

12. Jahrgang / März 2021 / Nr. 2

bau *aktuell*

Baurecht – Baubetriebswirtschaft – Baumanagement

Herausgegeben von

Gerald Goger | Detlef Heck | Georg Karasek | Andreas Kletečka | Arnold Tautschnig

SCHWERPUNKT Baukalkulation

Interview mit Robert Jägersberger

Die Problematik eines liberalen Gewerberechts

Andreas Kropik / Wolfgang Wiesner

Baukalkulation 2021

Stefan Ufertinger / Dieter Schlagbauer / Detlef Heck

Die Krux mit den zeitgebundenen Kosten

Thomas Anderl / Natascha Stanke

Inanspruchnahme von Sicherstellungen nach § 1170b ABGB

Werner Prettenthaler / Peter Stadlober

Zuständigkeit bei gemeindeübergreifenden Bauvorhaben

Gerald Fuchs

COVID-19-VwBG: Außerkrafttreten vs Novellierung

Maximilian Weigert / Leopold Winkler / Gerald Goger

Künstliche Intelligenz im Baubetrieb

Wolfgang Hussian

Aus der aktuellen Rechtsprechung

Das letzte Wort hat Rainer Kurbos

Künstliche Intelligenz im Baubetrieb

Best Practices, Potenziale und Grenzen

Maximilian Weigert / Leopold Winkler / Gerald Goger

Die Digitalisierung hält in der Baubranche unaufhaltsam Einzug. Es wird digitalisiert und automatisiert. Roboter und Computer übernehmen immer mehr körperliche, aber auch geistig-schöpferische Aufgaben. Um menschliche Arbeitskraft zu ersetzen oder zu verbessern, ist der Einsatz künstlicher Intelligenz, kurz KI, vielfach notwendig. In anderen Branchen ist ihr Einsatz schon standardisiert. In der Bauindustrie ist ihr Potenzial (noch) lange nicht ausgeschöpft. Im vorliegenden Beitrag wird erläutert, wie künstliche Intelligenz überhaupt funktioniert, was sie leisten kann, welche Benefits die Bauindustrie durch sie bereits heute erfährt bzw erfahren könnte und wo die Grenzen ihrer Anwendbarkeit liegen.

1. Bedeutung von künstlicher Intelligenz

Mit dem Begriff „*Frankenstein*“ assoziieren viele das zombieähnliche Monster aus dem gleichnamigen Roman von *Mary Shelley* aus dem Jahr 1818. Tatsächlich ist *Frankenstein* jedoch der Name der fiktionalen Figur *Victor Frankenstein*, dem Schöpfer des Monsters, das im Laufe der Geschichte mehrere Morde begeht. Zum Zeitpunkt des Erscheinens des Romans sollte es noch über 100 Jahre dauern, bevor die Möglichkeit der Erschaffung einer animierten Intelligenz überhaupt erstmalig konkret diskutiert wurde. Dennoch erinnert die Handlung des Romans stark an reale künstliche Intelligenzen der heutigen Zeit. Das Monster arbeitet logisch und methodisch, trifft rationale Entscheidungen, die es zum Ziel führen und setzt sich über gesellschaftliche Normen, die es niemals gelernt hat, hinweg. Es besitzt einen Charakter und sogar Gefühle, ist mit ungewohnten Situationen jedoch sichtlich überfordert und reagiert darauf mit Gewalt. Es wird die Frage der Verantwortung, die mit der Erschaffung künstlicher Intelligenz aufkommt, behandelt.

Mit den Entscheidungen, die von künstlicher Intelligenz getroffen werden, und den daraus resultierenden Folgen treten vielfach komplexe ethische Problemstellungen auf: Wie handelt beispielsweise ein autonomes Kraftfahrzeug, wenn ein Kind auf die Straße springt? Fährt es das Kind an, weicht es auf den Gehsteig mit Unbeteiligten aus oder lenkt es sich selbst gegen eine Laterne und nimmt dafür eine potenzielle Verletzung der Fahrzeuginsassen in Kauf? Wie wird programmiert, wie das Auto entscheiden soll, oder lernt es aus einem Erfahrungsschatz? Wie ist die Zielfunktion des Algorithmus aufgebaut? Von welchen Wertvorstellungen wird die Zielfunktion geprägt? Und wer muss dafür haften, falls Fehler passieren? Müssen Programmierer für die mittelbaren Folgen ihres Schaffens einstehen oder können sie sich – wie Dr. *Frankenstein* – aus der Verantwortung ziehen?

Analog zu Maschinen und Geräten, die den Menschen seit tausenden Jahren bei der physischen Arbeit unterstützen und inzwischen zum Teil ersetzen können, gibt es den Versuch, diese Ablöse für kognitive Aufgaben zu erschaffen. Es begann mit Behelfen wie dem Abakus, später Rechenmaschinen und Taschenrechnern, jedoch konnten

diese Apparate nichts, was der Mensch nicht selbst verrichten könnte, wenngleich diese Apparate effizienter arbeiteten. Die Nachbildung menschlicher Denkmuster erfordert mehr als bloße Rechenleistung. Dahinter muss ein Algorithmus stehen, der in der Lage ist, auf komplexe Situationen angemessen zu reagieren. Algorithmen, die dies versuchen, nennt man neuronale Netze. Diese stellen ein Teilgebiet künstlicher Intelligenz dar.

Intelligentes Denken und Handeln sind nicht allgemein gültig definiert. Insofern kann auch die Definition von künstlicher Intelligenz nicht eindeutig sein. Durch die fehlende eindeutige Definition des Begriffs „*Intelligenz*“ folgt zwangsläufig, dass es keine eindeutige Definition für künstliche Intelligenz geben kann. Ebenso divers ist für die Betrachtenden die Assoziation mit dem Begriff „*künstliche Intelligenz*“. Ein Schachspieler hat dabei ein anderes Bild vor Augen als ein Maschinenbauer, Elektrotechniker oder Datenanalyst. In diesen Unterschieden manifestiert sich auch die große Anzahl der Einsatzmöglichkeiten künstlicher Intelligenz.

Die Fähigkeit, auf ungewohnte Situationen zu reagieren, meistern wir Menschen mithilfe unseres Erfahrungsschatzes. Dieser wird künstlicher Intelligenz anhand von Trainingsdaten verabreicht, die von ihr analysiert werden und anhand derer sie „lernt“. Das funktioniert über eine Zielfunktion, meistens eine Verlustfunktion, bei der der mittlere quadratische Fehler minimiert werden soll. Es werden *supervised learning* (wenn die mathematische Struktur der Problemstellung vorliegt und das Ergebnis nur diskrete Werte sein können), Regressionsprobleme (mit kontinuierlicher Antwortvariable) und *unsupervised learning* (Auffinden von statistischen Gemeinsamkeiten in nicht gelabelten Daten) unterschieden.

Goodfellow/Bengio/Courville unterteilen künstliche Intelligenzen nach ihrer Lernfähigkeit in *machine learning*, *representation learning* und *deep learning*.¹ *Deep learning* unterscheidet sich von *machine learning* durch den Einsatz von neuronalen Netzen mit mindestens drei Layern. Man spricht von *representation learning*, wenn die Features von der künstlichen Intelligenz automatisch erkannt und extrahiert werden und nicht wie bei *machine learning*

¹ *Goodfellow/Bengio/Courville*, *Deep Learning* (2016), online abrufbar unter <https://www.deeplearningbook.org>.



Dipl.-Ing. Maximilian Weigert

arbeitet im Forschungscluster „Digitalisierung im Bauwesen“ am Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement der Technischen Universität Wien.



Dipl.-Ing. Dr. techn. Leopold Winkler

ist Universitätsassistent am Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement der Technischen Universität Wien.



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

ist Inhaber des Lehrstuhls für Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik und Vorstand des Instituts für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement der Technischen Universität Wien.

manuell eingegeben werden müssen. Eine weitere Unterteilung gibt es zwischen *Feedforward*-Netzen, wenn ausschließlich Gleichungen vorliegen, und Faltungsnetzen (*convolutional neural nets*), die beispielsweise bei Video- und Audioverarbeitung zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 1).

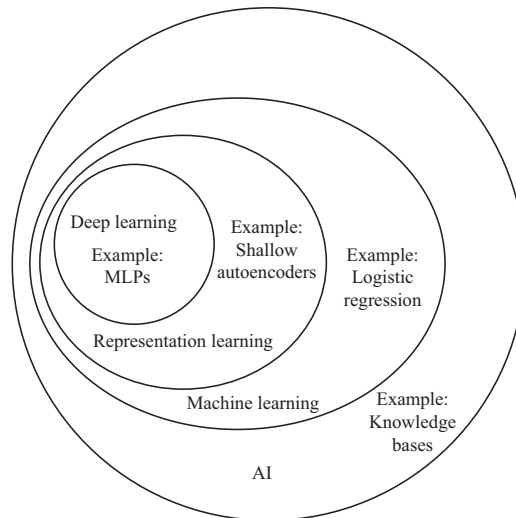


Abbildung 1: Venn-Diagramm zur Klassifizierung künstlicher Intelligenz (Quelle: Goodfellow/Ben-gio/Courville, Deep Learning [2016])

Martínez-Plumed/Gómez/Hernández-Orallo unterteilen Technologien, die aus künstlicher Intelligenz erwachsen, nach ihrem *technology readiness level*.² Die Einsatzbereitschaft der Technologien reicht von bereits im Einsatz befindlichen Technologien (hoch) bis hin zu solchen, die erst am Anfang ihrer Entwicklung stehen (niedrig). Die KI-Algorithmen, die den höheren *technology readiness level* zugrunde liegen, zeichnen sich durch ein hohes Maß an Wahrnehmung, Planung, Kommunikation, Robotik und sozialer Intelligenz aus.

Die Leistungsfähigkeit von intelligenten Maschinen wird im Wesentlichen durch zwei Faktoren begrenzt, nämlich die verwendete Hardware und den verwendeten Algorithmus. Der beste Algorithmus hilft bei Echtzeitsimulationen nichts, wenn die Hardware nicht zur Berechnung ausreicht, und die beste Hardware kann bei einem mangelhaften Algorithmus nichts kompensieren. Die Anforderungen an beide Komponenten steigen mit zunehmender Komplexität und zunehmender Menge an zu verarbeitenden Daten. Einer der schwierigsten Schritte ist es, den für das jeweilige Problem bestmöglich passenden Algorithmus zu finden.

2. Anwendungsfälle im Bauprozess

2.1. Planung

2.1.1. Architektur: Generative Design

*Generative design*³ ist eine Methode zur Übertragung gestalterischer Aufgaben an ein Computerprogramm. Es wird unter anderem in der Architek-

tur angewandt, um Grundrisse optimal zu gestalten. Zunächst werden Daten bzw. Vorgaben gesammelt, die die Randbedingungen darstellen (zB geometrische Grenzen, Begehbarkeit der Räume, statische Voraussetzungen, Toiletten). Im nächsten Schritt werden in Abstimmung mit den jeweiligen Stakeholdern Ziele formuliert. Die Randbedingungen und die Zielfunktion werden in einen KI-Algorithmus eingespeist, der den optimalen Grundriss iterativ ermittelt: Auf die Generierung eines Grundrisses folgen zyklisch die Evaluierung und die Verbesserung, bis schlussendlich die Vorschläge hinsichtlich ihrer Zielfunktion ausreichend optimiert sind (Methode der Metaheuristik). Es entsteht eine Vielzahl an Ergebnissen, aus denen der gewünschte Grundriss nach Geschmack der Architekten bzw. des Auftraggebers gewählt werden kann.

2.1.2. Statische Nachweise

Künstliche Intelligenz kann zur Lösung von komplizierten statischen Problemen eingesetzt werden. KI-basierte Lösungen bieten vielversprechende Ansätze, genauere und schnellere Lösungsansätze zu berechnen, als dies eine konventionelle Software (zB FE-Programme) leisten könnte. Dazu müssen physikalische Grundlagen in Form von Gleichungen in die künstliche Intelligenz implementiert werden. Ist dies erfolgt, so spricht man von physikinformativer künstlicher Intelligenz.⁴

Durch solch ein physikinformatives, durch fast 20.000 Datensätze trainiertes tiefes neuronales Netzwerk kann die Stabilität (mit Teilsicherheitsbeiwerten aus dem European CyberCrime Centre [EC3]) für quadratische und rechteckige Stahlhohlprofilstützen bestimmt werden. Dieser Ansatz zeigt sich als wesentlich wirtschaftlicher als der klassische Ansatz des EC3.⁵

Für die Berechnung von Platten nach der *Kirchhoff*-Theorie wurden zwei physikinformativ trainierte neuronale Netzwerke so kalibriert, dass sie die partielle Differenzialgleichung in Form eines neuronalen Netzwerks für die starke Form der Differenzialgleichung und eines für die Rand- und Anfangsbedingungen ohne anfängliche Trainingsdaten lösen, wobei die jeweilige Verlustfunktion stattdessen zum Parametertraining herangezogen wird.⁶

2.1.3. Erdarbeiten

Die Scherfestigkeit von Böden wird mithilfe eines künstlichen neuronalen Netzwerks, das eine *least-squares support-vector machine* (eine Methode des *supervised learning*) und einen für Optimierungsprobleme zugeschnittenen Algorithmus (*cuckoo search optimization*) beinhaltet, ermittelt. Feature-Variablen sind hierbei etwa der Sand- oder Lehmanteil, der Feuchtigkeitsgehalt, die Entnahmetiefe oder Parameter zur Plastizität, die von 80 % der 332 Bodenproben ermittelt wurden und zum Training des neuronalen Netzwerkes dienten. Die Testresultate des Prognosemodells liefern bei den verbliebenen 20 % einen Determinationskoeffizienten R^2 von

2 Martínez-Plumed/Gómez/Hernández-Orallo, Futures of Artificial Intelligence through Technology Readiness Levels, Telematics and Informatics May 2021, online abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736585320301842>.

3 Siehe <https://medium.com/autodesk-university/generative-design-for-architectural-space-planning-9f82cf5dcd0>.

4 M. Kraus/Drass, Künstliche Intelligenz im Bauingenieurwesen – Hintergründe, Status Quo und Potentiale, Bauingenieur 2020, 369.

5 M. Kraus/Drass, Bauingenieur 2020, 369 ff.

6 M. Kraus/Drass, Bauingenieur 2020, 369 ff.

0,885. Es ist damit genauer als herkömmliche *least-squares support-vector machines*.⁷

2.2. Bauen

2.2.1. Machine Learning bei Baugerätedaten

Bei der Lebenszyklusbetrachtung von Baugeräten spielt der Wiederverkaufswert eine entscheidende Rolle. Derzeit werden im deutschsprachigen Raum dafür einfache Überschlagsformeln oder Erfahrungswerte aus der Baugeräteliste herangezogen.⁸ In den USA bedient man sich des Regelwerks EP 1110-1-8 der US Army Corps of Engineers.⁹ Im Projekt „*Predictive Maintenance von Baumaschinen*“ beschäftigt sich die Technische Universität Wien, Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, mit der datengetriebenen Vorhersage des Wiederverkaufswerts von Baumaschinen. Eingangsdaten sind häufig mit Fehlern behaftet, die durch manuelle Eingaben entstehen. Im Zuge der Vorverarbeitung der Daten werden diese Fehleingaben durch statistische Methoden erkannt. In einem darauffolgenden Schritt wird durch maschinelles Lernen der Wiederverkaufswert vorhergesagt. Erste Untersuchungen ergeben signifikant bessere Vorhersagen im Vergleich zu konventionellen Berechnungsmethoden. Konventionelle Methoden unterstellen einen vorgegebenen Zusammenhang zwischen den Eingangsgrößen (wie beispielsweise Fahrzeugtyp, Betriebsstunden sowie Alter) und dem Wiederverkaufswert. Im Gegensatz dazu können KI-basierte Methoden komplexe, multivariate Zusammenhänge zwischen Eingangsgrößen und Wiederverkaufswert abbilden. Diese Methoden können zukünftig von Bauunternehmen genutzt werden.

2.2.2. Prozessdaten für den Baubetrieb

Ein weiterer Anwendungsfall findet sich durch den vermehrten Einsatz von digitalen Baudatenmanagementsystemen im Baubetrieb. Sie schließen die Schnittstelle zwischen der Bauausführung und den Geschäftsprozessen im Unternehmen. Gleichzeitig sammeln diese Systeme eine Fülle an Daten, die durch künstliche Intelligenz genutzt werden können. Als Beispiel wird das Prozessmanagement von baugeräteintensiven Leistungsketten im Baubetrieb angeführt. Baugeräte liefern in der Ausführung eine Vielzahl von Prozesszeiten, die wiederum in größere Anlagen- oder Arbeitsgrößen durch logische Abfolgen aggregiert werden können. Mithilfe von künstlicher Intelligenz und den historischen Daten können Abweichungen von einem Soll-Prozess identifiziert werden. Diese Abweichungen können auf Reparaturzeiten, Stillstände oder Abgänge zurückgeführt werden. Es können automatische Prozesszeitdiagramme (wie das Abschlagszyklusdiagramm) für anschließende Expertenfreigaben erstellt werden.

⁷ Tien Bui/Hoang/Nhu, A Swarm Intelligence-Based Machine Learning Approach for Predicting Soil Shear Strength for Road Construction: A Case Study at Trung Luong National Expressway Project (Vietnam), *Engineering with Computers* 2019, 955.

⁸ Seit der neuen Version 2020 wurden die deutsche und die österreichische Baugeräteliste zur Baugeräteliste (BGL) harmonisiert; siehe zum Zeitwert von Geräten <https://www.bgl-online.info/basisinformation/#chapter-28957>.

⁹ Online abrufbar unter <https://bit.ly/2OcWogT>.

Neben der Prozesszeitdokumentation sind für die Baubetriebsforschung die vertiefende Erforschung und Verifizierung von Leistungs- und Aufwandswerten als Anwendungsfall für Bauzeitprognosen zu erwähnen. Beispielsweise können durch digitales Baudatenmanagement bei der Erstellung von Ortbetonwänden die Einflussfaktoren (wie Partiegröße, Bauteilgeometrie, Schalungs- und Taktgröße, Wetter, Schichtzeit) tagesaktuell aufgenommen werden.¹⁰ Mit diesen Informationen können durch künstliche Intelligenz die Aufwände zukünftiger Abschnitte besser prognostiziert und Optimierungen in der Bauausführung evidenzbasiert getroffen werden.

2.2.3. Tunnelbau

In einem Forschungsprojekt wurden zwei künstliche Intelligenzen verwendet, um die Geologie des Garan-Tunnels in der iranischen Provinz Kurdistan vorherzusagen und damit in weiterer Folge die übrige Bauzeit und die Kosten abschätzen zu können.¹¹ Bei den verwendeten Tools handelte es sich um die *Gaussian process regression* und die *support vector regression*, zwei Methoden des *supervised learning* zur Lösung von Regressionsproblemen. Dabei werden mehrere geologische Parameter entlang des Tunnelvortriebs gemessen und diese jeweils anhand deren bisherigen Entwicklung im Gebirge mit den Ansätzen von *Gaussian process regression* und *support vector regression* für die weitere Strecke prognostiziert. Aus deren Summe wird der *Rock-mass-rating*-Wert berechnet. Anschließend werden die beiden Tools mit Daten über Vortriebsgeschwindigkeit und Kosten pro Meter in Abhängigkeit der beobachteten Geologieparameter des bisherigen Vortriebs trainiert. Aus den Ergebnissen wurden die restliche Bauzeit und Kosten vorhergesagt.

Es handelt sich hierbei noch nicht um eine Anwendung im Betrieb. Die Berechnungen erfolgten nach Abschluss des Projekts, als alle Daten offen vorlagen. Die Ergebnisse, vor allem jene des *Gaussian-process-regression*-Tools, waren sehr vielversprechend. Der Determinationskoeffizient R^2 lag sowohl für den *Rock-mass-rating*-Wert, Zeit und Baukosten über 0,90.

3. Potenzial von künstlicher Intelligenz in der Bauindustrie

3.1. Big-Data-Management

Knowledge discovery in databases ist eine Methode, um in riesigen Datenmengen verstecktes Wissen zu entdecken.¹² Dieses besteht üblicherweise aus Mustern, Korrelationen, Beziehungen und Anomalien, die von Menschen allein nicht oder nur sehr schwer entdeckt werden würden und in der künstlichen Intelligenz daher eine große Hilfe darstellt. In mehreren Schritten werden die Daten aus den Quellen extrahiert, vorbereitet, auf Muster untersucht (*data*

¹⁰ Siehe <https://www.kontakt.com/de/kontakt-hub>.

¹¹ Mahmoodzadeh/Mohammadi/Daraei/Faraj/Omer/Sherwani, Decision-Making in Tunneling Using Artificial Intelligence Tools, *Tunnelling and Underground Space Technology* 2020, 103514.

¹² Fayyad/Piatetsky-Shapiro/Smyth/Uthurusamy, *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining* (1996).

mining) und diese Muster auf Signifikanz überprüft.¹³ Diese Methode lässt sich auf Daten jeglicher Art anwenden. Mit Zeit- und Ortsstempel versehene Daten verschiedener Baustellen zu sammeln, zu verarbeiten und zu analysieren könnte den Anfang einer schier unerschöpflichen Quelle des Wissens über Bauabläufe darstellen, aus der sich zukünftig zahlreiche Regeln, Bautechniken Entscheidungshilfen und Strategien ableiten lassen werden.¹⁴

Die Datenbeschaffung im Baubetrieb ist limitiert durch hierarchische Organisationsstrukturen und die Bildung von einzelnen Wissenscontainern innerhalb von Unternehmen. Durch die zeitliche Begrenzung von Baustellen (die wiederum einer eigenständigen Organisation gleichen) liegen Daten, die holistisch genutzt werden könnten, in unterschiedlicher Form vor. Der Mehrwert von Big-Data-Management kann jedoch nur genutzt werden, sofern die Bauindustrie zu mehr Datentransparenz und Kooperation im eigenen Unternehmen und darüber hinaus entschlossen ist. Aus einer Umfrage ist bekannt, dass in der österreichischen Bauindustrie nur 40 % der befragten Entscheidungsträger bereit sind, mehr Informationen als bisher über zentrale Baustellensysteme zur Verfügung zu stellen.¹⁵

Es wäre für die gesamte Branche aus baubetrieblicher Sicht wertvoll, würden maschinenlesbare Daten, die ohnehin gesammelt werden, gemeinschaftlich in einer Datenbank für *knowledge discovery* genutzt werden könnten.

3.2. Bauprozessmanagement

Im Bauprozessmanagement ist der Einsatz von künstlicher Intelligenz laut Eber kritisch zu betrachten, weil der hohe Grad an Komplexität und die Einzigartigkeit von Bauprojekten für künstliche Intelligenz eine Begrenzung darstellen.¹⁶ Diese komplexen Systeme müssten von Menschen in einfachere repetitive Subprozesse zerlegt werden, um generelle Aussagen mit künstlicher Intelligenz zu ermöglichen.

Bei dieser Haltung ist zu bedenken, dass KI-Algorithmen in ihrer Funktion durch die Mächtigkeit des Trainingsdatensatzes begrenzt sind. In der Datenanalyse ist bekannt, dass zirka 50 % bis 70 % des Aufwands in der Datenvorverarbeitung liegen.¹⁷ Durch die fortschreitende Technologisierung in der Bauausführung, die mit automatisier-

ten Datenerfassungen, digitalen Eingabehilfen und standardisierten Workflows einhergeht, kann dieser Aufwand deutlich reduziert werden und in der Zukunft eine valide Datenbasis für Trainingsdaten liefern. Sofern die wichtigsten Einflussgrößen in diesen Datensets enthalten sind, können Algorithmen des maschinellen Lernens komplexe Zusammenhänge vollständiger erkennen als der am besten ausgebildete und erfahrenste Bauingenieur. Die Umsetzung dieser Erkenntnisse in neuen Bauprojekten liegt jedoch weiterhin in den Händen der erfahrenen Bauexperten.

3.3. Steuerung von Geräten und Maschinen

Bildverarbeitende Software kann bereits jetzt zur Qualitätskontrolle eingesetzt werden. Dies bedeutet einen großen Schritt Richtung Digitalisierung von Baustellen, da Qualitätskontrollen bislang ausschließlich durch Menschen erfolgten. Die Einsatzmöglichkeiten sind mit automatisierten Baudokumentationen, Bewehrungsabnahmen, Beweissicherungen etc breit gestreut. Insbesondere in Verbindung mit Drohnen, Roboterhunden oder Ähnlichem ist eine komplette Automatisierung von Kontroll- und Überwachungstätigkeiten denkbar.

Erfolgt die Bilderkennungssoftware in Echtzeit, so ist sie für autonome Baumaschinen oder LKWs geeignet. Daimler ließ im Jahr 2019 verlautbaren, in den kommenden Jahren 500 Mio € in die Forschung zu selbstfahrenden LKWs zu investieren, die 2025 auf den Markt kommen sollen.¹⁸ In Zukunft werden auf Baustellen selbstfahrende Baumaschinen im Einsatz sein.¹⁹ Die Voraussetzungen dafür sind gelegt, denn es existieren hinreichend genaue 3D-GPS-Systeme, die eine Genauigkeit im Zentimeterbereich besitzen und in Geländeeinschnitten über eine lokale Positionsbestimmung ersetzt werden können. Die Systemfunktion E-Fence begrenzt den Arbeits- und Schwenkbereich, sodass auch in der Nähe von Verkehr gearbeitet werden kann. Die Einsatzmöglichkeiten von selbstfahrenden Großbaugeräten werden zurzeit bei Forschungsprojekten (wie zB dem Projekt „*Internet of Construction*“) untersucht.²⁰

Damit geht eine Änderung des klassischen Anforderungsprofils an die Bediener von Baumaschinen einher. Digitale Kompetenzen werden mehr im Vordergrund stehen. Die Aufgabe wird sich in Richtung Überwachung und Controlling verschieben. Es wird weniger, dafür aber besser ausgebildetes und somit besser bezahltes Personal benötigt werden. Dieser Trend wird durch eine IHS-Studie²¹ bestätigt, da dem Baugewerbe ein potenzieller Destruktionseffekt von 59 % vorausgesagt wird. Die durchschnittliche Automatisierungswahrscheinlichkeit liegt insbesondere bei einfachen Arbeiten im Baugewerbe bei 66 %.

13 Yan/Yang/Peng/Ren, Data Mining in the Construction Industry: Present Status, Opportunities, and Future Trends, Automation in Construction 2020, 103331.

14 Turner/Oyekan/Stergiolas/Griffin, Utilizing Industry 4.0 on the Construction Site: Challenges and Opportunities, IEEE Transactions on Industrial Informatics 2021, 746, online abrufbar unter <https://ieeexplore.ieee.org/document/9117064>.

15 L. Winkler, Digitales Datenmanagement für Injektionsarbeiten (Dissertation, Technische Wien 2020) 29, online abrufbar unter <https://repositum.tuwien.at/retrieve/2103>.

16 Eber, Artificial Intelligence in Construction Management – a Perspective, in Skibniewski/Hajdu, Proceedings of the Creative Construction Conference 2019 (2019) 205, online abrufbar unter http://www.lbi-tum.de/pdfs/ArtikelVortrag_CCC2019_Eber.pdf; derselbe, Potentials of Artificial Intelligence in Construction Management, Organization, Technology and Management in Construction 2020, 2053.

17 Döbel/Leis/Molina Vogelsang/Neustroev/Petzka/Rüping/Voss/Wegele/Welz, Maschinelles Lernen – Kompetenzen, Anwendungen und Forschungsbedarf (2018), online abrufbar unter https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/BMBF_Fraunhofer_ML-Ergebnisbericht_Gesamt.pdf.

18 Siehe <https://www.diepresse.com/5556878/daimler-investiert-500-millionen-euro-in-selbstfahrende-lkw>.

19 Siehe <https://www.fluid.de/anwendungen/mobile-maschinen/automatisierung-von-baumaschinen-224.html>.

20 Siehe <https://arch.rwth-aachen.de/go/id/fcmjs#aaaaaaaaafcmly>.

21 Nagl/Titelbach/Valkova, Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0 (2017), online abrufbar unter https://www.ihs.ac.at/fileadmin/public/2016_Files/Documents/20170412_IHS-Bericht_2017_Digitalisierung_Endbericht.pdf.

4. Grenzen von künstlicher Intelligenz

Bei allen vorab ansatzweise beschriebenen technischen Anwendungsmöglichkeiten künstlicher Intelligenz sind die Werte der menschlichen Intelligenz zu beachten. Es gilt grundsätzlich zu hinterfragen, ob die Baubranche tatsächlich nur durch reine Effizienzsteigerung getrieben sein sollte. Unter welchen Rahmenbedingungen wollen wir in unserer Gesellschaft letztendlich unsere Gebäude planen, bauen und betreiben? Wollen wir dabei einzelne Aspekte der sozialen Nachhaltigkeit berücksichtigen? Diese Sachverhalte zu bewerten geht über die Möglichkeiten von künstlicher Intelligenz weit hinaus:

„Künstliche Intelligenz ... empfindet keine Werte. Selbst wenn man versucht, ihr sogenannte Werte einzuprogrammieren, hat sie keine. Denn ein Wert, der nicht zugleich empfunden wird, ist keiner.“²²

Die eben zitierten Ausführungen Prechts zeigen eindrucksvoll die Grenzen von künstlicher Intelligenz (nicht nur in der Bauwirtschaft) auf. Künstliche Intelligenz kann keine Schönheit empfinden, keine Gefühle der Beteiligten oder die Qualität der Kommunikation messen oder bewerten. Sie ist nicht kreativ und empfindet keinen gesunden Menschenverstand. Die Vorgehensweise beim Abtausch gegensätzlicher Interessen (zB finanzielle, soziale oder ökologische) kann ihr selbstverständlich einprogrammiert oder antrainiert werden, jedoch wird dabei das Wertekonstrukt der Programmierer übernommen. Beim Training werden fallweise auch negative soziologische Phänomene in die künstliche Intelligenz transferiert, wie an verschiedenen Beispielen für *racial bias* durch lernende Algorithmen beobachtet werden konnte.²³ Intelligenz ist die Fähigkeit, Entscheidungen zu treffen, Verstand die Fähigkeit, komplexe Situationen in ihrer Gänze wahrzunehmen und zu begreifen, und Vernunft der Erkenntnisgewinn durch Schlussfolgerungen. Künstliche Intelligenz ist intelligent, aber sie besitzt keinen Verstand und schon gar keine Vernunft. Künstliche Intelligenz kann denken, jedoch nicht das tun, was Menschen und Tiere gedankenlos tun.

Bei ungewohnten Situationen kann künstliche Intelligenz Millionen ihrer bekannten Strategien auswerten und deren jeweilige Erfolgsaussichten – auf der Grundlage von Algorithmen – berechnen. Ihr fehlt jedoch die menschliche Kreativität, neue und einzigartige Lösungen zu erfinden. Bauleiter sind seit Jahren auf den Umgang mit Krisensituationen geschult und können daher aus ihrem Erfahrungsschatz in scheinbar ausweglosen Situationen schöpfen. Diese menschliche und empirisch erworbene Kompetenz ginge verloren, würde ausschließlich auf künstliche Intelligenz vertraut werden. Zudem denken wir Menschen viel weniger rational, als gemeinhin angenommen wird. Besonders in belastenden Situationen schalten wir oft auf das limbische System und damit die emotionale Herangehensweise um, mit allen damit verbundenen Vor- und Nachteilen. Auch dazu ist künstliche Intelligenz

aufgrund des Fehlens von Emotionen nicht in der Lage. Soziale Konflikte zu lösen sind Maschinen ohnehin noch lange nicht fähig, weil ihnen die dazu notwendige Empathie fehlt. Es ist daher unerlässlich, Ingenieuren der Zukunft neben umfassender digitaler Kompetenz auch gefestigte Werte, Problemlösekompetenz und kreatives Denken zu vermitteln. Effizienzsteigerung und Innovation dienen nicht dem Selbstzweck. Im Mittelpunkt muss immer der Mensch stehen. Sobald künstliche Intelligenz aufhört, den Menschen zu dienen, wird sie obsolet.

Zusammenfassung

Künstliche Intelligenz wird im Bauwesen bereits in vielen Bereichen eingesetzt. Hauptgebiete der Anwendung sind derzeit Algorithmen zur Bewältigung großer Datenmengen. Die Erkenntnisse, die auf diese Weise durch künstliche Intelligenz gewonnen werden, können für Optimierungen, Effizienzsteigerungen oder Einsparungen im Baubetrieb genutzt werden. Dazu zählen die angeführte Verbesserung von Prognosedaten, die genauere Bestimmung von Maschinendaten oder Material-, Gesteins- oder Bodenparametern sowie Optimierungen im Bauablauf.

In Zukunft kann künstliche Intelligenz für die Erforschung optimierter Technologien, Bauverfahren und Strategien sowie für die Ermittlung von Regeln und Entscheidungshilfen durch Auswertung großer Datenmengen eingesetzt werden. Auch komplizierte Aufgaben des Bauprozessmanagements können durch künstliche Intelligenz unterstützt werden, natürlich nur unter strenger menschlicher Aufsicht und nur als Support-Tool. Die letzte Entscheidung muss immer der Mensch treffen, denn nur er hat das große Ganze im Auge und hat die Vernunft, Folgen von Entscheidungen zu begreifen, die einem Algorithmus aus praktischen Gründen gar nicht programmiert werden. Zudem ergäben sich sonst unvermeidbare ethische Probleme.

Der Einsatz selbstfahrender LKWs und Baugeräte ohne künstliche Intelligenz ist undenkbar, doch auch zur Optimierung fahrerbetriebener Geräte eignet sie sich durch den Einsatz in Assistenzsystemen. In Verbindung mit Roboter- oder Drohnentechnologien sind die Anwendungsmöglichkeiten grenzenlos. Das wird das Bauen in Zukunft um einiges effizienter machen, andererseits auch viele Arbeitsplätze kosten.

Ihre Grenzen hat künstliche Intelligenz dort, wo Verstand oder Vernunft gefragt sind. Computer sind uns im Rechnen, Hören, Sehen, Erkennen von Mustern und vielem mehr überlegen, doch in komplexen Situationen, auf die sie nicht trainiert sind, sind sie nutzlos. Künstliche Intelligenz wird uns Ingenieure aus diesem Grund noch sehr lange nicht ablösen oder gar ersetzen. Sie kann uns jedoch eine gute Unterstützung sein, wenn wir ihre Stärken gezielt nutzen und dabei nicht ihre Unzulänglichkeiten aus den Augen verlieren.

²² Precht, Künstliche Intelligenz und der Sinn des Lebens (2020).

²³ Siehe <https://www.theguardian.com/inequality/2017/aug/08/rise-of-the-racist-robots-how-ai-is-learning-all-our-worst-impulses>.