



DAS
BAYERISCHE
BAUGEWERBE

Technische
Universität
München



HINDERNISSE UND POTENZIALE IM ZUGE DER DIGITALISIERUNG IN DER BAYERI- SCHEN BAUWIRTSCHAFT FÜR KMUS

(Kleine und mittelständische Unternehmen)





Foto: LBB

**Raffael Diepold,
B.Eng.**

Vorsitzender des Arbeitskreises
Digitalisierung des Landesverbandes
Bayerischer Bauinnungen und
Obermeister der Bauinnung Dachau



Foto: Tom Hill

**Dipl. - Ing. univ.
Laura Lammel**

Vizepräsidentin des
Landesverbandes
Bayerischer Bauinnungen und
Obermeisterin der Bauinnung
München-Ebersberg

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

Das Zeitalter der Künstlichen Intelligenz verleiht der Digitalisierung neue Relevanz: Die Durchgängigkeit digitaler Systeme und die damit zusammenhängende Datenverfügbarkeit über alle Geschäftsprozesse hinweg können Unternehmen künftig entscheidende Wettbewerbsvorteile verschaffen. Gleichzeitig gewinnen bislang manuell geprägte Bereiche wie die Bauwirtschaft durch solche Datengrundlagen das Potenzial, durch digitale Unterstützung deutlich an Produktivität zu gewinnen.

Mit der Studie „Digitalisierungsbausteine für das Baugewerbe“ haben wir vor einigen Jahren eine erste Initiative ergriffen, um die Möglichkeiten der Digitalisierung für baugewerbliche Betriebe anhand einzelner Bausteine in Form von Softwareprodukten aufzuzeigen. Zugleich wurde klar, dass es notwendig ist, sich intensiv mit den Potenzialen und Hemmnissen der Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) auch abseits des Softwaremarktes zu beschäftigen. Denn erst nach ihrer Identifikation können Chancen gezielt genutzt und Hürden nachhaltig abgebaut werden. Um eine solche Identifikation zu ermöglichen, war eine fundierte wissenschaftliche Betrachtung dieser unerlässlich.

Die genannten Gründe haben uns dazu bewogen, eine solche Betrachtung von Digitalisierungshindernissen und -Potentialen in Kollaboration mit dem Lehrstuhl für Bauprozessmanagement der Techni-

schen Universität München durchzuführen. Die Studie zeigt dabei eine strukturierte Herangehensweise für KMUs an die Herausforderungen der Digitalisierung auf und schlägt firmenübergreifende strategische Lösungsansätze vor. Themen wie das Schaffen von Netzwerken, Change-Management, offene und standardisierte Dateiformate und Schnittstellen sowie kooperative Modelle stehen dabei im Zentrum der Ergebnisse.

Wir danken dem Lehrstuhl von Prof. Dr. -Ing. Nübel für die wertvolle Arbeit und das Heranwagen an dieses komplexe und vielschichtige Thema. Gleichermaßen bedanken wir uns bei allen Teilnehmerinnen an Umfragen und Interviews für dieses Projekt - ohne ihren Beitrag wäre diese Studie in ihrer jetzigen Form nicht möglich gewesen.

Bei den vorliegenden Ergebnissen soll es jedoch nicht bleiben: Wir werden auch weiterhin alles daransetzen, unsere Mitglieder aktiv dabei zu unterstützen, die Digitalisierung erfolgreich zu gestalten – durch den Abbau von Hindernissen und das Ausschöpfen der bestehenden Potenziale.

Laura Lammel,
Dipl.-Ing. univ.

Raffael Diepold,
B.Eng.



INHALT

01 EXECUTIVE SUMMARY	06
02 HINTERGRUND	09
03 METHODIK UND VORGEHEN IM PROJEKT	13
04 HINDERNISSE UND POTENTIALE IN DER DIGITALISIERUNG BEI KLEIN- UND MITTELSTÄNDISCHEN UNTERNEHMEN	15
05 AUSBLICK	34
LITERATUR- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS	

01



EXECUTIVE SUMMARY

Die Bauwirtschaft wird maßgeblich durch kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs) geprägt. Bisher berücksichtigen Digitalisierungsstrategien und Programmentwicklungen jedoch viel zu wenig die spezifischen Bedürfnisse und Herausforderungen dieser Unternehmen. Während KMUs im Bereich der digitalen Werkzeuge bereits weit fortgeschritten sind, gibt es erhebliche Defizite in der Prozessdigitalisierung.

Aktueller Stand der Digitalisierung

Im Bereich der digitalen Werkzeuge sind auch kleine Unternehmen bereits umfassend digitalisiert. Diese Digitalisierung umfasst die Übertragung von Aufgaben, die ursprünglich mit analogen Tools ausgeführt wurden, in die digitale Welt. Beispiele hierfür sind Zeichenprogramme, Rechenprogramme, Textverarbeitung und Buchhaltung. Diese Anpassung hat sich in der Baubranche bereits tief verankert und nahezu vollständig durchgesetzt.

Die Prozessdigitalisierung stellt ein großes Defizit dar, da kleine Unternehmen aufgrund der Komplexität und hohen Ressourcenanforderungen schnell an ihre Grenzen stoßen.

Für eine erfolgreiche Prozessdigitalisierung in KMUs sind folgende Elemente erforderlich:

- **Konzeptionell standardisierte Prozessketten:** Einheitliche und standardisierte Abläufe, die eine reibungslose Implementierung ermöglichen.
- **Offene Schnittstellen zum Datenaustausch:** Systeme müssen miteinander kommunizieren können, um den Datenfluss zu gewährleisten.
- **Einfach anzuwendende Applikationen:** Benutzerfreundliche Anwendungen, die ohne umfangreiche Schulungen genutzt werden können.

Gemeinsame Strategien

Einzelne KMUs sind oft nicht in der Lage, die komplexen Aufgaben der Prozessdigitalisierung allein zu bewältigen. Daher ist eine gemeinsame Strategie und Initiative erforderlich. Besonders deutlich werden die Probleme

bei der Projektzusammenarbeit mit Building Information Modeling (BIM):


- **Fehlende Ressourcen und Know-how:** KMUs haben oft nicht die notwendigen Ressourcen und das Wissen, um komplexe Programme effektiv anzuwenden.
- **Mangelnde Produktivitätsverbesserung:** Die Anwendung komplexer Programme führt nicht immer zu direkten Produktivitätsgewinnen für KMUs.
- **Unvollständige Umsetzung offener Schnittstellen:** Die von verschiedenen BIM-Anbietern angebotenen offenen IFC-Schnittstellen sind oft nicht vollständig umgesetzt, was zu Interoperabilitätsproblemen führt.
- **Schnittstellenprobleme auch bei OPEN-BIM-Lösungen:** Selbst bei offenen BIM-Lösungen treten nach unseren Recherchen noch immer Schnittstellenprobleme auf.

Lösungsansätze

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, schlagen wir folgende Lösungsansätze vor:

- **Entwicklung einer gemeinsamen KMU-Strategie:** Eine koordinierte Vorgehensweise, die auf die spezifischen Bedürfnisse von KMUs zugeschnitten ist.
- **Bündelung von Ressourcen:** Gemeinsame Nutzung von Ressourcen, um eine schlagkräftige und effiziente Digitalisierung voranzutreiben.
- **Etablierung eines Genossenschaftsmodells:** Ein kooperatives Modell, das KMUs ermöglicht, gemeinsam an Digitalisierungsprojekten zu arbeiten und Synergien zu nutzen.

Durch diese Maßnahmen können KMUs ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken und die Vorteile der Digitalisierung voll ausschöpfen. Eine koordinierte und gemeinschaftliche Herangehensweise ist entscheidend, um die Digitalisierung in der Bauwirtschaft nachhaltig und erfolgreich zu gestalten.



Um KMUs besser mit digitalen Werkzeugen auszustatten, ist es zunächst wichtig, ihre spezifischen Planungs- und Produktionsmodelle genau zu verstehen. Statt bestehende Tools anzupassen, sollten digitale Lösungen gezielt auf die individuellen Bedürfnisse der Unternehmen zugeschnitten werden.

Dazu gehört als erster Schritt eine detaillierte Analyse und Dokumentation der angewandten Prozesse. Darauf aufbauend können konkrete Ansatzpunkte für eine stärkere Digitalisierung identifiziert werden, um die Wertschöpfung innerhalb der Unternehmen und insgesamt zu steigern.

Durch die Modellierung der Unternehmensprozesse lassen sich die Potenziale der Digitalisierung gezielter erfassen. Dabei steht die tatsächliche Arbeitsweise und der Bedarf der KMUs im Fokus, um digitale Lösungen passgenau zu entwickeln. So kann die Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen nachhaltig gesteigert werden.

Building Information Modeling (BIM) hat sich als zentrales Werkzeug im Bauwesen etabliert. Der damit verbundene Veränderungsprozess wird in einem ganzheitlichen Modell beschrieben, das Aspekte wie Motivation, Wissen, Unternehmenskultur und Unternehmensregeln

integriert. Ein wesentlicher Punkt dabei ist, dass der Mehrwert von Digitalisierungstools besonders durch die gemeinsame Nutzung vieler Unternehmen entsteht. Obwohl der direkte Nutzen für einzelne Firmen anfangs gering wirken mag, zeigt die Studie auf, warum eine Investition in diese Technologien langfristig sinnvoll ist.

In diesem Zusammenhang werden verschiedene Wertschöpfungs- und Geschäftsmodelle betrachtet, wobei der Fokus auf der Interoperabilität und den Herausforderungen beim Datenaustausch über standardisierte Schnittstellen liegt. Es wird aufgezeigt, wie Unternehmen durch die Integration von BIM und weiteren digitalen Werkzeugen ihre Prozesse verbessern und langfristige Vorteile erzielen können.

Die Studie empfiehlt, die digitale Transformation im Bauwesen erfolgreich zu gestalten, indem die speziellen Bedürfnisse und Strukturen von KMUs berücksichtigt werden. Durch gezielte Förderung der Zusammenarbeit sowie den Austausch von Wissen und Daten – etwa über BIM und andere digitale Anwendungen – können Unternehmen nicht nur ihre Effizienz steigern, sondern auch neue Geschäftsmöglichkeiten erschließen.



02



HINTERGRUND

Die Bau- und Immobilienbranche zeichnet sich durch ihre Fähigkeit aus, sich schnell an die Anforderungen eines äußerst wettbewerbsintensiven Marktes anzupassen. Flexible, vernetzte Netzwerke mittelständischer Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette der Bauwirtschaft gewährleisten hohe Marktaktivität.

Diese Struktur ermöglicht die Realisierung vielfältiger und technisch anspruchsvoller Bauprojekte. Mit Hilfe dieser agilen Wertschöpfungsnetzwerke kann das hohe Maß an individuellen Anforderungen für Bauwerke realisiert werden.

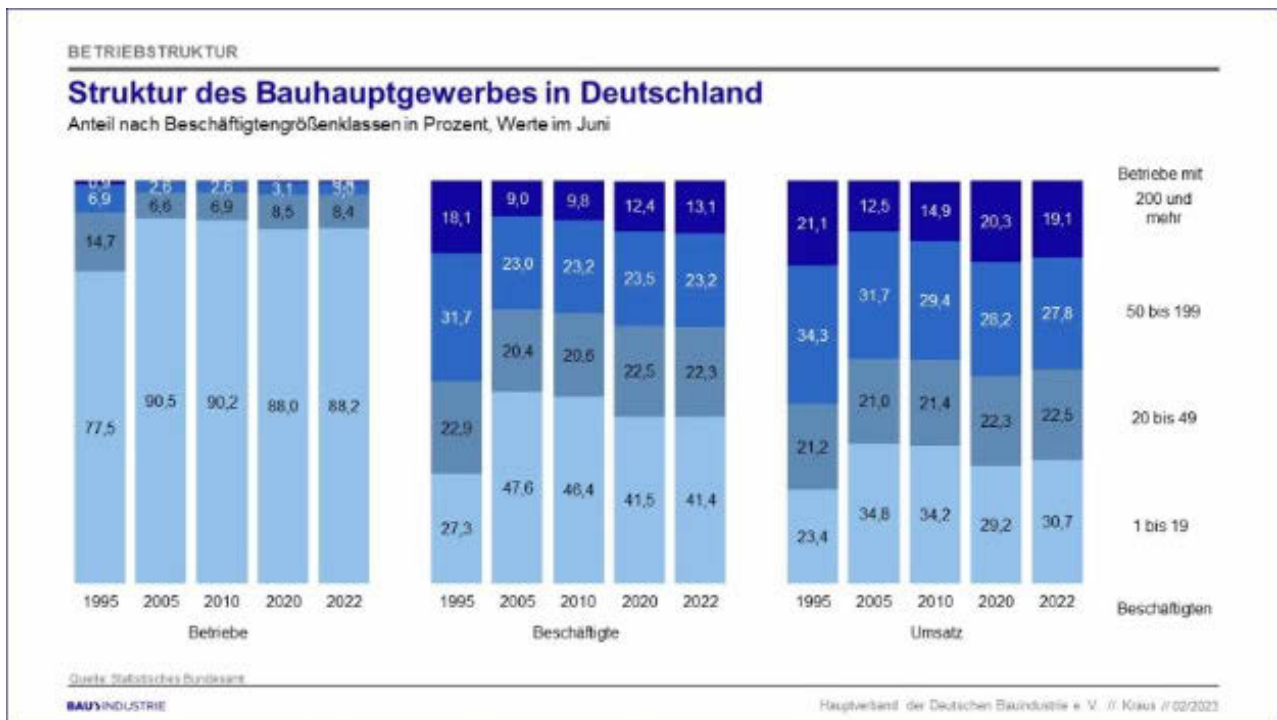


Abbildung 1: Anzahl der Beschäftigtengrößenklassen in Prozent

In diesen Wertschöpfungsnetzwerken spielen kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) eine herausragende Rolle. 99,9 % der rund 5,3 Millionen Firmen in der Bauwirtschaft der Europäischen Union sind KMUs. Auf diese Unternehmen entfallen 90 % der Beschäftigung und 83 % der gesamten EU-Wertschöpfung dieser Branche. Der granulare Charakter der Branche wird noch verstärkt, dadurch dass es sich bei rund 90 % dieser Unternehmen um Kleinunternehmen handelt, die wiederum für 45 % der Beschäftigung und 32 % der Gesamtwertschöpfung verantwortlich sind. Die

EU-weite Branchencharakteristik spiegelt sich auch in Deutschland wider. 63 % der Beschäftigten im Bauhauptgewerbe in Deutschland arbeiten in Betrieben mit weniger als 50 Mitarbeitern. Diese spezifische Struktur der Bauwirtschaft ist eine Folge der Marktdynamik eines sehr reifen und alten Marktes aber auch eines Wirtschaftssektors, der in einem hohen Maße komplexer Regulatorik unterliegt. Laut Werbrock, et al. sind nur wenige Branchen so fragmentiert wie der Bausektor.

Eine wirksame Digitalisierungsstrategie muss also zwingend KMUs mit einbeziehen

In einer Umfrage zum Digitalisierungsindex 2019/2020 gab etwa ein Drittel der befragten Bauunternehmen an, dass die Digitalisierung bereits fest in ihre Geschäftsstrategie integriert ist. Allerdings zeigt sich bei den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die den Großteil der

Bauwirtschaft ausmachen, ein anderes Bild: Viele von ihnen verfolgen noch keine klare Digitalisierungsstrategie. Abbildung 2 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und dem Vorhandensein einer solchen Strategie.

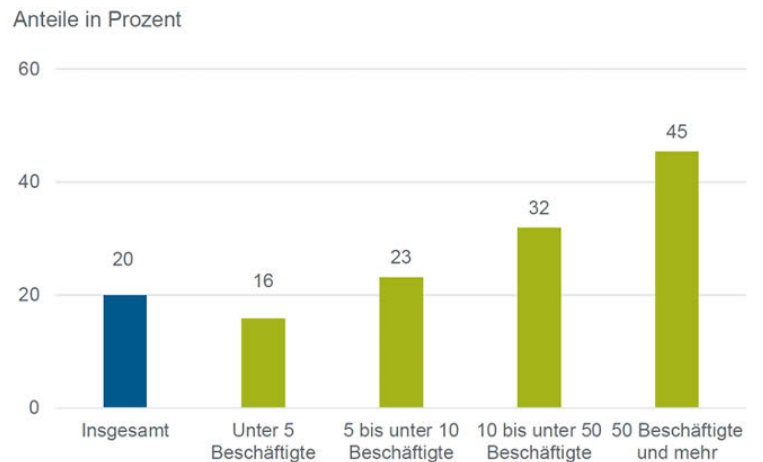


Abbildung 2: Prozentualer Anteil der Unternehmen mit einer existierenden Digitalisierungsstrategie in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße 2021

Die spezifische Marktstruktur der Bauwirtschaft wird trotz der Leistungsfähigkeit oft negativ konnotiert im Hinblick auf eine dynamische technologische und organisatorische Entwicklung, insbesondere für eine konsequente Digitalisierung der Branche. Dabei ist es wichtig zu differenzieren, was eigentlich unter dem Begriff Digitalisierung in der Bauwirtschaft verstanden wird.

Kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) in dieser Branche sind hauptsächlich in produktions- und montagebezogenen Tätigkeiten aktiv, wovon ein großer Teil handwerklicher Natur ist. Dies liegt daran, dass das Endprodukt der Wertschöpfung ein tatsächlich reales Bauwerk ist. Die Digitalisierung betrifft diese Unternehmen vorrangig in den Bereichen Planung, Organisation und Verwaltung, die nicht unmittelbar zum Kerngeschäft gehören, es sei denn, man berücksichtigt die Möglichkeiten einer verstärkten Automatisierung. Im Rahmen von Werkverträgen, die in der Bauwirtschaft üblich sind, müssen KMUs jedoch auch planerische, organisatorische und kaufmännische Leistungen erbringen, um ihre Haupttätigkeiten auszuführen. Diese Bereiche sind ebenfalls von zentraler Bedeutung und können erheblich von digitalen Werkzeugen und Prozessen profitieren. Oft stellen sie sogar bedeuten-

de Kostenfaktoren für KMUs dar, und eine verstärkte Digitalisierung kann hier die Wertschöpfung erheblich steigern.

Die „Digitalisierung“ im Bereich der „Werkzeuge“ entspricht überwiegend einer Übertragung von Aufgaben, die mit analogen Tools ausgeführt werden, in eine Welt der digitalen Tools, wie beispielsweise Zeichenprogramme, Rechenprogramme, Textverarbeitung, Buchhaltung, usw. Diese digitale Anpassung findet schon lange Zeit in der Baubranche statt und hat sie nahezu vollständig durchdrungen.

Doch schon bei der firmeninternen „Prozessdigitalisierung“, stoßen die kleineren Firmen an ihre Grenzen, hier nimmt der Digitalisierungsgrad schon erheblich ab. Controlling-Tools, interne Weitergabe von Planungsdaten, interne kaufmännische Prozesse, usw., also alles, was sich intern über Datenbanken abbilden lässt, stellt für kleinere Firmen bereits eine Herausforderung dar. Der Unterschied im Digitalisierungsgrad zwischen KMUs und großen Unternehmen ist hier erheblich, wie jüngst (2024) in einer Masterarbeit (Bauprozessmanagement / TUM) dargestellt werden konnte.

Noch größere Schwierigkeiten haben sie in der vernetzten digitalen Zusammenarbeit in den Wertschöpfungsnetzwerken. KMUs benötigen wirtschaftliche, sofort einsatzfähige Lösungen, da sie oft nicht über finanzielle Ressourcen oder die Kapazität verfügen, eigene Softwarelösungen zu entwickeln. Darüber hinaus ist die Interoperabilität von Softwarelösungen von großer Bedeutung. Viele Softwarelösungen sind isoliert und auf bestimmte Aufgaben zugeschnitten. Sie zwingen die Anwender oft dazu, in ein spezielles System eines einzigen Anbieters zu wechseln, der sich von anderen Systemen abgrenzen möchte. Dadurch geraten KMUs nicht nur in die Abhängigkeit von einem spezifischen Anbieter, sondern müssen auch strategische Entscheidungen treffen, ob sich eine Softwarelösung am Markt etablieren wird oder nicht. Eine Fehleinschätzung in Bezug auf den Anbieter kann erhebliche Folgekosten nach sich ziehen, die daraus resultieren, dass Mitarbeiter wieder neu geschult werden müssen, bestehende Daten in ein neues System migriert werden müssen, usw.

Ein weiteres Hindernis für KMUs in der digitalen Zusammenarbeit ist, dass der Nutzen digitaler Technologien oft nicht bei ihnen verbleibt. Während KMUs erhebliche Ressourcen in die Digitalisierung investieren, profitieren meist andere Akteure der Wertschöpfungskette stärker, sodass KMUs die Hauptlast tragen, ohne entsprechend zu profitieren.

Auch im Bereich des Building Information Modelling (BIM) zeigt sich dieses Problem. Trotz des vorgesehenen IFC-Standards gibt es weiterhin Schwierigkeiten beim Datenaustausch zwischen Systemen verschiedener Anbieter. Dies zwingt KMUs oft zu zeitaufwändiger manueller Datenkorrektur, was die Effizienz mindert und die Vorteile der Digitalisierung schmälert. Die fehlende Durchgängigkeit belastet die ohnehin knappen Ressourcen der KMUs zusätzlich, erhöht den Arbeitsaufwand und treibt die Kosten in die Höhe, was ihre Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigt. Dadurch bleibt das Wertschöpfungspotenzial digitaler Technologien ungenutzt, während größere Akteure der Wertschöpfungskette die Vorteile besser abschöpfen können.

So ist es nicht verwunderlich, dass im Digitalisierungsindex des Ministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz die Baubranche, als Branche mit einem der niedrigsten Digitalisierungsgrade geführt wird, wie in Abbildung 3 ersichtlich wird. KMUs bilden den Großteil der Bauwirtschaft. Ihre Herausforderungen in der Digitalisierung liegen nicht nur in der Implementierung neuer Technologien, sondern auch in einer effizienten Zusammenarbeit und Datennutzung. Spezifisch angepasste Lösungen sind nötig, damit KMUs die Digitalisierung optimal nutzen und ihre Position in der digitalen Wirtschaft stärken können.

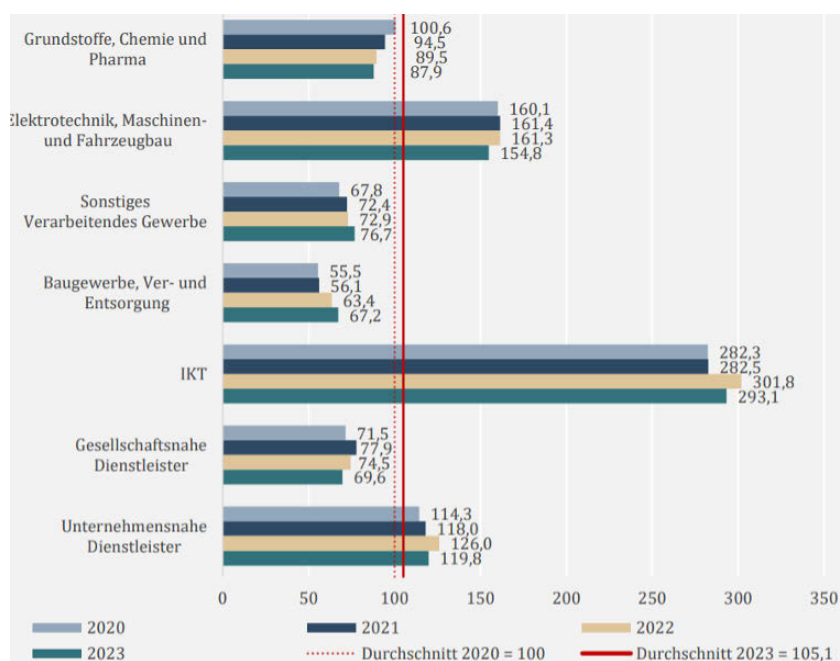


Abbildung 3: Ergebnisse des Digitalisierungsindex nach Branchen

03



METHODIK UND VORGEHEN IM PROJEKT

Die Studie untersucht die zögerliche Haltung von KMUs in der bayerischen Bauwirtschaft gegenüber der Digitalisierung. Sie analysiert Hindernisse, die diese Unternehmen daran hindern, die Potenziale der Digitalisierung auszuschöpfen, und schlägt Lösungsansätze vor. Dabei verfolgt sie einen ganzheitlichen Ansatz, der verschiedene Technologien und Methoden einbezieht, statt sich nur auf Building Information Modeling (BIM) zu konzentrieren.

Die Studie fokussiert sich auf Herausforderungen beim Datenaustausch und Marktbarrieren, die KMUs an der Umsetzung digitaler Lösungen hindern. Sie untersucht, wie technische, organisatorische und wirtschaftliche Hürden überwunden werden können, um Zusammenarbeit und Datennutzung zu verbessern. Zudem wird die Rolle von Open-Source-Software wie open BIM analysiert, um deren Potenzial als kostengünstige, flexible Alternative zu proprietären Systemen für KMUs aufzuzeigen. Ziel ist es, die Vorteile solcher Software für die Digitalisierung der bayerischen Bauwirtschaft zu beleuchten.

Sie zielt darauf ab, Hindernisse für einen breiteren Zugang von KMUs zu Softwaretools zu identifizieren. Mithilfe eines „Mixed-Method-Designs“ wurden allgemeine Forschungsfragen gestellt, spezifische Anwendungsfälle untersucht und die Ergebnisse unter bestimmten Bedingungen verallgemeinert. Im Fokus steht der Datenaustausch über IFC-Schnittstellen, ein zentraler Mechanismus der Digitalisierung im Bauwesen,

der einen unabhängigen, reibungslosen Austausch zwischen Projektbeteiligten ermöglicht.

Die Studie stützt sich auf zahlreiche Befragungen, teils im Rahmen von Masterarbeiten an der TU München im Bereich Immobilienentwicklung und Bauprozessmanagement. Diese umfassen unstrukturierte Methoden wie narrative Interviews und Feldbeobachtungen, deren nicht-numerische Daten interpretativ analysiert werden. Ergänzend wurden Verbandsumfragen im Landesverband Bayerischer Bauinnungen durchgeführt, um gezielt die Perspektive von KMUs einzubeziehen.

Andererseits erfolgt die Betrachtung durch ebenso strukturierte Methoden der Datenerhebung (wie standardisierte Fragebogenerhebungen, Testverfahren oder Messungen). Hierbei werden numerische Daten betrachtet und deren Analyse erfolgt durch statistische Methoden. Insgesamt konnte durch weitere Forschungsvorhaben an der Technischen Universität München im Bereich Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung auf den Input von rund 800 Probanden zurückgegriffen werden, was eine fundierte Grundlage für die Studie bildete.

Im Folgenden stehen die Ergebnisse der Studie im Vordergrund. Zwischenergebnisse und methodisches Vorgehen werden aus Platzgründen nicht ausführlich dargestellt.

Zusammenfassend zielt die Studie darauf ab, praxisnahe Empfehlungen und Strategien zu entwickeln, um die Digitalisierung in KMUs der bayerischen Bauwirtschaft voranzutreiben und somit ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

- **Analyse der Digitalisierungsbarrieren:**

Untersuchung der Gründe für die zögerliche Haltung von KMUs in der bayerischen Bauwirtschaft gegenüber der Digitalisierung

- **Fokus auf Datenaustausch und Marktbarrieren:**

Identifikation und Überwindung technischer, organisatorischer und wirtschaftlicher Hürden im Datenaustausch.

- **Rolle von Open-Source-Software:**

Untersuchung der Gründe für die zögerliche Haltung von KMUs in der bayerischen Bauwirtschaft gegenüber der Digitalisierung

- **Methodischer Ansatz:**

Mixed-Method-Design mit qualitativen und quantitativen Daten aus Interviews, Feldbeobachtungen und standardisierten Fragebögen.

- **Ziel und Empfehlungen:**

Entwicklung praxisnaher Strategien zur Förderung der Digitalisierung und Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit von KMUs.

04



HINDERNISSE UND POTENTIALE IN DER DIGITALISIERUNG BEI KLEIN- UND MITTELSTÄNDISCHEN UNTERNEHMEN

Begriffsdefinitionen

BIM

Building Information Modelling (deutsch: Gebäudedatenmodellierung), ist ein digitaler Ansatz zur Planung, Konstruktion und Verwaltung von Immobilien. Grundsätzlich gibt es aber keine einheitliche Begriffsdefinition von BIM, aufgrund der unterschiedlichen Fachdisziplinen und Anwendungsfälle je nach Schwerpunkt. Denn BIM wird in Bezug auf die Projektsteuerung als Instrument zur Kostenkontrolle betrachtet, während es für einen Facility Manager als Werkzeug zur Instand-

haltung und Wartungsplanung fungieren kann.

Zudem kann in der Fachliteratur das „M“ im Akronym BIM verschiedene Bedeutungen haben. Es kann sowohl für Management, Methode, Modell oder Modellierungssoftware stehen.

BIM-Level

Tiefe des Leistungsniveaus (nach VDI 2552) in Bezug auf BIM (siehe Tabelle 1)

Marktüberblick in der Zukunft gestalten könnte.

VDI 2552			Studie
Leistungsniveau	Zusammenarbeit	Tools	Leistungsniveau Definition
0	Kooperation auf Projektbasis mit individuellem, dateibasiertem Datenaustausch ohne Prozessunterstützung	E-Mail, Insellösungen, proprietär, Geometrie 2-D, manuell, dateibasiert, anwendungszentrisch, papierbasiert	CAD 2D CAD-Zeichnungen
1	Kollaboration auf Projektbasis durch dateibasierte Interoperabilität von Geometrie und zunehmend Daten mit standardisierten Prozessen	Gemeinsame Datenumgebung, kollaborativ, interoperabel, informationsreich, 2-D/3-D, standardisiert, manuell und automatisiert, dateibasiert, dezentrisch, digital, objektorientiert	2-D/3-D-Objekte mit Eigenschaften 2D/3D Koordinationen mittels BIM-Werkzeuge (Software (z.B. Autodesk Revit) Modell Viewer, Modell Checker); keine zentrale Projektplattform
2			Bauinformationsmodelle (z.B. 4D/5D) 4D (Massen), 5D (Zeit); zentrale Projektplattform/Verwaltung, Nutzung einer BIM-Software
3	Integration auf Portfolio und Organisationsbasis durch zentralisierte und strukturierte Datenhaltung	kollaborativ, integriert, linked data, 3D-Objekte, standardisiert, automatisiert, maschinenlesbar, datenzentrisch, digital, Modellservers, Transaktionen	Integriertes BIM Integrierte, Interoperable Bauwerksmodelle über den gesamten Lebenszyklus

Tabelle 1: Tiefe des Leistungsniveaus nach VDI 2552 und Definition in der Studie

Open Source Software

(Deutsch: Freie Quelle) bezieht sich auf Software, deren Quellcode frei zugänglich ist und von unabhängigen Entwicklern eingesehen werden kann. Die Nutzung, Anpassung und Weitergabe dieser Software ist abhängig von der spezifischen Open-Source-Lizenz, die jedoch keine Lizenzgebühren vorsieht.

Free Software

(Deutsch: Freie Software) Bedeutet, dass die Anwender die Freiheit besitzen. Die Software auszuführen, zu verteilen, zu studieren, zu modifizieren und zu verbessern.

KMU

Der Begriff „KMU“ bezieht sich auf Kleinunternehmen, kleiner Unternehmen und mittlere Unternehmen. Ebenso werden sie definiert als Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten. Außerdem sollten sie einen Umsatz von bis zu 50 Millionen EUR aufweisen.

Größenklasse	Tätige Personen	Jahresumsatz
Kleinstunternehmen	bis 9	und bis 2 Mill. EUR
Kleine Unternehmen	bis 49	und bis 10 Mill. EUR
Mittlere Unternehmen	bis 249	und bis 50 Mill. EUR
Großunternehmen	über 249	oder über 50 Mill. EUR

Tabelle 2: Definition KMUs nach dem Statistischen Bundesamt

IFC

Industry Foundation Classes, standardisiertes Datenaustauschformat. Soll einen offenen, durchgängigen und reibungslosen Austausch von Bauwerksinformationen zwischen diversen Softwareanwendungen ermöglichen.

AIA

Auftraggeber-Informationen-Anforderungen, Definieren BIM-Ziele, -anwendungsfälle und die daraus resultierenden Anforderungen in Bezug auf den Ausarbeitungsgrad, die Klassifizierung, Attribuierung, die zu verwendenden Dateiformate sowie mögliche Vorgaben der BIM-Rollen und der Qualitätssicherung.

Interoperabilität

Der Begriff Interoperabilität bezieht sich darauf, wie Systeme, Anwendungen oder Dienste so miteinander arbeiten können, dass sie effektiv und nahtlos miteinander kommunizieren können.

BAP

BIM-Abwicklungsplan, legt dar, wie die definierten BIM-Anwendungsfälle im Projekt umgesetzt, welche Software genutzt und wie die Kommunikation mit dem Auftraggeber (AG) und den Planungsbeteiligten gestaltet werden soll. Je nach Ausprägung kann der BAP vom AG oder vom Auftragnehmer (AN) erstellt werden.

BCF

BIM Collaboration Format, ist ein offener Standard, der ebenfalls von buildingSMART entwickelt wurde. Im Gegensatz zum IFC-Format, welches das gesamte Bauwerksmodell speichert, ermöglicht die Verwendung des BCF-Formats einen selektiven Informationsaustausch von spezifischen Objektkomponenten.

Normen, Richtlinien

Die Etablierung von Normen und Richtlinien ist von grundlegender Bedeutung, um ein einheitliches Verständnis und einen standardisierten Ansatz zu gewährleisten. BIM-bezogene Normen und Standards tragen dazu bei, dass Informationen plattformunabhängig in eine gemeinsame Datenumgebung (Common Data Environment; CDE) integriert werden können und fördern ein gemeinsames Verständnis für erforderliche Arbeitsprozesse.

DIN EN ISO 19650-1

Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) –Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Begriffe und Grundsätze

DIN EN ISO 19650-2

Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) –Informationsmanagement mit BIM – Teil 2: Planungs-, Bau- und Inbetriebnahmephase

DIN EN ISO 19650-3

Organisation von Daten zu Bauwerken –Informationsmanagement mit BIM – Teil 3: Betriebsphase der Assets

DIN EN ISO 19650-4

Informationsmanagement mit BIM – Teil 4: Informationsaustausch

DIN EN ISO 19650-5

Organisation von Daten zu Bauwerken –Informations-

management mit BIM – Teil 5: Spezifikation für Sicherheitsbelange von BIM, der digitalisierten Bauwerke und des smarten Assetmanagemen

DIN EN ISO 12006-3

Struktur für den objektorientierten Informationsaustausch (BuildingSMART Data Dictionary)

DIN EN ISO 16739

Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagementtitionsaustausch

DIN EN ISO 29481-1

Handbuch der Informationslieferungen (Information Delivery Manual)

DIN EN 17412-1

Bauwerksinformationsmodellierung –Informationsbedarfstiefe – Teil 1: Konzepte und Grundsätze

Richtlinienreihe VDI 2552 (Blatt 1 – 11)

Building Information Modeling (BIM)

Digitalisierung aus der Perspektive von KMU

Untersuchung gängiger Planungs- und Prozessmodelle in der Praxis

Die Analysen der vielfältigen Arbeitsprozesse in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) unterstreichen die Aussagen in Kapitel 4. Die teilnehmenden Unternehmen in der Umfrage zeigen, dass im Bereich „digitale Werkzeuge“, diese bereits einen überraschen **hohen Grad der Digitalisierung** aufweisen. Beispielsweise wird im Personalbereich eine digitale Zeiterfassung und Lohnabrechnung verwendet. Darüber hinaus kommen im Kernbetrieb Laptops mit den gängigen Microsoft Office-Produkten, Zeichenprogrammen, Dokumentations-, Abrechnungs- und Kalkulationssoftwares sowie Tablets, Smartphones und verschiedene Apps (z.B. zum Tracking von Arbeitsgeräten) zum Einsatz. Dennoch spiegelt sich dies nicht in gleichem Maße in der Zufriedenheit wider. Unsere Umfrageergebnisse zeigen, dass auf dem Markt trotz des relativ hohen Digitalisierungsgrads eine mittlere Zufriedenheit mit den aktuell eingesetzten Softwarelösungen herrscht.

Dies liegt kurz gesprochen daran, dass die Wertschöpfung durch die derzeitige Art der Digitalisierung nicht wesentlich gesteigert wird.

Die Digitalisierung in diesen operativen Unternehmen übernimmt in erster Linie administrative Aufgaben. Digitale Tools sind oft starr und wenig anpassungsfähig, wodurch individuelle Prozesse in KMUs nicht vollständig abgedeckt werden. Statt Abläufe zu erleichtern, erschweren sie diese häufig und werden zur Belastung – besonders problematisch, da Skaleneffekte in KMUs kaum greifen.

Die Digitalisierung erfordert hohe Investitionen in Software und Schulungen, wobei das Knowhow in den Belegschaften stark variiert. Selbst kompetente Mitarbeiter stoßen oft auf Schwierigkeiten. Interviews des LBB nennen finanzielle Hürden, Akzeptanzprobleme, fehlende Datengrundlagen, Vorleistungen sowie mangelnde Standardisierung und Zusammenarbeit als Hauptgründe.

Der hohe Einarbeitungsaufwand für neue Systeme übersteigt in KMUs oft den Nutzen, was digitale Werkzeuge unrentabel macht. Besonders komplexe Systeme wie BIM erfordern erhebliche Schulungen, die Effizienz und Produktivität belasten.

Der Übergang von der Digitalisierung administrativer Aufgaben hin zu operativen Kernprozessen soll durch Building Information Modeling (BIM) vorangetrieben

werden. Während die Digitalisierung bisher auf Verwaltungsbereiche wie Dokumentenmanagement und Buchhaltung fokussiert war, soll BIM die zentralen Prozesse im Bauwesen grundlegend verändern. Die Zielvorstellung lautet:

BIM ermöglicht eine integrierte Planung, Ausführung und Verwaltung von Bauprojekten, indem es alle relevanten Daten in einem digitalen Modell zusammenführt. Dieses Modell steht allen Projektbeteiligten, von Architekten bis Facility Managern, zur Verfügung und verbessert durch Echtzeitzugriff die Zusammenarbeit, Kommunikation und Entscheidungsfindung.

Der Einsatz von BIM digitalisiert Kernprozesse wie Entwurf, Konstruktion, Zeitplanung und Kostenmanagement. Dadurch werden präzisere Planungen, weniger Fehler und effizientere Bauprozesse möglich. Zudem verbessert BIM die Qualitätssicherung durch detaillierte Visualisierungen und Simulationen, die potenzielle Probleme frühzeitig aufdecken.

Trotz dieser Vorteile gibt es jedoch Herausforderungen bei der Implementierung von BIM in operativen Prozessen.

Eine der größten Hürden ist generell die begrenzte Integration unterschiedlicher Systeme, was eine effiziente prozessübergreifende Datenverarbeitung behindert. Das unterstreicht die Notwendigkeit einer besseren Kompatibilität zwischen verschiedenen Softwarelösungen, um eine nahtlose und effiziente digitale Arbeitsumgebung zu schaffen. Gerade dort, wo durchgängige Kompatibilität für eine effiziente BIM-Anwendung entscheidend ist, zeigen sich laut unserer Umfrage große Probleme. Besonders betroffen sind die Zusammenarbeit und der Datenaustausch zwischen Architekten, Ingenieuren, Bauunternehmen und Zulieferern. Die Auswertung der Befragung zeigt, dass die Bauherren (bzw. Bauherrenvertretung), die Architekten, die Fachplanung (TGA-Planung oder Tragwerksplanung) und die Lieferanten die bedeutendsten Wertschöpfungspartner darstellen. Im Idealfall sollten diese Akteure über ein tiefes Verständnis für die Prozesse und Arbeitsabläufe verfügen. Dabei ist der Faktor Mensch entscheidend: Digitale Werkzeuge funktionieren nur effizient, wenn der organisatorische Rahmen stimmt, die Projektbeteiligten zusammenarbeiten und das nötige Know-how vorhanden ist.

Ein häufig kritisiertes Problem in der digitalen Zusammenarbeit ist die Inkompatibilität verschiedener BIM-Softwarelösungen. Besonders die uneinheitliche Verarbeitung des IFC-Datenformats, dem Standard für den Datenaustausch, führt zu Informationsverlusten, Missverständnissen und Verzögerungen. Diese Inkompatibilitäten erschweren eine reibungslose Zusammenarbeit und begrenzen die Effektivität von BIM erheblich. Wenn verschiedene Software IFC-Daten unterschiedlich interpretieren oder nicht vollständig unterstützen, sind oft zeitaufwändige manuelle Anpassungen nötig. Das erhöht Aufwand und Kosten und verringert die Akzeptanz sowie Nutzung von BIM-Technologien bei den beteiligten Unternehmen.

In Bezug auf den Informationsaustausch wird deutlich, dass eine klare Mehrheit auf konventionelle Kommunikationsmittel wie E-Mail und Telefon zurückgreift. Zudem zeigt sich, dass Projektvorgaben, insbesondere von öffentlichen Auftraggebern, den Datenaustausch zwischen den Baufirmen maßgeblich beeinflussen. Solche Vorgaben können beispielsweise die Nutzung spezifischer Projektplattformen erfordern. Diese Festlegungen binden Baufirmen und können die Implementierung moderner und effizienter Kommunikationstools im Bauwesen beeinflussen.

Die Umfrageergebnisse zeigen auch, dass für KMUs die kritischen Schnittstellen vor allem in der Planungsphase und bei der Abstimmung mit dem Auftraggeber liegen. Die Befragten sind sich einig, dass mangelnde

Planungsqualität und fehlende Unterlagen zu Projektbeginn wichtige Ursachen für Bauverzögerungen und höhere Kosten sind. Die KMUs betonen daher die Notwendigkeit einer verbesserten Kommunikation und Koordination, sowohl während der Planungsphase als auch bei unvorhergesehenen Hindernissen während der Bauphase.

Insgesamt bringen digitale Tools in KMUs oft nicht die erwarteten Verbesserungen, sondern zusätzliche Probleme. Eine maßgeschneiderte Digitalisierung, die auf die speziellen Bedürfnisse der KMUs eingeht, ist entscheidend für nachhaltige Effizienz- und Wettbewerbssteigerungen.

BIM hat das Potenzial, den Übergang von der Digitalisierung administrativer zu operativen Kernprozessen zu schaffen. Damit dies gelingt, müssen Kompatibilitätsprobleme und hohe Investitionen überwunden werden. Gelingt das, kann BIM Effizienz, Qualität und Wettbewerbsfähigkeit von Bauprojekten deutlich steigern.

Die Digitalisierung ist zudem eine Herausforderung für die Führung, welche die Transformation innerhalb des Unternehmens und der Mitarbeiter leiten, steuern und die Richtung vorgeben muss. Gleiches gilt seitens der Zeitkapazitäten bei der Führung und auch bei den Mitarbeitern. Es besteht also die Notwendigkeit, diesen Hindernissen mit gezielten Maßnahmen zu begegnen, um die Digitalisierung in KMU-Firmen voranzutreiben.

Untersuchung Arbeitsprozesse und Darstellung in Planungs- und Produktionsmodellen

Ein Hauptproblem ist die begrenzte Systemintegration dieser Tools. Beim Einsatz von datenbankbasierten, vernetzten Systemen, steigt der Schulungsaufwand stark an und die finanziellen Hürden werden wesentlich höher.

Zudem kommt dazu, dass Voraussetzungen, die für einen effektiven Einsatz von Tools erfüllt werden müssen, nur unzureichend gegeben sind. Es wird beispielsweise bemängelt, dass die Planungsqualität oft unzureichend ist und die Kommunikation in Planung und Bauausführung besser sein könnte. Wichtige Partner sind Bauherren, Architekten und Fachplaner, wobei eine transparente Kommunikation und hohe Planungsqualität essenziell sind.

Empfehlungen umfassen eine bessere Systemintegration, reduzierte Schulungslasten, finanzielle Unterstützung und einheitliche Standards. Effizientere Planung und Kommunikation sind entscheidend für den Projekterfolg.



• **Aktueller Digitalisierungsstand**

- Hoher Grad der Digitalisierung in KMUs, aber geringe Zufriedenheit.
- Nutzung digitaler Tools im Personalbereich und Kernbetrieb (z.B. Microsoft Office, Zeichensoftware, Tablets, Smartphones).

• **Herausforderungen:**

- Die Digitalisierung konzentriert sich hauptsächlich auf administrative Aufgaben.
- Standardisierte Tools sind oft nicht flexibel genug, um die speziellen Bedürfnisse der KMUs abzudecken.
- Begrenzte Integration unterschiedlicher Systeme.
- Hoher Schulungsaufwand und Belastung der Belegschaft.
- Finanzielle Hürden (hohe Lizenzgebühren, Anschaffungskosten).
- Unterschiedliche Akzeptanz und Knowhow innerhalb der Belegschaft.
- Fehlende Datengrundlage und mangelnde Standardisierung.
- Inkompatibilität von Softwarelösungen (insbesondere IFC-Datenformate bei BIM).

• **Wertschöpfung:**

- Die aktuelle Art der Digitalisierung steigert die Wertschöpfung nicht wesentlich.
- Digitale Tools machen Arbeitsabläufe oft komplizierter, anstatt sie zu erleichtern
- Geschäftsprozesse sind kundenorientiert und strukturell unterteilbar.
- Ziel: umfassende Bearbeitung eines Objekts und Eliminierung nicht wertschöpfender Elemente.
- Kontinuierliche Evaluation von Ziel- und Messgrößen.

• **Wichtige Wertschöpfungspartner:**

- Bauherren, Architekten, Fachplanung (TGA-Planung, Tragwerksplanung), Lieferanten.
- Bedeutung von transparentem Informationsaustausch und Vertrauen.
- Hohe Qualität der Planung und Koordination notwendig.
- Ein tiefes Verständnis für die Prozesse und Arbeitsabläufe ist essenziell.

• **Kritische Schnittstellen:**

- Planungsphase und Abstimmung mit dem Auftraggeber.
- Unzureichende Planungsqualität und fehlende Unterlagen führen zu Bauverzögerungen und erhöhten Kosten.

• **Informationsaustausch:**

- Konventionelle Kommunikationsmittel (E-Mail, Telefon) dominieren.
- Projektvorgaben öffentlicher Auftraggeber beeinflussen den Datenaustausch.
- Notwendigkeit einer verbesserten Kommunikation und Koordination während der Planungs- und Bauphase.

Empfehlungen:

- Förderung einer **maßgeschneiderten Digitalisierung**, die die spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten der KMUs berücksichtigt.
- **Verbesserte Systemintegration:** Förderung der Kompatibilität zwischen verschiedenen Softwarelösungen.
- **Schulungen und Weiterbildung:** Reduktion des Schulungsaufwands durch besser abgestimmte Systeme.
- **Finanzielle Unterstützung:** Maßnahmen zur Senkung der Lizenzgebühren und Anschaffungskosten.
- **Standardisierung:** Entwicklung einheitlicher Standards zur Datenverarbeitung und -austausch.
- **Verbesserte Planung:** Sicherstellung einer hohen Planungsqualität und umfassender Unterlagen zu Projektbeginn.
- **Effektive Kommunikation:** Einsatz moderner und effizienter Kommunikationstools zur Verbesserung des Informationsaustauschs.

Potenzialermittlung für digitalisierte Planungs- und Produktionsprozesse

Auch wenn sich einige Antworten wiederholen, verdeutlichen sie die Bedeutung verschiedener Hindernisse durch unterschiedliche Perspektiven. Die größten Herausforderungen sind das unterschiedlich ausgeprägte Know-how und die Vielzahl an Technologieansätzen im granularen Bau-Markt, was die Umsetzung digitaler Lösungen und Zusammenarbeit erschwert. Zudem besteht eine starke Abhängigkeit von Wertschöpfungspartnern, weshalb transparente Kommunikation und effektiver Informationsaustausch entscheidend sind. Besonders wichtig sind auch die Vorgaben öffentlicher Auftraggeber, die Softwareeinsatz und Datenstandards bestimmen und so Interoperabilität und Zusammenarbeit stark beeinflussen.

Es besteht ein erhebliches Potenzial in der Förderung von Akzeptanz und Fachwissen. Durch gezielte Maßnahmen können Zustimmung und Verständnis für BIM gesteigert werden, was Hemmnisse überwinden, und eine effektivere Integration ermöglichen kann. Besonders hervorgehoben werden hierbei die Vereinfachung und Strukturierung und die damit verbundene Standardisierung von Prozessen. Der Fokus liegt zudem auf Echtzeit-Vernetzung, skalierbaren Prozessen und gleichbleibender Arbeitsqualität. Außerdem werden Produktivitätssteigerungen sowie Zeit- und Kosteneinsparungen genannt. Zudem ist es nützlich auftraggeberseitig klare Vorgaben zur Nutzung von BIM im Projekt zu bekommen, was die Etablierung von standardisierten Prozessen fördert.

Es zeigt sich, dass KMUs in ihrem Leistungserstellungsprozess besonders von den Vorleistungen der Planung (Objektplanung, TGA-Planung, Statik, etc.) und den Angaben und Wünschen der Bauherren abhängig sind.

Im Bereich Planung sehen KMUs besonders die mangelhafte Planungsqualität und das Fehlen wichtiger Unterlagen zu Beginn der Ausführung als Hauptursachen für Störungen. Vorzeitige Ausschreibungen tragen zu diesen Defiziten bei. Dies führt zu Bauverzögerungen und höheren Kosten, was vor allem für schlüsselfertig arbeitende Bauunternehmen die Koordination der Subunternehmen erschwert. Dementsprechend wird in der Verbesserung der Vorleistung ein großes Potenzial gesehen, die Effizienz und Qualität durch die Implementierung der BIM-Methode zu steigern. Insbesondere in der Planungsphase kann BIM als Werkzeug genutzt

werden und die meisten Vorteile erbringen. Ebenso kann beispielsweise die Bauablaufsimulation als Mittel eingesetzt werden, um den Bauablauf effizienter zu gestalten, da etwaige Probleme mit den Schnittstellen im Vorhinein erkannt werden können und folglich die Koordination der Gewerke reibungsloser erfolgen kann.

Während der Ausführung können Planänderungen oder ausbleibende Entscheidungen der Entscheidungsträger, besonders nach dem „Design Freeze“, erhebliche Störungen verursachen. Dieser Zeitpunkt markiert den Übergang zur Arbeits- und Produktionsplanung, die auf den Planunterlagen basiert. Nachträgliche Änderungen stören diese Prozesse, führen zu Verzögerungen und höheren Kosten.

Bauunternehmen müssen den gestiegenen Mehraufwand bewältigen und gleichzeitig die Kundenzufriedenheit sichern. Die Befragung zeigte, dass die Kundenbeziehung für sie einen wichtigen wirtschaftlichen Faktor darstellt.

Dementsprechend stellt die Kollaboration während der Ausführung einen weiteren Punkt mit großem Potenzial dar, was insbesondere die Zusammenarbeit aller unterschiedlichen Gewerke erleichtert. Gleichermäßen kann hiermit der Informationsfluss gestärkt werden.

Die BIM-Methode begegnet dieser Herausforderung durch eine konsistente 3D-Datengrundlage, die frühe, fundierte Entscheidungen ermöglicht. Variantenuntersuchungen helfen Bauherren, sich früh festzulegen, und Visualisierungen mit VR-Brillen fördern deren Zustimmung, wodurch spätere Änderungen reduziert werden. Zeitliche Simulationen geben Einblick in die Abhängigkeiten der Gewerke und helfen, Engpässe zu erkennen. Zudem sorgt BIM dafür, dass alle wichtigen Informationen für alle Projektbeteiligten leichter zugänglich sind und reduziert so das Risiko von Informationsverlusten, wie sie etwa beim E-Mail-Austausch entstehen können.

Die Interoperabilität zwischen verschiedenen Softwarelösungen ist im Bauwesen eine große Herausforderung, besonders bei der Nutzung von IFC-Schnittstellen. Diese sollen den Datenaustausch zwischen BIM-Anwendungen standardisieren, doch häufig entstehen Probleme, die den reibungslosen Austausch erschweren.





Eine zentrale Schwierigkeit besteht darin, dass verschiedene Softwareprodukte zwar IFC-Datenformate unterstützen sollen, dies aber oft nicht vollständig oder fehlerfrei tun. Das führt zu Informationsverlusten und Inkonsistenzen, die die Zusammenarbeit erschweren.

Proprietäre Datenbanken und geschlossene Systemarchitekturen vieler CAD-(BIM)-Anbieter verschärfen das Problem. Bauunternehmen sind in einem komplexen Werkzeugnetzwerk gefangen, das stark von den Vorgaben der Softwareanbieter abhängt. Das reduziert ihre Flexibilität und erhöht die Abhängigkeit von einzelnen Technologieanbietern.

Ferner zeigte sich auch, dass durch die zunehmende Digitalisierung die Datenhoheit nicht mehr im eigenen Betrieb liegt, sondern bei externen Software- und Serverfirmen. Während die meisten Datenverwaltungssysteme in der Bauindustrie auf offenen Standards basieren, bleiben die CAD (BIM)-Datenbanken weiterhin isolierte Inseln proprietärer Systeme in der Datenumgebung der Bauindustrie.

Dadurch wird die gesamte Code-Architektur und Geschäftsprozesslogik im Unternehmen zu einem komplexen Werkzeugnetzwerk, das stark von den Richtlinien der CAD-(BIM)-Anbieter für den Zugriff auf hochwertige Daten abhängig ist.

Trotz des vollen Automatisierungs- und Optimierungspotenzials moderner Technologien schränken die Restriktionen geschlossener Lösungsanbieter die Fähigkeit der Unternehmen erheblich ein, diese Technologien vollständig zu nutzen.

Die fehlende Vertrauenswürdigkeit und Transparenz in

Daten und Systemen birgt das Risiko menschlicher Fehler und führt dazu, dass in den Kerngeschäftsprozessen von Bauunternehmen unnötige Bürokratie auf verschiedenen Ebenen entsteht. Der Monopolisierungseffekt und die strenge Kontrolle über wichtige Datenformate und Protokolle betreffen nicht nur die Bauindustrie. Viele Branchen hatten oder haben ähnliche Probleme mit geschlossenen Standards. Im Gegensatz dazu hat die Öffnung von Datenzugängen in anderen Wirtschaftsbereichen zu mehr Innovation, Wettbewerb und Produktivität geführt.

Die führenden Akteure der Bauindustrie verlangen zunehmend, dass Entwickler nicht nur offene Datenlösungen bereitstellen, sondern auch den Zugang zum Quellcode von Open-Source-Lösungen ermöglichen. So wird sichergestellt, dass diese Lösungen auch bei Wegfall des ursprünglichen Entwicklers weiter unterstützt und gewartet werden können. Open-Source-Lösungen mit offenen Daten zwingen Unternehmen dazu, sich auf ihre Geschäftsprozesse und Effizienz zu konzentrieren, statt sich mit Softwareproblemen und der ständigen Kompatibilitäts- und Updateproblematik geschlossener Systeme auseinanderzusetzen.

Diese Problematik führt zu einer Abhängigkeit von Technik und einzelnen Technologieunternehmen, da sie Zugang zu allen Systemen und Daten haben und diese verarbeiten können – was ihnen einen klaren Vorteil verschafft.

Folglich ist hier die Interoperabilität, also die Zusammenarbeit verschiedener Systeme oder Organisationen, nicht sichergestellt.

Identifizierte Schwächen und Chancen der bestehenden Arbeitsweisen und Potentiale

Die Digitalisierung von KMUs im Bauwesen bietet großes Potenzial für effizientere und qualitativ bessere Arbeitsprozesse. Durch gezielte Förderung von Fachwissen, Standardisierung, Interoperabilität sowie verbesserte Zusammenarbeit und Informationsaustausch können Schwächen überwunden und Chancen genutzt werden.

Wichtig ist, Mitarbeiter aktiv einzubeziehen und durch Schulungen die Akzeptanz digitaler Werkzeuge zu steigern. Bessere Planungsunterlagen und frühzeitige Dokumentenbereitstellung helfen, Verzögerungen und Kostenüberschreitungen zu vermeiden. Eine enge, transparente Zusammenarbeit und moderner Informationsfluss sind entscheidend für fundierte Entscheidungen. Die Datenhoheit sollte bei den Unternehmen selbst liegen, um Abhängigkeiten zu verringern und Sicherheit zu erhöhen.

Herausforderungen:

- **Unterschiedliches Knowhow:** Varianz im Fachwissen der Mitarbeiter.
- **Technologieansätze:** Unterschiedliche Ansätze führen zu Komplexität
- **Abhängigkeit von Wertschöpfungspartnern:** Notwendigkeit transparenter Kommunikation und effektiver Informationsaustausch
- **Planungsqualität:** Mangelnde Qualität und fehlende Unterlagen zu Projektbeginn verursachen Verzögerungen und Kosten
- **Interoperabilität:** Schwierigkeiten mit geschlossenen Softwarelösungen und proprietären Datenbanken.

Chancen und Potenziale:

- **Förderung von Akzeptanz und Fachwissen:** Zielgerichtete Maßnahmen zur Steigerung der Zustimmung und des Verständnisses für BIM.
- **Prozessstandardisierung:** Vereinfachung, Strukturierung und Standardisierung von Prozessen
- **Echtzeit-Vernetzung:** Verbesserte Kommunikation und Informationsaustausch in Echtzeit.
- **Skalierbarkeit und Qualität lität:** Konsistente Prozessqualität und Produktivitätssteigerungen.
- **Effizienzsteigerung:** Nutzung von BIM zur Verbesserung der Planung und Bauablaufsimulationen.
- **Transparenz und Zugriff:** Sicherstellung der Zugänglichkeit wichtiger Informationen für alle Projektbeteiligten.

Empfehlungen:

- **Systemintegration:** Verbesserung der Interoperabilität verschiedener Softwarelösungen.
- **Schulungen und Weiterbildung:** Reduktion des Schulungsaufwands durch gezielte Maßnahmen.
- **Standardisierung:** Entwicklung und Implementierung einheitlicher Datenstandards.
- **Besseres Projektmanagement:** Erhöhung der Planungsqualität und Bereitstellung umfassender Unterlagen zu Projektbeginn.
- **Förderung der Zusammenarbeit:** Intensivierung des Informationsflusses und der Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten.
- **Datenhoheit:** Reduzierung der Abhängigkeit von externen Software- und Serverfirmen, Förderung von Open-Source-Lösungen.



Warum auch KMUs einen strukturierten Change Prozess benötigen

Die Digitalisierung einfacher, standardisierter Prozesse ist für KMUs meist machbar, doch die Vernetzung von Planungs- und Arbeitsprozessen mit mehreren Projektteilnehmern stellt eine deutlich größere Herausforderung dar. Diese komplexen Abläufe erfordern eine strategische, unternehmensübergreifende Zusammenarbeit. Ein zentraler Punkt ist der nahtlose Datenaustausch zwischen Systemen und Beteiligten. Ohne effektive Integration werden Digitalisierungsprojekte ineffizient. Deshalb muss der Veränderungsprozess konzeptionell und strategisch erfolgen, um die spezifischen Anforderungen und Herausforderungen der KMU-Digitalisierung zu berücksichtigen.

KMUs stehen oft vor der Herausforderung, den digitalen Wandel mit begrenzten Ressourcen und Fachwissen zu bewältigen. Häufig fehlen ihnen finanzielle Mittel und Expertise, um umfassende Digitalisierungsprojekte selbstständig umzusetzen. Dadurch besteht ein hohes Risiko, dass Digitalisierungsinitiativen ineffektiv bleiben und erwartete Verbesserungen ausbleiben.

Exemplarisch stellen wir daher im Folgenden die Schwierigkeiten der KMUs dar, die bei Befragung der Unternehmen in Hinblick auf die Anwendung von BIM genannt wurde:

Für KMUs stellt eine große Schwierigkeit bei der Anwendung von BIM die Komplexität der Bauwerksmodellierung dar, dadurch erschwert sich die technische

Handhabung des digitalen Bauwerksmodells. Folglich wird der Nutzen von BIM verringert, da keine benutzerfreundliche Software vorliegt. KMUs haben bei der Nutzung von 3D-Bauwerksmodellen in BIM technische und IT-bezogene Probleme, die das präzise Extrahieren von Informationen erschweren. Die Schwierigkeiten liegen sowohl in der Bedienfreundlichkeit der Software als auch in der unvollständigen Detailgenauigkeit der Modelle.

Zudem stellt die strukturelle Barriere, in Form der aktuell bestehenden Vertragsmodelle, eine Hürde während der Veränderung dar. Das aktuelle System arbeitet mit isolierten Leistungsbereichen und einseitiger Vertretung durch externe Projektsteuerer, was Konflikte und Schuldzuweisungen fördert statt Zusammenarbeit. Eine Verbesserung kann durch Überarbeitung der Vertragsmodelle und Einführung innovativer Mehrparteienverträge erreicht werden, um gemeinsame und transparente Projektabwicklung zu stärken.

Bei der Durchführung eines BIM-basierten Infrastrukturprojekts ist es besonders wichtig, dass der Auftraggeber die formalen Grundvoraussetzungen ordnungsgemäß einhält. Vor Vertragsschluss stellen beispielsweise die AIA-Dokumente dabei eines der wichtigsten Regelwerke dar. Analog zu diesen müssen im BAP die formalen Rahmenbedingungen nach Vertragsabschluss festgelegt werden. Ferner müssen zugehörige Prozesse bundesweit standardisiert werden.

Strukturierter Change-Prozess:

Ein strukturierter Change-Prozess ist entscheidend, um die Digitalisierung effizient und nachhaltig umzusetzen. Er liefert einen klaren Plan und gezielte Maßnahmen, damit die Digitalisierungsziele im Unternehmen erreicht werden.

Diese Strategie sollte folgende Elemente umfassen:

1. Bedarfsermittlung und Zielsetzung: Für ein erfolgreiches Change Management in KMUs ist es wichtig, von Anfang an klare Ziele zu definieren – insbesondere, wie durch Digitalisierung die Wertschöpfung gezielt gesteigert werden kann. Dazu gehört eine systematische Analyse der bestehenden Arbeitsprozesse, um genau zu erkennen, wo digitale Werkzeuge am effektivsten eingesetzt werden können. Eine der ersten Herausforderungen ist dabei, den tatsächlichen Veränderungsbedarf zu erkennen. Wichtig ist zudem, alle Bereiche des Unternehmens einzubeziehen: Strategie, Unternehmenskultur, Organisation, Mitarbeiter und Technologie.

2. Standardisierung und/oder Verbesserung von Prozessabläufen

Für eine erfolgreiche Digitalisierungsstrategie ist es entscheidend, dass die analogen Prozesse bereits gut funktionieren. Insbesondere sollten Planungsmethoden wie Bauwerks- und Produktionsplanung durchgängig, umfassend und fundiert gestaltet werden, um die Arbeitseffizienz zu steigern. Die Planungs- und Durchführungsstrategien lassen sich durch Methoden wie Lean oder weitere digitale Instrumente verbessern, um die Effektivität zu maximieren.

3. Ressourcenplanung: Eine genaue Planung der benötigten Ressourcen ist entscheidend. Dazu gehören finan-

zielle Mittel, technologische Ausstattung und qualifiziertes Personal. KMUs müssen möglicherweise externe Fachkräfte hinzuziehen oder Partnerschaften eingehen, um den Mangel an internen Ressourcen auszugleichen.

4. Schulungen und Weiterbildung: Mitarbeiter müssen in den neuen digitalen Tools und Prozessen geschult werden. Dies ist ein kritischer Schritt, da die Akzeptanz und effektive Nutzung der neuen Technologien maßgeblich vom Wissen und den Fähigkeiten der Belegschaft abhängt. Hinsichtlich der Herausforderungen während des Veränderungsprozesses im Unternehmen, ist es wichtig die Mitarbeiter mitzunehmen. Hindernisse ergeben sich beispielsweise durch die Nichterkennung der Veränderungsnotwendigkeit, Angst vor dem Unbekannten, Überforderung, Statusverlust, Bedrohung bestehender Arbeitsabläufe und Gewohnheiten sowie Arbeitsplatz- und Einkommensrisiken.

5. Implementierung und Integration: Die Einführung digitaler Lösungen sollte schrittweise erfolgen, um die Belastung für das Unternehmen gering zu halten und Anpassungen zu ermöglichen. Eine sorgfältige Integration in bestehende Prozesse ist dabei wichtig für reibungslose Abläufe. Ebenso müssen die Mitarbeitenden motiviert und geschult werden. Für eine erfolgreiche und nachhaltige Implementierung neuer Innovationen ist eine klare Strategie entscheidend.

6. Kontinuierliche Überwachung und Optimierung: Nach der Implementierung ist eine kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Digitalisierungsmaßnahmen notwendig. Dies ermöglicht es, Probleme frühzeitig zu erkennen und Anpassungen vorzunehmen, um die Effizienz und Wirksamkeit der Digitalisierung zu maximieren.

Dieser Prozess erfordert ein strategisches Vorgehen, das die speziellen Bedürfnisse und Herausforderungen von KMUs berücksichtigt. Dazu zählen ausreichende finanzielle Mittel, passende Technologie und qualifiziertes Personal. Nur mit sorgfältiger Planung und ausreichenden Ressourcen können KMUs die Digitalisierung erfolgreich umsetzen und ihre Wettbewerbsfähigkeit sichern. Für viele KMUs ist dies jedoch schwierig, da zahlreiche Barrieren bestehen:

Fehlendes Know-how und Kapazitäten

Viele KMUs fehlen das nötige Know-how und die Kapazitäten, um Change-Prozesse eigenständig und strukturiert umzusetzen. Mitarbeiter sind oft im Tagesgeschäft eingebunden und haben weder Zeit noch Wissen für digitale Transformation. Dadurch werden Veränderungen häufig nur oberflächlich oder gar nicht umgesetzt. Ohne fundiertes Wissen und Ressourcen bleiben Digitalisierungsprojekte aus oder scheitern, was die Wettbewerbsfähigkeit langfristig gefährdet.

Kosten für externe Berater

Externe Berater können bei Change-Prozessen wertvolle Hilfe leisten, werden jedoch oft als zu teuer wahrgenommen. Gerade kleine Unternehmen mit begrenztem Budget scheuen die hohen Kosten, obwohl professionel-

le Unterstützung oft nötig wäre. Dieses Dilemma führt dazu, dass KMUs die Notwendigkeit erkennen, sich die Expertise aber nicht leisten können. Dadurch bleiben viele Digitalisierungsprojekte unvollständig oder werden ohne ausreichendes Know-how umgesetzt, was den Erfolg gefährdet.

Begrenzte Unterstützung durch Software-Anbieter

Software-Anbieter unterstützen meist nur ihr eigenes Portfolio, wodurch die Lösungen oft nicht optimal auf die individuellen Bedürfnisse der Unternehmen zugeschnitten sind. Diese fehlende Flexibilität kann dazu führen, dass die Digitalisierung nicht die erwarteten Effizienzgewinne bringt. Zudem wird die Abhängigkeit von bestimmten Technologien und Anbietern kritisch gesehen, da sie die Handlungsfähigkeit und Unabhängigkeit der KMUs einschränkt.

Anbieter bieten häufig standardisierte Lösungen an, die nicht auf die individuellen Anforderungen von KMUs zugeschnitten sind. Dadurch bringen die eingesetzten digitalen Werkzeuge oft nicht die erhofften Verbesserungen oder verkomplizieren sogar bestehende Prozesse. In solchen Fällen kann Digitalisierung mehr Probleme schaffen als lösen, was die Investitionsbereitschaft der Unternehmen in digitale Technologien verringert.

Möglichen Veränderungsprozesse zum Erreichen der Zielvorstellungen

Insgesamt stehen KMUs vor großen Herausforderungen, wenn sie Change-Prozesse zur Digitalisierung erfolgreich gestalten wollen. Fehlendes Know-how, begrenzte interne Kapazitäten, hohe Kosten für externe Berater und mangelnde Unterstützung durch Software-Anbieter erschweren eine nachhaltige Umsetzung. Deshalb ist es entscheidend, dass KMUs über den reinen Softwareverkauf hinaus unterstützt werden. Staatliche Förderprogramme, Branchenverbände oder Kooperationsprojekte können dabei helfen, das nötige Wissen und die Ressourcen bereitzustellen. Nur mit einer ganzheitlichen und gut begleiteten Strategie können KMUs Digitalisierung nutzen, um Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit langfristig zu sichern.

Schlüsselpunkte:

- **Bedarferkennung:** Notwendigkeit, den Bedarf für Veränderungen zu identifizieren.
- **Ganzheitlicher Ansatz:** Einbeziehung von Strategie, Kultur, Organisation, Mitarbeitern und Technologie.
- **Zentrale Projektplattform:** Verbesserung des Datenaustauschs und Prozessabläufe durch eine einheitliche Plattform.
- **Planungsmethoden:** Notwendigkeit fundierter und umfassender Planungsmethoden zur Steigerung der Effizienz.
- **Technologische Modernisierung:** Einsatz moderner Baugeräte und digitaler Prozesse.
- **Mitarbeiterwiderstände:** Bewältigung von Widerständen durch gezielte Schulungsmaßnahmen und Motivation.
- **Change-Management:** Anwendung von Change-Management-Tools, z.B. Kotters Acht-Schritte-Plan, angepasst an BIM.
- **Technische Herausforderungen:** Verbesserung der Bedienerfreundlichkeit und Detailgenauigkeit der BIM-Software.
- **Standardisierung:** Überarbeitung der Vertragsmodelle zur Förderung einer transparenten und kooperativen Projektabwicklung.
- **Standardisierung:** Bundesweite Standardisierung der formalen Rahmenbedingungen für BIM-Projekte.

Lösungsansätze für eine Digitalisierungs-Strategie für KMUs

Diese Studie hat als Schwerpunkt die Identifikation von Hindernissen bei der Digitalisierung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs). Auf Grundlage unserer umfassenden Analyse möchten wir in diesem Abschnitt einige wesentliche Empfehlungen geben, um diese Herausforderungen erfolgreich zu bewältigen.

Eine zentrale Empfehlung ist die Entwicklung einer gemeinsamen Strategie zur Förderung der Digitalisierung in KMUs. **Dies erfordert die Zusammenarbeit verschiedener Akteure, insbesondere von Branchenverbänden, welche eine führende Rolle übernehmen sollten.** Branchenverbände sind besonders geeignet, da sie die Interessen der KMUs bündeln und als zentrale Koordinationsstellen fungieren können. Sie vermitteln nicht nur zwischen Unternehmen und Anbietern digitaler Lösungen, sondern initiieren und koordinieren auch gezielte Unterstützungsmaßnahmen.

Ganzheitliches Change-Management

Für eine ganzheitliche strategische Förderung von KMUs, sollten vier wesentliche Bereiche berücksichtigt werden:

- **Die Bedeutung der Mitarbeitermotivation im Change-Prozess**

Die Motivation der Mitarbeiter spielt eine zentrale Rolle im Change-Prozess

Innere Motivation und intrinsischer Wille

Die innere Motivation und der intrinsische Wille der Mitarbeiter sind entscheidend für den Erfolg eines Change-Prozesses. Intrinsisch motivierte Mitarbeiter zeigen mehr Engagement, stellen sich Herausforderungen aktiv und finden kreative Lösungen. Dadurch identifizieren sie sich stärker mit den Unternehmenszielen und entwickeln sich kontinuierlich weiter.

Bereitschaft zur Veränderung

Ein erfolgreiches Change-Management setzt die Bereitschaft der Mitarbeiter voraus, Veränderungen anzunehmen und neue Arbeitsweisen zu akzeptieren. Erkennen sie den Sinn und Nutzen der Veränderungen, beteiligen sie sich aktiver, zeigen weniger Widerstand und sind offener für neue Ideen und Technologien.

Engagement und Beteiligung

Die Motivation der Mitarbeiter beeinflusst maßgeblich ihr Engagement im Change-Prozess. Motivierte Mitarbeiter bringen sich aktiv ein, übernehmen Verantwortung und setzen sich proaktiv für die Erreichung der Ziele ein – was besonders wichtig für den erfolgreichen Einsatz neuer digitaler Technologien und Prozesse ist.



Kontinuierliche Verbesserung und Innovation

Intrinsisch motivierte Mitarbeiter streben kontinuierlich nach Verbesserungen und entwickeln innovative Ansätze. Sie hinterfragen bestehende Prozesse und suchen nach effizienteren Lösungen. Diese Haltung fördert eine Kultur der kontinuierlichen Verbesserung und ist entscheidend für den langfristigen Erfolg der Digitalisierung.

Zusammenhalt und Teamarbeit

Motivierte Mitarbeiter tragen zu einem positiven Arbeitsumfeld und einem starken Zusammenhalt im Team bei. Sie unterstützen sich gegenseitig und arbeiten kollaborativ an den Veränderungen. Dies fördert nicht nur den Informationsaustausch und das gemeinsame Lernen, sondern stärkt auch das Vertrauen und die Zusammenarbeit innerhalb des Unternehmens.

• Die Bedeutung der Befähigung, Qualifizierung und Schulung der Mitarbeiter

Befähigung der Mitarbeiter

Die Befähigung der Mitarbeiter beinhaltet die Bereitstellung nötiger Werkzeuge und Ressourcen, damit sie neue Aufgaben und Verantwortungen erfolgreich übernehmen können. Im digitalen Wandel heißt das, dass sie Zugang zu modernen Technologien und Softwarelösungen brauchen, um diese effektiv nutzen und die gewünschten Ergebnisse erzielen zu können.

Qualifizierung und Schulung

Die Qualifizierung und Schulung der Mitarbeiter sind entscheidend, damit sie die nötigen Fähigkeiten und Kenntnisse für die erfolgreiche Umsetzung digitaler Prozesse und Technologien erwerben. Schulungsprogramme sollten umfassend sein und speziell auf die Bedürfnisse der Mitarbeiter abgestimmt werden, dabei sowohl technische Fertigkeiten als auch deren praktische Anwendung vermitteln.

Anpassung an neue Technologien

Eine effektive Schulung hilft Mitarbeitern, sich schnell an neue Technologien anzupassen, reduziert Unsicherheiten und ermöglicht eine sichere sowie kompetente Nutzung der Systeme. Dadurch werden Fehler minimiert

und die Produktivität gesteigert, da die besten Praktiken vermittelt werden.

Steigerung der Produktivität

Gut geschulte und qualifizierte Mitarbeiter erfüllen ihre Aufgaben effizienter und produktiver. Durch verbesserte Fähigkeiten optimieren sie Arbeitsprozesse und entwickeln innovative Lösungen, was die Gesamtproduktivität steigert und die Digitalisierungsziele unterstützt.

Förderung einer Lernkultur

Die kontinuierliche Qualifizierung der Mitarbeiter fördert eine Lernkultur und stetige Verbesserung im Unternehmen. Regelmäßige Weiterbildung steigert Motivation und Engagement, da sie das Investment des Unternehmens in die persönliche Entwicklung erkennen. So wird die Innovationsfähigkeit gestärkt und das Unternehmen zukunftssicher.

• Die Bedeutung der Unternehmenskultur und Unternehmenswerte

Förderung einer offenen und unterstützenden Kultur

Eine offene und unterstützende Unternehmenskultur ist entscheidend für erfolgreichen Wandel. Sie schafft ein Umfeld, in dem Mitarbeiter neue Ideen annehmen und umsetzen. Wird Veränderung als Chance für Wachstum gesehen, unterstützen Mitarbeiter den digitalen Wandel aktiver.

Kommunikation und Transparenz

Transparente Kommunikation ist zentral für eine Unternehmenskultur, die Veränderungen fördert. Mitarbeiter müssen über Gründe, Ziele und Vorteile des Wandels informiert sein. Offene Kommunikation verhindert Missverständnisse, stärkt Vertrauen und erhöht die Bereitschaft, den Wandel aktiv mitzutragen.

Einbindung der Mitarbeiter

Die Einbindung der Mitarbeiter in den Change-Prozess ist entscheidend. Eine Kultur, die Partizipation und Zusammenarbeit fördert, sorgt dafür, dass Meinungen gehört werden. Das stärkt das Zugehörigkeitsgefühl und erhöht das Engagement. Eingebundene Mitarbeiter fühlen sich verantwortlich und sind motivierter, aktiv zum Erfolg der Veränderungen beizutragen.

Werte und Normen

Die Unternehmenskultur umfasst Werte und Normen, die Verhalten und Einstellung der Mitarbeiter prägen. Für einen erfolgreichen Change-Prozess ist es wichtig, dass diese mit den Digitalisierungszielen übereinstimmen. Werte wie Innovationsbereitschaft, Flexibilität und Lernbereitschaft sollten gefördert werden, um die digitale Transformation zu unterstützen.

Umgang mit Widerständen

Widerstände gegen Veränderungen entstehen häufig aus Unsicherheit und Angst vor dem Unbekannten. Offene Kommunikation und gezielte Weiterbildung helfen, diese Ängste abzubauen. Ein sicheres Umfeld, in dem Mitarbeitende ihre Bedenken äußern und Unterstützung erhalten können, erleichtert das Überwinden von Widerständen.

Förderung von Teamarbeit und Zusammenarbeit

Eine Unternehmenskultur, die Teamarbeit und Zusammenarbeit betont, ist besonders wertvoll in einem Change-Prozess. Der digitale Wandel erfordert oft die Zusammenarbeit verschiedener Abteilungen und Teams. Eine Kultur der Zusammenarbeit stellt sicher, dass Wissen und Ressourcen effektiv geteilt werden und Synergien entstehen, die den Veränderungsprozess unterstützen.

Nachhaltigkeit und kontinuierliche Verbesserung

Nachhaltigkeit und kontinuierliche Verbesserung sind entscheidend für den langfristigen Erfolg von Change-Prozessen. Veränderungen werden dabei als fortlaufender Prozess verstanden, der das Unternehmen flexibel, anpassungsfähig und offen für neue Herausforderungen und Chancen hält.

• Die Bedeutung des regulativen Umfelds und der infrastrukturellen Voraussetzungen im Change-Prozess

Technische Ausstattung mit Hard- und Software

Die technische Ausstattung ist eine grundlegende Voraussetzung für den erfolgreichen Change-Prozess. KMUs benötigen moderne Hardware und Software, um digitale Prozesse effektiv umzusetzen. Dies beinhaltet

leistungsfähige Computer, Server und Netzwerkinfrastrukturen sowie spezialisierte Softwarelösungen, die auf die spezifischen Bedürfnisse des Unternehmens abgestimmt sind. Eine veraltete technische Ausstattung kann den Fortschritt hemmen und die Effizienz der digitalen Transformation erheblich beeinträchtigen. Daher ist es essenziell, regelmäßig in aktuelle Technologien zu investieren und die IT-Infrastruktur auf dem neuesten Stand zu halten.

Unternehmensregeln, die den Change-Prozess fördern und gestalten

Klare Unternehmensregeln und -richtlinien sind entscheidend für einen erfolgreichen Change-Prozess. Sie schaffen Standards, definieren Verantwortlichkeiten und etablieren Best Practices, um den Übergang zu digitalen Arbeitsweisen zu unterstützen. Gleichzeitig sollten sie Flexibilität und Innovation fördern, damit Anpassungen und Verbesserungen während der digitalen Transformation möglich sind.

Regulative Rahmenbedingungen des Wirtschaftsreichs

Auch die regulativen Rahmenbedingungen des jeweiligen Wirtschaftsbereichs spielen eine wichtige Rolle im Change-Prozess. Sie können sowohl förderlich als auch hemmend wirken. Gesetzliche Vorgaben, Branchenstandards und regulatorische Anforderungen müssen in die Digitalisierungsstrategien integriert werden. Positive Rahmenbedingungen schaffen Anreize, etwa durch steuerliche Erleichterungen, Förderprogramme oder Investitionszuschüsse, die KMUs finanziell entlasten und den Wandel erleichtern.

Unterstützung durch Branchenverbände und Netzwerke

Branchenverbände und Netzwerke können eine wichtige Rolle bei der Bereitstellung von Ressourcen und Unterstützung für den Change-Prozess spielen. Sie können als Plattformen für den Austausch von Wissen und Best Practices dienen und KMUs Zugang zu Schulungen, Beratungsdiensten und technologischen Ressourcen bieten. Durch die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen und Organisationen können KMUs von gemeinsamen Initiativen und Projekten profitieren, die die Digitalisierung vorantreiben.



Digitalisierung bzw. Datenaustausch in einer dezentral strukturierten Branche

Datenaustausch über Projektplattformen

In diesem Abschnitt möchten wir nochmals vertieft auf den Datenaustausch innerhalb von Bauprojekten auch und insbesondere über Firmengrenzen hinweg eingehen. Das im folgenden skizzierte Modell wurde in einem FE-Projekt entwickelt, welches parallel zu der Studie stattgefunden hat. Die Ergebnisse sind sehr komplementär, so dass wir uns dazu entschlossen haben, diesen Abschnitt noch zu den skizzierten Lösungsansätzen aufzunehmen.

Wie schon dargestellt ist liegt das weitaus größere Potenzial der Digitalisierung in der Bauwirtschaft nicht in der firmeninternen Digitalisierung und Optimierung von Prozessen und Werkzeugen, sondern in der strukturierten, projektorientierten Zusammenarbeit der unterschiedlichen Beteiligten an einem Bauprojekt. Ein Bauwerk entsteht in Planung und Bau durch die Zusammenarbeit zahlreicher Projektbeteiligter (Stakeholder), die kontinuierlich Daten austauschen. Bei Bauprojekten sind firmenübergreifend viele unterschiedliche Stake-

holder an Planungs-, Logistik-, Bestell- und Qualitätsprozessen beteiligt. Dadurch entsteht ein komplexes Wertschöpfungsnetzwerk mit langen Ketten, dessen Produktivität stark vom stetigen Datenaustausch abhängt. Diese Effizienzpotentiale werden erst durch strukturierten und standardisierten Datenaustausch realisiert.

Die agile und projektbezogene Netzwerkstruktur der Wertschöpfung stellt eine große Herausforderung für die Digitalisierung dar. Bisher konnte die IT-Industrie keine passenden Lösungen bieten, insbesondere für den sicheren und souveränen Datenaustausch zwischen Unternehmen über gemeinsame Datenräume. Dabei steht das Konzept einer „föderierten“ Realität im Gegensatz zum bisherigen digitalen Modell eines „zentralisierten“ Cloud-Servers, der eine „gemeinsame Datenumgebung“ (CDE – Common Data Environment) im Zentrum eines Bauprojekts sieht.

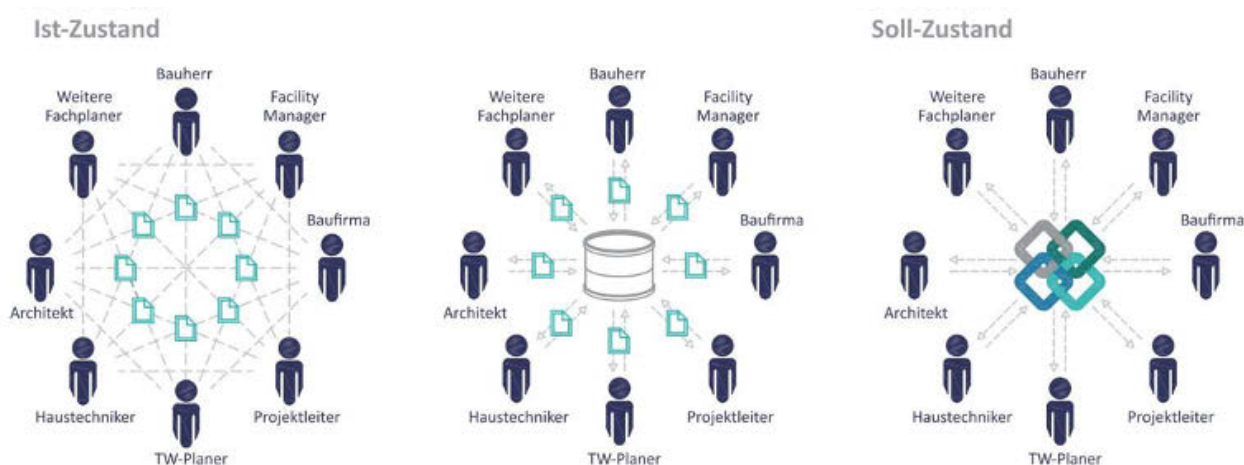


Abbildung 4: Von der konventionellen Planung zur Erzielung einer gemeinsamen Datenumgebung
Abbildung 5: Von der konventionellen Planung zur Erzielung einer gemeinsamen Datenumgebung

Die Bauwirtschaft verfolgt mit BIM (Building Information Modeling) das Ziel, alle Prozesse eines Bauprojekts – von der Planung bis zum Abriss – über ein zentrales Datensystem abzuwickeln. Cloudbasierte Common Data Environments (CDEs), definiert in der ISO 19650, bilden hierfür die Grundlage und werden meist von großen Anbietern wie AutoDesk, Nemetschek oder Trimble bereitgestellt. Diese Systeme ermöglichen eine nahtlose Integration mit kommerziellen BIM-Tools.

Bei größeren Projekten nutzen Beteiligte jedoch häufig unterschiedliche Ökosysteme, da sie verschiedene Planungs- und Produktionsbereiche vertreten. Dadurch entstehen Kompatibilitätsprobleme zwischen den Datenmodellen.

Um dies zu lösen, gewinnen Semantic Web-Technologien an Bedeutung. Sie ermöglichen, dass Beiträge aus verschiedenen Quellen auf unterschiedlichen Servern gehostet, aber dennoch semantisch verknüpft werden. Dies gewährleistet eine übergreifende Zusammenarbeit und eine effektive Integration von Informationen über den gesamten Gebäudelebenszyklus hinweg.

Nach Oraskari et al. dient ein Common Data Environment (CDE) als eine gemeinsame Informationsquelle für Bauprojekte, in der Daten gesammelt, verwaltet und zwischen den Beteiligten ausgetauscht werden. Oraskari schlägt die Verwendung von buildingSMART's BIM Collaboration Format (BCF) als digitale Komponente der CDEs vor.

Im Gegensatz zur dezentralen Natur der Bau- und Immobilienwirtschaft sind CDEs typischerweise zentralisiert, und daher bildet eine verteilte Umgebung (wie z.B. buildingSMART's BIM Collaboration Format - BCF) die spezifische Struktur der Bauwirtschaft viel besser ab. Mit dieser Struktur ergibt trotz zentral verteilter Datenhaltung die Möglichkeit einer vernetzten sogenannten „Single Source of Truth“, d.h. eines gemeinsam abgestimmten Datenmodells, das wiederum auf den IFC-Standards basiert. Dadurch werden für die Unternehmen gleichzeitig Verantwortungen transparenter und die Dienstleistung für datentechnischen Prozesse differenzierbar, bzw. auch besser darstellbar im Hinblick auf alte und neue Geschäftsmodelle.

Zusammenfassend zeigt sich, dass eine gemeinsame Datenumgebung (CDE) auch in einem stark fragmentierten

Umfeld möglich ist, jedoch klare regulatorische Vereinbarungen erfordert. Die zentrale Herausforderung liegt darin, wer diese Regulierung übernimmt und wie sie umgesetzt wird. Angesichts der dynamischen Entwicklungen im Datenaustausch ist eine agile Regulierung erforderlich, um Innovation und Wettbewerbsfähigkeit nicht zu behindern. Standardisierungsverfahren, wie sie in der Bauindustrie üblich sind, erweisen sich in diesem Kontext als zu langsam und nur bedingt geeignet.

Ganzheitliche Überlegungen zur Wertschöpfungskette Bau

Insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass die Abhängigkeit von den einzelnen externen Server- und Softwarefirmen, die über die Datenbasis verfügen, als kritisch angesehen wird, ist die Einführung einer integralen Datenplattform hilfreich und notwendig. Denn so kann die Interoperabilität zwischen den einzelnen Systemen und Organisationen sichergestellt werden.

Digitale föderierte Plattformen und Datenkooperativen werden in der zukünftigen Bauindustrie entscheidend sein, um sicheren und souveränen Datenaustausch zu gewährleisten. Diese Plattformen und Kooperativen ermöglichen eine neue Form der Wertschöpfung, die die digitale Transformation und die Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette des Bauwesens erheblich verbessern können.

Hindernisse für die Zusammenarbeit entstehen oft aus wettbewerbs- und vertrauensbezogenen Aspekten. Ein integrales Datenkooperationsmodell kann diese überwinden, indem es als übergreifende rechtlich-organisatorische Struktur einen vorwettbewerblichen Vertrauensraum schafft und alle Geschäftsprozesse zusammenführt.

Angewendet auf Bauprojekte können Planungs- und Produktionsprozesse viel besser organisiert werden und zu reibungsloser, verschwundungsfreier Zusammenarbeit führen. Die Möglichkeiten digitaler Plattformen gehen weit über das Building Information Modeling („BIM“) hinaus. Daher können digitale Plattformen als Mobilisierungsplattformen verstanden werden. Sie sind die digitale Manifestation eines Wertschöpfungsnetzwerks verschiedener Stakeholder, die ein gemeinsames

Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, ist eine sogenannte föderierte Dateninfrastruktur. Ein Föderator sorgt für einen souveränen Datenaustausch zwischen Datenanbietern und -verbrauchern. Dabei steht „föderiert“ für eine ausgewogene und faire Regulierung, die sicherstellt, dass alle Stakeholder gleichermaßen vom Datenaustausch profitieren. Der Datenaustausch in einer Multi-Stakeholder-Umgebung erfordert neben technischer Umsetzung eine faire, transparente Regulierung. Diese sollte von einer autorisierten Institution, dem sogenannten „Föderator“, vertrauenswürdig umgesetzt werden.


Das regulatorische Rahmenwerk der Plattform ist entscheidend und muss als kooperatives Regelwerk gestaltet sein. Es sollte die vielfältigen Interessen der Beteiligten berücksichtigen und potenzielle Zielkonflikte ausgleichen. Die digitale Transformation ist ein zentraler Treiber für ökologische, kreislauforientierte und kohlenstoffarme Lösungen sowie für gesteigerte Produktivität, da sie alle Lebenszyklusphasen von Gebäuden vernetzt. Dabei ist Digitalisierung nicht das Ziel selbst, sondern ein Mittel, um ein nachhaltigeres und widerstandsfähigeres Bauökosystem zu schaffen.

Eine Datenkooperative in Kombination mit einer datenbasierten Sharing-Plattform und föderierter digitaler Architektur verhindert die Dominanz einzelner Teilnehmer und beugt Monopolbildung vor. Gleichzeitig fördert sie Zusammenarbeit und Innovation. Sie bietet industrielle und digitale Governance sowie Standards, die Effizienz, technologische Fähigkeiten und Kapazitäten der Teilnehmer steigern – insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMUs). Indem sie zentrale Herausforderungen der digitalen Transformation adressiert, beschleunigt die Datenkooperative den Wandel bei KMUs durch Förderung von Kooperation, Wissensaustausch und Orientierung an Branchenbest Practices. So profitieren vor allem KMUs deutlich von einer kooperativen, föderierten Datenplattform.

Das Genossenschaftsmodell ist nicht nur im KMU-Bereich bewährt, sondern bietet auch zahlreiche Vorteile als institutioneller Rahmen für den Datenaustausch zwischen Unternehmen. Es schafft eine rechtlich gesicherte Kooperationsstruktur, ermöglicht eine offene und skalierbare Mitgliedschaft und etabliert eine neutrale Organisation für gemeinsames Datenmanagement. Besonders bei neuen Technologien wie Künstlicher Intelligenz (KI) und Datenanalyse stehen KMU vor Herausforderungen, da sie meist nicht über ausreichende Datenbestände verfügen, um mit großen Konzernen zu konkurrieren. Ein Datenkooperationsmodell auf Genossenschaftsbasis könnte dieses Problem lösen und KMU den Zugang zu wichtigen Datenressourcen ermöglichen.

Ein Hauptproblem für KMU ist, dass ihre Daten in Umfang und Qualität oft begrenzt sind. Moderne KI-Methoden benötigen jedoch große Mengen vielfältiger Daten, um umfassende Lösungen für komplexe Fragestellungen zu entwickeln. Einzelne, spezialisierte KMU können meist nur Teilbereiche der notwendigen Daten liefern. Zusätzlich sind die Ressourcen vieler KMU begrenzt, sodass es wirtschaftlich oft nicht möglich ist, eigene Datenwissenschaftler einzustellen.

Datenkooperativen sind ein kollektiver Ansatz zur Verwaltung von Daten, der anerkennt, dass Daten, die wir durch unser Handeln erzeugen, wertvoll sind und als gemeinsames Gut verantwortungsvoll behandelt werden müssen. Diese Daten können nicht im Eigentum einzelner stehen, müssen aber verwaltet werden. Datenkooperativen schaffen eine technische und institutionelle Ebene zwischen Datenbesitzern und -nutzern. Sie übernehmen wichtige Aufgaben wie die Steuerung von Datenströmen, Nutzung, Speicherung und Übertragung, schützen die Privatsphäre und bauen hochwertige Datensätze auf – alles, was der Branche derzeit oft fehlt, um Wettbewerb zu fördern und Innovationen zu ermöglichen.



05



AUSBLICK

Die vorliegende Forschungsstudie hat die Bedeutung einer maßgeschneiderten Digitalisierung für KMUs im Bauwesen verdeutlicht. Indem digitale Werkzeuge wie Building Information Modeling (BIM) gezielt auf die spezifischen Bedürfnisse und Prozesse der KMUs zugeschnitten werden, können sie einen nachhaltigen Mehrwert für diese schaffen. Die Untersuchungen zeigen, dass die erfolgreiche Integration solcher Technologien nicht nur die Effizienz der einzelnen Unternehmen steigert, sondern auch die Grundlage für eine tiefere, kollaborative Vernetzung der gesamten Baubranche legt.

Künftig wird es entscheidend sein, die in dieser Studie entwickelten Ansätze weiter zu verfeinern und praxisorientiert umzusetzen. Insbesondere die Herausforderung der Interoperabilität und des standardisierten Datenaustauschs wird eine Kernrolle spielen. Zudem sollten KMUs dabei nicht nur die direkten Vorteile der Digitalisierung in ihren eigenen Prozessen sehen, sondern auch die langfristigen Potenziale einer vernetzten Zusammenarbeit erkennen.

Die digitale Transformation im Bauwesen wird zunehmend an Bedeutung gewinnen, und es ist zu erwarten, dass KMUs, welche frühzeitig auf diese Entwicklungen setzen, ihre Wettbewerbsfähigkeit langfristig sichern und ebenso ausbauen können. Die in dieser Studie identifizierten Strategien bieten einen wertvollen Leitfaden für diesen Transformationsprozess und können als Grundlage für zukünftige Projekte und Unternehmensprozesse dienen.

Literatur- und Abbildungsverzeichnis

- Abanda, F. H.; Vidalakis, C.; Oti, A. H.; Tah, J.H.M. (2015): A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects. In: *Advances in Engineering Software* 90, S. 183–201. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2015.08.009.
- Albiez, Hansjörg (2021): Konzeption eines multikriteriellen Bewertungsrahmens für Bau-Auftraggeber zur Umsetzung des BIM-Stufenplans. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.
- Alexandros Giannakidis; Dennis Stolze; Bianca Weber-Iewerenz (2021): KI in der Bauwirtschaft. Einsatzmöglichkeiten für Planung, Realisierung und Betrieb von Bauwerken.
- Baars, Henning; Tank, Ann; Weber, Patrick; Kemper, Hans-Georg; Lasi, Heiner; Pedell, Burkhard (2021): Cooperative Approaches to Data Sharing and Analysis for Industrial Internet of Things Ecosystems. In: *Applied Sciences* 11 (16), S. 7547. DOI: 10.3390/app11167547.
- BMVI (2017): Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Online verfügbar unter https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bim-umsetzung-stufenplan-erster-fortschrittsbe.pdf?__blob=publicationfile.
- Boiko, Artem (2024): DATA-DRIVEN CONSTRUCTION. Navigating the Data Age in the Construction Industry. Bruchsal: Artem Boiko.
- Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (Hg.) (2021): Building information modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Springer Fachmedien Wiesbaden. 2., aktualisierte Auflage. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg (VDI-Buch).
- Braungardt, Felix (2024): Transformation der Bauindustrie: Eine Analyse des Digitalisierungsgrades von Bauunternehmen. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.
- Büchel, Jan; Bakalis, Dennis; Scheufen, Marc (2024): Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland. Langfassung der Ergebnisse des Digitalisierungsindex im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“. Hg. v. IW köln. Online verfügbar unter <https://www.iwkoeln.de/studien/jan-buechel-dennis-bakalis-marc-scheufen-digitalisierung-der-wirtschaft-in-deutschland-2023.html>.
- Bühler, Michael Max; Nübel, Konrad; Jelinek, Thorsten; Riechert, David; Bauer, Thomas; Schmid, Thomas; Schneider, Martin (2023): Data Cooperatives as a Catalyst for Collaboration, Data Sharing and the Digital Transformation of the Construction Sector. In: *Buildings* 13 (2), S. 442. DOI: 10.3390/buildings13020442.
- Çetin, Sultan; Wolf, Catherine de; Bocken, Nancy (2021): Circular Digital Built Environment: An Emerging Framework. In: *Sustainability* 13 (11), S. 6348. DOI: 10.3390/su13116348.
- Curry, Edward; Tuikka, Tuomo; Metzger, Andreas; Zillner, Sonja; Bertels, Natalie; Ducuing, Charlotte et al. (2022): Data Sharing Spaces: The BDVA Perspective. In: Boris Otto, Michael ten Hompel und Stefan Wrobel (Hg.): *Designing Data Spaces*. Cham: Springer International Publishing, S. 365–382.
- Das, Arindam; Dey, Sourav (2021): Global manufacturing value networks: assessing the critical roles of platform ecosystems and Industry 4.0. In: *JMTM* 32 (6), S. 1290–1311. DOI: 10.1108/JMTM-04-2020-0161.
- Destatis (o.J.): Kleine und mittlere Unternehmen. Hg. v. Statistisches Bundesamt.
- Destatis (2023): Baugewerbe - Strukturdaten. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Tabellen/_tabellen-innen-baugewerbe-strukturdaten.html.
- Deutsche Telekom AG (2020): DIGITALISIERUNGSINDEX MITTELSTAND 2019/2020. DER DIGITALE STATUS QUO DES DEUTSCHEN MITTELSTANDS. Hg. v. Deutsche Telekom AG.
- Ding, Chungang; Kohli, Rashi (2021): Analysis of a building collaborative platform for Industry 4.0 based on Building Information Modelling technology. In: *IET Collab Intel Manufact* 3 (3), S. 233–242. DOI: 10.1049/cim2.12036.
- Döring, Nicola (2023): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 6., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer (Lehrbuch). Online verfügbar unter <http://www.springer.com/>.
- Eisfeld, Michael (2021): BIM in der Tragwerksplanung. In: André Borrmann, Markus König, Christian Koch und Jakob Beetz (Hg.): *Building information modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. 2., aktualisierte Auflage. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg (VDI-Buch), S. 407–426.
- EU (o.J.): Interoperabilität. Online verfügbar unter https://www.edps.europa.eu/data-protection/our-work/subjects/interoperabilita_de#:~:text=Der%20Begriff%20Interoperabilit%C3%A4t%20bezieht%20sich,Asyl%20und%20innere%20Sicherheit%20eingrichtet.
- European Commission (2021): Commission staff working document: Scenarios for a transition pathway for a resilient, greener and more digital construction ecosystem. Hg. v. European Commission. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/47996>.
- European Commission (DG-GROW) (2021): High Level Construction Forum - Meeting Report. Reporting from the 1st meeting of the Digital Cluster Group. Hg. v. Technical Secretariat of the HLCF. European Commission: Brussels, Belgium.
- Fischer, Jonas (2021): Untersuchung von Barrieren für Change-Prozesse im Rahmen der Herausforderung „digitale Transformation“ in der Bauwirtschaft. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.
- Gaia-X (o.J.): Gaia-X: A Federated Secure Data Infrastructure. Online verfügbar unter <https://gaia-x.eu/>.
- Gaia-X: Gaia-X-Architecture Document - 22.04 Release. Hg. v. E.A.f.D.a.C. AISBL. E.A.f.D.a.C. AISBL.
- Hagel III, John (2015): The power of platforms. Part of the Business Trends series. Hg. v. Deloitte. Deloitte Insights. Online verfügbar unter <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/business-trends/2015/platform-strategy-new-level-business-trends.html>.
- Hagel III, John; Brown, John Seely (2008): From Push To Pull: Emerging Models For Mobilizing Resources. In: *JSS* 1 (1), S. 93–110. DOI: 10.19030/jss.v1i1.4305.
- Hausknecht, Kerstin; Liebich, Thomas (2016): BIM-Kompendium. Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Ho, Dac (2023): Potentiale von BIM-basierten Bauwerksmodellen - Konzeption eines holistischen Prozessmodells. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.

Honcharenko, Tetyana; Kyivska, Kateryna; Serpinska, Olha, Savenko, Volodymyr, Kysliuk, Dmytro; Orlyk, Yurii: Digital Transformation of the Construction Design Based on the Building Information Modeling and Internet of Things. Hg. v. ITTAP'2021: 1nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems. ITTAP'2021: 1nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems. Ternopil, Ukraine. Online verfügbar unter <https://ceur-ws.org/Vol-3039/paper16.pdf>.

Houser, Kimberly; Bagby, John W. (2022): The Data Trust Solution to Data Sharing Problems. In: SSRN Journal. DOI: 10.2139/ssrn.4050593.

Liaqat, Misbah; Chang, Victor; Gani, Abdullah; Hamid, Siti Hafizah Ab; Toseef, Muhammad; Shoaib, Umar; Ali, Rana Liaqat (2017): Federated cloud resource management: Review and discussion. In: Journal of Network and Computer Applications 77, S. 87–105. DOI: 10.1016/j.jnca.2016.10.008.

Olsienkiewicz, Adrian (2023): Analyse der Digitalisierungsbereitschaft durch Nutzung von Technology Acceptance Models. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.

Oraskari, J.; Schulz, O.; Werbrouck, J.; Beetz, J. (2022): Enabling Federated Interoperable Issue Management in a Building and Construction Sector. In: Proceedings of the 29th EG-ICE International Workshop on Intelligent Computing in Engineering. The 29th EG-ICE International Workshop on Intelligent Computing in Engineering, July 6-8 2022: EG-ICE, S. 92–101.

Pedro Rodrigues de Almeida; Manuel Zafra Solas; Andreas Renz; M.M. Bühler; Philipp Gerbert; Santiago Castagnino; Christoph Rothballer (2016): Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology.

Pilling, André (Hg.) (2022): BIM - das digitale Miteinander. Planen, Bauen und Betreiben in neuen Dimensionen. Deutsches Institut für Normung; Beuth Verlag. 4., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH. Online verfügbar unter <http://www.beuth.de/cmd?level=tpl-langanzeige&websource=vlb&smo-id=358068909>.

Porwal, Atul; Hewage, Kasun N. (2013): Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. In: Automation in Construction 31, S. 204–214. DOI: 10.1016/j.autcon.2012.12.004.

Rostek, Markus (2022): Systematischer Vergleich der Digitalisierungshindernisse in der Bauwirtschaft zur Fertigungsindustrie. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.

Soldatos, John; Kefalakis, Nikos; Despotopoulou, Angela-Maria; Bodin, Ulf; Musumeci, Andrea; Scandura, Antonella et al. (2021): A digital platform for cross-sector collaborative value networks in the circular economy. In: Procedia Manufacturing 54, S. 64–69. DOI: 10.1016/j.promfg.2021.07.011.

Studer, Marco (2023): Transformation der Geschäftsprozesse von kleinen und mittleren Bauunternehmen (KMU) hin zu mehr Digitalisierung. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.

Teubl, Maximilian (2021): Strategisches Geschäftsprozessmanagement in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) in der Bauwirtschaft unter spezieller Berücksichtigung von Standardraumstrukturen. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.

Vorschneider, David (2020): BIM basierte Ausschreibung des öffent-

lichen Auftraggebers - Eine kritische Studie zum derzeitigen Stand sowie Empfehlungen zur schnelleren Umsetzung. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.

Werbrouck, J.; Pauwels, P.; Beetz, J.; Mannens, E. (2022): Data patterns for the organisation of federated linked building data. Hg. v. LDAC 2021. LDAC 2021. Proceedings of the 9th Linked Data in Architecture and Construction Workshop. Online verfügbar unter <https://biblio.ugent.be/publication/8724183>.

Willetts, Matthew; Atkins, Anthony S.; Stanier, Clare (2020): Barriers to SMEs Adoption of Big Data Analytics for Competitive Advantage. In: 2020 Fourth International Conference On Intelligent Computing in Data Sciences (ICDS). 2020 Fourth International Conference On Intelligent Computing in Data Sciences (ICDS). Fez, Morocco, 21.10.2020 - 23.10.2020: IEEE, S. 1–8.

World Economic Forum (WEF) (2017): Shaping the Future of Construction—Inspiring Innovators redefine the Industry. Hg. v. World Economic Forum (WEF). Online verfügbar unter https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_Inspiring_Innovators_redefine_the_industry_2017.pdf.

Wu, Chuhan; Wu, Fangzhao; Qi, Tao; Wang, Yanlin; Yang, Yuqing; Huang, Yongfeng; Xie, Xing (2022): Game of Privacy: Towards Better Federated Platform Collaboration under Privacy Restriction.

Zimmermann, Volker (2022): Mittelständische Unternehmen mit Digitalisierungsstrategie gehen die Digitalisierung aktiver an. Hg. v. KfW Research.

Zivkovic, David (2022): Untersuchung von Weiterentwicklung- und Etablierungs-potenzialen der BIM-Methode unter Berücksichtigung der Möglichkeiten der Blockchain. Masterarbeit. Hg. v. Technische Universität München.