

# Akzeptanz und Verbreitung digitaler Technologien bei der Bauausführung

## Acceptance and diffusion of digital technologies during construction

Julian Halter, M.Sc., Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Gotthard-Franz-Straße 3, 76131 Karlsruhe, julian.halter@kit.edu

Melike Erdogan, M.Sc., erdogan.melike@outlook.de

### Kurzfassung

Aktuell kommen zur Verfügung stehende innovative und digitale Technologien im Bauwesen, insbesondere bei der Bauausführung, noch nicht flächendeckend zum Einsatz. Einer der Gründe dafür, könnte die mangelnde Akzeptanz oder die grundsätzliche Abneigung gegenüber digitalen Technologien bei den Nutzern sein. Um das zu untersuchen, wurde mit Hilfe einer empirischen Untersuchung die Verbreitung und die Akzeptanz digitaler Technologien bei der Bauausführung ermittelt. Im ersten Schritt wurden anhand einer Literaturrecherche digitale Technologien identifiziert, die bei der Bauausführung zum Einsatz kommen können. Auf Basis eines technologieorientierten Akzeptanzmodells wurde anschließend eine Online-Umfrage mit 154 Teilnehmern aus der Bauausführung durchgeführt. Die Befragung bestätigte, dass ein Großteil der vorhandenen Technologien aktuell nicht oder nur in Pilotprojekten zum Einsatz kommen. Die Ergebnisse weisen jedoch auch darauf hin, dass trotz der geringen Verbreitung eine eher hohe Akzeptanz bei den Befragten vorhanden ist.

### Abstract

Currently, available innovative and digital technologies in the construction industry, especially in the execution of construction work, are not yet being used across the board. One of the reasons for this could be the lack of acceptance or the fundamental aversion to digital technologies among users. To investigate this, an empirical study was conducted to determine the dissemination and acceptance of digital technologies in construction. In the first step, a literature review was used to identify digital technologies that can be utilized in construction execution. Based on a technology-oriented acceptance model, an online survey was then conducted with 154 participants from the construction industry. The survey confirmed that a large proportion of the existing technologies are not currently being used or only in pilot projects. Nevertheless, the results also indicate that, despite the low level of dissemination, there is a rather high level of acceptance among the respondents.

## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangslage

Die Digitalisierung ist ein globaler Trend, der zu erheblichen Veränderungen in der Gesellschaft und in Organisationen führt [1]. In engem Zusammenhang mit der fortschreitenden Digitalisierung steht der Einsatz digitaler Technologien. Mit Hilfe neuer digitaler Ansätze und Werkzeuge können Organisationen die Produktivität und Effektivität in allen Stufen der Wertschöpfungsketten steigern [2].

Der digitale Wandel eröffnet der Baubranche eine Vielzahl von Chancen, die sich sowohl für den Alltag auf der Baustelle als auch für die Steuerung des Unternehmens ergeben [3]. Laut einer Studie von PWC [4] erwartet die Bauindustrie, durch die Digitalisierung, in erster Linie eine bessere Zusammenarbeit und Kommunikation mit allen beteiligten Akteuren sowie kürzere Projektphasen durch effizientere Arbeitsabläufe und

eine Reduzierung von Kosten. Auch wenn die Mehrwerte der Digitalisierung allgemein anerkannt werden, sehen etwa zwei Drittel der Befragten bei der Nutzung digitaler Lösungen und der Digitalisierung ihrer operativen Prozesse noch Aufholbedarf. Gründe für diese Diskrepanz können in den zahlreichen Herausforderungen bei der Nutzung digitaler Lösungen gesucht werden. Die größte Herausforderung liegt laut der Studie beim fachlichen Know-how der Mitarbeitenden bzw. dem Fachkräftemangel. 81% der Befragten sehen diese Herausforderung auf sich zukommen. Direkt dahinter sehen die Befragten (78%) die interne Akzeptanz als zweitgrößte Herausforderung bei der Nutzung von digitalen Lösungen in der Bauindustrie. [4]

### 1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Laut einer Studie von Roland Berger [2] stimmen 93% der befragten Akteure aus der Bauindustrie zu, dass die Digitalisierung die Gesamtheit ihrer Prozesse beeinflussen wird. Trotz dieses Bewusstseins bei den Beteiligten kommen vorhandene innovative und digitale



Technologien noch nicht flächendeckend zum Einsatz. Einer der Gründe dafür, könnte die mangelnde Akzeptanz oder grundsätzliche Abneigung gegenüber digitalen Technologien bei den Nutzern sein. Ziel dieser Untersuchung ist es daher den aktuellen Stand der Verbreitung digitaler Technologien und die Akzeptanz gegenüber der Nutzung digitaler Technologien bei der Bauausführung zu ermitteln. Dafür sind mit Hilfe einer empirischen Untersuchung die nachfolgenden Forschungsfragen bearbeitet worden.

Forschungsfrage 1: Wie ist der aktuelle Stand der Verbreitung digitaler Technologien bei der Bauausführung?

Forschungsfrage 2: Wie hoch ist die Akzeptanz gegenüber der Nutzung digitaler Technologien bei der Bauausführung?

### 1.3 Methodisches Vorgehen

Mit Hilfe einer ausführlichen Literaturrecherche wurden zunächst die bei der Bauausführung aktuell eingesetzten digitalen Technologien identifiziert. Die ermittelten digitalen Technologien werden in digitale Arbeitsmittel und digitale Lösungen kategorisiert. Für die darauf aufbauende empirische Untersuchung wird ein anerkanntes technologieorientiertes Akzeptanzmodell als Grundlage gewählt. Die Konstrukte des Akzeptanzmodells bilden den Rahmen des Fragebogens zur Ermittlung der Verbreitung und Akzeptanz digitaler Technologien. Basierend auf den Veröffentlichungen von Venkatesh wurden acht Einflussfaktoren mit Hilfe von insgesamt 34 Items und einer siebenstufigen Likertskala abgefragt. Zusätzlich wurden Fragen zu soziodemographischen Merkmalen und den Projektrollen der Teilnehmenden ergänzt. Die empirische Untersuchung erfolgte in Form einer quantitativen Online-Umfrage. Die Umfrage wurde insgesamt an 1150 Kontakte verteilt. Insgesamt haben 154 Personen aus der Baubranche den Fragebogen vollständig beantwortet. Die Auswertung der Umfrage erfolgt im Hinblick auf den aktuellen Stand der Nutzung und der Akzeptanz digitaler Technologien bei der Bauausführung. Nach der deskriptiven Auswertung der Daten wurden die Ergebnisse anhand von zwölf Hypothesen auf Zusammenhänge zwischen Verbreitung und Akzeptanz sowie soziodemographischen Merkmalen und Projektrollen analysiert.

## 2 Digitalisierung der Baubranche

In den aktuellen wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Publikationen zählt die Digitalisierung zu den am häufigsten diskutierten Themen weltweit [5]. Unter dem Schlagwort Digitalisierung finden sich vielerlei Definitionen und Beschreibungen, die sich von technischen Betrachtungen bis hin zu wirtschaftlichen Aspekten bewegen [6]. Ursprünglich bedeutet Digitalisierung sowohl im Duden als auch im Oxford English Dictionary „die Umwandlung von analogen Informationen in digitale Repräsentation in Form einer Folge von Nullen und Einsen“. Aktuell bezieht sich die Digitalisierung jedoch vielmehr auf eine digitale Transformation von

Organisationen durch Neuausrichtung von Geschäftsmodellen, Strukturen und Prozessen unter der Einführung und Nutzung von digitalen Technologien. [6, 7]

Ein wesentlicher Teil der Digitalisierung sind demzufolge digitale Technologien, welche das Ergebnis der technologischen Entwicklung der vergangenen Jahrzehnte darstellen [8]. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [8] definiert digitale Technologien als „Lösungskomponenten für das digital vernetzte Unternehmen, die aus der Vernetzung betrieblicher Anwendungssysteme, Software- und Hardwarekomponenten bestehen, sodass sie mittels Datenverarbeitung einen datenbasierten Mehrwert in einer Anwendung schaffen“. Zur Nutzung der digitalen Technologien in der Praxis spielen in erster Linie digitale Endgeräte eine wesentliche Rolle [9]. Mit Endgeräten sind z.B. Smartphones, Tablets, Laptops und Computer gemeint, die den Zugang zu digitalen Informationen und Anwendungssystemen zu jeder Zeit und an jedem Ort ermöglichen [10]. Demzufolge ist eine digitale Technologie im engeren Sinne eine vernetzte, software- und hardwarebasierte Lösung, die dazu dient, Arbeitsprozesse (z.B. auf der Baustelle) digital umzusetzen. Im weiteren Sinne werden für die Nutzung der digitalen Technologie und deren Umsetzung in einem Arbeitsprozess digitale Arbeitsmittel wie z.B. Geräte, Endgeräte und Wearables benötigt. Daher wird auch in der weiteren Untersuchung zwischen digitalen Lösungen und digitalen Arbeitsmitteln unterschieden.

Mittlerweile kommen in vielen Unternehmen digitale Technologien zum Einsatz [8]. Viele Unternehmen befinden sich zurzeit mitten in einer digitalen Transformation und kombinieren dabei mehrere Technologien wie z.B. Internet of Things (IoT), Künstliche Intelligenz (KI), Digitaler Zwilling, Virtual- und Augmented Reality miteinander, um die Prozesse in ihrem Betrieb umfangreich zu digitalisieren [11]. Jedoch gibt es zwischen den Branchen große Unterschiede im Digitalisierungsgrad. Die Bauindustrie zählt zu den Branchen in der digitale Technologien noch nicht sonderlich weit verbreitet sind oder gezielt eingesetzt werden [8].

Die Baubranche steht zwar vor tiefgreifenden Veränderungen auf dem Weg in eine digitale Zukunft [3], doch es laufen vor allem auf den Baustellen nach wie vor die gleichen manuellen Tätigkeiten und papierbasierte Prozesse wie schon vor Jahrzehnten ab. Dazu zählen beispielsweise zahlreiche Aktenordner, Baupläne sowie Lieferscheine und Stundenzettel in Papierform. Die vielfältigen technischen Möglichkeiten zur Digitalisierung solcher Prozessschritte gehören auf Baustellen weiterhin nicht zur Tagesordnung. Die Folgen sind häufig Informationsverluste und Fehlermeldungen. [12]

Diese subjektive Einschätzung wird durch verschiedene Studien bestätigt. Dazu gehört der im Rahmen des Projektes „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“ vom BMWK für 2022 veröffentlichte Digitalisierungsindex nach Branchen in Deutschland [13]. Die ersten beiden Plätze belegen die Informations- und

Kommunikationstechnologie (276 Punkte) und die Automobilindustrie (188 Punkte). Das Baugewerbe ist dem „Sonstigen Produzierenden Gewerbe“ zugeordnet und findet sich mit 63 Punkten auf dem letzten Platz wieder. Damit zählt die Bauindustrie zu den Nachzögern bei der digitalen Transformation und weist, besonders in Deutschland, einen hohen Nachholbedarf auf. Abschließend lässt sich festhalten, dass die Baubranche zwar bei der Digitalisierung hinterher hängt, aktuell jedoch zumindest einen positiven Trend aufweist. Die Digitalisierung der Prozesse in der Bauwertschöpfungskette durch digitale Arbeitsmittel mit integrierten digitalen Lösungen ist immer gefragter [14].

### 3 Digitale Technologien bei der Bauausführung

Die digitale Transformation verändert die Arbeitsweise in der Baubranche insbesondere im Sinne einer engeren Zusammenarbeit bzw. Kollaboration. Die Ziele sind mehr Transparenz in der Abwicklung zu schaffen, kürzere Projektlaufzeiten sowie wirklichkeitsnahe Kostenkalkulationen zu erreichen und Verschwendungen bei der Produktion zu reduzieren. [15] Mithilfe der Vernetzung ist es möglich, die Bauwertschöpfungskette von der digitalen Bauplanung über die Bauausführung mit robotischen Prozessen auf der Baustelle, bis hin zur Gebäudebewirtschaftung zu verknüpfen [16].

Die für die Bauausführung relevanten digitalen Technologien sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Kategorisierung erfolgt für den Bereich der „Digitalen Lösungen“ über die Unterkategorien *Datenerfassung und -verarbeitung*, *Informationsbereitstellung und -analyse* und *Automatisierung von Prozessen* [17]. Die digitalen Arbeitsmittel gliedern sich in *Geräte*, *(Mobile) Endgeräte* und *Wearables*.

Unter der Kategorie *Datenerfassung und -verarbeitung* fallen Technologien, die große Datenmengen erzeugen, verarbeiten und zur Verfügung stellen z.B. Sensoren, Laserscanner und vernetzte IoT-Geräte. Die Verfügbarkeit von Daten reicht von der Geolokalisierung und dem Feuchtigkeitsgehalt, über den Energieverbrauch und die Luftqualität, bis hin zu Videoaufnahmen und seismischen Messungen. Diese Daten erlauben eine Vielzahl von Analysen, um die Produktivität des Bauprozesses in allen Phasen zu steigern.

Die Technologien in der Kategorie *Informationsbereitstellung und -analyse* tragen dazu bei, die erzeugten Daten weiterzuverarbeiten, zu analysieren und darzustellen. Dafür kann z.B. BIM-Software oder Virtual Reality zum Einsatz kommen.

Mit der *Automatisierung von Prozessen* werden manuelle, aber auch komplexe Arbeitsschritte, die bisher von Menschen ausgeführt wurden, von automatisierten Geräten, Maschinen und Algorithmen übernommen [15]. Durch die Nutzung von automatisierten Baumaschinen, Fertigteilen oder 3D-Druck können sich die Endqualität des Projekts erhöhen, die Risiken für Arbeitnehmer verringern und neue Materialien und Techniken eingesetzt werden. Damit spielen die digitalen Technologien dieser Kategorie insbesondere für die Entwicklung und Modernisierung der eigentlichen Bauphase eine zentrale Rolle.

Die digitalen Arbeitsmittel beinhalten Werkzeuge, die bei der Nutzung digitaler Lösungen zum Einsatz kommen. In der Kategorie *Geräte* finden sich Drohnen für Orthofotos und photogrammetrische Punktwolken, 3D-Drucker für die Additive Fertigung, Laserscanner zum Aufnehmen von Punktwolken sowie HMD-Brillen zur dreidimensionalen Betrachtung von Bauwerksmodellen.

**Tabelle 1:** Übersicht digitaler Technologien bei der Bauausführung

Digitale Technologien					
Digitale Lösungen			Digitale Arbeitsmittel		
Datenerfassung und -verarbeitung	Informationsbereitstellung und -analyse	Automatisierung von Prozessen	Geräte	(Mobile) Endgeräte	Wearables
3D-Scanning/ Drohnenvermessung	BIM-Software	3D-Druck/ Additive Fertigung	3D-Drucker	Desktop-PC	Smartwatch
Sensorik	Digitaler Zwilling	Robotik/ Autonome Baumaschinen	3D-Laserscanner	Laptop	Datenbrille
Radio Frequency Identification (RFID)	Virtual Reality (VR)	Vorfertigung/ Modulare Bauweise	Drohne	Tablet	Datenhandschuhe
Internet of Things (IoT)	Augmented Reality (AR)	Blockchain	Bauroboter	Smartphone	Exoskelett
Cloud Computing	Künstliche Intelligenz (KI)		Head-Mounted Display (VR/AR)		
Mobile Computing	Bausoftware/App		RFID- Transponder		
Wearable Computing					

Mehr oder weniger mobile *Endgeräte*, wie Desktop-PC, Laptop, Tablet oder Smartphone spielen sowohl im Alltag vieler Menschen als auch bei der Bauausführung eine wichtige Rolle. Entscheidend ist, dass ein Endgerät in ein Daten- und Telekommunikationsnetzwerk eingebunden ist und darüber Daten empfangen und senden kann. Vor allem auf der Baustelle können mobile Endgeräte mit installierten Software-Applikationen und integrierten Sensoren z.B. Kamera, Ortungskomponenten und Mikrophon für verschiedene Zwecke eingesetzt werden.

*Wearables* werden im Unterschied zu Endgeräten direkt am Körper der Menschen angebracht. Dazu zählen unter anderem Smartwatch, Datenbrillen aber auch Datenhandschuhe und Exoskelette.

Die Einführung und Nutzung digitaler Technologien verändert zum einen die Prozesse der gesamten Bauertschöpfungskette und zum anderen die Rollen und Tätigkeiten vieler Akteure in der Baubranche [14]. Auf einer Baustelle könnten Baufacharbeitende in Zukunft körperlich anstrengende Tätigkeiten mit der Unterstützung von Exoskeletten ausführen, währenddessen Sie über AR-Brillen adaptive dreidimensionale Pläne visualisiert und Handlungsanweisungen eingeblendet bekommen. Mit entsprechender Sensorik und Kameras ausgerüstete Bauroboter, 3D-Drucker und Drohnen können die Ausführung der Bauprozesse beschleunigen, indem sie teil- oder vollautomatisiert Materialien transportieren und Bauteile herstellen oder digitale Aufmaße erzeugen. Über RFID-Trackingsystemen können Materialtransporte, Bauteile und Baumaterialien genau verortet werden und langwieriges Suchen reduziert werden. Softwareanwendungen zur digitalen Erfassung der Bautagesberichte, der Lieferscheine, Erstellung digitaler Aufmaße und Durchführung von Bestellvorgängen auf der Baustelle können für eine Beschleunigung der Prozesse und vollständige Dokumentation sorgen. Mit Hilfe von KI können Terminpläne aufgestellt, Grundrissvarianten verglichen und die Logistik sowie Bauablaufplanung optimiert werden.

Die Anwendungsmöglichkeiten sind enorm vielfältig und können an dieser Stelle nur auszugsweise beschrieben werden. Hinzukommt, dass die Entwicklung stetig voranschreitet und in Zukunft Möglichkeiten entstehen, die vermutlich noch gar nicht ersichtlich sind. An welchen Stellen ein Einsatz digitaler Technologien auch einen tatsächlichen Mehrwert bringt, muss sich daher zum Teil erst noch in der Praxis beweisen.

## 4 Akzeptanz digitaler Technologien

Die Akzeptanz der Mitarbeitenden gegenüber neuen digitalen Technologien ist eine der zentralen Herausforderungen in Unternehmen [18]. Akzeptanz kann dabei in unterschiedlichen Dimensionen und Erscheinungsformen auftreten. Die wichtigste Unterscheidung liegt zwischen der Einstellungsakzeptanz, mit einer grundsätzlich positiven Haltung gegenüber dem Akzeptanzobjekt und der Handlungsakzeptanz, die sich in beobachtbarem Handeln äußert. Durch Überlagerung

dieser beiden Dimensionen lassen sich verschiedene Erscheinungsformen von Akzeptanz beschreiben, von offenem Widerstand und Ablehnung bis hin zu Befürwortung und aktiver Unterstützung. Ziel von Unternehmen bei der digitalen Transformation muss es sein, bei den Beschäftigten mit geeigneten Strategien und Maßnahmen, Widerstände bzw. Ablehnung zu verringern und mindestens Befürwortung, idealerweise eine aktive Unterstützung digitaler Technologien zu erreichen.

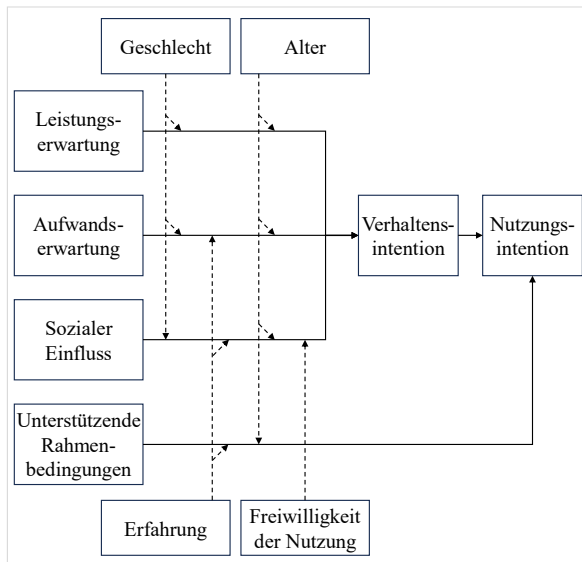
Schäfer und Keppler definieren Akzeptanz konkret als „das Resultat eines Wahrnehmungs-, Bewertungs- und Entscheidungsprozesses, aus dem eine bestimmte Einstellung und ggf. Handlung resultieren“ [19]. In Anlehnung an diese Definition bedeutet Akzeptanz für diese Untersuchung, dass Projektbeteiligte oder Mitarbeitende digitale Technologien bei der Bauausführung akzeptieren oder annehmen.

Die Akzeptanzbildung ist komplex und wird durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren beeinflusst. Um das menschliche Verhalten zu verstehen und vorherzusagen nutzt die Akzeptanzforschung häufig Akzeptanzmodelle. Die Akzeptanzmodelle bestehen aus numerisch nicht direkt messbaren latenten Konstrukten. Sowohl die Akzeptanz an sich als auch die Einflussfaktoren stellen ein solches latentes Konstrukt dar. Durch empirische Ermittlungen und statistische Tests können Korrelationen unter den Konstrukten bestimmt werden. [20]

In der Literatur existiert bereits eine Vielzahl von technologieorientierten Akzeptanzmodellen. Die Autoren der Akzeptanzmodelle haben die Einflussfaktoren bereits durch Operationalisierung mit Hilfe von sog. Items messbar gemacht. Auf Basis dieser vorformulierten Items wird der Fragebogen zur Ermittlung der Akzeptanz in dieser Untersuchung aufgebaut. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Ermittlung der Akzeptanz mit Hilfe statistisch relevanter Einflussfaktoren erfolgt.

Als Grundlage für die Untersuchung der Akzeptanz gegenüber der Nutzung digitaler Technologien bei der Bauausführung wird das technologieorientierte Akzeptanzmodell „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ (UTAUT) von Venkatesh herangezogen [21]. Venkatesh führte in diesem Akzeptanzmodell verschiedene Forschungen zusammen und formulierte das in Abbildung 1 dargestellte vereinheitlichte Modell der Akzeptanz und Nutzung von Technologien.

Die UTAUT versucht, basierend auf der Verhaltensintention, das anschließende Nutzungsverhalten eines Informationssystems zu erklären. Dafür nutzt die Theorie die *Leistungserwartung*, die *Aufwandserwartung*, den *Sozialen Einfluss* und die *Unterstützenden Rahmenbedingungen* als zentrale Konstrukte. Die ersten drei Konstrukte *Leistungserwartung*, *Aufwandserwartung* und *Sozialer Einfluss* wirken hierbei auf die Verhaltensintention, während das vierte Konstrukt *Unterstützende Rahmenbedingungen* direkt das Nutzungsverhalten beeinflusst. [21, 22].



**Abbildung 1:** Unified Theory of Acceptance and Use of Technology [21]

Neben den genannten zentralen Konstrukten berücksichtigt die UTAUT vier weitere Faktoren, die die Akzeptanz bzw. das Nutzungsverhalten einer Person beeinflussen. Das *Geschlecht*, das *Alter*, die *Erfahrung* und die *Freiwilligkeit der Nutzung* berücksichtigen dynamische Einflüsse und wirken direkt auf die zentralen Konstrukte. [21, 22].

## 5 Ergebnisse

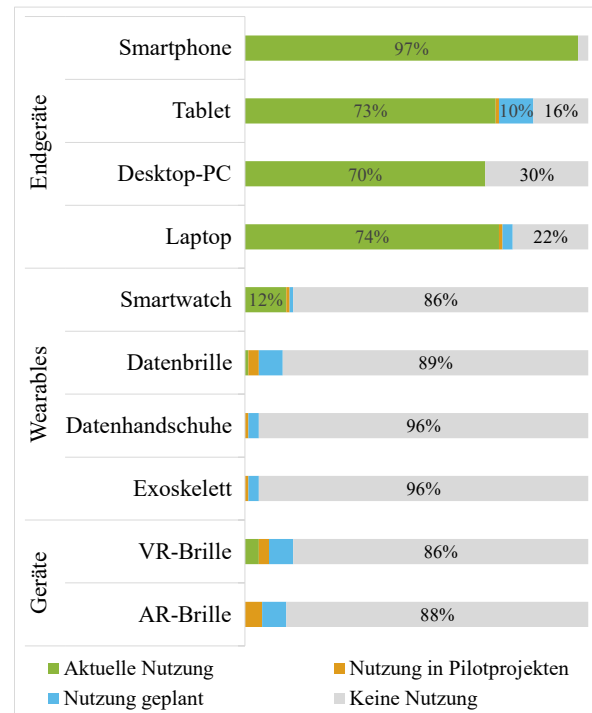
Der erste Teil der Befragung untersucht den aktuellen Stand der Verbreitung bzw. Nutzung digitaler Arbeitsmittel und Lösungen bei der Bauausführung. Die aktuelle Verbreitung digitaler Arbeitsmittel ist Abbildung 2 dargestellt.

Die Befragung ergab, dass *Endgeräte* wie Smartphone, Desktop-PC und Laptop die aktuell am häufigsten verwendeten digitalen Arbeitsmittel sind. Sie werden im Durchschnitt mehrmals täglich genutzt. Endgeräte wie Tablets kommen bei der Bauausführung inzwischen ebenfalls sehr häufig zum Einsatz. Dahingegen werden *Wearables* und *Geräte* wie VR- und AR-Brillen aktuell kaum bzw. in einem sehr geringen Umfang z.B. in Pilotprojekten eingesetzt.

Für die Nutzung digitaler Lösungen bei der Bauausführung sind die Ergebnisse in Abbildung 3 dargestellt. Im Bereich *Datenerfassung und -verarbeitung* werden digitale Lösungen wie 3D-Laserscanner, Drohnen und Sensoren bereits teilweise genutzt. Deutlich häufiger kommen jedoch Cloud-Lösungen zum Einsatz.

Im Bereich der *Informationsbereitstellung und -analyse* nutzten bereits 86% der Befragten spezielle Bausoftwareanwendungen bzw. Apps. Bei etwas mehr als der Hälfte der Befragten (56%) kommt bereits BIM-Software zum Einsatz. Damit weist die modellbasierte Arbeitsweise eine mittlere bis hohe Verbreitung auf.

Hinzukommt, dass noch zusätzlich 26% bereits in Pilotprojekten damit gearbeitet haben bzw. eine Nutzung planen. Weniger häufig kommen hingegen aktuelle Technologietrends wie VR, AR und KI zum Einsatz. Sie scheinen bei der Bauausführung bisher nur wenig verbreitet zu sein und eine Nutzung in Pilotprojekten ist ebenfalls selten geplant.



**Abbildung 2:** Nutzung digitaler Arbeitsmittel bei der Bauausführung<sup>1</sup>

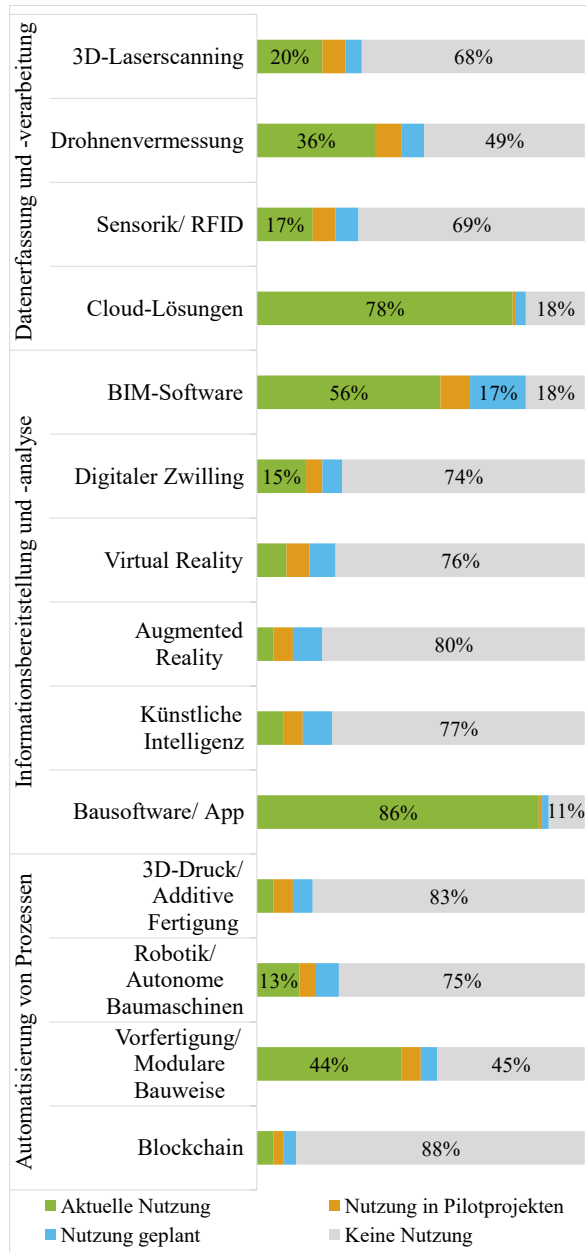
Im Bereich *Automatisierung von Prozessen* weist die Vorfertigung bzw. Modulare Bauweise mit 44% Nutzungsanteil den höchsten Verbreitungsgrad auf. Im Gegensatz dazu kommen bei einem Großteil der Befragten Additive Fertigungsmethoden, Bauroboter und Blockchain aktuell nicht zum Einsatz und eine Nutzung ist auch nicht geplant.

Die Ergebnisse decken sich zu weiten Teilen mit der von PWC durchgeführten Studie zur Digitalisierung der Bauindustrie [23]. In der Studie bewerten die Befragten die Fähigkeiten der Bauindustrie bei der Nutzung von 3D-Druck, Robotik, Blockchain, VR, Sensoren bzw. IOT-Lösungen und 3D-Laserscanning weitestgehend als ausbaufähig.

Ein anderes Bild ergibt sich bei der Akzeptanz der digitalen Technologien. In Abbildungen 4 sind die Ergebnisse zur Untersuchung der Akzeptanz gegenüber der Nutzung digitaler Technologien bei der Bauausführung für neun Akzeptanzfaktoren dargestellt. Gesamtheitlich betrachtet zeigt das Stimmungsbild eine überwiegend hohe Akzeptanz digitaler Technologien. Insgesamt 78% der Befragten glauben, dass die Nutzung digitaler Technologien ihre eigene Arbeitsleistung verbessert. 87% der Befragten sind der Meinung, dass digitale

<sup>1</sup> Alle Ergebnisse bzw. Werte kleiner 10% sind in den Abbildungen 2-4 nicht angegeben.

Technologien leicht bedienbar und einfach zu erlernen sind. Nur 12% der Befragten haben Bedenken oder Angst, wenn sie mit der Möglichkeit konfrontiert werden, digitale Technologien zu nutzen. Eine positive Einstellung gegenüber der Nutzung digitaler Technologien besitzen 91% der Befragten. Zudem beabsichtigen bzw. planen 82% in den nächsten Monaten digitale Technologien weiter zu nutzen oder weitere digitale Technologien einzusetzen.

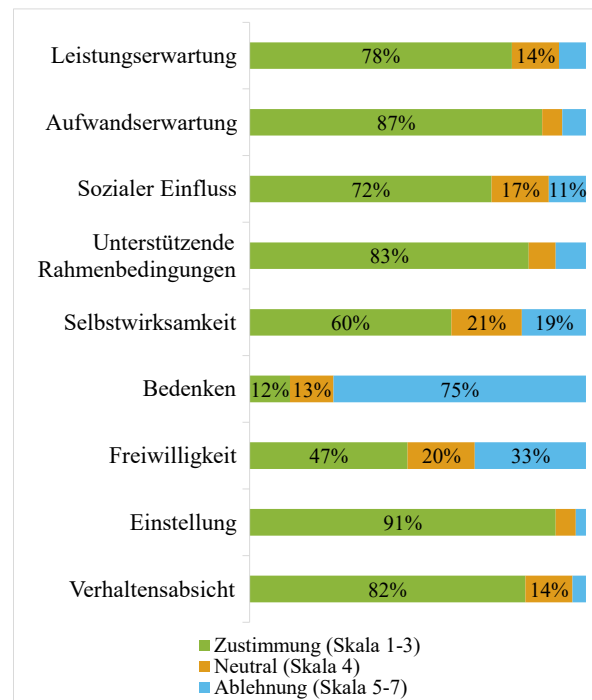


**Abbildung 3:** Nutzung digitaler Lösungen bei der Bauausführung

Als abschließender Schritt nach der Datenerhebung und Auswertung wurden die Ergebnisse anhand von zwölf Hypothesen auf mögliche Zusammenhänge analysiert. Ziel war es nach Zusammenhängen zwischen Verbreitung und Akzeptanz sowie soziodemographischen Merkmalen (Geschlecht, Altersgruppe, Bildungsabschluss) und Projektrollen (Position im Unternehmen, Berufserfahrung, Unternehmensgröße) zu suchen.

Die Analyse der aufgestellten Hypothesen zeigten, dass die Akzeptanz und Verbreitung digitaler Technologien in Abhängigkeit von soziodemographischen Merkmalen und Projektrollen stehen. Ausgenommen davon ist die Altersgruppe der Befragten. Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Alter und der Verbreitung und Akzeptanz digitaler Technologien festgestellt werden.

An dieser Stelle sollen beispielhaft zwei Hypothesen detaillierter betrachtet werden. Die Überprüfung der Hypothese "Je höher die Position der Person im Unternehmen, desto stärker die Nutzung von digitalen Technologien" zeigte, dass Personen in höheren Positionen wie (Ober)Bauleitung oder Geschäftsführung digitale Technologien insgesamt mehr nutzen als Baufacharbeitende. Das gilt insbesondere für wenig verbreitete Technologien wie KI oder 3D-Druck. Einer der Gründe dafür könnte sein, dass Führungskräfte als Erste Zugang zu digitalen Technologien erhalten und entsprechende Pilotprojekte begleiten.



**Abbildung 4:** Akzeptanz digitaler Technologien bei der Bauausführung

Die Prüfung der Hypothese "Je höher der Bildungsabschluss einer Person, desto höher die Akzeptanz gegenüber digitalen Technologien" ergab, dass Personen mit einem Studienabschluss durchschnittlich eine höhere Akzeptanz gegenüber der Nutzung digitaler Technologien aufweisen als Personen mit einem Schul- oder Ausbildungsabschluss. Möglicherweise wird im Studium insgesamt mehr für neue Technologien und den technischen Fortschritt sensibilisiert als während einer Ausbildung.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Grundsätzlich führte die Umfrage zu hilfreichen Erkenntnissen über die Akzeptanz und Verbreitung digitaler Technologien bei der Bauausführung. Die Auswertung der erhobenen Daten zeigt, dass der Großteil der verfügbaren digitalen Technologien aktuell nur von wenigen Unternehmen bei der Bauausführung eingesetzt werden. Demnach wird die Verbreitung für viele Technologien als gering eingeordnet. Die weiteren Ergebnisse weisen trotz der geringen Verbreitung auf eine grundsätzlich eher hohe Akzeptanz gegenüber der Nutzung digitaler Technologien während der Bauausführung hin. Darüber hinaus ergibt die Auswertung, dass sowohl die Akzeptanz als auch die Verbreitung in Abhängigkeit zu soziodemographischen Merkmalen und Projektrollen stehen.

In Anbetracht der Ergebnisse kann bestätigt werden, dass die Digitalisierung in der Baubranche noch nicht weit entwickelt ist und innovative Technologien bisher nur in einem geringen Ausmaß zum Einsatz kommen. Die Ergebnisse zeigen auch, dass digitale Technologien in Großunternehmen deutlich häufiger eingesetzt werden, als in kleineren- und mittleren Unternehmen. Die interne Akzeptanz ist gesamtheitlich betrachtet zwar eher hoch, jedoch auch stark von den Projektrollen bzw. Positionen in Unternehmen abhängig. Im Gegensatz zu Führungskräften zeigen insbesondere Baufachkräfte neben einer geringen Nutzung ebenfalls eine niedrige Akzeptanz gegenüber digitalen Technologien.

In zukünftigen Forschungen ist es denkbar, den Fokus mehr auf die Baustelle zu richten, um gezielte Ergebnisse bezüglich der Akzeptanz und Verbreitung digitaler Technologien bei Baufacharbeitern zu erhalten. Dadurch könnte aufgezeigt werden, ob eine grundsätzliche Abneigung gegenüber der Nutzung digitaler Technologien auf Baustellen vorhanden ist. Eine weitere Möglichkeit ist die Analyse der Akzeptanz und Verbreitung digitaler Technologien in Abhängigkeit der Unternehmensgrößen über einen qualitativen Forschungsansatz.

### Literatur

- [1] J. Blankenbach und R. Becker: *BIM und die Digitalisierung im Bauwesen*. In Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft, W. Frenz, Hg., Berlin, Heidelberg: Springer, 2020 S. 777–797.
- [2] Roland Berger GmbH: *Digitalisierung der Bauwirtschaft: Der europäische Weg zu "Construction 4.0"*. 2016.
- [3] Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V.: *Bauwirtschaft 4.0: Der Baumittelstand auf dem Weg in die digitale Zukunft*. 2020.
- [4] PricewaterhouseCoopers GmbH: *PwC-Studie: Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Corona in der Bauindustrie: Eine PwC-Studie zum*
- [5] A. Goudz und S. Erdogan: *Digitalisierung in der Corona-Krise: Auswahl und Einsatz von innovativen Technologien für die Logistik* (Essentials). Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler, 2021.
- [6] W. Becker et al., Hg. *Geschäftsmodelle in der digitalen Welt: Strategien, Prozesse und Praxiserfahrungen*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2019.
- [7] S. Brennen und D. Kreiss: *Culture Digitally - Digitalization and Digitization*. <https://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitization/> (Zugriff am: 11. November 2022).
- [8] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland: Technologie- und Trendradar 2021*. 2021.
- [9] F. Öz: *Digitalisierung in Kleinbetrieben: Ergebnisse aus Baugewerbe, Logistik und ambulanter Pflege*. 2019.
- [10] F. Abolhassan: *Was Treibt Die Digitalisierung?: Warum an der Cloud Kein Weg Vorbeiführt*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2016.
- [11] E. Foth: *Smarte Services mit künstlicher Intelligenz: Best Practices der Transformation zum digitalisierten, datengetriebenen Unternehmen*. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 2021.
- [12] T. D. Oesterreich und F. Teuteberg: *Industrie 4.0 in der Wertschöpfungskette Bau – Ferne Vision oder greifbare Realität?* In *Industrie 4.0: Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele*, S. Reinheimer, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017 S. 71–89.
- [13] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Hg.: *Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland: Digitalisierungsindex 2022*. 2023.
- [14] K. Mattizik, R. Sitzberger, M. Schönwitz und J. Hartje: *Ein Bauplan für die Digitalisierung in der Bau- und Immobilienbranche: Eine Orientierungshilfe für die digitale Transformation*. In *Agile Digitalisierung im Baubetrieb: Grundlagen, Innovationen, Disruptionen und Best Practices*, C. Hofstadler und C. Motzko, Hg., 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Vieweg, 2021.
- [15] M. Frahm und H. Rahebi: *Digitalisierung*. In *Management von Groß- und Megaprojekten im Bauwesen: Grundlagen für eine komplexitätsgerechte Umsetzung von Infrastrukturvorhaben*, M. Frahm und H. Rahebi, Hg., Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg, 2021 S. 149–162.

*Umgang der Branche mit den drei aktuellen Herausforderungen*. 2021.

- [16] C. Kropp und A.-K. Wortmeier: *Intelligente Systeme für das Bauwesen: überschätzt oder unterschätzt?* In Digitalisierung souverän gestalten: Innovative Impulse im Maschinenbau, E. A. Hartmann, Hg., Berlin, 2021 S. 98–117.
- [17] European Commission: *European Construction Sector Observatory: Digitalisation in the construction sector*. <https://ec.europa.eu/docs-room/documents/45547> (Zugriff am: 27. November 2022).
- [18] T. Bauernhansl, M. ten Hompel und B. Vogel-Heuser, Hg. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- [19] M. Schäfer und D. Keppler: *Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung: Überblick und Reflexion am Beispiel eines Forschungsprojekts zur Implementierung innovativer technischer Energieeffizienz-Maßnahmen*. 2013.
- [20] G. Bandow: *"Das ist gar kein Modell!": Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften* (Springer eBook Collection Business and Economics). Wiesbaden: Gabler, 2009.
- [21] Venkatesh, Morris und Davis: *User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View*. MIS Quarterly, Jg. 27, Nr. 3 S. 425 2003, doi: 10.2307/30036540.
- [22] J. Halter: *Akzeptanzmodelle zur Berücksichtigung des Faktors Mensch bei der Implementierung von BIM*. in *Tagungsband zum 31. BBB-Assistent:innentreffen Innsbruck 2022*, Innsbruck, Arbeitsbereich Für Baumanagement, Baubetrieb Und Tunnelbau, Hg. 2022 S. 118–132.
- [23] PricewaterhouseCoopers GmbH: *Digitalisierung der Bauindustrie 2020*. 2020.



# DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Offen im Denken*

ub

universitäts  
bibliothek

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

**DOI:** 10.17185/duepublico/79114

**URN:** urn:nbn:de:hbz:465-20231017-152143-3

In: Tagungsband zum 32. BBB-Assistent:innentreffen 2023: 04.10.2023 - 06.10.2023,  
Universität Duisburg-Essen.



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung  
- Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz (CC BY-SA  
4.0) genutzt werden.