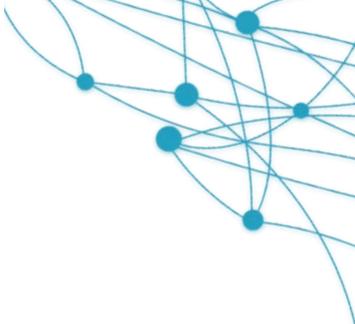


HILTI



Die Zukunft der Baubranche

Wie KI und Bauroboter nachhaltiges Bauen beeinflussen



Einleitung

Als wichtiger Motor der globalen Entwicklung steht das Bauwesen am Scheideweg mehrerer globaler Herausforderungen, allen voran Klimawandel, Ressourcenknappheit und strenge Umweltvorschriften.

Diese Herausforderungen wirken sich nicht nur auf die betriebliche Dynamik des Bauwesens aus, sondern erfordern auch dringend ein

Neudenken traditioneller Praktiken, um den aktuellen Erfordernissen der Nachhaltigkeit und des Umweltschutzes gerecht zu werden.

Dieses Whitepaper befasst sich mit den Herausforderungen und Chancen, die Künstliche Intelligenz (KI) und Robotik für ein nachhaltigeres Bauwesen bieten.

Klimawandel, knappe Ressourcen und das Bauwesen

Der Klimawandel¹ stellt eine doppelte Herausforderung für das Bauwesen dar. Erstens steigt die Nachfrage nach einer Infrastruktur, die extremen Wetterbedingungen und Klimaveränderungen standhalten kann. Zweitens muss die Branche ihren CO₂-Fußabdruck verringern, da sie erheblich zu den weltweiten CO₂-Emissionen beiträgt.

KI-Lösungen zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs

KI-Algorithmen können den Material- und Energieeinsatz im Bauwesen optimieren. In optimistischen Szenarien kann dies helfen, Abfälle zu reduzieren und die Nachhaltigkeit von Bauprojekten zu steigern – selbst angesichts des großen und wachsenden Energiebedarfs für den Betrieb von KI.

- ▶ **Material- und Energieoptimierung:** KI-Algorithmen optimieren den Einsatz von Materialien und Energie. Dadurch kann Materialverschwendung reduziert und die Nachhaltigkeit von Bauprojekten verbessert werden.

- ▶ **Effizienz und Nachhaltigkeit:**

Durch den Einsatz von KI kann das Bauwesen effizienter werden, indem Kosten gesenkt und die Umweltauswirkungen minimiert werden.

- ▶ **Überwachung nach Fertigstellung:**

KI-gestützte Systeme können Gebäude nach dem Bau überwachen, um sicherzustellen, dass sie ihre Energieeffizienz im Laufe der Zeit beibehalten. Diese kontinuierliche Überwachung trägt dazu bei, Ineffizienzen zu erkennen und zu beseitigen. Dadurch wird die Nachhaltigkeit des Gebäudes weiter verbessert.

Außerdem erfordert die Ressourcenknappheit, insbesondere bei Materialien wie Sand und Wasser, neue Ansätze. Robotik und KI bieten eine präzise Kontrolle des Materialverbrauchs und minimieren die Materialverschwendung. Roboter erledigen Aufgaben wie Schneiden und Montieren mit hoher Genauigkeit. Dies trägt dazu bei, dass die Materialien effizient genutzt werden und sowohl die benötigte Menge als auch der anfallende Abfall reduziert werden.





Die Rolle von BIM

Die Bauwerksdatenmodellierung (Building Information Modeling, BIM) ist eine entscheidende Komponente bei der Integration von KI und Robotik im Bauwesen. BIM bietet eine umfassende digitale Darstellung der physischen und funktionalen Eigenschaften eines Gebäudes und dient als grundlegende Datenquelle, die von KI und Robotik für verschiedene Optimierungen genutzt wird:

1 Datengrundlage für KI
BIM liefert detaillierte Projektdaten, die von KI-Algorithmen analysiert werden können, um den Materialeinsatz zu optimieren, die Energieeffizienz zu steigern und die gesamte Projektplanung und -ausführung zu verbessern. Diese Integration ermöglicht die Realisierung nachhaltigerer und ressourceneffizienterer Bauprojekte.

2 Robotik-Unterstützung
Die in BIM enthaltenen detaillierten und präzisen Informationen ermöglichen es Robotern, Aufgaben mit hoher Genau-

igkeit auszuführen. Dazu gehören Tätigkeiten wie das Schneiden, Montieren und Prüfen von Materialien. So kann Abfall erheblich reduziert und die Ressourcennutzung verbessert werden.

3 Verbessertes Projektmanagement
BIM integriert alle Aspekte eines Bauprojekts und verbessert die Koordination und Verwaltung über verschiedene Phasen hinweg. Dieser Ansatz ermöglicht die nahtlose Anwendung von KI und Robotik und stellt sicher, dass die Projekte nicht nur effizient und kostengünstig, sondern auch nachhaltig und widerstandsfähig gegenüber Umweltveränderungen sind.

BIM ebnet auch den Weg für die Modulbauweise, bei der Teile oder ganze Gebäude in einer Fabrik hergestellt und auf der Baustelle zusammengesetzt werden. Dies kann dazu beitragen, den Bau zu beschleunigen, eine höhere Bauqualität zu gewährleisten und den Ressourcenverbrauch zu optimieren.

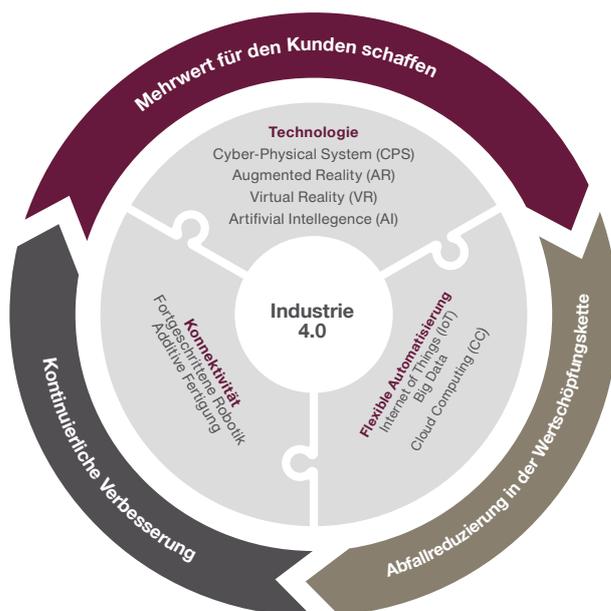
Umweltvorschriften einfacher einhalten

Eine weitere Herausforderung für das Bauwesen sind die zunehmenden Umweltvorschriften in der ganzen Welt. Diese Vorschriften schreiben eine Verringerung der Emissionen, eine bessere Abfallwirtschaft und die Verwendung nachhaltiger Materialien vor. KI und Robotik bieten effiziente Möglichkeiten, diese Vorschriften einzuhalten. So kann KI beispielsweise Projektdaten analysieren, um die Einhaltung von Umweltstandards zu gewährleisten und potenzielle Compliance-Probleme vorherzusagen, bevor sie auftreten.²

Beispiele dafür, wie KI und Robotik die Herausforderungen meistern

Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks
KI-gestützte Tools werden zur Analyse von Gebäudeentwürfen eingesetzt, um sicherzustellen, dass sie so energieeffizient wie möglich sind. Dies trägt nicht nur dazu bei, den betrieblichen CO₂-Fußabdruck von Gebäuden zu verringern, sondern hilft auch, eine Zertifizierung im Rahmen verschiedener Programme für grünes Bauen zu erhalten.³

Lean Management



Ressourcenoptimierung

Bauroboter zum automatisierten Mauern und automatisierte Präzisionsschneider reduzieren den Materialabfall erheblich. Diese Effizienz ist entscheidend für die Bewältigung der Ressourcenknappheit.⁴

Nachhaltige Baupraktiken

KI hilft bei der Umsetzung nachhaltiger Baupraktiken durch die Analyse zahlreicher Variablen im Gebäudedesign, wie z. B. Sonnenlicht und Windmuster, um die natürliche Beleuchtung und Belüftung zu optimieren und so den Energieverbrauch zu senken.⁵

Bessere Widerstandsfähigkeit gegen den Klimawandel

KI-gestützte Analysen ermöglichen den Einsatz prädiktiver Modelle, um Bauwerke robuster gegenüber klimabedingten Belastungen wie Überschwemmungen und starken Winden zu gestalten.⁶

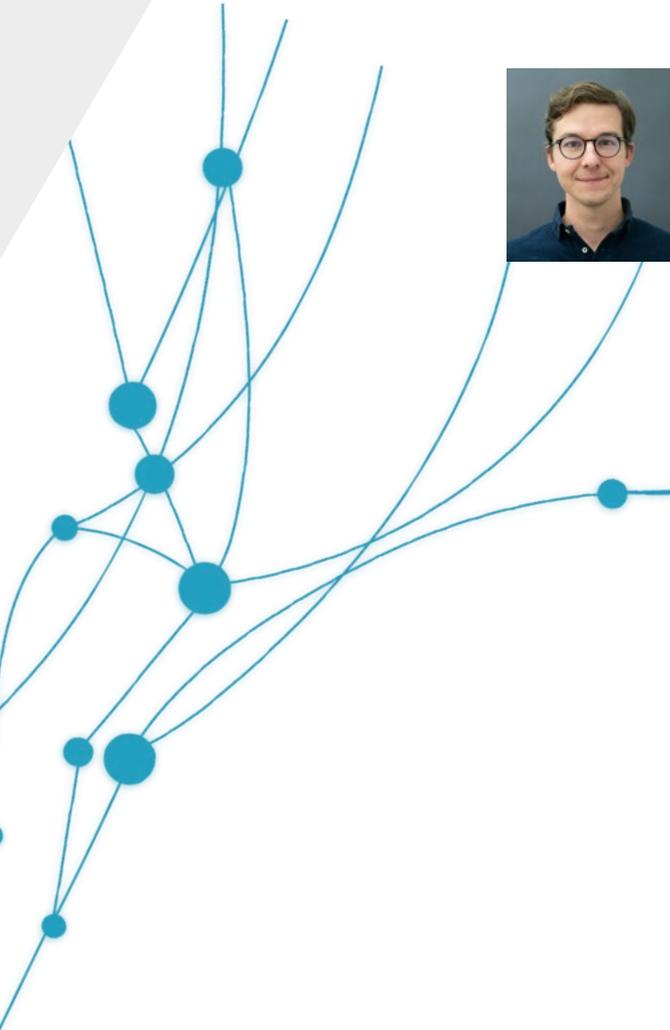
Einhaltung der Umweltvorschriften

KI-Anwendungen erleichtern die Echtzeitüberwachung von Baustellen, um die Einhaltung von Umweltgesetzen und -vorschriften zu gewährleisten und das Risiko von Strafen durch Nichteinhaltung zu verringern.⁷

KI kann Projektdaten analysieren, um die Einhaltung von Umweltstandards zu gewährleisten und potenzielle Compliance-Probleme vorherzusagen, bevor sie auftreten.



Über den Verfasser



Michael A. Kraus studierte Ingenieurbau und computergestützte Mechanik an der Technischen Universität München und vertiefte seine Kenntnisse auf dem Gebiet des wissenschaftlichen maschinellen Lernens. Im Rahmen seiner Doktorarbeit arbeitete er an physikalisch informierten maschinellen Lernmodellen zur Beschreibung der Bruchstruktur von Glas und Polymeren in Verbundglas. Danach arbeitete er im Jahr 2020 als Postdoc an der Stanford University und ab Oktober 2020 an der ETH Zürich. An der ETH Zürich war er Co-Leiter des Immersive Design Lab, das sich auf Forschung und Lehre im Bereich künstliche Intelligenz und Augmented Reality im Bauwesen konzentriert. Seit April 2024 ist Michael Kraus Leiter des Fachgebiets Statik an der Technischen Universität Darmstadt. Seine Lehr- und Forschungsschwerpunkte sind wissenschaftliches maschinelles Lernen für den Entwurf und die Analyse von Strukturen. Sein Interesse gilt auch dem Roboterbau und der Nachhaltigkeit.

Quellen

1. How the Construction Industry is Navigating Climate Change, AON, 12. Oktober 2023
<https://www.aon.com/en/insights/articles/how-the-construction-industry-is-navigating-climate-change>
2. Ghimire P, Kim K, Acharya M. Opportunities and Challenges of Generative AI in Construction Industry: Focusing on Adoption of Text-Based Models. Buildings. 2024; 14(1):220.
<https://doi.org/10.3390/buildings14010220>
3. Fang D, Brown N, De Wolf C, Mueller C. Reducing Embodied Carbon In Structural Systems: A Review Of Early-Stage Design Strategies. Journal of Building Engineering. 2023; Band 76
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710223012330>
4. Newton E. How Robots Are Making Construction More Sustainable? Sourceable, 12. Juli 2022
<https://sourceable.net/how-robots-are-making-construction-more-sustainable/>
5. Lucas S. How To Design Sustainable Buildings With AI. Future Architecture, 21. Februar 2024
<https://futurearchi.io/en/sustainable-buildings-ai/>
6. Singh S, Kumar Goyal M. Enhancing Climate Resilience In Businesses: The Role Of Artificial Intelligence. Journal of Cleaner Production. 2023. Band 418.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623023867>
7. Collins P. The Role Of Artificial Intelligence In Environmental Regulation. LSE, 17. Oktober 2023
<https://blogs.lse.ac.uk/politicsandpolicy/the-role-of-artificial-intelligence-in-environmental-regulation/>