

BIM
[Professional]

BIM-Automation und Robotik

Aileen Pfeil
Ayham Kemand

— Leseprobe —

Leseprobe –

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Publikation auf eine geschlechtsneutrale Differenzierung verzichtet. Die verkürzte Sprachform impliziert keinesfalls eine Benachteiligung eines Geschlechts; sie hat ausschließlich redaktionelle Gründe und enthält keine Wertung. Selbstverständlich sind alle Geschlechter gleichermaßen angesprochen. Die Ausrichtung der Publikation ist in jedem Fall geschlechtsunabhängig. Vielen Dank für Ihr Verständnis!

Ihr bSD Verlag

BIM Professional
BIM-Automation und Robotik

Aileen Pfeil
Ayham Kemand

— Leseprobe —

Über buildingSMART Deutschland

buildingSMART Deutschland ist das Kompetenznetzwerk für digitales Planen, Bauen und Betreiben von Bauwerken. Als Teil der internationalen buildingSMART-Community agieren wir interdisziplinär, anwender- und praxisorientiert. Circa 800 Unternehmen, Forschungs- und Hochschuleinrichtungen, Behörden und Institutionen der öffentlichen Hand sowie Privatpersonen aus allen Bereichen der Bau- und Immobilienwirtschaft sind Mitglied bei buildingSMART Deutschland. Sie eint das Bestreben, Digitalisierung erfolgreich mitzugestalten. Dazu engagieren sich buildingSMART-Mitglieder ehrenamtlich an der Entwicklung von offenen und herstellerneutralen Standards für digitale Methoden und Werkzeuge und bringen über buildingSMART International diese Arbeiten auf die globale Ebene. Auf regionaler Ebene sind buildingSMART-Mitglieder in Regionalgruppen organisiert und treiben über lokale und regionale Netzwerke den Wissens- und Erfahrungsaustausch in der Breite voran. So wirkt buildingSMART global, national und regional aktiv daran mit, verlässliche und anwendergerechte Rahmenbedingungen und Standards für eine erfolgreiche Digitalisierung der Bau- und Immobilienwirtschaft in Deutschland zu entwickeln.
www.buildingsmart.de



Vorwort

Die Baubranche befindet sich im kontinuierlichen Wandel und steht vor wachsenden Herausforderungen: Fachkräftemangel, volatile Rohstoffpreise und die Auswirkungen der Globalisierung fordern neue Lösungen. Spätestens die Corona-Pandemie hat gezeigt, dass Veränderungen – insbesondere im Bereich der Digitalisierung – rasch möglich sind. Digitale Werkzeuge wie Videokonferenzen sind heute fester Bestandteil des Arbeitsalltags und verdeutlichen, wie sehr sich auch im Bauwesen ein Umdenken vollzieht.

Digitalisierung ist dabei weit mehr als nur die Einführung neuer Softwarelösungen. Sie eröffnet enorme Potenziale – von effizienteren Prozessen über höhere Transparenz bis hin zur Attraktivitätssteigerung des Berufsbildes für jüngere Generationen. Während das Building Information Modeling (BIM) als zentrales Element der digitalen Transformation bereits bekannt ist, rücken zunehmend auch Automatisierungstechniken, Assistenzsysteme und robotische Anwendungen in den Fokus. Was in der Industrie oder im privaten Umfeld längst etabliert ist, hält nun auch im Bauwesen Einzug.

Dieses Buch gibt einen kompakten Einstieg in die Welt der Automatisierung im Bauwesen und sensibilisiert die Leser für die vielfältigen technologischen Möglichkeiten. Im Zentrum steht dabei BIM als Grundlage für die Erfassung, Strukturierung und Nutzung großer Datenmengen – ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu einer zukunfts-fähigen und digitalisierten Baubranche.

Juni 2025

AILEEN PFEIL

AYHAM KEMAND

(Leerseite)

Inhalt

- 1 Einführung in die Automatisierung und Robotik 9
 - 1.1 Der Begriff der Automatisierung 10
 - 1.2 Automatisierungssysteme im Überblick 11
 - 1.2.1 Datenebene 13
 - 1.2.2 Robotikebene 14
 - 1.3 Robotik 15
 - 1.3.1 Mechanische Komponenten von Robotern 16
 - 1.3.2 Roboterklassifizierung und Robotersysteme 18
 - 1.4 Monitoringsysteme 19
 - 1.4.1 Konstruktionsweise eines Monitoringsystems 20
 - 1.4.2 Sensorik (Monitoring) 23
- 2 Notwendigkeit von Automatisierungstechniken und Stand in der Bau-
branche 25
 - 2.1 Stand der Technik – Monitoring 30
 - 2.1.1 Stationäre Monitoringsysteme 31
 - 2.1.1.1 Krankamera/Baustellenwebcams 31
 - 2.1.1.2 3D-Laserscanner/Schallpegelmessgerät/
Infrarotsystem/360-Grad Kamera 32
 - 2.1.2 Mobile Erfassungssysteme 33
 - 2.1.2.1 Mobile Endgeräte (Smartphone/Tablet) 33
 - 2.1.2.2 Bauhelm 34
 - 2.1.2.3 Mobile Laserscanner 35
 - 2.1.3 Robotisierendes Sensormessdatensysteme 36
 - 2.1.3.1 Drohne 36
 - 2.1.3.2 Laufroboter 37
 - 2.2 Stand der Technik – Materialtransportsysteme 38
 - 2.2.1 Automatisierte und autonome Baufahrzeuge 39

2.2.2	Robotergesteuerte Förderbänder	40
2.2.3	Drohnenbasierte Lieferung	41
2.2.4	Automatisierte Kran- und Aufzugssysteme	42
2.3	Stand der Technik – Handhabungssysteme	43
2.3.1	Additive Fertigung beziehungsweise 3D-Druck	43
2.3.2	Mauerwerkserrichtung	45
2.3.3	Bauteilbearbeitung und Ausbaugewerke	47
3	Building Information Modeling als Basis der Automatisierung	49
3.1	Building Information Modeling (BIM)	49
3.2	BIM – Automatisierungstechnik	50
3.2.1	BIM – Robotik	51
3.2.2	BIM-Monitoring	52
3.2.3	BIM – Synergie zwischen Roboter und Monitoringsysteme	55
3.3	BIM – Automatisierung – Dimensionale Betrachtung	57
3.3.1	3D-Geometriemodell	57
3.3.2	4D und 5D – Zeit- und Kostenmodell	58
3.3.3	6D und 7D – Nachhaltigkeit, Effizienz und Facility Management	60
4	Automatisierungspotenzial entlang des Lebenszyklus	63
4.1	Planung/Modellierung	63
4.2	Ausführung und Umbau/Renovierung	65
4.3	Betrieb/CAFM	68
4.4	Abriss/Rückbau	70
5	Matrix/Orakel	72
Anhang		75
Abkürzungsverzeichnis		75
Abbildungsverzeichnis		76
Tabellenverzeichnis		77
Literaturverzeichnis		77
Autorenporträts		90
Impressum		92

1 Einführung in die Automatisierung und Robotik

Nicht erst seit kurzem befindet sich die gesamte Baubranche in einem Wandel und steht immer wieder vor neuen Herausforderungen und Aufgaben. Probleme wie der immer weiter zunehmende Fachkräftemangel, die stark schwankenden Preise sowohl für Energie als auch für Baustoffe und die zunehmende Globalisierung erfordern von allen Beteiligten Kreativität, Innovation und Anpassung an neue Methoden, Arbeitsweisen und Systeme. Das eine Anpassung möglich ist, wurde zuletzt durch die Corona Pandemie verdeutlicht. Innerhalb kürzester Zeit musste das Arbeiten aus dem Homeoffice ermöglicht werden und hat dabei das Bewusstsein für die Digitalisierung zum einen geschärft, zum anderen aber auch Defizite aufgezeigt. Dennoch kann festgehalten werden, dass die Verwendung von Videokonferenzen nun ebenso zum Standard gehört, wie normale Besprechungen vor Ort. Die Digitalisierung geht weiter und stellt immer neue Herausforderungen an die Beteiligten. Gleichzeitig bringen neue innovative Ansätze enormes Potenzial mit sich, um die Defizite und Probleme der Baubranche aufzugreifen. Die Digitalisierung bietet eine große Chance, da sie sich zum einen auf die Effizienz der Branche als auch auf die Begeisterung junger Menschen im positiven auswirken kann. Wenn von Digitalisierung und Innovation gesprochen wird, geht es nicht nur um das seit Jahren bekannte Building Information Modeling (BIM), welches bereits den meisten geläufig ist, sondern immer mehr um die Automatisierung von Prozessen, die Verwendung von Assistenzsystemen und den Einsatz von Robotern. In anderen Bereichen wie der Automobilindustrie sind solche Methoden und Systeme schon lange in der Anwendung und auch im Alltag begegnen uns immer mehr Assistenzsysteme und Roboter. Die wohl bekanntesten Beispiele sind der Saug- oder Mähroboter. Anhand solcher Beispiele wird sichtbar, dass die Akzeptanz solcher Systeme in den letzten Jahren stark zugenommen hat und somit verwundert es nicht, dass auch im Bauwesen dieses Thema aufkommt.

Dieses Buch soll einen ersten Einblick in verschiedene Automatisierungstechniken im Bauwesen geben und somit den Blick auch in dieser Branche für neue Technologien öffnen und erweitern. Dabei kann das Building Information Modeling als Basis dieser neuen Technologien verstanden werden. Denn all diese Technologien können nur ihr volles Potenzial ausschöpfen, wenn zum einen genügend Daten vorliegen und zum

anderen es sich um eine einheitliche Informationsbasis handelt, die von allen nutzbar ist. Diese Datenmengen können in einem BIM-Modell gesammelt, zusammengeführt und nutzbar gemacht werden, was als ein wesentlicher Schritt der Digitalisierung der Baubranche gesehen werden kann.

1.1 Der Begriff der Automatisierung

In der heutigen Zeit werden wir mit den verschiedensten Begriffen konfrontiert. Zunächst sprach jeder von Digitalisierung, doch mit der Zeit kamen auch Begriffe wie Automation, Automatisierung, Autonomie, Künstliche Intelligenz (KI), Robotik und vieles mehr immer weiter in den Vordergrund. Doch was umfassen diese Begriffe eigentlich? Gibt es einen Unterschied zwischen Automation und Automatisierung und was bedeutet Autonomie?

Im Wesentlichen unterscheiden sich diese Begriffe im Grad ihrer Automatisierung, aber auch in der Einflussnahme des Menschen und in dem jeweiligen Systemverständnis. Die folgende Abbildung 1 soll diesen Zusammenhang zur ersten Einordnung der Begrifflichkeiten verdeutlichen.

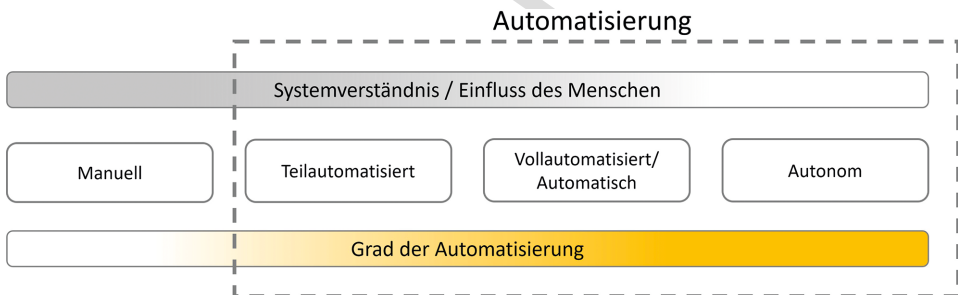


Abbildung 1 Zusammenhang zwischen manuellen, automatischen und autonomen Tätigkeiten

Mit dem Begriff Automation oder Automatisierung wird im Allgemeinen das Übertragen von Tätigkeiten an Maschinen beschrieben, die diese selbsttätig ausführen. Das Ziel der Automation ist dabei, Prozesse ohne menschliches Handeln durchführen zu lassen [1]. Je nach Menge des Einflusses des Menschen und Verständnis für das Gesamtsystem, kann im Grad der Automatisierung, zwischen teilautomatisiert und vollautomatisiert, unterschieden werden. Häufig wird jedoch im allgemeinen Sprachgebrauch nur von Automatisierung gesprochen. Allerdings sollte trotzdem zwischen den Begriffen Automation/Automatisierung und Autonomie unterschieden werden. Während die Automation/Automatisierung, wie bereits erwähnt, den Zustand beschreibt, in dem Abläufe oder Prozesse ohne menschliche Unterstützung ausgeführt werden, geht der Begriff der Autonomie noch einen Schritt weiter. Dies wird auch bei

der Betrachtung des Wortes „autonom“ deutlich, welches sich aus den zwei griechischen Wörtern „autos“ (selbst) und „nomos“ (Gesetz) zusammensetzt. Übertragen bedeutet dies so viel wie „eigengesetzlich handelnd“ und kann daher mit Begriffen wie Selbstbestimmung, Selbstständigkeit, Unabhängigkeit, Selbstverantwortung oder Entscheidungsfreiheit assoziiert werden [2]. Die Autonomie umfasst also nicht nur das selbsttätige Ausführen einer Handlung oder eines Prozesses, sondern umfasst auch die Selbstbestimmung und Unabhängigkeit. Autonome Systeme können ohne menschliche Steuerung oder eine detaillierte Programmierung in Abhängigkeit ihrer Umgebung selbstständig agieren und sich an Situationen anpassen.

Anhand des Beispiels eines Autos lässt sich dies verdeutlichen. Viele Fahrzeuge besitzen mittlerweile einen Tempomaten. Dieser lässt das Auto automatisch mit einer definierten Geschwindigkeit fahren. Die Geschwindigkeit muss dabei vom Fahrer passend zur Situation eingestellt werden. Auch bei Gefahr muss der Fahrer eingreifen. Somit kann bei einem Tempomaten von einem automatisierten Prozess gesprochen werden, aber nicht von einem autonomen. Denn ein autonomes System würde situationsabhängig selbstständig die Geschwindigkeit regulieren und auf Gefahren reagieren. Autonome Systeme können dabei nicht nur im technischen Bereich existieren, sondern finden sich in allen Bereichen des Lebens wieder. Autonome Systeme sind weit aus komplexer und besonders in der deutschen Baubranche noch nicht verbreitet angekommen. Aus diesem Grund wird in diesem Buch nur übergeordnet über die Automation/Automatisierung in der Branche gesprochen und ein erster Überblick über verschiedene Automatisierungsansätze gegeben, wobei zwischen den Begriffen Automation und Automatisierung nicht unterschieden wird.

Das Themenfeld der Automatisierung hat bereits eine lange Geschichte und Entwicklung hinter sich. So wurde bereits im Jahr 230 vor unserer Zeitrechnung mit der Entwicklung einer Öllampe mit Niveauregelung der erste Schritt zu einer automatisierungstechnischen Anwendung getan. Getrieben wurden weitere Entwicklungen zunächst durch die fortschreitende Mechanisierung, dann im weiteren Verlauf durch den Einsatz von Elektrizität und Elektronik und heutzutage durch die Fortschritte in der Rechen- und Informationstechnologie. Auch in der Baubranche ist die Automatisierung nicht neu. Sogar erste Roboterlösungen wurden bereits in den 1980er-Jahren auf Baustellen eingesetzt, wo sie spezialisierte Aufgaben wie das Verteilen von Material, das Anbringen und Montieren von speziellen Bauteilen und vieles mehr übernahmen.

1.2 Automatisierungssysteme im Überblick

Heutzutage tauchen immer mehr solcher automatisierten Systeme im Baubereich auf. Automatisierungssysteme im Bauwesen beziehen sich auf den Einsatz von Technologien und Methoden zur Automatisierung von Prozessen. Dazu gehören zum Beispiel die Steuerung von Gebäude- und Anlagenleitsystemen, die Überwachung von Bau-

2 Notwendigkeit von Automatisierungstechniken und Stand in der Baubranche

Industrie 4.0 beschreibt im Wesentlichen den Trend zur Digitalisierung und Automatisierung in der Fertigungsindustrie im Allgemeinen. Dieser Trend beeinflusst auch die Baubranche maßgeblich.

Technologien wie Big Data, Internet of Things (IoT) und BIM verbessern das Prinzip, wie Gebäude entworfen, errichtet, instandgehalten und betrieben werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sie die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine, aber auch zwischen Maschine und Maschine ermöglichen.

Im Zuge des voranschreitenden Wandels in der Baubranche stellt sich bei vielen Akteuren die Frage nach der Notwendigkeit von Innovationen und Automatisierungstechniken wie Monitoringsysteme und Robotik. Diese Notwendigkeit lässt sich aber in den folgenden Aspekten begründen.

Die Bauwirtschaft hat eine der wichtigsten Rollen in der deutschen Wirtschaft und für die Gesellschaft, da etwa ein Zehntel des deutschen Bruttoinlandsproduktes hier investiert wird, wodurch sie als Antrieb für die Volkswirtschaft gesehen werden kann [15]. Hieraus folgt auch, dass bei einer konjunkturellen Lage in der allgemeinen Wirtschaft, ausgelastete Auftragskapazitäten im Bauwesen erwartet werden können, da dies verknüpft ist mit steigenden Investitionen. Dies bedeutet allerdings, dass durch konjunkturelle Schwankungen im Bauwesen, keine gleichbleibende Auftragslage vorhanden ist. So ist bei konjunkturellem Abschwung mit einer schwindenden Auslastung zu rechnen. Weiterhin kommt der Bauwirtschaft als Arbeitgeber eine wichtige Rolle zu, denn fast jeder Zehnte ist in irgendeiner Weise in der Immobilienwirtschaft, also der Bauwirtschaft einschließlich Planung, Baustoffhandel und Möbelindustrie, beschäftigt [16]. Durch die Sicherstellung einer ausgelasteten Auftragslage wird aber neben den Arbeitsplätzen auf der Baustelle auch in den angrenzenden Industrien die Beschäftigung gesichert. Weiterhin ist die Bauwirtschaft in ihrer Funktion als Gebäudehersteller maßgeblich an der Bereitstellung von Wohn- und Bürogebäuden sowie von öffentlichen Bauten und Industrieanlagen beteiligt. Durch ein zunehmendes Volumen

an Bauvorhaben aufgrund einer steigenden Anzahl an Neubauten und einem zunehmenden Erfordernis bestehende Bausubstanzen zu erneuern, muss das Bauwesen zur Erbringung dieser Aufgaben zukunftsicher, attraktiv und effizient gestaltet werden. Dabei spielen neue Innovationen wie die verschiedenen Automatisierungstechniken eine wichtige Rolle.

Als ein weiterer Grund für die Notwendigkeit von Automatisierungstechniken kann die stagnierende Produktivität der Bauwirtschaft gesehen werden. Allgemein bezeichnet dabei der Begriff der Produktivität das Verhältnis von Output zu Input [17]. Wird dies auf das Bauwesen bezogen, so kann das fertige Bauwerk als Output und die zur Errichtung verwendeten Ressourcen, wie Personal, Material und Zeit, als Input angesehen werden. Im Vergleich zu anderen Industriebereichen aus dem produzierenden Gewerbe zeigt sich, dass die Entwicklung der Produktivität in der Bauwirtschaft auf einem gleichbleibenden beziehungsweise teilweise sinkenden Stand verblieben ist, während bei den anderen Industrien in den letzten dreißig Jahren ein deutlicher Anstieg zu beobachten ist [18]. Begründet werden kann dies unter anderem durch das Festhalten an manuellen Arbeitsvorgängen und bekannten Prozessen, welche mit einem hohen Personalaufwand, aufgrund der häufig kleinteiligen Arbeitsschritte, verbunden sind. Gleichzeitig steht die Weiterentwicklung der Baustoffe den gestiegenen Anforderungen an Gebäude gegenüber, sodass diese ohne Einfluss auf eine Produktivitätssteigerung bleiben. Anders ist dies in der Automobilindustrie, welche hier als positives Beispiel herangezogen werden soll. Die Automobilindustrie konnte in den vergangenen Jahren einen Anstieg der Produktivität verzeichnen, was unter anderem auf den verbreiteten Einsatz von Industrierobotern zurückzuführen ist. Die eingesetzten Industrieroboter übernehmen ganze Arbeitsschritte, wodurch die Fahrzeuge innerhalb einer kürzeren Zeit und mit verringerten Herstellkosten gefertigt werden konnten [19]. Dies kann als Beispiel für die Bauindustrie dienen, in welcher durch die Einführung von automatisierten Fertigungsverfahren mit vergleichbaren Effekten zu rechnen ist. Hierzu müssen die entsprechenden Fertigungsverfahren allerdings auf die Besonderheiten des Bauwesens angepasst werden. Denn anders als in der Automobilindustrie ist im Bauwesen keine Serienfertigung üblich, sondern jedes Bauvorhaben ist durch Individualität hinsichtlich des Grundrisses oder der verwendeten Materialien geprägt. Daher sind entweder die Technologien auf die Anforderungen der Bauindustrie anzupassen, oder es muss ein Umdenken in Bezug auf die heutige Baukultur und vorhandene Bauprozesse stattfinden. Denn eine Produktivitätssteigerung kann als notwendig angesehen werden, da beispielsweise im Wohnungsbau der vorhandene Bedarf an Bauprojekten nicht gedeckt werden kann und unter dem erforderlichen jährlichen Bauvolumen liegt [20].

Der dritte und einer der am häufigsten genannten Gründe für die Notwendigkeit von Automatisierungstechniken ist der herrschende Personal- beziehungsweise Fachkräftemangel in der Bauwirtschaft. Wie bereits eingangs erläutert kommt der Bauwirtschaft als Arbeitgeber eine bedeutende Rolle zu, was sich bei der Betrachtung der Anzahl an Beschäftigten im Baugewerbe in den letzten 8 Jahren (vergleiche Abbildung 3)

3 Building Information Modeling als Basis der Automatisierung

Wenn von der fortschreitenden Digitalisierung und Automatisierung in der Baubranche die Rede ist, wird oft auf die Methode des Building Information Modeling (BIM) verwiesen. Es stellt sich jedoch die Frage, ob die intuitiv hergestellte Verbindung zwischen Automatisierungstechniken und der BIM-Methode tatsächlich fundiert ist und ob sie eine sinnvolle Grundlage für die Integration von Automatisierung darstellt. Im folgenden Kapitel wird untersucht, welche Rolle BIM bei der Nutzung von Automatisierungstechnologien spielt und inwieweit diese Methode eine Grundlage bietet und einen Mehrwert für die Automatisierung im Bauwesen darstellen kann.

3.1 Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling (BIM) beschreibt eine digitale, kollaborative Arbeitsmethode, der ein dreidimensionales Gebäudemodell (CAD-Modell) mit Informationen zu physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks zugrunde liegt [78]. BIM bietet neben der lebenszyklischen Betrachtung eines Bauobjektes auch die Betrachtungsweise in Dimensionen. Dabei beschreiben die Dimensionen verschiedene Informationsebenen über die Geometrie des Bauwerks hinaus, indem sie weitere Daten wie Kosten, Zeit und Wartungsintervalle verknüpfen. Die gängigsten Dimensionen werden von 3D bis 7D beziffert, jedoch existieren bereits weitere Informationsebenen. Dadurch ist eine Vielfalt von verschiedenen Informationsquellen je nach Anwendungsfall möglich.

Mit der BIM Methode existiert in der Baubranche ein geeignetes Konzept, um eine Automatisierung zu ermöglichen. Ein digitales Modell kann dabei alle notwendigen Informationen in Form von numerischen Daten zur automatisierten Steuerung von Baugeräten, Robotern und anderen Technologien liefern. Fernab von einer kontrollierten Steuerung der Systeme bietet das BIM-Modell auch eine Grundlage für eine Orientierung zu selbsttätigen Handlungen der einzelnen Systeme und Auswertung der Daten im gesamtheitlichen Kontext der einzelnen Bauteile. Die besondere Eigenschaft, die durch das BIM-Modell geliefert wird, ist nicht nur eine Schaffung einer strukturierten Datenbank, sondern die hohe Korrelation der Daten untereinander. Mit sogenannten

Abhängigkeitsgraphen wird ein Kontextmodell geschaffen, das sowohl eine Ursachenanalyse bei Abweichungen als auch eine Prozessanalyse für Prognosen zulässt. Dadurch schafft die BIM-Methode ein großes Potenzial, die Produktivität, Effizienz, Qualität und auch die Nachhaltigkeit zu verbessern [79].

In der Baubranche werden oft die Begrifflichkeiten BIM und Automatisierung mit dem Austausch von Daten in Kontext gebracht. Dabei visiert dieser Automatisierungsbereich zu den vorgestellten Prinzipien der Roboter- und Monitoringsysteme in der Mess- und Automatisierungstechnik eine andere „Wirksamkeit“. Zwar umfassen sowohl Roboter- und Monitoringsysteme ebenfalls eine Prozessautomatisierung, jedoch sind hiermit eher ausführende Prozesse oder „sichtbare“ Prozesse gemeint. Eine Automatisierung kann ebenfalls auf Datenebene stattfinden, wie es zum Beispiel bei automatisierten Abrechnungsprozessen mittels verschiedener Algorithmen und Applikationen mittlerweile möglich ist. Ein prominentes Beispiel stellt hierbei die sogenannte Blockchain-Technologie mit den intelligenten Verträgen, den sogenannten Smart Contracts dar. Aber auch die Nutzung eines Common Data Environment, Cloud-Plattformen und Internet of Things (IOT) können Prozessautomatisierung umfassen. Alle diese Automatisierungstechniken haben gemeinsam, dass sie Prozesse „im Hintergrund“ automatisieren und somit nicht „sichtbar“ sind. Diese Art der Automatisierung wird innerhalb dieses Buches als Automatisierung auf Datenebene verstanden, jedoch nicht im Detail behandelt. Dennoch stellt die Methode BIM eine wichtige Basis dar und bietet ein hohes Potenzial zur effizienten Nutzung von Roboter- und Monitoringsystemen, was nachfolgend näher erläutert wird.

3.2 BIM – Automatisierungstechnik

Wie versteht sich die Einbindung der Automatisierungstechnik (Kapitel 1) im Zusammenspiel mit der BIM-Methode? Welche Rolle nimmt BIM in Bezug zur Automatisierung für Monitoring- und Robotersysteme ein? Folgt man dem Grundsatz der Automatisierung, so sind BIM-relevante Prozesse, wo menschliche Fähigkeiten verlangt werden, durch Roboter oder Monitoringsysteme automatisiert durchzuführen. So erreicht der Einsatz von Robotern, grob betrachtet, dass die genauen Vorgaben aus der Planung vom BIM-Modell eingehalten werden. Bei Monitoringsystemen umfasst dies die Erfassung und damit die Überprüfung der Vorgaben.

Ein Roboter, der in Verbindung mit einem BIM-Modell (Building Information Modeling) arbeitet, erhält detaillierte Anweisungen für seine Handlungsabläufe. Diese umfassen sowohl geometrische Anforderungen wie Höhe und Abstände als auch die Art und Position der zu bearbeitenden Bauteile. Diese präzisen Vorgaben ermöglichen es, Simulationen durchzuführen, die eine effiziente Planung von Bauverfahren unterstützen und somit die Produktivität steigern können. Bei Informationsmodellen mit Verknüpfungen von Zeit- und Kostenfaktoren können die Prozesse gemäß der Dauer und Wirtschaftlichkeit untersucht werden. Der Einsatz von Robotik verringert die

5 Matrix/Orakel

Anhand der Betrachtung des BIM-Lebenszyklus ist festzustellen, dass Roboter und Automatisierungstechniken in vielen Bereichen der Bauwirtschaft Anwendung finden. Allerdings zeigt der Stand der Technik ebenfalls, dass kaum Systeme flächendeckend eingesetzt werden. Dies hat verschiedene Gründe. Es sind einige Hindernisse seitens der Baubranche zu identifizieren, die eine Einführung erschweren:

- Struktur der Bauwirtschaft;
- Gebäudeanforderungen;
- Individualität;
- wechselnde Fertigungsbedingungen.

Die Bauwirtschaft ist von Kleinteiligkeit geprägt. Dies gilt nicht nur für die Organisation und Vergabe von Arbeiten innerhalb eines Bauprojektes, sondern auch für die im Bauwesen tätigen Unternehmen. Die Aufteilung der Betriebe im Baugewerbe ist in der nachfolgenden Tabelle (siehe Tabelle 2) dargestellt.

Tabelle 2 Aufteilung der Betriebe im Baugewerbe nach Anzahl tätiger Personen auf Basis der Daten nach Statistischem Bundesamt

Tätige Personen im Betrieb	2018		2019		2020		2021	
1 bis 19	65.945	88,1%	67.625	88,0%	69.852	88,1%	70.512	88,0%
20 bis 49	6.345	8,5%	6.509	8,5%	6.738	8,5%	6.864	8,6%
50 bis 99	1.678	2,2%	1.732	2,3%	1.754	2,2%	1.807	2,3%
100 bis 199	609	0,8%	678	0,9%	676	0,9%	685	0,9%
mehr als 200	260	0,3%	267	0,3%	285	0,4%	300	0,4%
Gesamt	74.837		76.811		79.305		80.168	

Die dargestellte Tabelle lässt erkennen, dass der Anteil kleiner Betriebe, also Betriebe mit weniger als 20 Mitarbeitern sehr ausgeprägt (88 %) ist. Auch mittelgroße Unternehmen ab 20 bis unter 100 Beschäftigten stellen einen ausgeprägten Anteil an den vorhandenen Bauunternehmen dar. Dem entgegen ist die Anzahl von Firmen über 100 Mitarbeitern im Vergleich zu den kleinen Betrieben sehr gering. Dies ist unter anderem auf die im Bauwesen typische Trennung zwischen Planung und Ausführung zurückzuführen. Denn ausführende Unternehmen haben dabei üblicherweise keinen Einfluss auf die Planung und die einzelnen Aufgabenbereiche werden häufig kleinteilig vergeben [15]. Somit ist es kaum verwunderlich, dass sich Unternehmen auf die Erbringung von einzelnen Aufgabenbereichen spezialisiert und sich kleine Betriebe etabliert haben.

Diese Entwicklung stellt jedoch eine Herausforderung für die Einführung von innovativen Technologien im großen Maßstab dar. Denn für die im Vergleich zu anderen Industrien kleinen Betriebe der Bauwirtschaft ist es eine wirtschaftlich nahezu nicht umsetzbare Aufgabe neue Technologien wie Robotik zu finanzieren und an vorhanden Aufträgen zu erproben [106]. Hohe Investitionen in eine neue und wenig erprobte Technologie stellen ein finanzielles Risiko für Unternehmen dar, weshalb häufig weiterhin auf bekannte und konventionelle Methoden zurückgegriffen wird. Dies stellt eine der größten Herausforderungen für die Einführung neuer Technologien dar, denn ohne Erprobung können diese nicht weiterentwickelt und auf die Bedürfnisse angepasst werden. Außerdem erschwert dies die Akzeptanz für neue Systeme.

Ein weiteres Hindernis zur Einführung von Automatisierungstechniken und Robotik, sind die steigenden Anforderungen an Gebäude. Insbesondere durch das Inkrafttreten neuer Normen, Gesetze und Richtlinien vor allem in bauphysikalischen Bereichen wie Wärme-, Brand- und Schallschutz sowie zunehmend höherer Auflagen durch Kommunen, ergeben sich hohe Anforderungen an die Errichtung und den Umbau von baulichen Anlagen [107]. Dies wird nicht zuletzt durch die Bemühungen zur Erreichung der Klimaziele weiter forciert, wodurch energetische Kriterien eine zunehmende Relevanz zeigen [25]. Diese insgesamt gestiegenen Anforderungen verkomplizieren die Durchführung von Baumaßnahmen. Dies betrifft ebenfalls die Anwendung von Automatisierungstechniken und insbesondere Robotik, die entsprechende Standards einhalten und ausführen muss [28].

Ein weiteres großes Hindernis stellt die Individualität jedes Bauvorhabens dar. Diese lässt sich auf verschiedene Aspekte beziehen. Einerseits ist die Individualität der Planung hinsichtlich Geometrie und Ausführung zu nennen. Jedes Bauobjekt ist in der Regel individuell geplant und designt. Dies betrifft auch die Wahl der Materialien, welche sich grundsätzlich in ihrer Verarbeitbarkeit und den konstruktiven sowie bauphysikalischen Eigenschaften unterscheiden. Das gemeinsame Wirken der verwendeten Baustoffe unterscheidet sich hierbei je nach Bauprojekt in der Anordnung und Ausführung der einzelnen Bauteile. Die Baubranche ist somit nicht durch Serienfertigung gekennzeichnet, wie es in anderen Branchen mit einem höheren Auto-

Autorenporträts

Aileen Pfeil Dr.-Ing.



studierte Bauingenieurwesen an der Universität Duisburg-Essen, wo sie bereits in ihrer Masterarbeit innovative Digitalisierungsmethoden in der Bauwirtschaft untersuchte. Seit 2020 ist sie als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Baubetrieb und Baumanagement tätig, nachdem sie dort seit 2018 als Wissenschaftliche Hilfskraft erste Praxiserfahrungen sammelte.

Im Jahr 2024 schloss sie ihre Promotion mit dem Titel „Auslegung und Betrieb einer durch Seilrobotertechnik teilautomatisierten Baustelle“ erfolgreich ab. Seit Mai 2024 ist sie Akademische Rätin am Institut für Baubetrieb und Baumanagement.

Neben ihrer Forschung, die sich insbesondere auf die Digitalisierung und Automatisierung von Baustellen mit einem Schwerpunkt auf Robotik konzentriert, ist sie auch maßgeblich in der Lehre sowie der Koordination von Forschungsaktivitäten am Institut tätig.

Ayham Kemand M. Sc.



studierte Bauingenieurwesen an der Universität Duisburg-Essen und befasste sich bereits in seiner Masterarbeit mit der Erkennung des Baufortschritts anhand von Satellitenbildern. Schon während des Studiums konnte er Erfahrungen in der Bauausführung von Infrastrukturprojekten durch seine Tätigkeit in einem Bauunternehmen sammeln.

Seit 2019 arbeitet er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Baubetrieb und Baumanagement. In seiner Forschung befasst er sich mit den verschiedenen Themen im Bereich der digitalen Bestandserfassung mittels Drohnen, Laserscanner und Mobilemapping. Im Fokus liegt dabei die Etablierung von Robotik, BIM, Nachhaltigkeit und der künstlichen Intelligenz für die Automatisierung und Ökobilanzierung baubetrieblicher Prozesse.