Zusätzliche Hardware wie Controller, VR-Brille oder VR-Handschuh ermöglichen die Bewegung und Interaktion in der 3D-Welt.

Um AR-Anwendungen aufzubauen, bedarf es vor allem einer guten Kameratechnik, Trackinggeräte und Unterstützungssoftware. Die Anwendung an sich sollte so simpel wie jede andere smarte Anwendung per App am Tablet oder Smartphone funktionieren.

### **5.5.4. Anwendungsfälle**

Die Möglichkeiten der VR und AR können für Simulationen in Ausbildungsprogrammen und zu Trainingszwecken verwendet werden, sie können aber auch für die virtuelle Vorstellung von Produkten oder eben Gebäuden herangezogen werden. Die Visualisierung während der Planungsphase ist ein häufig genutzter Anwendungsfall (Abbildung 53 und Abbildung 63). Virtuelle Begehungen von Räumen vermitteln Atmosphäre und informieren über geplante Details oder beispielsweise Raumfolgen. Entwürfe und Planungsvarianten lassen sich im dreidimensionalen Raum wesentlich besser und vor allem von Nicht-Experten einfacher bewerten als auf einem ausgedruckten 2D-Plan.

An virtuelle Online-Messen sind einige Industriesparten mittlerweile gewöhnt und natürlich wird VR im Freizeitbereich zur Unterhaltung und bei Spielen eingesetzt. Der spielerische Umgang mit Daten wird gerne auch mit AR verknüpft und in der Navigation und Führung eingesetzt. Im Bauprozess werden Inspektionen, Baufortschrittskontrollen und Instandhaltungen auf diese Weise dokumentiert und bewertet. Dies ist nicht nur für das Mängelmanagement ein Vorteil, sondern auch die ÖBA (Örtliche Bauaufsicht) mit Tablet keine Seltenheit mehr.

Etwas abgeschlagen ist erneut, die Anwendung der Technologie im Gebäudebetrieb. Hier wird sie nur halb so oft eingesetzt, wie in der Planung. Dabei könnte die räumliche Darstellung und Verortung von Betriebsdaten gerade auch im Facility Management großen Mehrwert leisten.

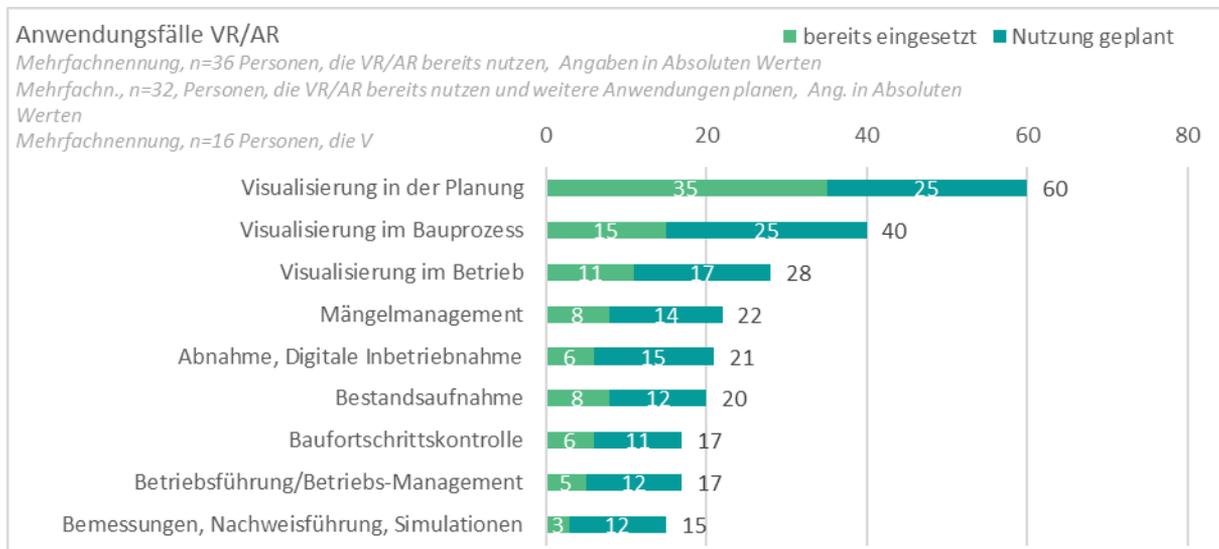


Abbildung 63: Umfragediagramm, Anwendungsfälle VR/AR, ©Digital Findet Stadt

### 5.5.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen

Neben dem Zeitgewinn durch direkte Informationsvermittlung in den unterschiedlichen Realitäten, erleichtert die kontextuelle Darstellung der computer-generierten Informationen die Kommunikation erheblich. Das „virtuelle Ausprobieren“ ist nicht nur für den Bauherren eine Bereicherung, die Planungsgüte kann gesteigert werden und damit einhergehend die Effizienz in der Entscheidungsfindung, was oftmals in einen Zeitgewinn mündet (siehe Abbildung 64).

Die einfache, intuitive Nutzung, beispielsweise bei der Begehung einer Immobilie mit Hilfe zusätzlich angezeigter Informationen auf dem Tablet oder Smartphone, spricht sehr für diese Technologie. Gleichzeitig können Daten, beispielsweise Notizen, Protokolle, Kontrollblätter oder Checklisten live abgearbeitet und dokumentiert werden. Somit wird das Datenmanagement erleichtert, die Fehleranfälligkeit reduziert und die Transparenz erhöht.

Die Chancen für realitätsnahe Ausbildungsmöglichkeiten scheinen noch nicht ausgeschöpft. Der Bereich Gamification könnte hier auch Impulse in Richtung Bauwirtschaft setzen. Weitere Anwendungsfälle werden möglich <sup>35</sup>.

Im Vordergrund bleibt sicher die Erlebnisgeneration inklusive der Möglichkeit personalisierter Inhalte. Dies wird im Marketing bereits eingesetzt und vermittelt einen echten Mehrwert gegenüber einer herkömmlichen Darstellung, etwa mittels Renderings, einer beispielsweise später zu beziehenden Immobilie und erhöht somit die Wettbewerbsfähigkeit.

<sup>35</sup> „Wie funktioniert Augmented Reality?“, Technikum Wien Academy, zugegriffen 4. Februar 2022, <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-augmented-reality/>.

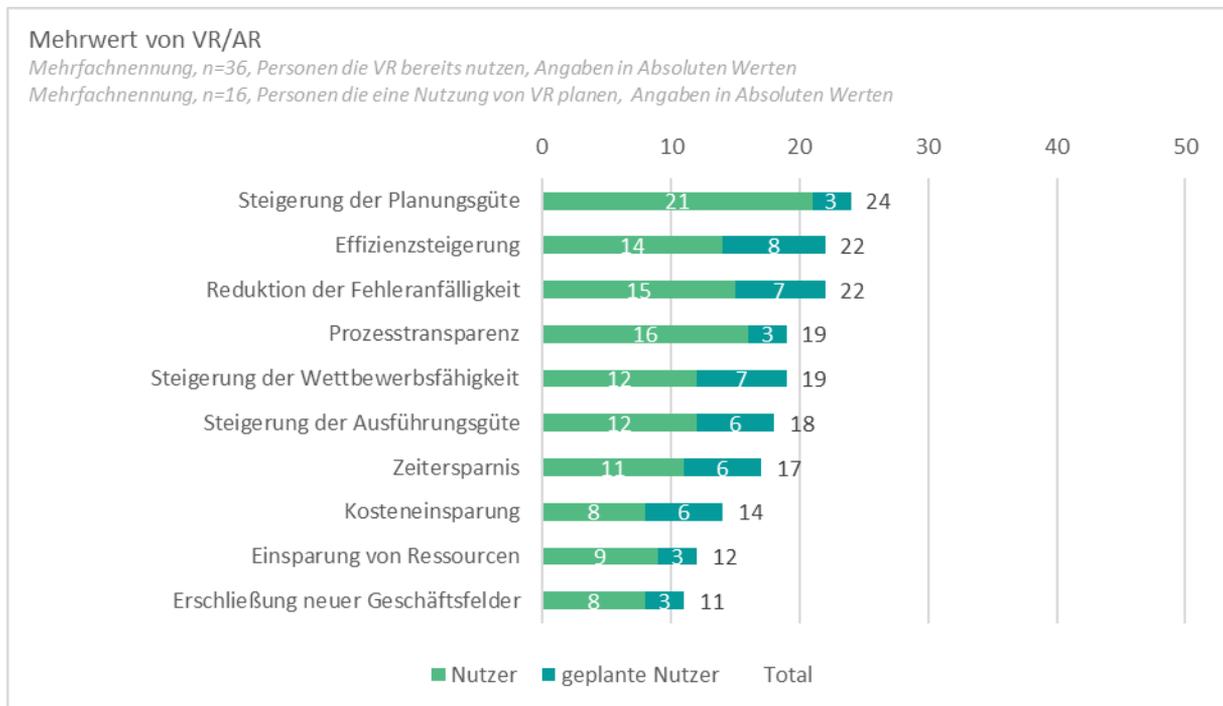


Abbildung 64: Umfragediagramm, Mehrwert VR/AR, ©Digital Findet Stadt

### 5.5.6. Herausforderungen

**Akzeptanz:** Wie bei den meisten technischen Anwendungen gilt es eine gewisse Anfangskepsis zu überwinden, um eine gute Akzeptanz für die Anwendungsmöglichkeiten der virtuellen und erweiterten Realitäten zu verzeichnen. Im Fall von VR und AR funktioniert dies oft über positive Erlebniserfahrungen der Spielszene. Das Spielen von und in Computerwelten ist den meisten Menschen mittlerweile vertraut – ganze Anwendungen setzen auf Gamification, beispielsweise in Lern-Apps oder Simulationen von speziellen Situationen (Flugsimulator, Katastrophenschutz), sodass ein spielerischer Einstieg in die Nutzung gelingt.

**Motion Sickness:** Mit Motion Sickness oder VR-Übelkeit ist besser bekannt als Reisekrankheit. So wird das Phänomen beschrieben, dass es zu Unwohlsein, Schwindel und Übelkeit kommen kann, wenn es auf Grund von Bewegungswahrnehmung und der tatsächlichen Bewegung in Relation mit der Umwelt zu einem Konflikt in der Bewertung kommt. Genauer gesagt handelt es sich um einen sensorischen Widerspruch, da das Auge etwas anderes wahrnimmt als unser Gleichgewichtssystem. Vielen ist dieses Phänomen durch passive Bewegungen bei gleichzeitigem Stillstand wie z.B. Autofahren und Buch lesen bekannt. Menschen reagieren sehr unterschiedlich, jedoch wurde in einer Umfrage von 2020 zur Nutzung von Virtual Reality-Games der Universität zu Köln und der TH Köln Motion-/Cybersickness als Hauptstörfaktor bei VR-Anwendungen genannt, weit häufiger als technische Faktoren<sup>36</sup>.

**Investition:** Die Investitionssummen sind je nach Gerät (Hardware) und Software sehr unterschiedlich, jedoch wird in den meisten Fällen der Nutzen überwiegen<sup>37</sup>. Nichtsdestotrotz gibt es

<sup>36</sup> Tomislav Bezmalinovic, „VR-Studie: So spielen Deutsche Virtual Reality“, MIXED, 2. Mai 2021, <https://mixed.de/vr-studie-uni-und-th-koeln-ergebnisse/>.

<sup>37</sup> „360 Grad Videos & Virtual Reality: Was ist das?“, Technikum Wien Academy (blog), zugegriffen 4. Februar 2022, <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-unter-360-grad-videos-und-virtual-reality-zu-verstehen/>.

einen hohen Setup- und Produktionsaufwand, der die Investitionsbereitschaft laut Umfrage gering werden lässt.

Technische Hürden, technisches Verständnis: Eine technische Herausforderung stellt in jedem Fall die hohe Datenmenge dar, die für die Nutzung von VA/AR-Anwendungen erforderlich ist. Abgesehen davon ist nicht jedes Endgerät AR kompatibel.

Die in Summe sehr hohen technischen Anforderungen sind es dann auch, die laut Umfrage nach Abbildung 65 als größte Herausforderung zu deren Implementierung gesehen werden. Nur weniger als halb so oft wurden daran anschließend die notwendigen Kompetenzen und Fachpersonal aufgeführt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass es sich bei VR/AR um Technologien handelt, die bereits relativ einfach in die gängigen Unternehmensabläufe eingebettet werden können und nur wenig Zusatzexpertise benötigen.

Bei Nicht-Nutzern wird der „Return-on-Invest“ als größter Hinderungsgrund aufgeführt. Den Unternehmen ist also ein möglicher wirtschaftlicher Vorteil der Technologie nicht bewußt.

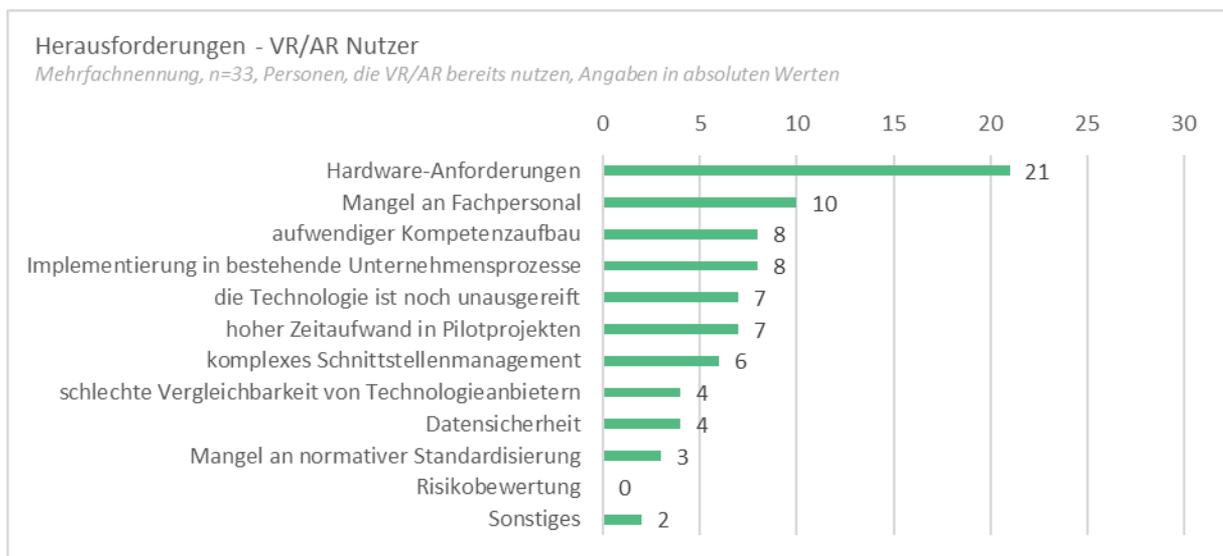


Abbildung 65: Umfragediagramm, Herausforderungen - VR/AR Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

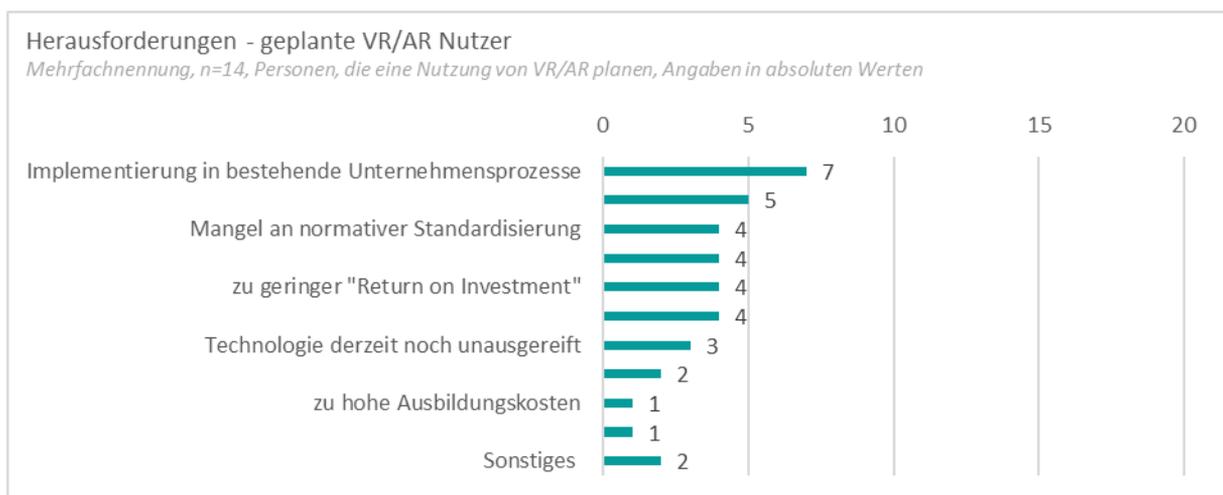


Abbildung 66: Umfragediagramm, Herausforderungen - geplante VR/AR Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

### Hinderungsgründe - VR/AR Nicht Nutzer

Mehrfachnennung, n=12, Personen, die keine Nutzung von VR planen, Angaben in Absoluten Werten



Abbildung 67: Umfragediagramm, Hinderungsgründe - VR/AR nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

## 5.6. Laserscan (Punktwolke)

### 5.6.1. Steckbrief



**Technologiereifegrad**

(5,9 Punkte, siehe Abbildung 73)



**Marktpotential**

(6,9 Punkte, siehe Abbildung 73)

#### Mehrwert

- ✓ Effizienzsteigerung
- ✓ Zeitersparnis
- ✓ Steigerung der Planungsgüte

#### Herausforderungen

- ✗ Hardware-Anforderungen
- ✗ Mangel an Fachpersonal
- ✗ komplexes Schnittstellenmanagement

Abbildung 68: Technologiereifegrad und Marktpotential - Laserscan, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 69: Mehrwert und Herausforderungen - Laserscan, ©Digital Findet Stadt

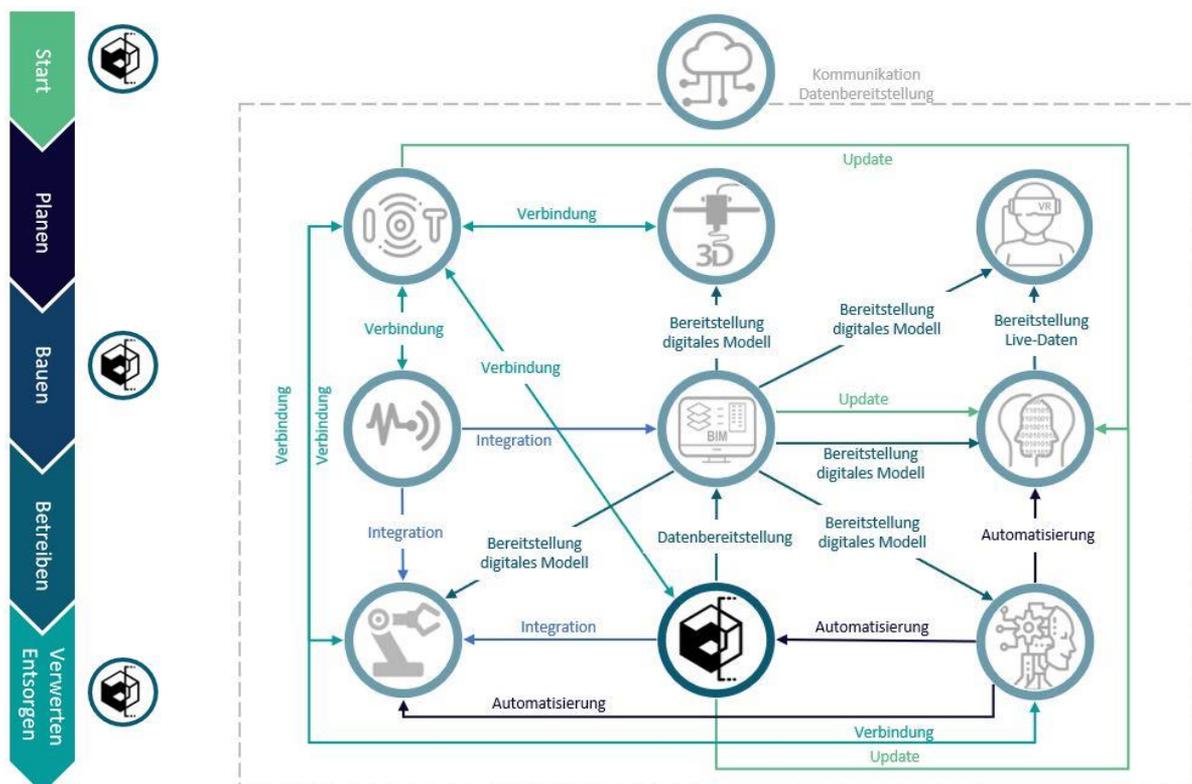


Abbildung 70: Lebenszyklusdiagramm - Laserscan, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 71: Prozesslandkarte - Laserscan, ©Digital Findet Stadt

#### Verortung im Lebenszyklusdiagramm

Der Laserscan als Werkzeug der Bauwerksdokumentation kann zur Qualitätskontrolle eingesetzt werden und verschafft ein genaues Bild von IST-Größen und Maßen, während jedes Zeitpunktes des Lebenszyklus. Er erbringt das Startsetting eines Projekts beispielsweise im Altbestand, dient als

Kontrollinstrument in der Errichtungsphase, dem Veränderungsmanagement bei Umbauten während der Betriebsführung und hilft Abbruchmassen am Ende des Lebenszyklus besser einschätzen zu können.

### Nutzung der Technologie

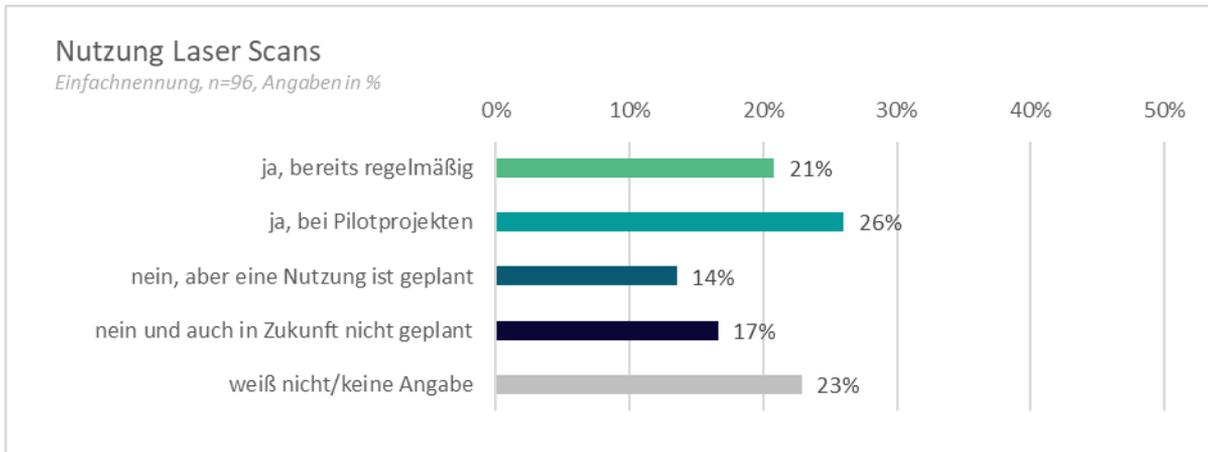


Abbildung 72: Umfragediagramm, Nutzung Laserscan, ©Digital Findet Stadt

Die Abfrage nach Abbildung 72 wie oft die Technologie bereits verwendet wird, zeigt interessanter Weise eine sehr häufige Nutzung bei Pilotprojekten. Dies lässt darauf schließen, dass aktuell großes Interesse besteht und der technologische Reifegrad auf gute Anwendbarkeit schließen lässt. Es bleibt abzuwarten, ob die gesammelten Erfahrungen dieser Projekte künftig die Nutzung der Technologie insgesamt erhöhen.

### Kategorisierung Technologie- und Marktreife

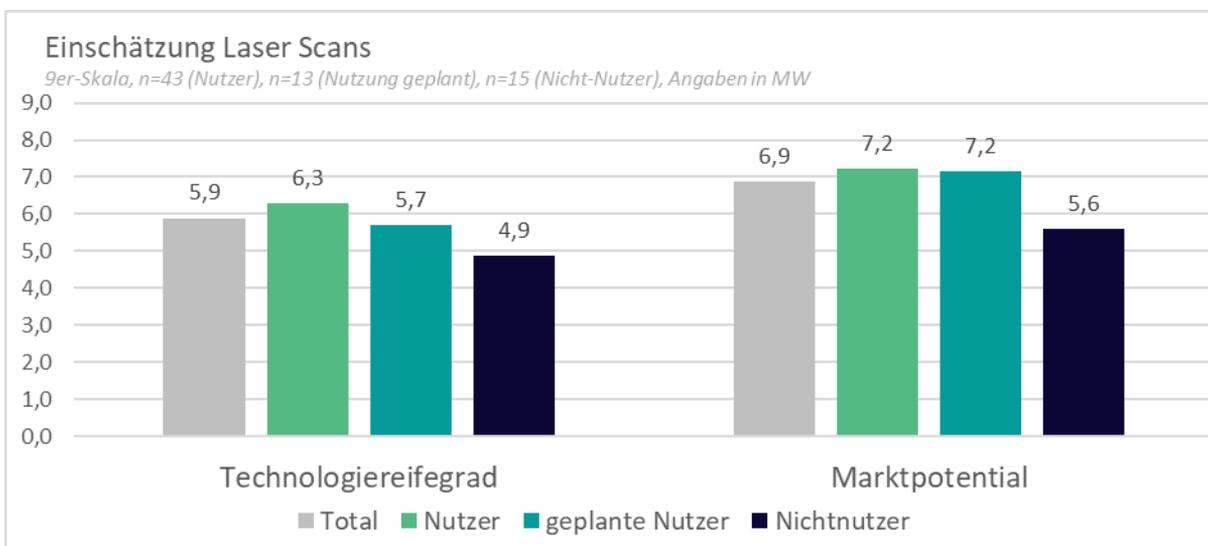


Abbildung 73: Umfragediagramm, Einschätzung Laserscan, ©Digital Findet Stadt

Die Abfrage des technischen Reifegrades und des Marktpotentials nach Abbildung 73 bestätigen das große Interesse an der Nutzung. Selbst Nicht-Nutzer bescheinigen relativ hohe Werte, was auch einen ausreichend guten Stand der Technik mit zukunftsfähiger Marktentwicklung schließen lässt.

## 5.6.2. Technologiebeschreibung



Abbildung 74: 3D Bestandsvermessung mittels terrestrischem Laserscanner eines 30.000m<sup>2</sup> großen denkmalgeschützten Gebäudes in Wien, © Meixner Vermessung ZT GmbH

Die Technik des Laserscannens wird vielfach angewandt und ist schon seit über 20 Jahren am Markt präsent. Diese technologische Überlegenheit hat den Vermessungssektor nachhaltig verändert. Die Laserscanning-Technologie wird in Architektur, Bau und Denkmalpflege eingesetzt, aber auch im Anlagenbau, Tunnelbau und der Industrie findet sie Verwendung. Dabei erzeugen die Laserscanner Punktwolken, die aus einer Ansammlung sehr vieler Messpunkte bestehen.

Es kann zwischen unterschiedlichen Methoden zur Messpunktgenerierung unterschieden werden. Dabei ist die Laserscanning-Methode, welche terrestrisch oder mobil erfolgen kann, die am häufigsten verwendete. Es werden mit Hilfe der Reflexion eines Laserstrahls 3D-Messpunkte generiert und das, mit einer Geschwindigkeit mit bis zu 2 Millionen Punkten pro Sekunde<sup>38</sup>.

Bei terrestrischen Messungen werden von einem fixierten Standpunkt aus 360° Messungen getätigt, die dann die Umgebung abbilden. Mehrere Standpunkte können miteinander verknüpft und zu einer 3D-Gebäudedokumentation zusammengeführt werden. Beim mobilen Laserscanning geschieht die Messung über Laserstrahlen und deren Reflexion in der Bewegung. Die Positionsänderungen müssen beim Erstellen der Punktwolke eingerechnet werden.

Der Laserscan unterscheidet sich von anderen Messtechniken, da er keine Erfassung von repräsentativen Punkten am Objekt vornimmt, sondern in einem regelmäßigen Raster Punkte durch Reflexion erfasst. Die Genauigkeit hängt von der Rasterdichte ab. Wenn neben geometrischen Daten

<sup>38</sup> „Punktwolken Auswertung | Laserscanning Europe“, 29. November 2021, <https://www.laserscanning-europe.com/de/content/punktwolken-auswertung#:~:text=Eine%20Punktwolke%20ist%20eine%20Ansammlung%20von%20sehr%20vielen,allesamt%20tausende%20bis%20hunderttausende%20Messpunkte%20pro%20Sekunde%20erzeugen.>

auch zusätzliche Intensitätsinformationen registriert werden, kann beispielsweise auch eine Objektunterscheidung über Farbe des Objektes erfolgen, die mit Kamerainformationen ergänzt wird.

Ein weiteres Verfahren, um eine Punktwolke zu erhalten, ist die Photogrammetrie. Hier werden von einer Drohne oder einem Handgerät Fotos angefertigt, die dann in eine Punktwolke rückgerechnet werden können.

Die Punktwolke ist die Datengrundlage für weitere Anwendungsfälle wie z.B. die Erstellung eines BIM-Modells oder die Weitergabe an den 3D-Druck.

### **5.6.3. Voraussetzungen**

Es gibt verschiedene Softwarelösungen, die dabei unterstützen, die Messergebnisse auszuwerten. Dennoch ist Fachkenntnis erforderlich. Im Fall der Photogrammetrie ist darauf hinzuweisen, dass die Softwares und deren zur Auswertung benutzten Algorithmen (KI) hoch komplex sind und eine hohe Rechenleistung erfordern, weswegen für geeignete Server- und Verarbeitungskapazitäten zu sorgen ist.

### **5.6.4. Anwendungsfälle**

Das Laser Scanning ist ein leistungsfähiges Verfahren für 3D-Vermessung und Erstellung eines digitalen Aufmaßes. Dieser Anwendungsfall wurde durch die Umfrage am österreichischen Markt klar bestätigt, siehe Abbildung 75. Die Erstellung eines BIM-Modells (As-built) für die Bauwerksdokumentation wird seltener mittels Laserscanning bewerkstelligt, was auch daran liegt, dass BIM im Bereich Bestandssanierung noch nicht in dem Ausmaß genutzt wird, wie im Neubau (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13). Gerade im Bereich der Denkmalpflege und Dokumentation gibt es hier noch viel Potential.

Im Allgemeinen sind die Anwendungsfälle zur Überprüfung des Baufortschritts und der Qualitätssicherung immer an den Abgleich im BIM-Modell gekoppelt bzw. entfalten dann auch den größten Mehrwert, weswegen diese Use Cases bereits häufige Anwendung finden.

Ein weiteres Thema im Bereich des Laserscannings sind Visualisierungen, die in verschiedenen Ebenen hilfreich sind. Von Anwendungen während des Bauprozesses zu Überprüfungszwecken oder Marketinganwendungen des Betriebs bis hin zu ganzen Stadtmodellen und den daran möglichen Simulationen.

Für die Betriebsführung erscheinen die Punktwolken entsprechend Abbildung 75 nicht sehr relevant.

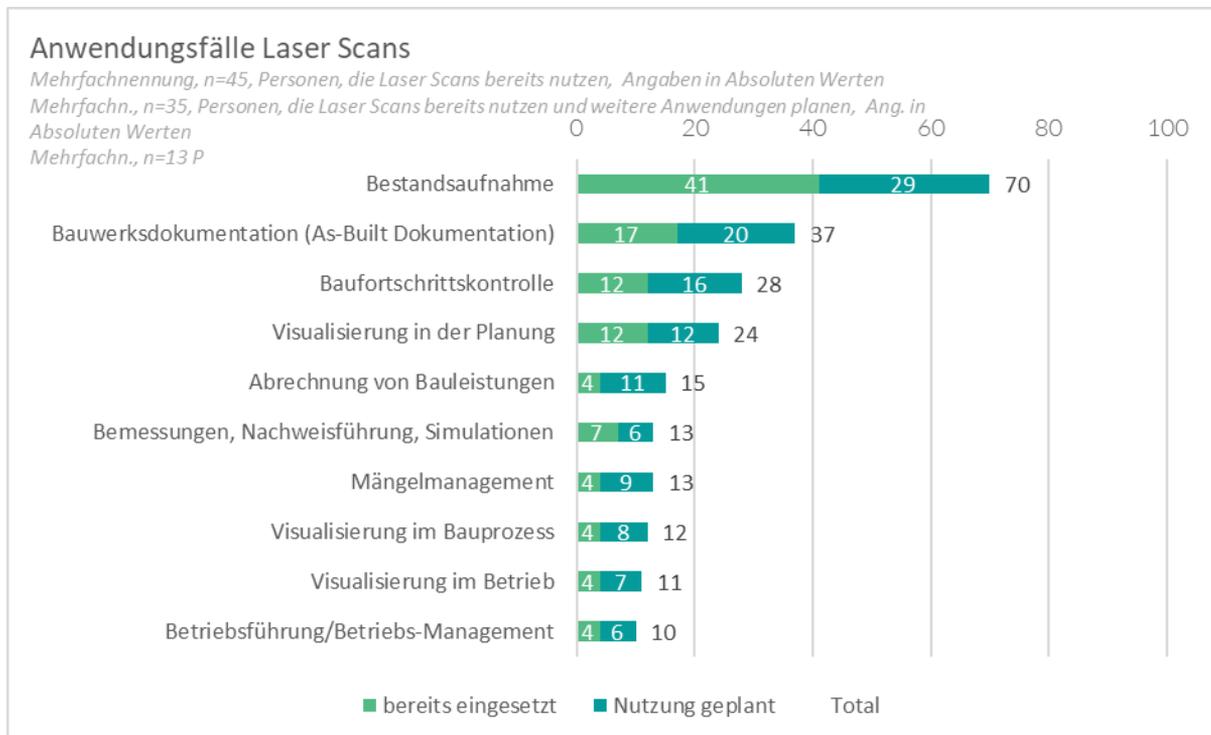


Abbildung 75: Umfragediagramm, Anwendungsfälle Lasescan, ©Digital Findet Stadt

### 5.6.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen

Die Zeitersparnis durch einen hohen Grad an Automation innerhalb der Vermessung und auch der Datenauswertung sind entsprechend Abbildung 76 der Hauptnutzen. Durch die Art der Dokumentation erhöht sich die Informationsdichte und die Qualitäten der abgeleiteten Modelle. Über den Vergleich mit BIM-Modellen gelingt eine gute Qualitätssicherung der As-built Darstellungen. Für die Kulturguterhaltung und Denkmalpflege bieten sich Chancen der Dokumentation und digitalen Archivierung. Durch den Aufbau fotorealistischer Stadtmodelle ergeben sich neue Anwendungsmöglichkeiten wie z.B. Echtzeitsimulationen, die in Planungsentscheidungen wertvollen Input leisten können.

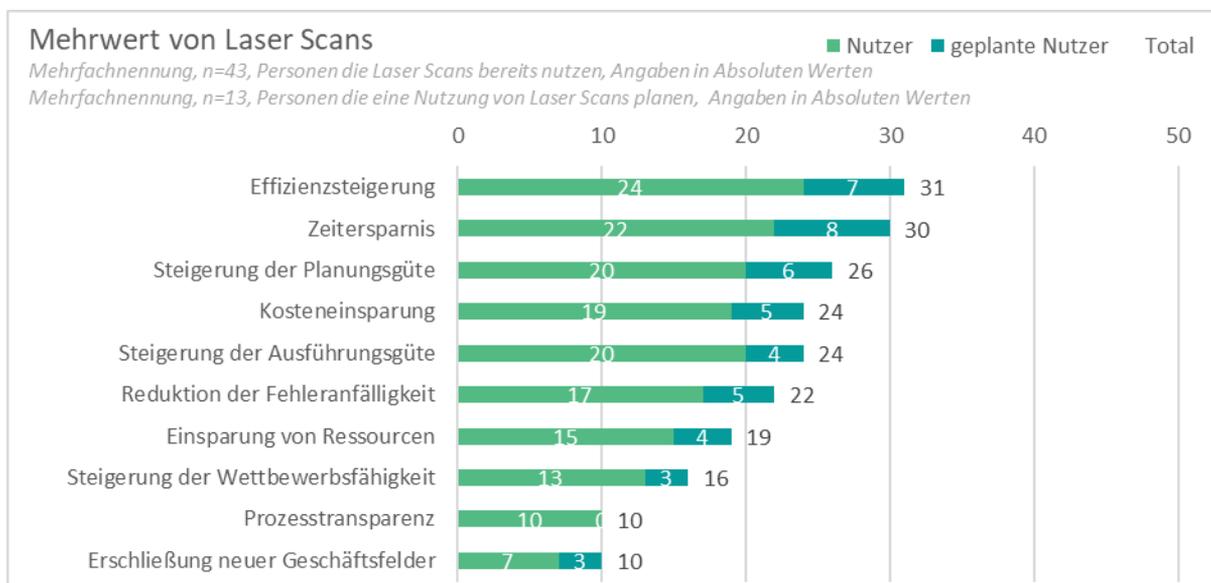


Abbildung 76: Umfragediagramm, Mehrwert Laserscan, ©Digital Findet Stadt

### 5.6.6. Herausforderungen

Die Herausforderungen des Laserscannings bzw. der Arbeit mit Punktwolken sind hauptsächlich fachlicher und technischer Natur, wenngleich auch die Anschaffung der Messausrüstung einer Investitionsentscheidung bedarf (siehe Abbildung 77). Neben neuen methodischen Kompetenzen zur Verwertung der Punktinformationen muss auch die Hardware (Scanner, Leistung, Speicher, RAM, Grafikkarte, Server etc.) und Software (Registrierung der Scans, Entnahme der geometrischen Information etc.) vorhanden sein oder angeschafft werden. Auch wenn die Durchführung der Scannings an Dienstleister vergeben wird, braucht es leistungsfähige Hardware, um die großen Datenmengen der Punktwolken flüssig bearbeiten, visualisieren und nutzen zu können.

Das „Neue“ an der Vorgehensweise mit Punktwolken gegenüber den üblichen einzelnen Messpunkten ist, dass es sich nicht um Punkt-, sondern Flächeninformationen handelt. Dabei ist die Messunsicherheit deutlich komplexer und die Bewertung dieser Teil der aktuellen Forschung<sup>39</sup>. Um aus den Daten (Punktwolke) ein 3D-Modell (BIM) erzeugen zu können, ist wiederum spezielles Fachwissen und Software erforderlich.

Die größten Herausforderungen stellt laut Umfrage somit der Dreiklang aus Ausrüstung (Hardware, Technik, Schnittstellen), kompetentem Personal und die Einbettung in Unternehmensprozesse dar.

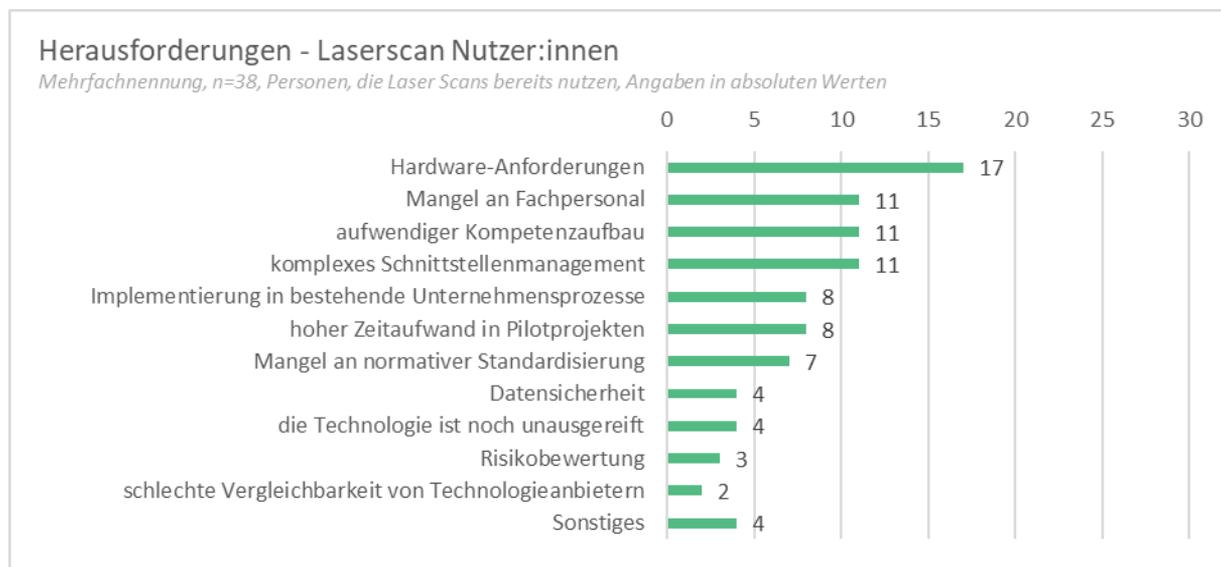


Abbildung 77: Umfragediagramm, Herausforderungen - Laserscan Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

<sup>39</sup> Christoph Holst, „Terrestrisches Laserscanning 2019: Von großen Chancen, großen Herausforderungen und großen Radioteleskopen“, *zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, Nr. 2/2019 (2019): 94–108, <https://doi.org/10.12902/zfv-0256-2019>.

### Herausforderungen - geplante Laser Scan Nutzer

Mehrfachnennung, n=10, Personen, die eine Nutzung von Laser Scans planen, Angaben in absoluten Werten



Abbildung 78: Umfragediagramm, Herausforderungen geplante Lasescan Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

### Hinderungsgründe - Laser Scan Nicht Nutzer

Mehrfachnennung, n=10, Personen, die keine Nutzung von Laser Scans planen, Angaben in Absoluten Werten



Abbildung 79: Umfragediagramm, Hinderungsgründe - Laserscan nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

## 5.7. Robotik

### 5.7.1. Steckbrief



#### Technologiereifegrad

(3,7 Punkte, siehe Abbildung 85)



#### Marktpotential

(6,2 Punkte, siehe Abbildung 85)

#### Mehrwert

- ✓ Effizienzsteigerung
- ✓ Zeitersparnis
- ✓ Einsparung von Ressourcen

#### Herausforderungen

- ✗ Technologie derzeit noch unausgereift
- ✗ Mangel an Fachpersonal
- ✗ zu hohe Investitionskosten

Abbildung 80: Technologiereifegrad und Marktpotential – Robotik, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 81: Mehrwert und Herausforderungen – Robotik, ©Digital Findet Stadt

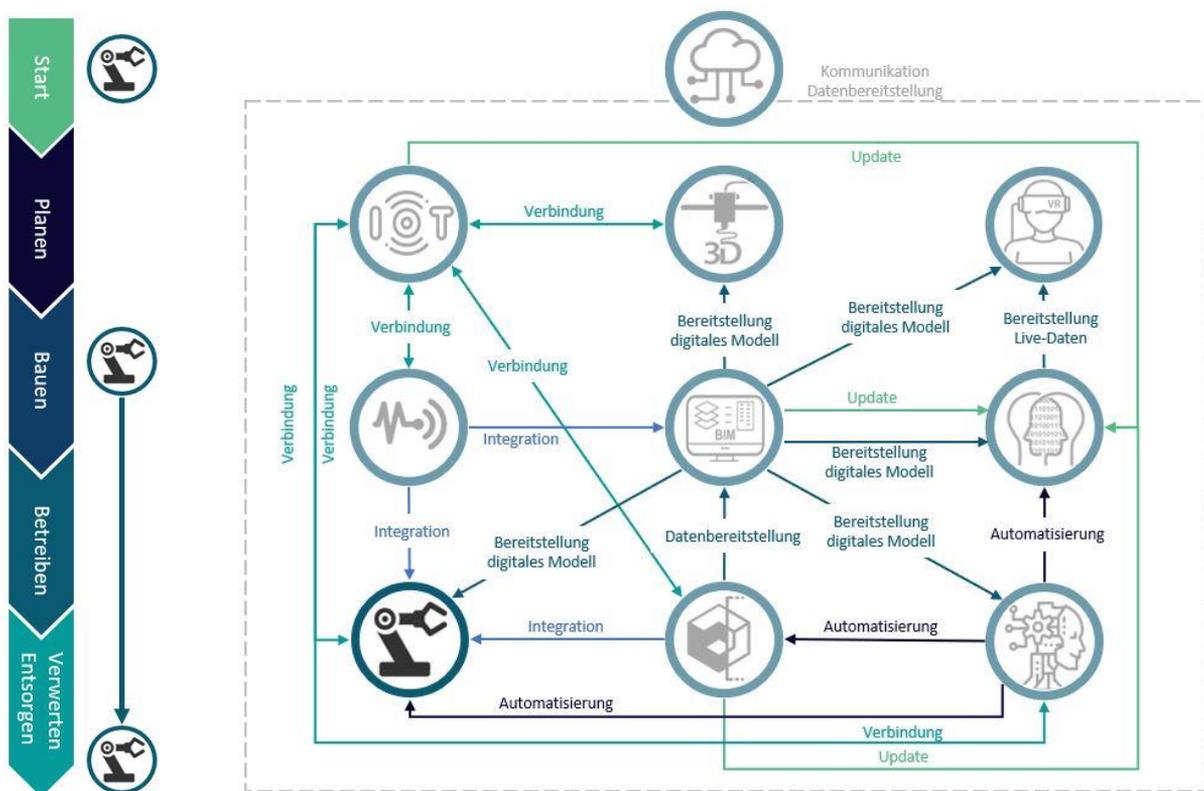


Abbildung 82: Lebenszyklusdiagramm – Robotik, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 83: Prozesslandkarte - Robotik, ©Digital Findet Stadt

## Verortung im Lebenszyklusdiagramm

Roboter haben vielfältige Anwendungen, hauptsächlich in der Bau- und Betriebsphase, aber auch in der Startphase eines Bauprojekts, bei der Schaffung von Planungsgrundlagen. In der Bauphase können Roboter menschliche Arbeiter ersetzen oder diese bei deren Aufgaben unterstützen. Während der Betriebsphase kann Robotik in Kombination mit anderen Technologien wie Sensoren oder IoT eingesetzt werden, um Komponenten des physischen Gebäudes zu motorisieren und zu automatisieren. Auch am Ende des Lebenszyklus eines Gebäudes kann Robotik in Form von autonomen Abbruchmaschinen und automatischen Sortieranlagen.

## Nutzung der Technologie

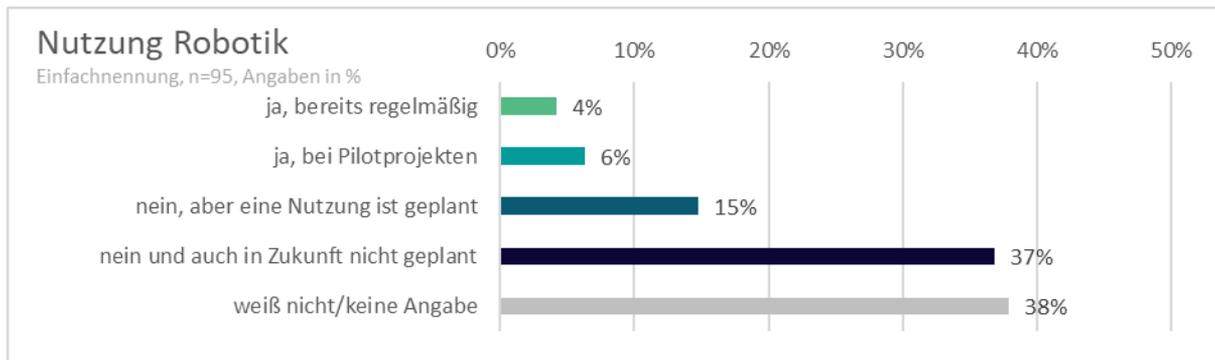


Abbildung 84: Umfragediagramm Nutzung Robotik, ©Digital Findet Stadt

Der Einsatz von Robotern auf Baustellen ist immer noch sehr begrenzt und die Marktakzeptanz steckt noch in den Kinderschuhen, aber der Roboterproduktionsmarkt wird Prognosen zufolge in den nächsten Jahren stetig wachsen <sup>40</sup>.

Robotik wird laut Umfrage in Abbildung 84 noch nicht regelmäßig genutzt. Lediglich 4% der Befragten gaben an, Robotik-gestützte Bauprozesse bereits in ihren Unternehmen eingesetzt zu haben. Rechnet man die „Nutzung bei Pilotprojekten“ und die „geplante Nutzung“ dazu, ergibt sich, dass 25% Prozent der Befragten, Robotik anwenden werden. Untermauert wird dieser Trend durch die Einschätzung des Marktpotentials (Abbildung 85), das sich mit insgesamt 6,2 von 9 Punkten auf einem sehr hohen Niveau befindet. Jene Unternehmen, die die Nutzung von Robotik planen, bewerten das Marktpotential sogar mit 7,9 Punkten. Dem gegenüber steht die Einschätzung des Technologiereifegrads, der sich auf einem eher niedrigen Niveau von 3,7 von 9 Punkten einpendelt. Das zeigt eindeutig, dass der Anwendung von Robotik ein überaus hohes Potential zugemessen wird, aber Reifegrad der Technologie noch nicht hoch genug ist, um Branchenweit eingesetzt zu werden.

## Kategorisierung Technologie- und Marktreife

Das Marktpotential wird selbst von den Nichtnutzer:innen im Mittelfeld gesehen. Viel Luft nach oben wird der Technologie seitens der Nutzer:innen zugerechnet. Jene Unternehmen, die eine Nutzung planen, bewerten das Potential mit fast 8 von 9 Punkten. Der Reifegrad wird von allen Befragten als noch nicht zufriedenstellend beschrieben.

<sup>40</sup> Juan Manuel Davila Delgado u. a., „Robotics and Automated Systems in Construction: Understanding Industry-Specific Challenges for Adoption“, *Journal of Building Engineering* 26 (November 2019): 100868, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100868>.

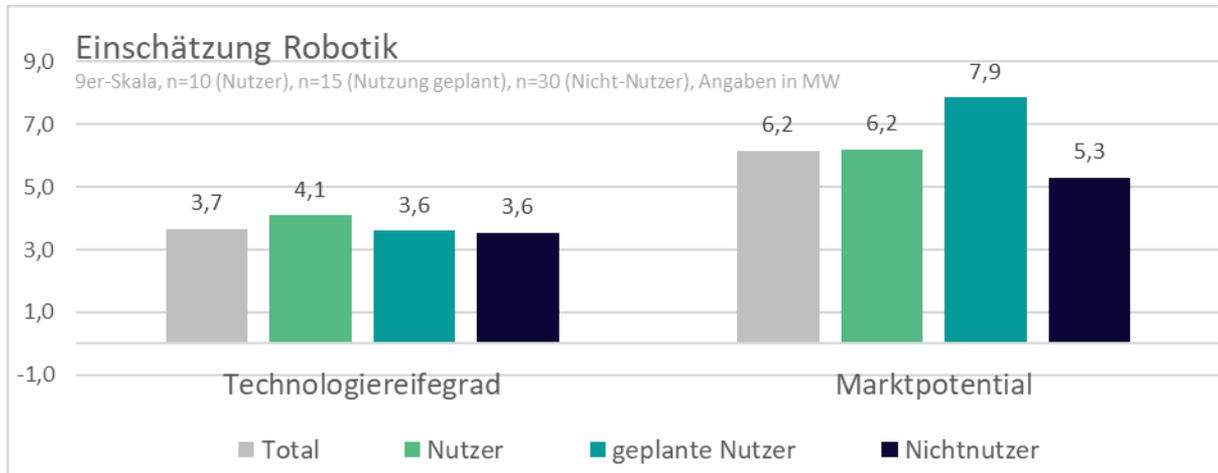


Abbildung 85: Umfragediagramm Einschätzung Robotik, ©Digital Findet Stadt

## 5.7.2. Technologiebeschreibung

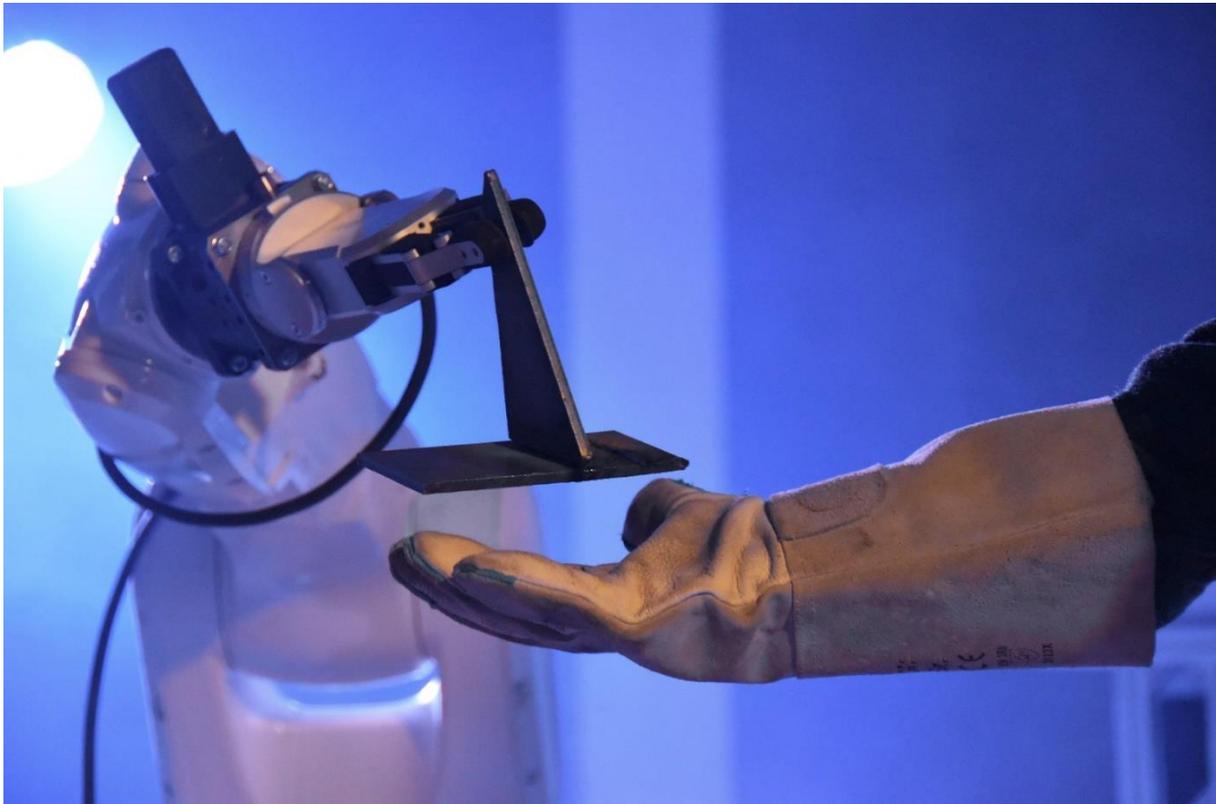


Abbildung 86: Robotik, ©Printstones GmbH

Roboter sind Geräte, die bestimmte Operationen ausführen (z. B. Löcher bohren, Fliesen legen, Objekte anheben etc.) – entweder autonom oder unter direkter Kontrolle eines Bedieners.

Die Arten von Automatisierungs- und Robotertechnologien für das Bauwesen können in vier allgemeine Kategorien eingeteilt werden (1) Vorfertigungssysteme außerhalb des Standorts, (2) automatisierte Robotersysteme vor Ort, (3) autonome Fahrzeuge und (4) Exoskelette<sup>41</sup>. Dieser Bericht fokussiert sich auf „automatisierte Robotersystem vor Ort“ und auf „autonome Fahrzeuge“.

Automatisierte Vor-Ort-Robotersysteme (2), sind in den meisten Fällen mobil, können direkt auf der Baustelle spezialisierte Bauaufgaben (z.B. Bohren, Malen, Schweißen, Materialmanipulation etc.) ausführen und haben ihrer Hauptanwendungen in der Bau- und Betriebsphase eines Bauprojektes.

Die Kategorie der autonomen Fahrzeuge umfasst Land-, Luft- oder Wasserfahrzeuge, diese können ferngesteuert werden oder auch ohne menschlichen Eingriff fungieren. Diese Fahrzeuge können für verschiedene Aufgaben verwendet werden. Dies beinhaltet zum Beispiel Arbeiten oder Erkundungen in Bereichen mit hohen Gefahrenpotentialen, Vermessungs- und Überwachungsaufgaben und automatisiertes Ausheben, Abreißen und Transportieren von Materialien.

## 5.7.3. Voraussetzungen

Eine Voraussetzung für den Einsatz von automatisierten Robotersysteme vor Ort, ist die Bereitstellung kontrollierter Umgebungsbedingungen. Für heutige kollaborative Roboter gibt es meist einen vorgegebenen Ablaufplan. Bei vielen heutigen Systemen wird bereits sichergestellt, dass

---

<sup>41</sup> Juan Manuel Davila Delgado u. a., „Robotics and Automated Systems in Construction: Understanding Industry-Specific Challenges for Adoption“, *Journal of Building Engineering* 26 (November 2019): 100868, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100868>

Roboter anhalten oder die Betriebsart wechseln, wenn sich ein Mensch nähert. Man darf sich allerdings nicht darauf verlassen, dass der Roboter das menschliche Verhalten erkennt und entsprechend reagiert. Wenn zum Beispiel ein Gegenstand in den Arbeitsbereich des Roboters fällt, wird der Roboter möglicherweise nicht davon ausgehen, dass dieser wieder aufgehoben wird<sup>42</sup>.

Um eine gute Akzeptanz für den Einsatz von Robotern auf Baustellen zu erreichen und einen erfolgreichen Change-Prozess einzuleiten, ist es für die Bauindustrie entscheidend, die Intensität der Mensch-Maschine Interaktion ausreichend zu definieren. Verschiedene Umfragen von Digital Findet Stadt ergaben, dass vollautonome Systeme aus sicherheitsrelevanten Aspekten zeitnah nicht von Interesse der Bauwirtschaft sind und teilautonomen Systemen mit menschlicher Überwachung der Vorzug gegeben wird.

Ebenso sind gut ausgebildete Fachkräfte eine grundlegende Voraussetzung für den Einsatz neuer Technologien. Der Einsatz von Robotik ist also auch mit neuen Kompetenzprofilen der Anwender verbunden. Die steigende Arbeitseffizienz geht mit höheren Qualifikationen einher, die sich auch in höheren Gehaltklassen widerspiegeln. Volkswirtschaftlich gesehen, wirken Automatisierung und Robotik daher der Billig-Lohn Situation der aktuellen Bauwirtschaft positiv entgegen.

#### **5.7.4. Anwendungsfälle**

Die denkbaren Anwendungsmöglichkeiten von Robotik im Bauwesen sind äußerst vielfältig. Sie reichen vom automatisierten Bohren, Schweißen, Fräsen, Mauern, Schleifen, Anzeichnen (Anlegen) Fliesenlegen und Schrauben etc. über autonome Materialmanipulation bis hin zu komplexen Vermessungs- und Überwachungsaufgaben. Eine Kategorisierung kann entsprechend ihrer Einsatzzwecke erfolgen:

- gesundheitliche Entlastung (Heben, Tragen, Halten, Transportieren)
- Produktivitätssteigerung durch Zeitersparnis (Bohren, Fräsen, Setzen, Schichten, Sprühen, Montieren, Schleifen, Drucken, etc.)
- Qualitätssteigerung (Vermessen, sensorisch Erfassen, Drucken, etc)

Die Anwendungsfälle Bestandsaufnahme und Bauwerksdokumentation wurden von den Teilnehmer:innen der Umfrage an oberste Stelle gereiht (Abbildung 87). Auch die automatisierten Bauaufgaben Bohren, Materialmanipulation, Schweißen und Anzeichnen wurden sehr häufig genannt. Auf demselben Niveau befindet sich die automatisierte Baufortschrittskontrolle, auch wenn dieser Anwendungsfall nur von jenen Unternehmen ausgewählt wurde, die eine Nutzung von Robotik erst in Zukunft planen.

---

<sup>42</sup> Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, „Arbeiten mit kollaborativen Robotern“, 2018.

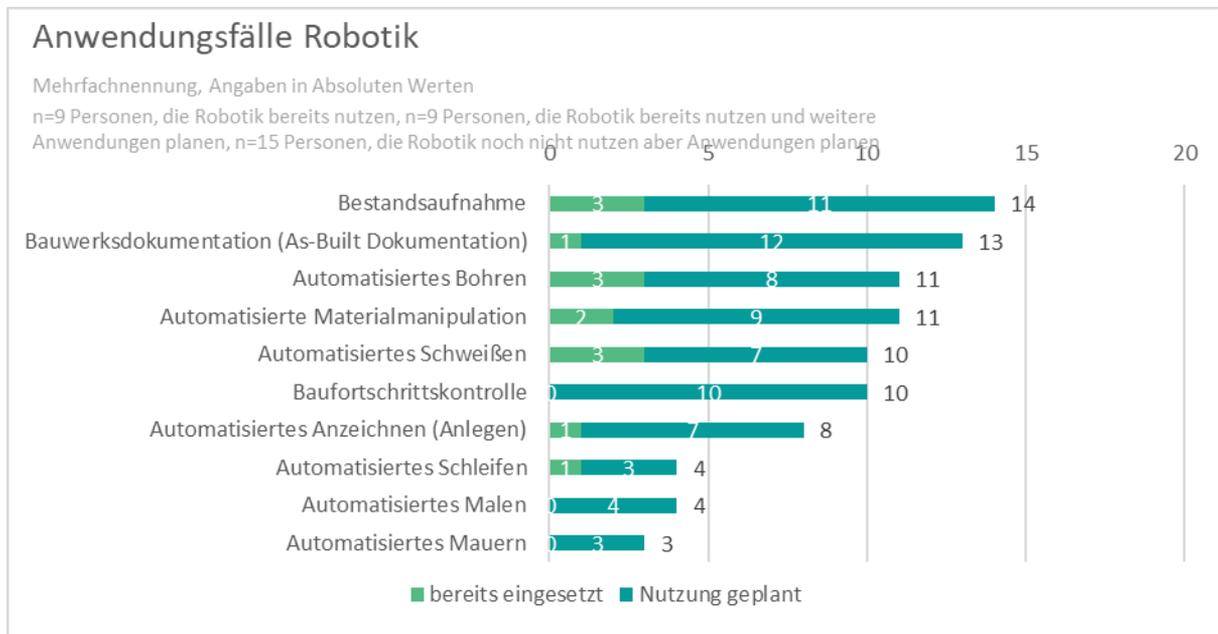


Abbildung 87: Umfragediagramm Anwendungsfälle Robotik, ©Digital Findet Stadt

#### 5.7.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen

Die hohe Präzision von Roboterbewegungen minimiert die Möglichkeit unvorhersehbarer Fehler und die damit verbundene Unfallgefahr. Darüber hinaus ermöglicht der Einsatz von ferngesteuerten Robotern, einen sicheren Zugang zu Orten mit erhöhtem Unfallrisiko. Einer der größten Vorteile des Einsatzes von Robotik im Bauwesen ist ihre Präzision und Effizienz bei der Ausführung von Aufgaben. Die exakte Planbarkeit der von einem Roboter durchzuführenden Arbeiten und die Präzision der Ausführung, ohne Bedarf an Mängelbehebung, führt potentiell zu einer höheren Bauqualität, niedrigeren Endkosten und einer geringeren Wahrscheinlichkeit von Verzögerungen <sup>43</sup>.

Effizienzsteigerung, Zeitersparnis, Einsparung von Materialressourcen, gesundheitliche Entlastung und die Behebung von Personalmangel sind die Mehrwerte, die die Teilnehmer:innen der Umfrage am häufigsten genannt haben (siehe Abbildung 88).

Bemerkenswert ist, dass jene Unternehmen, die Robotik bereits nutzen, folgenden potenziellen Mehrwert als wenig zutreffend bewerten: die Steigerung der Ausführungsgüte, die Reduktion der Fehleranfälligkeit, Kosteneinsparung und Arbeitszeitunabhängigkeit. Im Gegensatz dazu sind die Nennungen jener Unternehmen, die eine Nutzung von Robotik planen, in diesen Bereich wesentlich optimistischer. Das lässt darauf schließen, dass Robotik auf der Baustelle derzeit noch mehr verspricht, als sie halten kann.

<sup>43</sup> Anastasios Koutsogiannis, „How Robotics Could Change The Future of Construction“, 2017, <https://blog.robotiq.com/how-robotics-could-change-the-future-of-construction>.

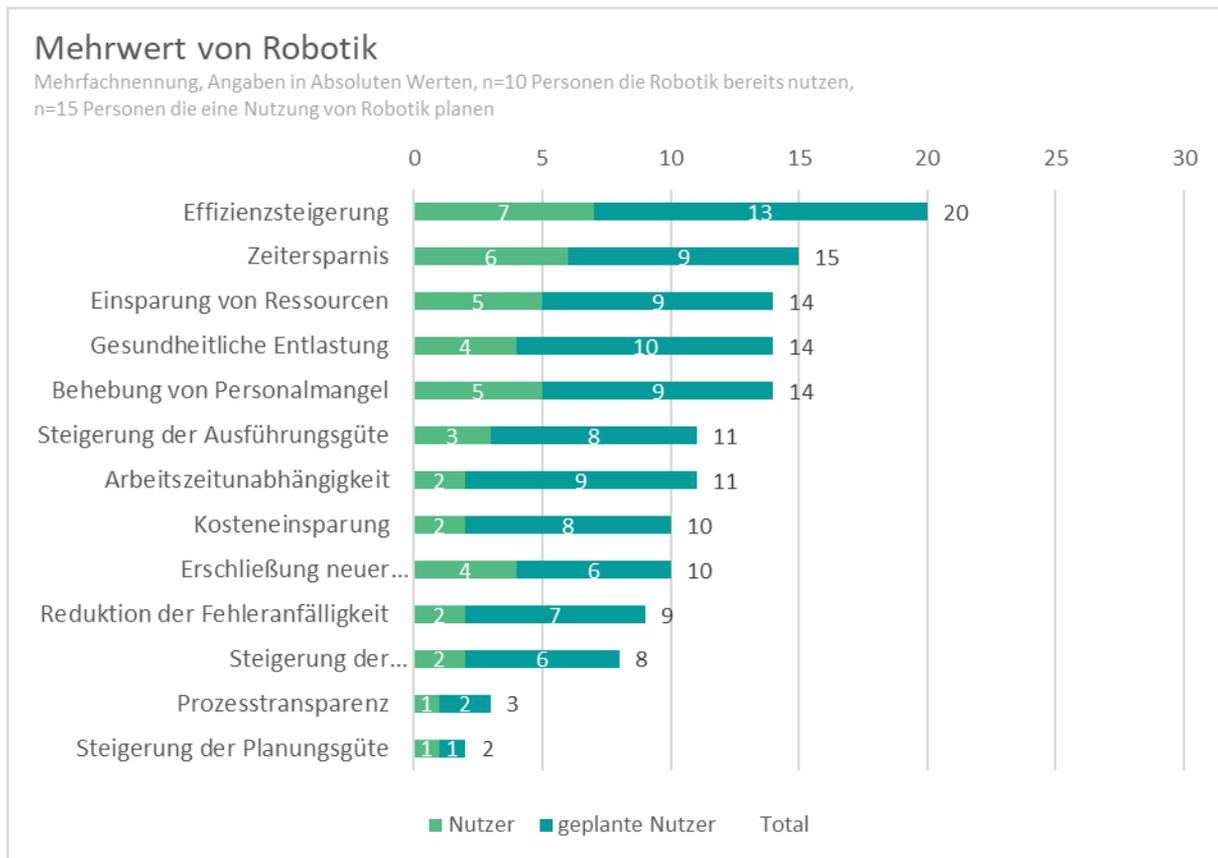


Abbildung 88: Umfragediagramm Mehrwert Robotik, ©Digital Findet Stadt

### 5.7.6. Herausforderungen

Der Einsatz von automatisierten mobilen Robotersystemen erzeugt jedoch Herausforderungen, wie zusätzliche Sicherheitsanforderungen, die Schwierigkeit der Parallelisierung von unterschiedlichen Bautätigkeiten und die Kombination automatisierte Bauaufgaben mit Tätigkeiten menschlicher Arbeitnehmer<sup>44</sup>.

Eine der größten Herausforderungen verbirgt sich hinter der Frage: Werden Roboter Arbeiter ersetzen? Für die Bauindustrie ist es entscheidend die richtige Balance zwischen Roboter- und der menschlichen Präsenz auf der Baustelle zu finden. Mit anderen Worten: Es ist wichtig, die Stärken beider Seiten zu kombinieren, um die Effizienz des Projektmanagementprozesses zu steigern. Das Aufkommen der Robotertechnologie wird die Art und Weise, wie auf dem Bau gearbeitet wird, erheblich verändern. Vor diesem Hintergrund ist klar, dass sich die am Bau tätigen Personen auf die neue Realität einstellen müssen. Der Bedarf an gut ausgebildeten Fachkräften wird schnell deutlich<sup>45</sup>.

Jene Teilnehmer:innen der Umfrage, die Robotik bereits nutzen, klagen über den Mangel an Standardisierung, den Mangel an verfügbarem Fachpersonal und den damit verbundenen Kompetenzaufbau (siehe Abbildung 89, Abbildung 90, Abbildung 91). Die Implementierung in bestehende Unternehmensprozesse und der hohe Zeitaufwand bei Pilotprojekten werden ebenso als große Herausforderung angesehen.

<sup>44</sup> Juan Manuel Davila Delgado u. a., „Robotics and Automated Systems in Construction: Understanding Industry-Specific Challenges for Adoption“, *Journal of Building Engineering* 26 (November 2019): 100868, <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2019.100868>

<sup>45</sup> Anastasios Koutsogiannis, „How Robotics Could Change The Future of Construction“, 2017, <https://blog.robotiq.com/how-robotics-could-change-the-future-of-construction>.

Die Gruppe der Befragten, die die Nutzung von Robotik planen erachten die Technologie als noch unausgereift und sehen den Mangel an verfügbarem Fachpersonal und den damit verbundenen Kompetenzaufbau als größte Herausforderung an.

Für Unternehmen, für die auch in Zukunft keine Nutzung von Robotik in Frage kommt, sind die hohen zu erwartenden Investitionskosten und das damit verbundene unternehmerische Risiko die schwerwiegendsten Hinderungsgründe. Auch der gering eingeschätzte Reifegrad der Technologie wird als Grund angegeben Robotik nicht zu nutzen.

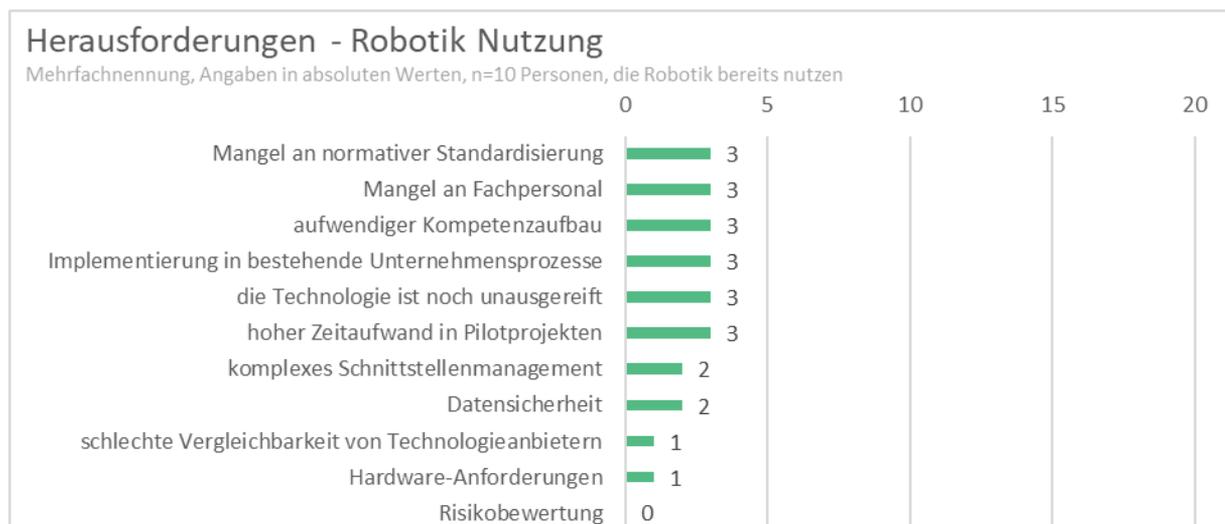


Abbildung 89: Umfragediagramm Herausforderungen Robotik Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

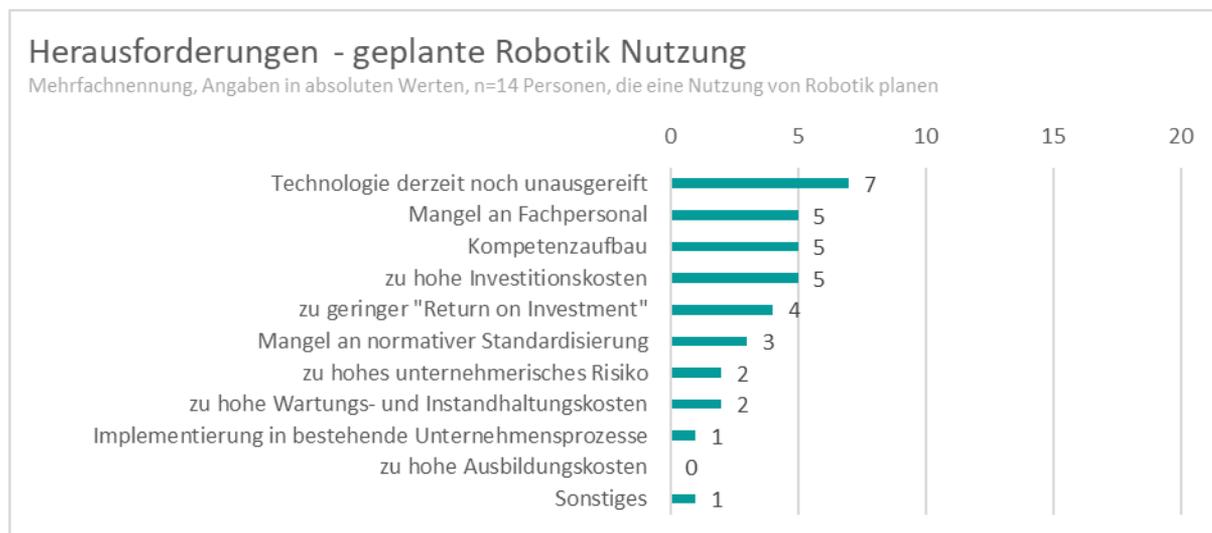


Abbildung 90: Umfragediagramm Herausforderungen geplante Robotik Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt

## Hinderungsgründe - nicht geplante Robotik

Mehrfachnennung, Angaben in Absoluten Werten, n=24 Personen, die keine Nutzung von Robotik planen



Abbildung 91: Umfragediagramm Hinderungsgründe nicht geplante Robotik, ©Digital Findet Stadt

## 5.8. 3D-Druck

### 5.8.1. Steckbrief



**Technologiereifegrad**

(3,4 Punkte, siehe Abbildung 97)



**Marktpotential**

(6,2 Punkte, siehe Abbildung 97)

#### Mehrwert

- ✓ Kosteneinsparung
- ✓ Effizienzsteigerung
- ✓ Zeitersparnis

#### Herausforderungen

- ✗ Technologie derzeit noch unausgereift
- ✗ hoher Zeitaufwand in Pilotprojekten
- ✗ Mangel an Fachpersonal

Abbildung 92: Technologiereifegrad und Marktpotential - 3D Druck, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 93: Mehrwert und Herausforderungen - 3D Druck, ©Digital Findet Stadt

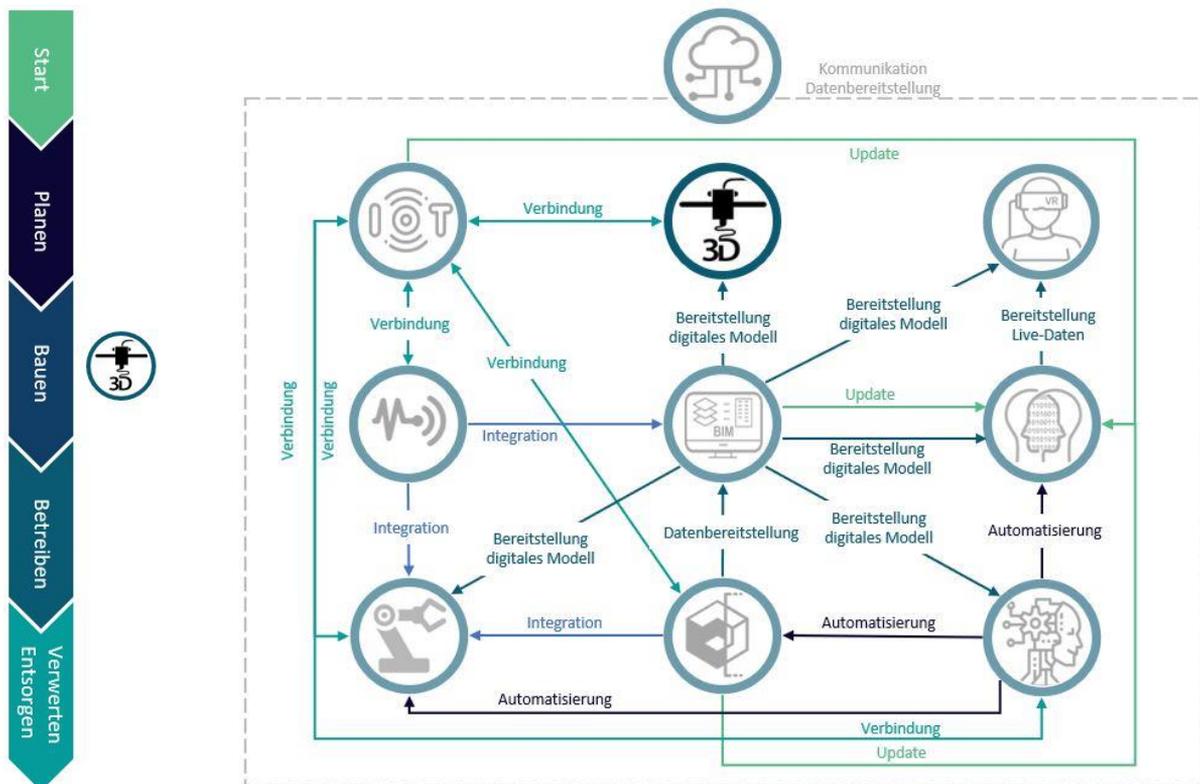


Abbildung 94: Lebenszyklusdiagramm - 3D Druck, ©Digital Findet Stadt

Abbildung 95: Prozesslandkarte - 3D Druck, ©Digital Findet Stadt

## Verortung im Lebenszyklusdiagramm

Der 3D-Druck ist ein technologisches Verfahren, um die Bauzeit durch Automatisierung zu beschleunigen. Natürlich muss dies aber bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden, da die gestalterischen und technischen Möglichkeiten durch die Technologie limitiert sind. Der 3D-Druck ist ein schönes Beispiel dafür, dass der Anwendungsfall einer Technologie mitunter den ganzen Lebenszyklus beeinflussen kann, obwohl sie in der technischen Anwendung klar der Bauphase zuzuordnen ist. In der Startphase ist das Kommittent für diese Technologie entscheidend und bedingt in weiterer Folge die Planung, Ausführung und nicht zuletzt die Vermarktung und das Aussehen des Gebäudes.

## Nutzung der Technologie

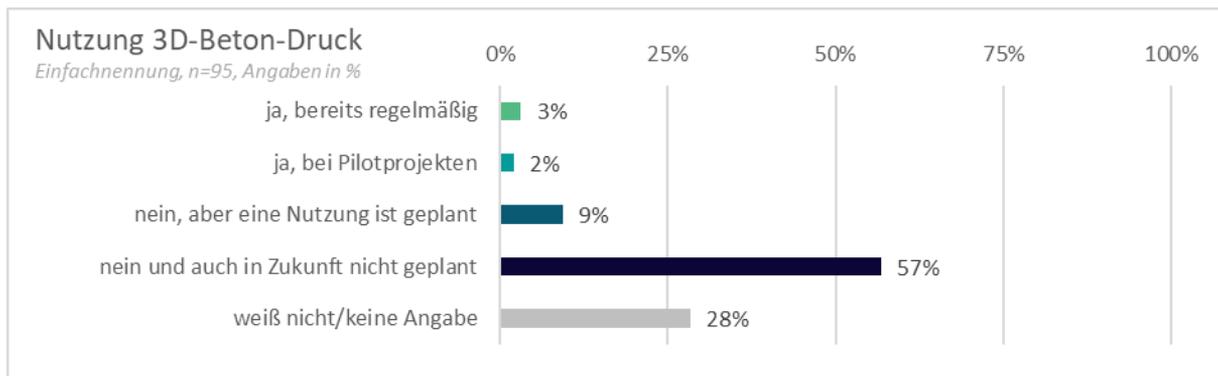


Abbildung 96: Umfragediagramm, Nutzung 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt

Umfrageergebnisse nach Abbildung 96 zeigen, dass die Nutzung des 3D-Druck noch in den Kinderschuhen steckt, dennoch gibt es auch schon Erfahrungen aus Österreich.

3D-Druck wird noch nicht regelmäßig genutzt. Lediglich 3% der Befragten gaben an, diesen automatisierten Bauprozess bereits in ihren Unternehmen eingesetzt zu haben. Rechnet man die „Nutzung bei Pilotprojekten“ und die „geplante Nutzung“ dazu, ergibt sich, dass 14% Prozent der Befragten, 3D-Druck anwenden werden.

## Kategorisierung Technologie- und Marktreife

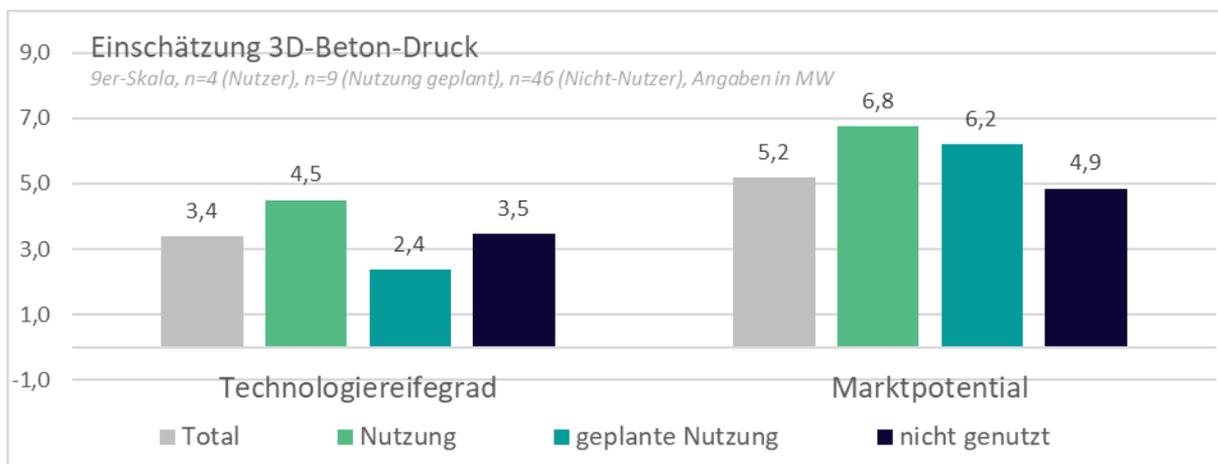


Abbildung 97: Umfragediagramm, Einschätzung 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt

Das Marktpotential wird in der Umfrage eher hoch eingeschätzt. Unklar bleibt dabei allerdings der Wissensstand der Teilnehmer:innen, vor allem zur Beurteilung des Technologiereifegrads.

## 5.8.2. Technologiebeschreibung



Abbildung 98: 3D-Druck Baustelle, ©Rupp Gebäudedruck GmbH

Die digitale Fertigung mit Beton (DFB) ist ein sich überaus dynamisch entwickelndes Gebiet. Insbesondere in den letzten fünf Jahren konnten bemerkenswerte Fortschritte erzielt werden. Die Vielfalt der verwendeten Ansätze und die damit verbundenen Möglichkeiten und Herausforderungen sind überwältigend. Im Fokus dieser Beschreibung stehen das additive Fertigungsverfahren mit Beton – auch 3D-Betondruck genannt <sup>46</sup>.

Die additive Fertigung mit Beton hat in den letzten Jahren hat zunehmendes Interesse in der Architektur und der Bauindustrie geweckt. Der Umfang der Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet nimmt seitdem exponentiell zu.

Derzeit werden weltweit verschiedene Fertigungsverfahren für zementgebundene Baustoffe entwickelt. Es werden aktuell drei Prozesse als relevant für den 3D-Betondruck angesehen: a) Beton-Extrusion, b) Spritzbeton-Verfahren und c) Selektives Binden im Partikelbett.

Die Extrusionsverfahren sind zurzeit die am weitesten verbreiteten 3D-Betondruckverfahren. Dabei wird mittels steuerbarer Düsen ein Strang aus vorgemischtem Material schichtweise ausgebracht, um das Objekt zu erzeugen. Momentan werden verschiedene Verfahrensvarianten entwickelt, die sich in vielen Aspekten unterscheiden: Off-Site- oder On-Site-Verfahren, Portalroboter oder Schwenkarmroboter als Manipulator für den Druckkopf, Drucken der Schalung oder direktes Drucken des Bauteils, Drucken der Konturen mit hoher Auflösung oder Drucken von massiven Querschnitten, etc. Im Unterschied zur Beton-Extrusion wird bei den Spritzbetonverfahren wie dem Shotcrete 3-Printing die Betonmatrix durch Spritzen Schicht für Schicht aufgetragen. Bei den Partikelbett-3D-

<sup>46</sup> Viktor Mechtcherine u. a., „Digitaler Betonbau durch additive Verfahren – Sachstand und Forschungsbedarf“, *Beton- und Stahlbetonbau* 116, Nr. 11 (November 2021): 881–900, <https://doi.org/10.1002/best.202100067>.

Druckverfahren wiederum wird eine flüssige Phase (Wasser, Leim oder Mörtel) in ein Partikelbett eingebracht, um dieses selektiv zu binden und zu verfestigen <sup>47</sup>.

### 5.8.3. Voraussetzungen

Standardisierte Prüfmethode für Betoneigenschaften sowie Zulassungen und Regelwerke sind wesentliche Voraussetzungen für einen breiten Einsatz der 3D-Beton-Druckverfahren. Die neuen Technologien müssen über die gesamte Wertschöpfungskette durch Fachleute und das zuverlässige Regelwerk gestützt werden. Eine wichtige Rolle spielen in diesem Zusammenhang Fachverbände der Betonbauindustrie <sup>48</sup>.

Eine weitere Voraussetzung für den 3D-Beton-Druck ist die Bereitstellung kontrollierter Umgebungsbedingungen. Sich veränderndes Wetter beeinflusst naturgemäß das Verhalten des Werkstoffs Beton in seiner Verarbeitung. Um einen kontinuierlichen Druck-Prozess und eine gleichbleibende Druck-Qualität gewährleisten zu können, müssen wetterunabhängige Voraussetzungen geschaffen werden.

### 5.8.4. Anwendungsfälle

Die Anwendungsfälle des 3D-Beton-Drucks beschränken sich auf die zwei Methoden der Ausführung: die automatisierte Vorfertigung und das Drucken direkt auf der Baustelle (on-Site).

Die Ergebnisse der Umfrage nach Abbildung 99 zeigen, dass die automatisierte Vorfertigung mittels 3D-Druck-Verfahren bereits Einzug in die österreichische Bauwirtschaft gefunden hat und weiterwachsen wird. Das Drucken gesamter Gebäude bzw. Gebäudeteile direkt auf der Baustelle wird derzeit nur in Pilotprojekten und für Forschungszecke angewandt. Bemerkenswert ist, dass fast 60% der Unternehmen, die die Technologie bereits nutzen oder eine Nutzung planen die automatisierte on-Site Bauausführung in Erwägung ziehen.

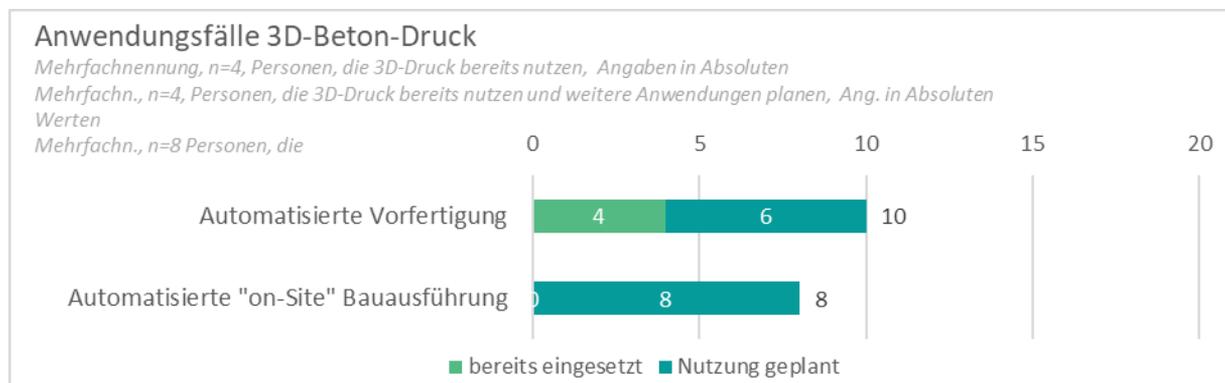


Abbildung 99: Umfragediagramm, Anwendungsfälle 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt

<sup>47</sup> Viktor Mechtcherine u. a., „Digitaler Betonbau durch additive Verfahren – Sachstand und Forschungsbedarf“, Beton- und Stahlbetonbau 116, Nr. 11 (November 2021): 881–900, <https://doi.org/10.1002/best.202100067>.

<sup>48</sup> Viktor Mechtcherine u. a., „Digitaler Betonbau durch additive Verfahren – Sachstand und Forschungsbedarf“, Beton- und Stahlbetonbau 116, Nr. 11 (November 2021): 881–900, <https://doi.org/10.1002/best.202100067>.

### 5.8.5. Nutzen, Mehrwert, Chancen

Wie Abbildung 100 verdeutlicht kann 3D-Beton-Druck durch den Einsatz zeit- und materialeffizienterer Maschinen zu einer Reduzierung der Baukosten beitragen <sup>49</sup>, wobei auch die Menge an Bauabfall reduziert wird. Bei der Herstellung modularer Elemente (z.B. Kassetten-Elementdecken) spricht man von einer Materialeinsparung bis zu 35% <sup>50</sup>. Auch die Qualität der Ausführungsgüte wird von den Unternehmen, die bereits 3D-Druckerfahrung besitzen als sehr hoch und vorteilhaft bewertet.

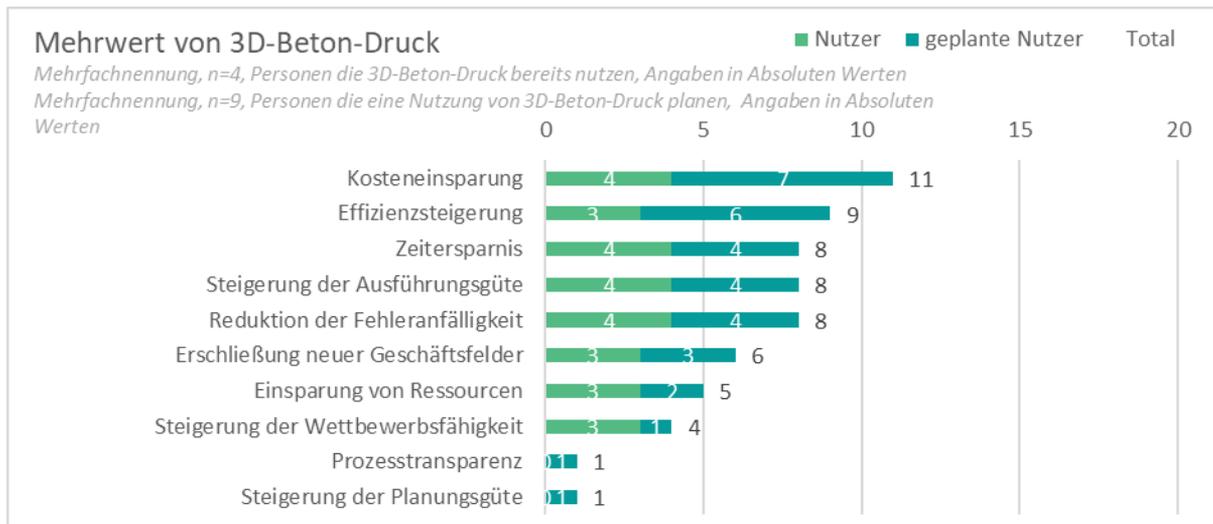


Abbildung 100: Umfragediagramm, Mehrwert 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt

### 5.8.6. Herausforderungen

Trotz der rasanten Entwicklung der letzten Jahre steht die additive Fertigung im Betonbau jedoch erst am Anfang. Zahlreiche technische und technologische Fragestellungen gilt es noch immer zu klären. Diese Fragen beziehen sich insbesondere auf: druckbare Betonsorten, Bewehrungslösungen, In-situ-Roboteranwendungen, Prüfmethode für Frisch- und Festbetoneigenschaften sowie Zulassungen und Regelwerke. Es sind noch etliche Hürden zu nehmen, bevor der 3D-Druck mit Beton und andere digitale Betonbauverfahren in die Baupraxis überführt werden können <sup>51</sup>.

Jene Unternehmen, die bereits den Schritt gewagt haben, die 3D-Beton-Druck Technologie einzusetzen, sehen gemäß der Umfrage den aufwendigen Kompetenzaufbau und den hohen Zeitaufwand bei Pilotprojekten als die größten Herausforderungen. Der Mangel an normativen Standardisierungen, der Mangel an Fachpersonal und das komplexe Schnittstellenmanagement wurden am dritthäufigsten genannt. Diese Herausforderungen sind auf die technologische Novität der des 3D-Beton-Drucks zurückzuführen.

Der niedrige Reifegrad der Technologie wird gleichermaßen von jenen Unternehmen, die eine Nutzung planen als auch von jenen, die keine Nutzung planen als Hauptherausforderung- bzw.

<sup>49</sup> „7 Advantages of Using a 3D Printer in Construction Projects“, *Construction Review Online*, 2. August 2021, <https://constructionreviewonline.com/machinery-equipment/7-advantages-of-using-a-3d-printer-in-construction-projects/>.

<sup>50</sup> BauNetz, „3D-gedruckte Hohlräume | Beton | Forschung | Baunetz\_Wissen“, *Baunetz Wissen*, zugegriffen 28. Jänner 2022, <https://www.baunetzwissen.de/beton/tipps/forschung/3d-gedruckte-hohlraeume-7667906>.

<sup>51</sup> Viktor Mechtcherine u. a., „Digitaler Betonbau durch additive Verfahren – Sachstand und Forschungsbedarf“, *Beton- und Stahlbetonbau* 116, Nr. 11 (November 2021): 881–900, <https://doi.org/10.1002/best.202100067>.

Hinderungsgrund angesehen. Die hohen Investitionskosten und der geringe zu erwartende „Return on Investment“ sind ebenso zwei sehr hoch eingestufte Hinderungsgründe.

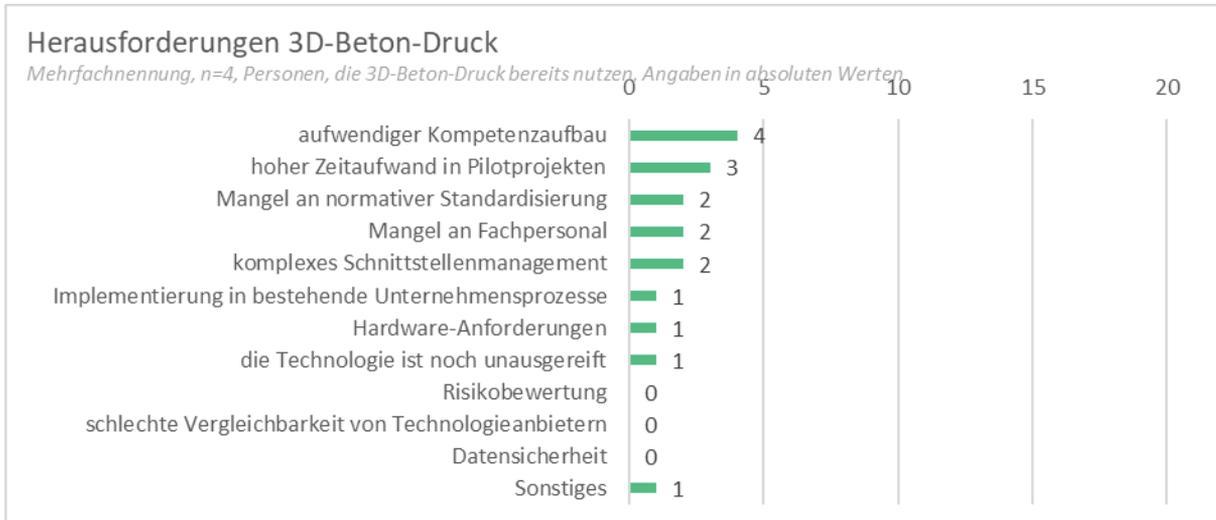


Abbildung 101: Umfragediagramm, Herausforderungen – Nutzer:innen 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt

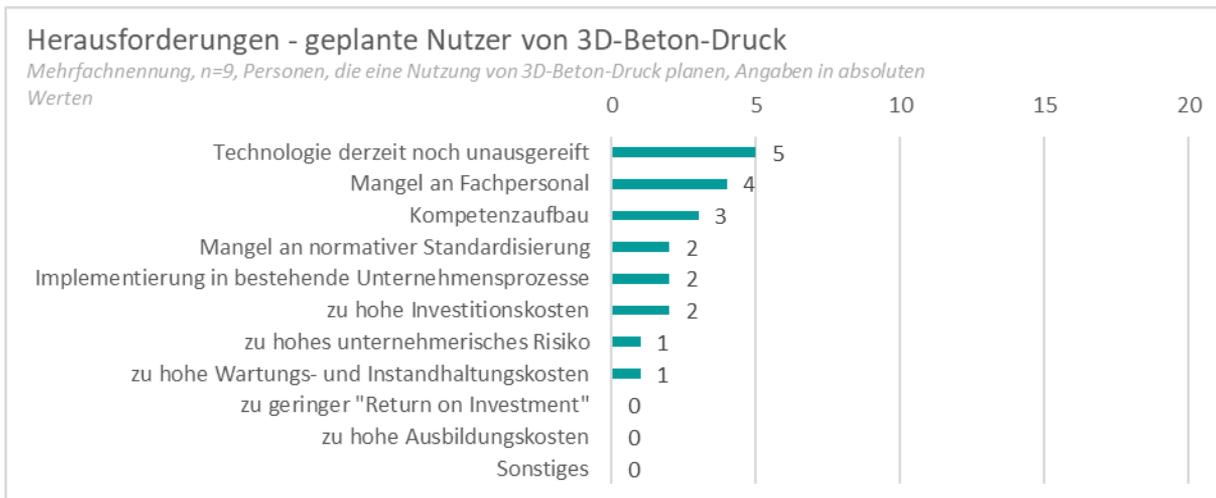


Abbildung 102: Umfragediagramm, Herausforderung – geplante Nutzer:innen 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt

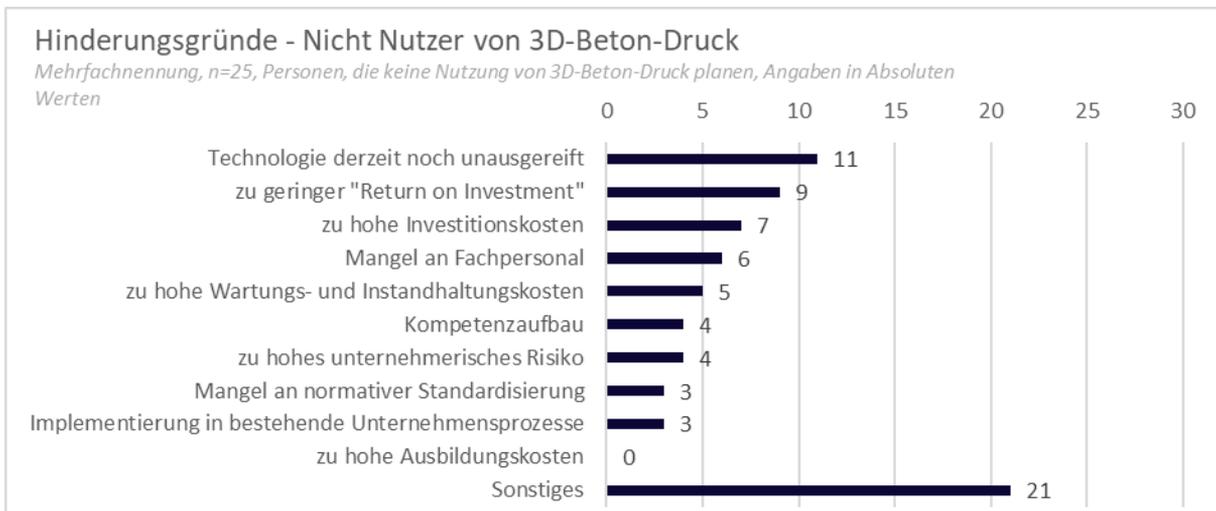


Abbildung 103: Umfragediagramm, Hinderungsgründe – nicht Nutzer:innen 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt

# 6 Zusammenfassung

Die Literaturrecherche und die am österreichischen Markt getätigten Umfragen stellen eine Momentaufnahme der Digitalisierung im Bausektor dar. Es wurden unterschiedliche Reifegrade und Potentiale festgestellt, sowohl zwischen den verschiedenen Technologien als auch in der Anwendung dieser von unterschiedlichen Prozessbeteiligten. Es hat sich aber insgesamt gezeigt, dass der Bausektor Fortschritte bei der Einführung digitaler Technologien macht.

Analysiert wurden innovative digitale Technologien und Methoden zur

- Datenerfassung und -Verarbeitung: Laser-Scanning, IoT, Künstliche Intelligenz (KI)),
- Möglichkeiten der Informationsbereitstellung: Building Information Modelling (BIM), common data environments (CDEs), Virtual / Augmented Reality (VR/AR) und
- prozessorientierte Technologien: 3D-Druck und der Einsatz von Robotik.

Die Abfrage zur Nutzung dieser Technologien nach Abbildung 104 zeigt klare Anwendungspräferenzen bei den Möglichkeiten zur Informationsbereitstellung, gefolgt von Technologien der Datenerfassung und -Verarbeitung. Fast schon abgeschlagen präsentiert sich der Bereich prozessorientierte Technologien und automatisierter Arbeitsprozesse, wie auch internationale Studien bestätigen – der Einsatz von Robotern oder 3D-Druck Verfahren in der Fertigung befinden sich aus technischer Sicht erst in der Entwicklungsphase <sup>52</sup>.

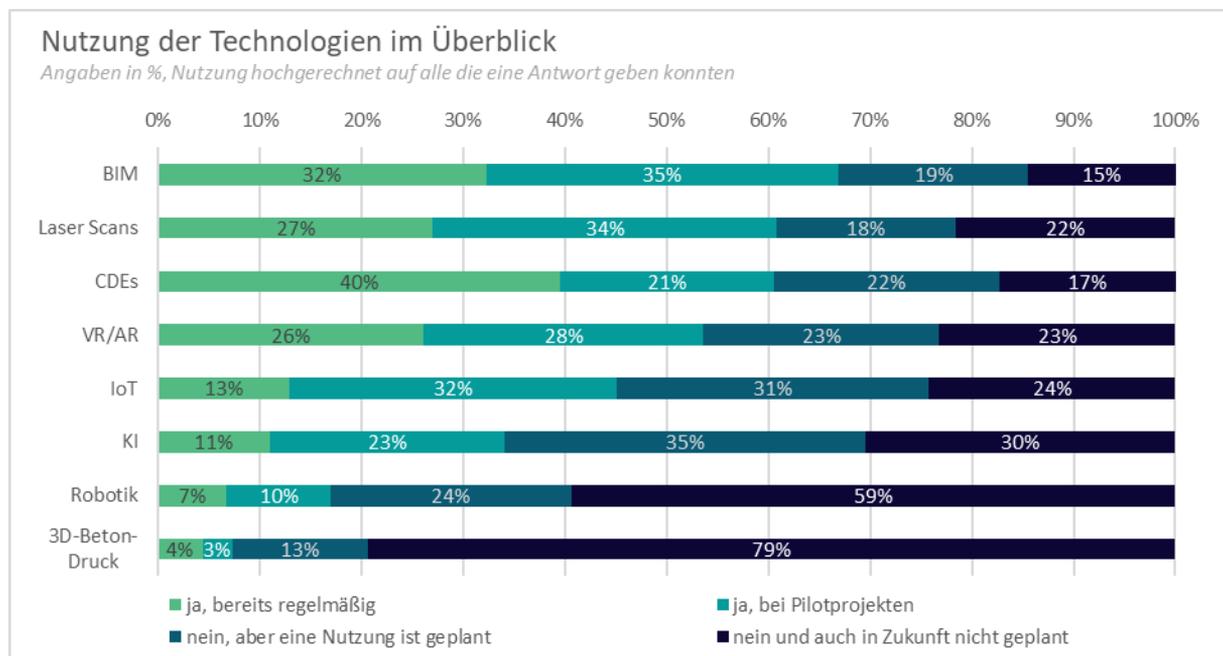


Abbildung 104: Umfragediagramm, Nutzung der Technologien im Überblick, ©Digital Findet Stadt

<sup>52</sup> European Construction Sector Observatory, „Digitalisation in the construction sector“.

Tabelle 1: Anwendungsfälle digitaler Technologien im Bauwesen

Anwendungsfälle Digitalisierung								
Werte = Anzahl befragter Unternehmen mit aktueller Nutzung und geplante Nutzung, Absolute Werte								
	BIM	Laser Scans	CDEs	VR/AR	KI	IoT	Robotik	3D-Beton-Druck
Abnahme, Digitale Inbetriebnahme	27			21		22		
Abrechnung von Bauleistungen	38	15	25					
Automatisierte „on-Site“ Bauausführung	18					18		8
Automatisierte Materialmanipulation							11	
Automatisierte Vorfertigung	24					16		10
Automatisiertes Anzeichnen							8	
Automatisiertes Bohren							11	
Automatisiertes Malen							4	
Automatisiertes Mauern							3	
Automatisiertes Schleifen							4	
Automatisiertes Schweißen							10	
Baufortschrittskontrolle	35							
Baustellenüberwachung, Logistik	29				22	26		
Bauwerksdokumentation	50	37	42				13	
Bemessungen, Nachweisführung	38	13		15	27	16		
Bestandsaufnahme	50	70		20	22	17	14	
Betriebsführung/Betriebs-Management	30	10		17	24	31		
Ermittlung der Lebenszykluskosten	26							
Entwurfs- und Genehmigungspläne	57							
Koordination Ausführung	41		45					
Koordination von Fachplanern	60		50					
Kostenschätzung, Kostenberechnung	58							
Leistungsverzeichnis, Ausschreibung	52							
Mängelmanagement	35	13	40					
Ökobilanzierung	34							
Projektmanagement mit BIM			59					
Projektmanagement ohne BIM			41					
Terminplanung der Ausführung	39				12			
Veränderungsmanagement	23							
Visualisierung in der Planung	74	24		60				
Visualisierung im Bauprozess	45	12		40				
Visualisierung im Betrieb	22	11		28				

Die Übersicht der in der Umfrage genannten Anwendungsfälle für verschiedene digitale Technologien nach **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** verdeutlicht noch einmal mehr, dass bis auf Robotik alle Technologien stark miteinander vernetzt sind und in Abhängigkeiten zueinanderstehen. Die Technologien zur Informationsbereitstellung mit BIM, CDEs und VR/AR, die laut Umfrage den größte Nutzungsbereich bilden, werden in der Praxis komplementär genutzt und in einem gemeinsamen Datenraum miteinander verknüpft. Sensorisch erfasste Daten aus Beispiel Laser-Scanning oder IoT Systemen können direkt mit den digitalen (BIM) Modellen verknüpft, intelligent ausgewertet werden (KI-Systeme) und weitere Anwendungsfälle ermöglichen. Die digitale und automatisierte Ausführung wird in Zukunft weiteren Nutzen in der Umsetzung der Planungsdaten schaffen, braucht aber technisch noch einige Entwicklungszeit. Wir dürfen gespannt sein, welche Potentiale der vielen möglichen Anwendungsfälle hier in den nächsten Jahren der Entwicklung gezogen werden.

Die meisten Anwendungsfälle weist die Methodik Building Information Modelling (BIM) auf. Das dabei entworfen digitale Gebäudemodell steht im Zentrum vieler darauf aufbauender Technologien und Anwendungsfälle. Es wirkt als Enabler der Digitalisierung im gesamten Lebenszyklus. BIM kann zurecht als Schlüsseltechnologie angesehen werden.

Die Aufschlüsselung nach Tätigkeitsbereichen in Abbildung 105 zeigt sehr unterschiedliche Digitalisierungsgrade in Abhängigkeit der jeweiligen Technologien. Tendenziell gehören aber planende und ausführende Unternehmen zu den Innovationstreibern, wohingegen die Auftraggeberschaft mit deren Management und die Bewirtschaftung von Gebäuden zögerlich in der Anwendung digitaler Innovationen sind. Die hier getätigten Angaben von Unternehmen der Forschung und Entwicklung schwanken sehr stark, was mit der geringen Anzahl der Teilnehmer:innen aus F&E bei gleichzeitig hoher Spezialisierung zu tun haben könnte.

Um das Innovationspotential der Digitalisierung zu erschließen, wurden als häufigste Herausforderung die Behebung des Fachkräftemangels und der Aufbau entsprechender Kompetenzen genannt. Neben grundlegenden Ausbildungsangeboten für qualifizierte Fachkräfte wird es also auch weiterhin eine Vielzahl an berufsbegleitenden Weiterbildungsmöglichkeiten brauchen. Darüberhinaus erfordert erfolgreiche Digitalisierung ein hohes Maß an Standardisierung. Die Arbeit im digitalen Raum lebt vom Austausch von Daten und Informationen in der Mensch - Maschine und Maschine – Maschine Kommunikation. Ohne offene, standardisierte Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle wird das volle Potential der betrachteten Technologien nicht ausgeschöpft werden können. Die dritthäufigst genannte Herausforderung ist die Implementierung der Technologien in die unternehmerischen Prozesse. Digitalisierung bedeutet nicht nur die Anschaffung einer neuen Software, sondern erfordert häufig auch einen tiefergehenden Change-Prozess im Unternehmen. Bestehende Arbeits- und Kommunikationsweisen sind Veränderungen unterworfen, die Unternehmens- und Projektkultur muss sich anpassen. Digitalisierung braucht Daten- und Informationsaustausch. Daten- und Informationsaustausch brauchen funktionierende Schnittstellen und eine offene Kommunikationskultur.

Belohnt wird dieser Aufwand laut Einschätzung der Nutzer:innen mit steigender Arbeits- und Zeiteffizienz, einem Anstieg der Ergebnisqualität und größerer Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Projektfortschritts. All das wird mittelfristig, nach Überwindung von Implementierungshürden, auch zu wirtschaftlichen Erfolgen führen. Die Digitalisierung ist auch in der Bau- und Immobilienwirtschaft angekommen und nicht mehr aufzuhalten.

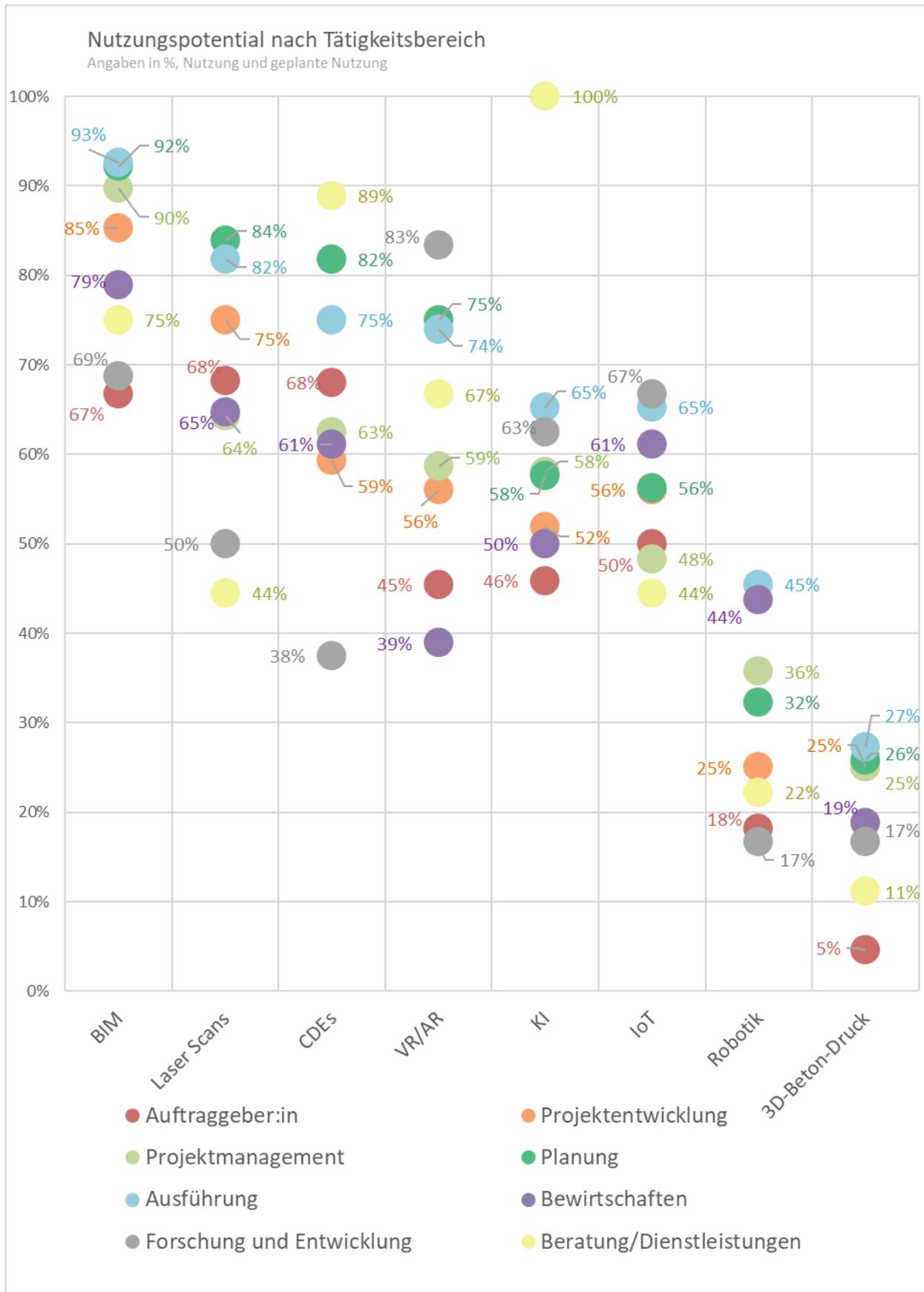


Abbildung 105: Umfragediagramm, Nutzungspotential nach Tätigkeitsbereich, ©Digital Findet Stadt



# 7 Ausblick

Betrachtet man den Dreiklang der Herausforderungen – Kompetenzaufbau, Standardisierung und Investitionsbereitschaft (Implementierungsaufwand) – näher, so liegt die Annahme nahe, dass ein Teil der Lösung in den Technologien selbst liegt. Fast durchgängig schätzen erfahrende Nutzer:innen den technischen Reifegrad und auch das Marktpotential der Technologien deutlich höher ein, als Nicht-Nutzer:innen. Dies bedeutet, Anfangen ist der Schlüssel zum Erfolg. Wer den anfänglichen Implementierungsaufwand erst einmal überwunden hat, wird in der Regel die Vorteile von Effizienz, Ergebnisqualität und Prozesstransparenz nicht missen wollen.

Wichtig erscheint die Integration in interdisziplinäre Ausbildungsprogramme. VR und AR Applikationen können die Umgebung mit weiteren Informationen anreichern und mit Methoden der Gamification auf leichte Weise Zugang zu neuen Technologien verschaffen. Wer die kollaborative Zusammenarbeit im digitalen Raum am gemeinsam erstellten 3D-Objekt erst einmal erlernt hat, wird sich nicht mehr mit händischen Aufmaßen auf Papierplänen beschäftigen wollen. Und die durchgängige Modellbearbeitung, Variantensimulation und direkte Weiternutzung zur Fertigung im 3D-Drucker verdeutlicht so effiziente Arbeitsprozesse, dass niemand mehr an Silodenken Gefallen finden wird. Wichtig wäre jedoch, dass die Vorteile der integralen Planung und Projektabwicklung, der durchgängigen Daten und Informationsweitergabe auch in den Ausbildungsprogrammen aufgezeigt und nach Möglichkeit praktiziert werden. Ist das Wissen über die Möglichkeiten und Vorteile erst einmal verankert, wird die Nachfrage nicht ausbleiben und sich Investitionen in die jeweiligen Technologien lohnen.

Die EU will mit dem Vorhaben der „EU-Renovation-Wave“ die klimabedingt notwendige Sanierungsquote in der EU verdoppeln, was den Bausektor zwingen wird, auf Automatisierung und Robotik zu setzen – will man die Ziele des European Green Deals einhalten<sup>53</sup>. Ein Mehrwert der Digitalisierung, der in der hier dargestellten Umfrage nur wenig Beachtung fand, aber aus rechtlicher Sicht enorme Bedeutung besitzt, ist die hohe Datenverfügbarkeit für die Kreislauffähigkeit und Nachhaltigkeit von Projekten. Sie bildet die Grundlage für ein gutes Reporting im Sinne ESG und EU-Taxonomie. Nachvollziehbare Daten und Kennzahlen zu Umweltaspekten machen eine ökologische Einschätzung erst möglich. Die integrale und digitale Planung wird so zum Schlüssel für ein nachhaltiges Projekt.

Ein rechtlicher Rahmen kann verständlich und umsetzbar den Weg der Transformation vorgeben. Die Branche, aber auch die Politik, sollte die Sensibilisierung für digitale Themen forcieren, die Mitnahme der KMU berücksichtigen und finanzielle Unterstützung bieten, wo diese für Investitionsentscheidungen und/oder Ausbildungszwecke erforderlich ist. Die Digitalisierung ist sowohl unvermeidlich als auch entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit des europäischen Bausektors<sup>54</sup>.

---

<sup>53</sup> „Renovation Wave: CoR and EU Commission Launch Cooperation to Boost Building Overhaul“, zugegriffen 8. Februar 2022, <https://cor.europa.eu/en/news/Pages/renovation-wave-CoR-and-Commission-launch-cooperation-to-boost-building-overhaul.aspx>.

<sup>54</sup> European Construction Sector Observatory, „Digitalisation in the construction sector“ (EUROPEAN COMMISSION, April 2021).

# 8 Verzeichnisse

## 8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Icons Technologieüberblick, Digital Findet Stadt.....	11
Abbildung 2: Umfragediagramm, Verteilung der Tätigkeitsbereiche, ©Digital Findet Stadt .....	13
Abbildung 3: Umfragediagramm Verteilung der beruflichen Stellung, ©Digital Findet Stadt .....	14
Abbildung 4: Umfragediagramm, Verteilung der Unternehmensgröße, ©Digital Findet Stadt .....	14
Abbildung 5: Prozesslandkarte digitaler Technologien, ©Digital Findet Stadt.....	15
Abbildung 6: Lebenszyklusdiagramm, ©Digital Findet Stadt.....	16
Abbildung 7: Technologiereifegrad und Marktpotential - BIM, DZ, ©Digital Findet Stadt.....	17
Abbildung 8: Mehrwert und Herausforderungen – BIM, DZ, ©Digital Findet Stadt.....	17
Abbildung 9: Lebenszyklusdiagramm - BIM, DZ, ©Digital Findet Stadt.....	17
Abbildung 10: Prozesslandkarte - BIM, DZ, ©Digital Findet Stadt.....	17
Abbildung 11: Umfragediagramm, Nutzung von BIM, ©Digital Findet Stadt.....	18
Abbildung 12: Umfragediagramm, Einschätzung von BIM, ©Digital Findet Stadt .....	18
Abbildung 13: Building Information Modelling ©italy3d/shutterstock.com .....	19
Abbildung 14: Umfragediagramm, Anwendungsfälle BIM, ©Digital Findet Stadt .....	20
Abbildung 15: Umfragediagramm BIM Nutzung nach Tätigkeitsbereichen, ©Digital Findet Stadt .....	22
Abbildung 16: Umfragediagramm Mehrwert von BIM, ©Digital Findet Stadt .....	23
Abbildung 17: Umfragediagramm Herausforderungen BIM Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt.....	24
Abbildung 18: Umfragediagramm Herausforderungen geplante BIM Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	24
Abbildung 19: Umfragediagramm Hinderungsgründe BIM-Nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	24
Abbildung 20: Technologiereifegrad und Marktpotenzial – CDE, ©Digital Findet Stadt.....	25
Abbildung 21: Mehrwert und Herausforderungen - CDE, ©Digital Findet Stadt.....	25
Abbildung 22: Lebenszyklusdiagramm - CDE, ©Digital Findet Stadt .....	25
Abbildung 23: Prozesslandkarte - CDE, ©Digital Findet Stadt .....	25
Abbildung 24: Umfragediagramm Nutzung CDEs, ©Digital Findet Stadt .....	26
Abbildung 25: Umfragediagramm Einschätzung CDEs, ©Digital Findet Stadt.....	26
Abbildung 26: Common Data Environment ©Green Tech/shutterstock.com .....	27
Abbildung 27: Umfragediagramm, Anwendungsfälle CDEs, ©Digital Findet Stadt.....	28
Abbildung 28: Umfragediagramm, Mehrwert von CDEs, ©Digital Findet Stadt.....	29
Abbildung 29: Umfragediagramm, Herausforderungen CDE Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt.....	30
Abbildung 30: Umfragediagramm, Herausforderungen geplante CDE Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	30
Abbildung 31: Umfragediagramm, Hinderungsgründe CDE nicht Nutzer, ©Digital Findet Stadt.....	30

Abbildung 32: Technologiereifegrad und Marktpotential – Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt .....	31
Abbildung 33: Mehrwert und Herausforderungen - Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt.....	31
Abbildung 34: Lebenszyklusdiagramm – Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt.....	31
Abbildung 35: Prozesslandkarte – Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt.....	31
Abbildung 36: Umfragediagramm, Nutzung Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt .....	32
Abbildung 37: Umfragediagramm, Einschätzung Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt.....	33
Abbildung 38: Künstliche Intelligenz, iStock, © metamorworks.....	33
Abbildung 39: Umfragediagramm, Anwendungsfälle Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt....	36
Abbildung 40: Umfragediagramm, Mehrwert Künstliche Intelligenz, ©Digital Findet Stadt .....	37
Abbildung 41: Umfragediagramm, Herausforderungen KI Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	38
Abbildung 42: Umfragediagramm, Herausforderungen geplante KI Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	38
Abbildung 43: Umfragediagramm, Hinderungsgründe KI nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt..	39
Abbildung 44: Technologiereifegrad und Marktpotential - Internet of Things, ©Digital Findet Stadt	40
Abbildung 45: Mehrwert und Herausforderungen - Internet of Things, ©Digital Findet Stadt .....	40
Abbildung 46: Lebenszyklusdiagramm – Internet of Things, ©Digital Findet Stadt .....	40
Abbildung 47: Prozesslandkarte – Internet of Things, ©Digital Findet Stadt .....	40
Abbildung 48: Umfragediagramm, Nutzung Internet of Things, ©Digital Findet Stadt.....	41
Abbildung 49: Umfragediagramm, Einschätzung Internet of Things, ©Digital Findet Stadt .....	41
Abbildung 50: Internet of Things, iStock, © metamorworks .....	42
Abbildung 51: Umfragediagramm, Anwendungsfälle Internet of Things, ©Digital Findet Stadt .....	44
Abbildung 52: Umfragediagramm, Mehrwert Internet of Things, ©Digital Findet Stadt.....	45
Abbildung 53: Umfragediagramm, Herausforderungen IoT Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	46
Abbildung 54: Umfragediagramm, Herausforderungen geplante IoT Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	46
Abbildung 55: Umfragediagramm, Hinderungsgründe IoT nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt	46
Abbildung 56: Mehrwert und Herausforderungen – VR/AR, ©Digital Findet Stadt.....	47
Abbildung 57: Technologiereifegrad und Marktpotential– VR/AR, ©Digital Findet Stadt.....	47
Abbildung 58: Lebenszyklusdiagramm – VR/AR, ©Digital Findet Stadt.....	47
Abbildung 59: Prozesslandkarte – VR/AR, ©Digital Findet Stadt .....	47
Abbildung 60: Umfragediagramm, Nutzung VR/AR, ©Digital Findet Stadt .....	48
Abbildung 61: Umfragediagramm, Einschätzung VR/AR, ©Digital Findet Stadt .....	48
Abbildung 62: Demonstration einer VR Brille, Digital Findet Stadt, ©Leo Hagen .....	49
Abbildung 63: Umfragediagramm, Anwendungsfälle VR/AR, ©Digital Findet Stadt.....	51
Abbildung 64: Umfragediagramm, Mehrwert VR/AR, ©Digital Findet Stadt .....	52
Abbildung 65: Umfragediagramm, Herausforderungen - VR/AR Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt	53
Abbildung 66: Umfragediagramm, Herausforderungen - geplante VR/AR Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	53
Abbildung 67: Umfragediagramm, Hinderungsgründe - VR/AR nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	54

Abbildung 68: Technologiereifegrad und Marktpotential - Laserscan, ©Digital Findet Stadt.....	55
Abbildung 69: Mehrwert und Herausforderungen - Laserscan, ©Digital Findet Stadt .....	55
Abbildung 70: Lebenszyklusdiagramm - Laserscan, ©Digital Findet Stadt .....	55
Abbildung 71: Prozesslandkarte - Laserscan, ©Digital Findet Stadt.....	55
Abbildung 72: Umfragediagramm, Nutzung Laserscan, ©Digital Findet Stadt.....	56
Abbildung 73: Umfragediagramm, Einschätzung Laserscan, ©Digital Findet Stadt .....	56
Abbildung 74: 3D Bestandsvermessung mittels terrestrischem Laserscanner eines 30.000m <sup>2</sup> großen denkmalgeschützten Gebäudes in Wien, © Meixner Vermessung ZT GmbH .....	57
Abbildung 75: Umfragediagramm, Anwendungsfälle Lasescan, ©Digital Findet Stadt.....	59
Abbildung 76: Umfragediagramm, Mehrwert Laserscan, ©Digital Findet Stadt.....	59
Abbildung 77: Umfragediagramm, Herausforderungen - Laserscan Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	60
Abbildung 78: Umfragediagramm, Herausforderungen geplante Lasescan Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	61
Abbildung 79: Umfragediagramm, Hinderungsgründe - Laserscan nicht Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	61
Abbildung 80: Technologiereifegrad und Marktpotential – Robotik, ©Digital Findet Stadt.....	62
Abbildung 81: Mehrwert und Herausforderungen – Robotik, ©Digital Findet Stadt.....	62
Abbildung 82: Lebenszyklusdiagramm – Robotik, ©Digital Findet Stadt .....	62
Abbildung 83: Prozesslandkarte - Robotik, ©Digital Findet StadtVerortung im Lebenszyklusdiagramm .....	62
Abbildung 84: Umfragediagramm Nutzung Robotik, ©Digital Findet Stadt.....	63
Abbildung 85: Umfragediagramm Einschätzung Robotik, ©Digital Findet Stadt .....	64
Abbildung 86: Robotik, ©Printstones GmbH .....	65
Abbildung 87: Umfragediagramm Anwendungsfälle Robotik, ©Digital Findet Stadt .....	67
Abbildung 88: Umfragediagramm Mehrwert Robotik, ©Digital Findet Stadt .....	68
Abbildung 89: Umfragediagramm Herausforderungen Robotik Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt.	69
Abbildung 90: Umfragediagramm Herausforderungen geplante Robotik Nutzer:innen, ©Digital Findet Stadt .....	69
Abbildung 91: Umfragediagramm Hinderungsgründe nicht geplante Robotik, ©Digital Findet Stadt	70
Abbildung 92: Technologiereifegrad und Marktpotential - 3D Druck, ©Digital Findet Stadt .....	71
Abbildung 93: Mehrwert und Herausforderungen - 3D Druck, ©Digital Findet Stadt .....	71
Abbildung 94: Lebenszyklusdiagramm - 3D Druck, ©Digital Findet Stadt.....	71
Abbildung 95: Prozesslandkarte - 3D Druck, ©Digital Findet Stadt.....	71
Abbildung 96: Umfragediagramm, Nutzung 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt .....	72
Abbildung 97: Umfragediagramm, Einschätzung 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt.....	72
Abbildung 98: 3D-Druck Baustelle, ©Rupp Gebäudedruck GmbH .....	73
Abbildung 99: Umfragediagramm, Anwendungsfälle 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt.....	74
Abbildung 100: Umfragediagramm, Mehrwert 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt.....	75
Abbildung 101: Umfragediagramm, Herausforderungen – Nutzer:innen 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt .....	76

Abbildung 102: Umfragediagramm, Herausforderung – geplante Nutzer:innen 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt.....	76
Abbildung 103: Umfragediagramm, Hinderungsgründe – nicht Nutzer:innen 3D-Beton-Druck, ©Digital Findet Stadt.....	76
Abbildung 104: Umfragediagramm, Nutzung der Technologien im Überblick, ©Digital Findet Stadt.	77
Abbildung 105: Umfragediagramm, Nutzungspotential nach Tätigkeitsbereich, ©Digital Findet Stadt .....	80

## 8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Anwendungsfälle digitaler Technologien im Bauwesen.....	78
-----------	---	----

## 8.3. Literaturverzeichnis

„3 Ways Virtual Reality in Construction is Shaping the Industry“. Zugegriffen 23. Jänner 2022.  
<https://bim360resources.autodesk.com/connect-construct/3-ways-virtual-reality-in-construction-is-shaping-the-industry>.

Construction Review Online. „7 Advantages of Using a 3D Printer in Construction Projects“, 2. August 2021. <https://constructionreviewonline.com/machinery-equipment/7-advantages-of-using-a-3d-printer-in-construction-projects/>.

Technikum Wien Academy. „360 Grad Videos & Virtual Reality: Was ist das?“ Zugegriffen 4. Februar 2022. <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-unter-360-grad-videos-und-virtual-reality-zu-verstehen/>.

Allgemeine Unfallversicherungsanstalt. „Arbeiten mit kollaborativen Robotern“, 2018.

Roland Berger. „Artificial Intelligence in the Construction Industry“. Zugegriffen 27. Jänner 2022.  
<https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Artificial-intelligence-in-the-construction-industry.html>.

BauNetz. „3D-gedruckte Hohlräume | Beton | Forschung | Baunetz\_Wissen“. Baunetz Wissen. Zugegriffen 28. Jänner 2022. <https://www.baunetzwissen.de/beton/tipps/forschung/3d-gedruckte-hohlraeume-7667906>.

Bezmalinovic, Tomislav. „VR-Studie: So spielen Deutsche Virtual Reality“. MIXED, 2. Mai 2021.  
<https://mixed.de/vr-studie-uni-und-th-koeln-ergebnisse/>.

„CDE und BIM für das Bauwesen entdecken | Oracle Deutschland“, 2021.  
<https://www.oracle.com/de/industries/construction-engineering/what-is-cde-and-bim/>.

Alice Technologie. „Construction simulation and optimization software - powered by AI | ALICE Technologies“. Zugegriffen 27. Jänner 2022. <https://www.alicetechnologies.com/home>.

Davila Delgado, Juan Manuel, Lukumon Oyedele, Anuoluwapo Ajayi, Lukman Akanbi, Olugbenga Akinade, Muhammad Bilal, und Hakeem Owolabi. „Robotics and Automated Systems in Construction: Understanding Industry-Specific Challenges for Adoption“. *Journal of Building Engineering* 26 (November 2019): 100868. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100868>.

Desruelle, P, G Baldini, M Barboni, F Bono, B Delipetrev, N Duch Brown, E Fernandez Macias, u. a. „Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration [Er“. EUROPEAN COMMISSION, 2019. [https://op.europa.eu/publication/manifestation\\_identifier/PUB\\_KJNA29782ENN](https://op.europa.eu/publication/manifestation_identifier/PUB_KJNA29782ENN).

Digiteum Team. „How Is IoT Changing the Construction Industry?“ Digiteum, 30. März 2020. <https://www.digiteum.com/iot-construction-industry/>.

„DIN SPEC 91391 - Deutsche BauZeitschrift“. Zugegriffen 23. Jänner 2022. [https://www.dbz.de/artikel/dbz\\_DIN\\_SPEC\\_91391\\_3413980.html](https://www.dbz.de/artikel/dbz_DIN_SPEC_91391_3413980.html).

Eichler, Christoph Carl, Christian Schranz, Tina Kruschmann, Harald Urban, und Markus Gratzl. *BIMcert Handbuch 2021 - Grundlagenwissen openBIM*, 2021.

Eichler, und Churschellas. „BIM-Regelwerk-AIABAP-2020.08.20-V1.“ buildingSMART, 20. August 2020.

EUROPEAN COMMISSION. „Supporting digitalisation of the construction sector and SMEs“. EUROPEAN COMMISSION, 2019.

European Construction Sector Observatory. „Digitalisation in the construction sector“. EUROPEAN COMMISSION, April 2021.

Frost & Sullivan. „New Building Constructions and Strict Energy-Use Norms Fuel Demand for Building Automation Systems in Europe“. *Frost & Sullivan (blog)*, 5. Dezember 2019. <https://www.frost.com/news/new-building-constructions-and-strict-energy-use-norms-fuel-demand-for-building-automation-systems-in-europe/>.

Gartner. „Gartner Identifies Top 10 Strategic IoT Technologies and Trends“. Zugegriffen 26. Jänner 2022. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-07-gartner-identifies-top-10-strategic-iot-technologies-and-trends>.

„General Contractor Leverages ALICE on Silicon Valley Project To Save Millions“. Zugegriffen 27. Jänner 2022. <https://blog.alicetechnologies.com/case-studies/general-contractor-drives-millions-in-labor-savings-on-silicon-valley-project-using-alice>.

Ghosh, Arka, David John Edwards, und M. Reza Hosseini. „Patterns and Trends in Internet of Things (IoT) Research: Future Applications in the Construction Industry“. *Engineering, Construction and Architectural Management* 28, Nr. 2 (23. August 2020): 457–81.  
<https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2020-0271>.

Hamil, Stephan, und David Bain. „NBS Digital Construction Report“. NBS Enterprise Ltd, 2021.

Holst, Christoph. „Terrestrisches Laserscanning 2019: Von großen Chancen, großen Herausforderungen und großen Radioteleskopen“. *zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, Nr. 2/2019 (2019): 94–108.  
<https://doi.org/10.12902/zfv-0256-2019>.

Institute of Construction Materials, und Farid Sartipi. „Influence of 5G and IoT in Construction and Demolition Waste Recycling – Conceptual Smart City Design“. *Journal of Construction Materials* 1, Nr. 4 (2. Juli 2020). <https://doi.org/10.36756/JCM.v1.4.1>.

Joshi, Naveen. „Transforming the construction industry with IoT“, 14. August 2019.  
<https://www.allerin.com/blog/transforming-the-construction-industry-with-iot>.

KBOB. „KBOB Empfehlungen zum Umgang mit BIM“. Schweiz, Bern, Jänner 2018.

Koutsogiannis, Anastasios. „How Robotics Could Change The Future of Construction“, 2017.  
<https://blog.robotiq.com/how-robotics-could-change-the-future-of-construction>.

Mechtcherine, Viktor, Inka Dreßler, Martin Empelmann, Christoph Gehlen, Christian Glock, Alexander Kuhn, Jan Paul Lanwer, u. a. „Digitaler Betonbau durch additive Verfahren – Sachstand und Forschungsbedarf“. *Beton- und Stahlbetonbau* 116, Nr. 11 (November 2021): 881–900.  
<https://doi.org/10.1002/best.202100067>.

„Punktwolken Auswertung | Laserscanning Europe“, 29. November 2021.  
<https://www.laserscanning-europe.com/de/content/punktwolken-auswertung#:~:text=Eine%20Punktwolke%20ist%20eine%20Ansammlung%20von%20sehr%20vielen,allesamt%20tausende%20bis%20hunderttausende%20Messpunkte%20pro%20Sekunde%20erzeugen.>

Rao, Sumana. „The Benefits of AI In Construction“, 8. Juli 2021.  
<https://constructible.trimble.com/construction-industry/the-benefits-of-ai-in-construction>.  
„Renovation Wave: CoR and EU Commission Launch Cooperation to Boost Building Overhaul“. Zugegriffen 8. Februar 2022. <https://cor.europa.eu/en/news/Pages/renovation-wave-CoR-and-Commission-launch-cooperation-to-boost-building-overhaul.aspx>.

Robbi, Steffen, Katrin Künzler, und Patricia Braun. „Digitales Planen, Bauen und Betreiben\_Technologiereport“. Digital Findet Stadt, März 2021.

[https://wirtschaftsagentur.at/fileadmin/user\\_upload/Technologie/Factsheets\\_T-Reports/Digitales\\_Bauen\\_Technologiereport\\_DE.pdf](https://wirtschaftsagentur.at/fileadmin/user_upload/Technologie/Factsheets_T-Reports/Digitales_Bauen_Technologiereport_DE.pdf).

Sagar, Ram. „How To Take Full Advantage Of GPUs In Large Language Models“. *Analytics India Magazine*, 6. Mai 2021. <https://analyticsindiamag.com/how-to-take-advantage-gpus-large-language-models-gpt-3/>.

Technikum Wien Academy. „Wie funktioniert Augmented Reality?“ Zugegriffen 4. Februar 2022. <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-augmented-reality/>.

„Wikipedia Roboter“. In *Wikipedia*, 17. Jänner 2022. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Roboter&oldid=219252565>.

„Wikipedia Robotik“. In *Wikipedia*, 5. Jänner 2022. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Robotik&oldid=218836000>.

„Wikipedia Sensor“. In *Wikipedia*, 3. November 2021. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Sensor&oldid=216937626>.

Yoders, Jeff. „What Is Augmented Reality in Construction and Architecture?“ *Redshift EN*, 20. April 2021. <https://redshift.autodesk.com/what-is-augmented-reality/>.

You, Zhijia, Chen Wu, Lianqiong Zheng, und Lingjun Feng. „An Informatization Scheme for Construction and Demolition Waste Supervision and Management in China“. *Sustainability* 12, Nr. 4 (23. Februar 2020): 1672. <https://doi.org/10.3390/su12041672>.

# 9 Anhang

## 9.1. Data Management Plan (DMP)

### 1: Datenerstellung und Dokumentation

Zur Erhebung von Daten ob und wie die im Bericht beschriebenen Technologien genutzt werden und um Rückschlüsse ziehen zu können, wie österreichische Unternehmen die Potentiale der einzelnen Technologien einschätzen, wurde eine listenbasierte Online-Umfrage im Zeitraum November bis Dezember 2021 durchgeführt. Um einen möglichst breiten und repräsentativen Querschnitt der österreichischen Baubranche innerhalb der Stichprobe abdecken zu können, wurden branchenvertretende Unternehmen und Institutionen aus allen Bereichen der Bauwirtschaft kontaktiert.

Die Übermittlung der Fragebögen erfolgte mittels Newsletter von „Digital Findet Stadt“, Anschreiben unserer Netzwerkpartner über interne Kontaktlisten sowie über zusätzlich recherchierte Kontakte technologierelevanter Unternehmen. Es nahmen 139 Unternehmen bzw. Institutionen an der Befragung teil.

### 2: Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte

Die durch die Umfrage generierten Rohdaten und deren grafische Auswertung sind anonymisiert.

### 3: Datenspeicherung und -erhalt

Die Rohdaten und deren grafische Auswertung befinden sich, in Form von Excel-Dateien am Share-Point Server der Digital Findet Stadt GmbH.

### 4: Wiederverwendbarkeit der Daten

Ein öffentlicher Zugang zur Datenspeicherung ist nicht angedacht. Die Rohdaten und die Auswertung können bei Bedarf in anonymisierter Form zur Verfügung gestellt werden.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)