

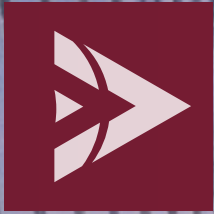
2b AHEAD ThinkTank

INFRASTRUKTURBAU 2030

WHITEPAPER JANUAR 2026

Inhaltsverzeichnis

<i>Ziel & Anlass</i>	3
<i>Methodik</i>	5
<i>Bauplanung & -vorbereitung</i>	7
<i>Vertragsmodelle</i>	9
<i>Ferngesteuerte & Autonome Maschinen</i>	11
<i>Augmented Reality</i>	14
<i>KI-Industriemodelle & Datenräume</i>	17
<i>Zusammenfassung & Ausblick</i>	20
<i>Über 2b AHEAD</i>	21
<i>VIA IMC</i>	21
<i>Impressum</i>	22



Ziel & Anlass

Ziel & Anlass

Wie wird die Bauindustrie 2030 aussehen und was wird sich in diesem Zeitraum mit Sicherheit verändern? Das war die Kernfrage hinter dieser Zukunftsstudie. Auch in so beständigen Branchen wie dem Bau gibt es keine Garantie für Stabilität und dauerhaften Erfolg, wie man an der aktuellen Krise der deutschen Automobilkonzerne sehen kann. Analog zum Aufkommen der Elektromobilität und dem wachsenden Erfolg internationaler Autohersteller gibt es derzeit auch im Bau einige Indizien dafür, dass Veränderung bevorsteht.

Wirtschaftliche Lage

Der Branche geht es aktuell so gut wie seit Jahren nicht mehr: die Auftragsbücher sind gefüllt und Infrastruktur als Basis unseres gesellschaftlichen Zusammenlebens steht politisch stark im Fokus. Aus unserer Erfahrung als Zukunftsforscher sind genau das die Zeiten, in denen erfolgreiche Unternehmen häufig den Zeitpunkt verpassen, rechtzeitig zu innovieren und in die Zukunft zu investieren. Um einem Abschwung zuvorzukommen, sind es genau diese Hochphasen, in denen sich Unternehmen auf Veränderung vorbereiten sollten, weil die Kapazität und die Ressourcen dafür vorhanden sind. Sonst besteht das Risiko, vom Wettbewerb überholt oder von einer Kombination aus Tagesgeschäft und notwendiger Transformation überrollt zu werden.

Produktivitätsniveau

Ein weiteres Indiz für Veränderung ist, dass der Erfolg der Baubranche im starken Kontrast zu einer stagnierenden, teils sinkenden Produktivität steht. Während die Gesamtwirtschaft immer effizienter wird, ist der Bau also nicht wegen, sondern trotz seines Produktivitätsniveaus erfolgreich. Auch hier kann man aus der Vergangenheit nicht automatisch auf die Zukunft schließen. Es ist wahrscheinlich, teilweise sogar zwingend notwendig, dass diese Phase der Stagnation endet. Darin steckt für Bauunternehmen

sowohl Risiko als auch Chance – je nachdem, wie sie auf Veränderung vorbereitet sind. Aus diesem Grund haben wir in dieser Studie einen besonderen Fokus darauf gelegt, woher in den kommenden 5 Jahren konkrete Produktivitätsgewinne kommen können und wie wahrscheinlich diese sind.

Technologische Entwicklung & Konvergenz

Und schließlich ist auch die technologische Entwicklungsgeschwindigkeit ein sichtbares Indiz für bevorstehenden Wandel. Die Fortschritte im Bereich künstlicher Intelligenz erfolgen aktuell so schnell, dass sich schon die Gegenwart nach Zukunft anfühlt. Doch auch andere Technologien befinden sich gerade auf oder bereits hinter dem Gipfel des Gartner Hype Cycles: Robotics, Autonome Fahrzeuge, Augmented Reality, Quantencomputer, Digitale Zwillinge und viele weitere Technologien werden nach einer Phase des Hypes also tatsächlich nützlich werden. An den Stellen, an denen diese verschiedenen Technologien konvergieren und aus ihrer Kombination etwas Neues entsteht, besteht das größte Potenzial für Innovation, bis hin zur vollkommenen Disruption.

Nur durch das aktive Beschäftigen mit Zukunft kann man diese Entwicklungen verstehen und gezielt gestalten. Man kann die Zukunft als Chance verstehen, das eigene Geschäft und kann sich selbst rechtzeitig in eine bessere Position zu bringen, anstatt auf die vielen Risiken der Veränderungen zu warten

Ein geopolitischer Umbruch, eine Klimakrise und eine gesellschaftliche Transformation müssen parallel mit sich gegenseitig verstärkenden technologischen Disruptionen bewältigt werden. Um dieser Komplexität begegnen und Handlungsoptionen für die wahrscheinlichste Zukunft ableiten zu können, ist qualitative Zukunftsforschung ein vielversprechender Ansatz. Aber was bedeutet das konkret?





Methodik

Um die Kernfrage zu beantworten, wurde sie durch ein Projektteam bestehend aus Vertretern von VINCI Construction Deutschland (Eurovia), VINCI Energies, VIA IMC und 2b AHEAD gemeinsam in verschiedene Themenbereiche heruntergebrochen, welche eng mit der Zukunft der Branche verknüpft sind.

So wurden neben technologischen Themen wie Robotik, Künstlicher Intelligenz, Bau-Software und Augmented Reality auch die zukünftige Arbeitswelt, neue Geschäftsmodelle, Resilienz und Nachhaltigkeit sowie geopolitische Veränderungen priorisiert.

Diese Themen bildeten die Grundlage für die Auswahl relevanter Akteursgruppen, die als Triebkräfte die Zukunft des Marktes durch Investitionen, Innovationen und einzigartige Insights entscheidend mitbestimmen. Vertreterinnen und Vertreter dieser richtungsweisenden Akteursgruppen, die es gewohnt sind, über Zukunft nachzudenken und sie durch strategische Entscheidungen selbst zu gestalten, bildeten anschließend das Expertenpanel dieser Studie.

34 Exklusive Tiefeninterviews

38 Expertinnen & Experten

Unsere Form der Delphi-Studie besteht aus zwei Befragungswellen. Zuerst wurde das Panel in Tiefeninterviews zu den für sie relevantesten Entwicklungen bis 2030 befragt. Ganz konkret wollten wir damit besser verstehen...

- 1) welche Erwartungen sie innerhalb der priorisierten Themenbereiche für die Zukunft haben.
- 2) welche Treiber und Barrieren sie sehen, die diese Erwartungen wahrscheinlicher oder unwahrscheinlicher machen.
- 3) welche Implikationen diese Entwicklungen in Kombination für die Baubranche und das Produktivitätsniveau hätten.

Im Anschluss wurden die Aussagen, bei denen die größte Uneinigkeit im Panel bestand, im Rahmen einer zweiten Befragungswelle als Onlinebefragung an die Expertinnen und Experten zurückgespielt. Diese erneute Einschätzung führte zu konkreteren, belastbareren Aussagen und im besten Fall zu einem Konsens.

Dieses Whitepaper gibt einen Einblick in die Erwartungen des Expertenpanels in fünf ausgewählten Fokusthemen.





Bauplanung & -vorbereitung

Bauplanung & -vorbereitung

Die gute Nachricht vorweg: Bis 2030 sind Produktivitätsgewinne möglich und wahrscheinlich. Wenn wir die gesamte Wertschöpfungskette der Bauindustrie betrachten, ist jedoch auch wahrscheinlich, dass diese ungleich auf die verschiedenen Phasen verteilt sein werden. Nach Aussage unseres Expertenpanels wird in diesem Zeithorizont das größte Verbesserungspotenzial vor der eigentlichen Bauphase bestehen, d.h. von der Bauplanung bis zur Bauvorbereitung.

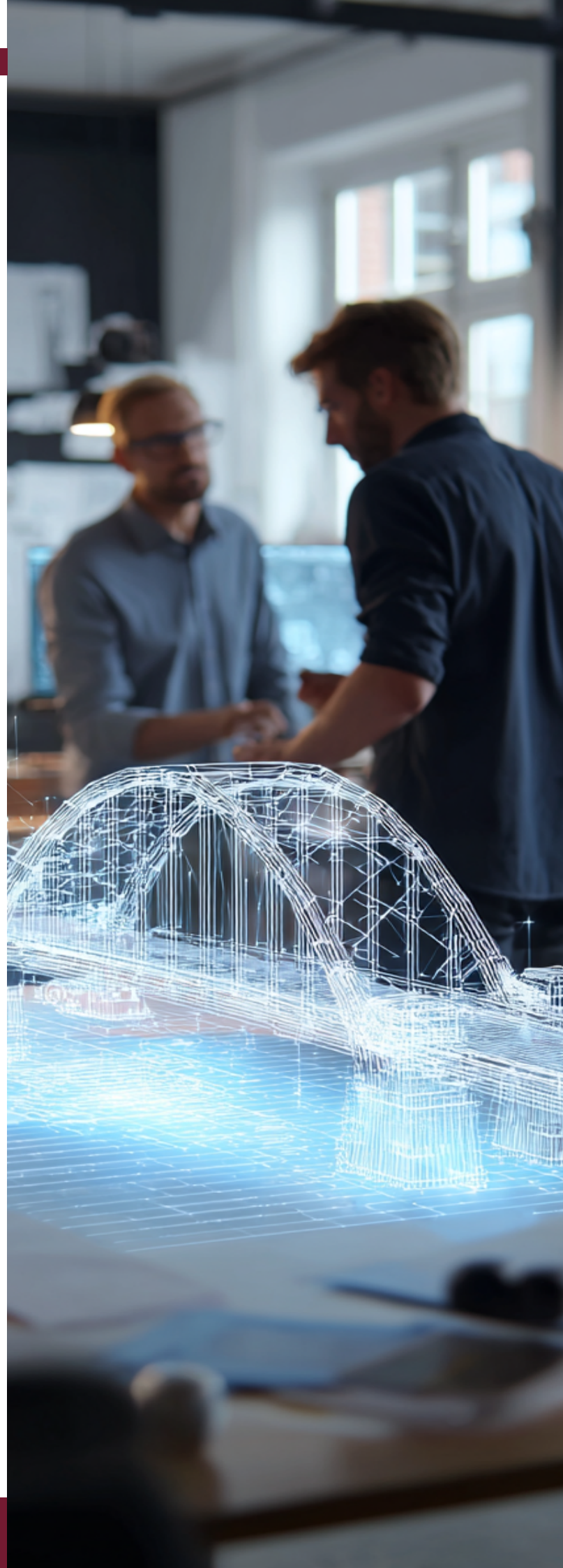
In der Planungsphase rechnen die Experten innerhalb der nächsten 5 Jahre durchschnittlich mit einer Aufwandssenkung von 35 Prozent. Als wichtigster Treiber dafür wird Generatives Design gesehen, das anhand vorher definierter Parameter automatisch eine Vielzahl von Entwürfen erstellt und simuliert. Obwohl diese Technologie bisher vor allem in der Architektur oder für künstlerische Ziele genutzt wurde, wird erwartet, dass sie im gerade im Infrastrukturbau durch die Vielzahl zu beachtender Parameter zu schnelleren, annähernd optimalen Designs führen wird. Menschen werden weiterhin die Qualität der Entwürfe bewerten müssen, doch der händische Modellierungsaufwand wird stark sinken.

Produktivitätsgewinne werden auch überall da entstehen, wo Informationen zur Verfügung gestellt und geprüft, Prozesse und Termine koordiniert, Dokumente vorbereitet und Aufwände kalkuliert werden müssen. Entlang der gesamten Wertschöpfungskette, auch während des Baus, werden (KI-)Systeme diese Aufgaben unter menschlicher Aufsicht und zunehmend vollautomatisiert übernehmen. Das wird Reibung und Ineffizienzen verringern und in vielen Fällen Kapazität für wertschöpfendere Tätigkeiten freisetzen.

Die Voraussetzung für all diese Produktivitätsgewinne sind Daten, und zwar strukturiert und in hoher Qualität: ohne Bauablaufdaten aus der Vergangenheit keine Simulationen für die Zukunft, ohne Umweltdaten und Beispiele für erfolgreiche Planung kein effizientes generatives Design, ohne dokumentierte menschliche Intelligenz keine künstliche Intelligenz. Diese Qualitätssicherung der eigenen Daten ist bisher kaum oder schwer zu automatisieren, sodass jedes Unternehmen hier selbständig tätig werden muss, um rechtzeitig die Grundlage für alle weiteren Schritte zu schaffen.

Dass Effizienzgewinne in einem 5-Jahres-Horizont eher in den ersten Phasen jedes Bauprojektes und im Backoffice wahrscheinlich sind, hat allein etwas mit der Reife der verfügbaren Technologien und ihrer Verbreitungsgeschwindigkeit zu tun. Hier schnelle Fortschritte zu machen ist schlicht einfacher. Das Expertenpanel war sich aber einig, dass das größere Potenzial für Produktivitätssteigerungen langfristig auf den Baustellen selbst liegt – begründet durch mehr beschäftigte Menschen, mehr Wertschöpfung und mehr Ineffizienzen. Die dafür notwendige Technologie wird sich jedoch aus technischen und kulturellen Gründen gleichermaßen erst später im Markt verbreiten, wie im Folgenden deutlich werden wird.

Trotzdem ist zu erwarten, dass sich effizientere Bauplanung und -vorbereitung bereits kurzfristig positiv auf die Baustellen auswirken werden. Bessere Entwürfe, optimierte Zeitpläne, klarere Kommunikation bzw. Koordination und insgesamt die Reduzierung menschlicher Fehler werden in späteren Prozessen via „Trickle-Down-Effekt“ einen Teil typischer Probleme vermeiden und Reibung in Form von ineffizienter Arbeit oder Mehraufwand verringern. So werden auch on-site Produktivitätsgewinne möglich – ohne, dass Infrastrukturbaustellen 2030 vollständig anders aussehen müssen als heute.





Vertragsmodelle

Die erwarteten Produktivitätssteigerungen im Bau haben zwei grundlegende Implikationen für die Vergabephase im Allgemeinen und die genutzten Vertragsmodelle im Speziellen. Erstens werden Cost-plus Verträge, wie der klassische Einheitspreisvertrag, ab einem gewissen Punkt nicht mehr wirtschaftlich sein und zweitens werden größere Pakete in den Vergaben immer attraktiver. Diese beiden Punkte werden bereits bis 2030 relevant sein und sollten von Marktakteuren auch zwingend zusammengedacht werden.

Cost-plus Verträge wurden in den Experteninterviews klar als heutiger Quasi-Standard in der Branche benannt, der auf der einen Seite zwar eine verständliche Reaktion auf Risiko- und Komplexitätssteigerungen im Bau ist, auf der anderen Seite aber die vielleicht wichtigste Innovationsbremse darstellt. Mit einer Vergütung nach Aufwand ist der interne Anreiz für Optimierungen selbst mit einer definierten Obergrenze gering – denn je effizienter und schneller der Bau abläuft, desto unprofitabler ist das Projekt. Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass durch Nachträge und den Materialhandel an sich weiterhin Geld verdient werden kann.

Dies gilt jedoch nur, bis die Produktivität so weit steigt, dass sie die verbleibende Marge auffrisst. Selbst in einer so fragmentierten und lokalen Branche wie dem Bau werden dafür einige Vorreiter unter den Akteuren ausreichen und nicht alle Unternehmen dieses Niveau erreichen müssen. Cost-plus Verträge sind ab diesem Punkt weder attraktiv für die Bauunternehmen noch für die Auftraggeber, die nach Expertenaussagen zunehmend die Lebenszykluskosten von Infrastruktur anstatt der reinen Baukosten sowie Faktoren wie Bauzeit, Nutzungsdauer oder Klimaresilienz in den Blick nehmen werden.

Teile des Expertenpanels erwarten deshalb bereits kurzfristig einen Trend hin zu Mehrwertverträgen, in denen sich das Auftragsvolumen nach solchen qualitativen und quantitativen Mehrwerten bemisst. Diese können von Projekt zu Projekt vollkommen unterschiedlich sein, aber was sie eint, ist die Abkehr von einem vorwiegenden Fokus auf Baukosten. Auch dieser Trend setzt einen

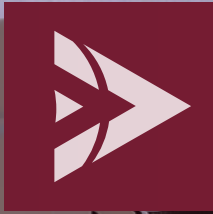
Veränderungsbereitschaft verschiedener Marktakteure mit gegenläufigen Interessen voraus, sodass er nicht über Nacht passieren wird. Es wurden in den Gesprächen jedoch weitere Faktoren wie der zunehmende politische Fokus genannt, die ihn wahrscheinlicher machen.

In Deutschland, aber auch in anderen EU-Ländern und international, ist die Bedeutung von Infrastruktur in den vergangenen Jahren immer stärker in den Fokus gerückt. Der gesellschaftliche Druck auf die Politik, schnelle Ergebnisse bei der Modernisierung von Transport-, Energie- und IT-Infrastruktur zu erzielen, nimmt zu und wird auch auf absehbare Zeit nicht weniger werden. Vor allem die deutschen Experten sind davon überzeugt, dass diese Erwartungshaltung mit den bisherigen Cost-plus Verträgen nicht erfüllt werden kann, sondern dass erst mit Mehrwertverträgen die richtigen Anreizstrukturen für hohe Volumina in hoher Geschwindigkeit bei hoher Qualität gesetzt werden können.

Die Experten erwarten außerdem, dass zukünftig insgesamt größere Pakete ausgeschrieben werden, um die selbst gesteckten Ziele zu erreichen. Durch eine abnehmende Planungskompetenz auf Auftraggeberseite, in Kombination mit einem u. a. dadurch verursachten Wunsch nach reduzierter Komplexität, werden hier als Form auch Design & Build Projekte an Bedeutung gewinnen. Diese sind ebenfalls eng mit Mehrwertverträgen verknüpft, da Bauunternehmen bei einer integrierten Planung ihre Geschwindigkeit und Qualitätsstandards weitestgehend selbst in der Hand haben. Am klarsten wird diese Wertorientierung, wenn die Planung bereits mit der Verantwortung für die Betriebsphase im Hinterkopf erfolgt, ein Modell, das in anderen Ländern schon heute stärker verbreitet ist.

Wie bereits erwähnt, wird Planung im Bau innerhalb der nächsten 5 Jahre signifikant effizienter. Für Bauunternehmen bedeutet das vor allem eine Chance, weil eine eigene Bauplanung und Bauvorbereitung für sie günstiger und damit leistbarer werden. Das legt das Fundament für alle weiteren effizienteren, innovativen Bauprozesse und wird als Datengrundlage besonders im Hinblick auf die folgenden technologischen Themen bis 2030 immer relevanter.





Ferngesteuerte & Autonome Maschinen

Ferngesteuerte & Autonome Maschinen

Produktivitätsgewinne auf den Baustellen selbst werden nach Expertenmeinung signifikant davon abhängen, wie zukünftige Maschinen bedient und menschliche Arbeiten unterstützt werden. Bevor wir zu den wahrscheinlichen Entwicklungen bis 2030 kommen, gibt es zwei Bereiche, die in den Interviews als eher unwahrscheinlich eingeschätzt wurden.

So erwartet das Expertenpanel selbst innerhalb der nächsten 10 Jahre und trotz der aktuellen medialen Aufmerksamkeit nicht, dass humanoide Roboter eine wichtige Rolle auf Baustellen spielen werden. Als Barrieren dafür wurden vor allem die fehlende Eignung für die Arbeit im Außenbereich und ihre geringe Energieeffizienz genannt, durch welche humanoide Roboter ihre individuellen Stärken im Infrastrukturbau nicht ausspielen können werden. Für fast jeden Einsatzbereich wird ein Roboter ohne menschliche Form besser geeignet sein, sodass auch in den kommenden Jahren eher mit einer weiteren Verbreitung spezialisierter Roboterformen gerechnet wird.

Ein weiteres Nischenthema werden ferngesteuerte Baumaschinen mit einer 1-zu-1-Steuerung bleiben. Während diese in Einzelarbeiten in gefährlichen oder schwer zugänglichen Gegenden notwendig sein werden, bringen sie auf typischen Baustellen kaum Vorteile mit sich und machen die Koordination mit anderen Gewerken gleichzeitig komplexer. Das Zukunftsszenario einer großflächigen Fernsteuerung deutscher Baumaschinen von ausländischen Operatoren wird deshalb trotz Arbeitskräftemangel als unwahrscheinlich eingeschätzt.

Die Produktivität auf Baustellen wird vor allem dann steigen, wenn mehrere Maschinen gleichzeitig von einem Operator gesteuert werden können. Dieses Modell wird ab einem gewissen Automatisierungsgrad der an einem Bauprozess beteiligten Maschinen möglich sein: Üblicherweise wird ein Operator dabei den Großteil der Zeit eine zentrale Maschine steuern, bspw. einen Asphaltfertiger oder Bagger, während ein „Schwarm“ aus Transport- und Verdichtungsmaschinen unter seiner Überwachung weitestgehend autonom arbeitet. Sobald bei diesen unterstützenden Prozessen Probleme auftreten, wird der Operator geeignete automatische Lösungen auswählen oder sie via Fernsteuerung selbst beheben.

Dieses Modell ist durch Fortschritte bei der Fernsteuerung und Automatisierung bereits bis 2030 technisch möglich und wird ein wichtiger Zwischenschritt hin zur stärkeren Automatisierung von Baustellen sein. Der Beruf des Operators wird durch diese Teilautomatisierung

jedoch nicht automatisch einfacher, sondern eher komplexer, da besonders die einfachen Tätigkeiten zuerst entfallen werden. Übrig bleibt eine Reihe anspruchsvoller, paralleler Aufgaben. Gute Assistenzsysteme und Bedienungsinterfaces sind deshalb unerlässlich, da Baustellen ohne menschliche Arbeitskräfte auf absehbare Zeit nicht realisierbar sein werden.

Diese Erkenntnis hat zwei weitere Implikationen: Erstens werden autonome Baumaschinen und -roboter aus Sicherheitsgründen weiterhin in physisch abgetrennten Bereichen arbeiten müssen. Einige Experten sind zuversichtlich, dass dieses Problem durch bessere Sensorik und Edge-Verarbeitung bereits in den nächsten 5 Jahren gelöst werden kann. Für eine Umsetzung direkter Kollaboration ohne Sicherheitsabstand müssen jedoch auch die regulatorischen Voraussetzungen geschaffen werden, die wahrscheinlich länger dauern werden. Zweitens werden Baustellen auch 2030 noch um den Menschen herum konzipiert sein.

Das bedeutet, dass (teil-)autonome Maschinen und Roboter ihre größten Stärken in diesem kurzfristigen Zeithorizont noch nicht ausspielen können werden. Die maximal möglichen Produktivitätsgewinne werden erst dann realisiert werden können, wenn Bauunternehmen eine Antwort auf folgende Frage finden: Wie sollten die Organisation und die Prozesse auf einer Baustelle idealerweise aussehen, wenn dort nur in Ausnahmefällen Menschen arbeiten? Die dafür zu ändernden Strukturen sind historisch und kulturell so tief in der Branche verankert, dass Experten diese Transformation in der Fläche erst in fernerer Zukunft erwarten. Dennoch sollten die Grundlagen für eine stärkere Automatisierung bereits heute gelegt werden, um die Möglichkeiten nachgerüsteter oder neuer Maschinen kurzfristig nutzen zu können.

Wie zuvor erwähnt ist dafür eine detaillierte Bau- und Ablaufplanung zwingend notwendig: Autonome Maschinen müssen kontinuierliche Soll-Ist-Vergleiche gegen das geplante Modell



durchführen, um ihren Fortschritt zu überprüfen, da sie anders als Menschen nicht auf Zuruf arbeiten oder improvisieren können. In den Interviews wurde außerdem betont, dass Bauunternehmen dabei direkt in Prozessen und nicht in einzelnen Maschinen denken sollten. So wird der reine Austausch einer menschlich gesteuerten Walze durch eine autonome Maschine die Erwartung einer höheren Produktivität kaum erfüllen können oder sogar zu Effizienzverlusten führen. Aber durch die Berücksichtigung der Möglichkeiten durch Fernsteuerung und Autonomie können neue Bauprozesse entstehen, die auch ohne große physische Veränderungen auf den Baustellen bereits 2030 produktiver sein können als der Status Quo.

In China sehen wir schon seit Jahren größere Tests mit autonomen Infrastrukturbaustellen. Die Argumente, dass diese für öffentliche Aufmerksamkeit und auf Kosten des Arbeitsschutzes erfolgen, treffen sicherlich zu, befreit europäische Bauunternehmen jedoch nicht davon, diese Erfahrungen selbst zu machen. Die abnehmende Binnenkonjunktur in China wird dafür sorgen, dass chinesische Bauunternehmen in andere globale Märkte drängen und auch dort mit strikteren Auflagen Tests durchführen. Die befragten Experten erwarten in Europa zwar bis 2030 keine Präsenz chinesischer Bauunternehmen in der Verkehrsinfrastruktur, das gilt jedoch nicht für chinesische Baumaschinenhersteller.

Diese werden westliche OEMs in den kommenden Jahren unter hohen Innovations- und Preisdruck setzen, besonders im Segment elektrischer Maschinen mit günstiger Automatisierung. Diese hätten großes Potenzial in der EU, sobald der Markteintritt in der Breite gelingt. Dafür spricht auch, dass die bisherigen Eintrittsbarrieren – u.a. Markentreue, Gewohnheit, Sprache, Qualitätsniveau und die Verfügbarkeit von Ersatzteilen – durch einen höheren Grad an Professionalisierung, Standardisierung und Automatisierung tendenziell abnehmen. Westliche Hersteller und Bauunternehmen sollten diese Entwicklung deshalb zwingend beobachten und ihre eigenen Pilotprojekte beschleunigen.





Augmented Reality

Augmented Reality

Das Versprechen, nützliche Visualisierungen und relevante Daten mittels einer Brille auf die Baustelle zu bringen, ist nicht neu. Das Unternehmen DAQRI sammelte damit über Jahre rund 275 Millionen Dollar Risikokapital ein, bevor es 2019 den Betrieb ohne ein erfolgreiches Produkt einstellen musste. Wenn man DAQRIs Augmented Reality (AR) Helm und Brille mit heutigen Geräten vergleicht, unterscheiden sich diese visuell nicht grundlegend voneinander. Warum sind die Experten dennoch überzeugt, dass AR zukünftig eine entscheidende Rolle im Bau spielen wird, und was hat sich seit 2019 geändert?

Preislage 2017

\$15.000

DAQRI Smart Helmet

\$5.000

DAQRI Smart Glasses

Die eine Kategorie relevanter Treiber hängt mit technologischen Verbesserungen zusammen. Anders als noch vor wenigen Jahren arbeiten aktuell fast alle großen Technologiekonzerne an einer AR-Brille für den Endkundenmarkt. Ihre Investitionen und der Wettstreit um das beste Produkt werden die Qualität und den Formfaktor bei sinkenden Preisen auch für professionelle Anwendungsfälle verbessern. In einer anderen Zukunftsstudie unseres Instituts war das befragte Expertenpanel mehrheitlich der Meinung, dass uns dadurch bis 2030 höchstwahrscheinlich ein sogenannter „iPhone-Moment“ für Augmented Reality bevorsteht – also eine Brille auf den Markt kommen wird, welche den Grundstein für eine globale Verbreitung legt, ähnlich wie das erste iPhone für den Smartphone-Markt.

Hinzu kommen die großen Fortschritte bei der Lokalisierung. AR-Brillen ohne präzise

Verortung im Raum sind bestenfalls ein Visualisierungstool, aber kein praktisches Werkzeug, da 3D-Baupläne nicht mit dem Baufortschritt abgeglichen werden können und Anleitungen nicht präzise genug angezeigt werden können. Im schlimmsten Fall sieht der Brillennutzer Gefahren dadurch nicht rechtzeitig. Dieses Problem ist schon heute nach Expertenaussage durch bessere Sensorik und GIS-Integration gelöst und spätestens bis 2030 werden für eine genaue Lokalisierung auch keinen externen, mit Sensoren ausgestattete Beacons mehr aufgestellt werden müssen. Dadurch werden AR-Brillen sofort einsatzfähig. Gleichzeitig werden die Fortschritte in der KI-Entwicklung die erforderliche Sprach- und Gestensteuerung intuitiver und verlässlicher machen.

Die zweite Kategorie von Treibern für AR in der Baubranche hängt eng mit dem Arbeitskräftemangel und dem demografischen Wandel zusammen. In den kommenden Jahren werden viele der erfahrensten Beschäftigten im Bau in den Ruhestand gehen. Allein in Deutschland

werden laut dem HDB 2030 mehr als 100.000 Bauarbeiterinnen und Bauarbeiter fehlen. Diese Entwicklung hat große Implikationen für die Wissensvermittlung im Bau: Einerseits muss die klassische Weitergabe von Wissen von einer sinkenden Zahl erfahrener Bauarbeiter übernommen, andererseits eine steigende Zahl ungelernter Kräfte schnell in die Branche integriert werden.

Experten erwarten, dass AR einen Teil dieser wachsenden Lücke schließen wird. In der zweiten Befragungswelle unserer Studie wurde ein breiter Einsatz der Technologie bis 2030 zwar als unwahrscheinlich eingeschätzt, gleiches gaben die Befragten jedoch auch für die Einschätzung an, dass sie sich niemals verbreiten wird. Bereits bis 2035 wird die Verbreitung von AR als wahrscheinlich gesehen, bis 2050 sogar sehr wahrscheinlich. Dabei geht es im Wesentlichen um zwei große Anwendungsbereiche: Ausbildung und Prozessoptimierung.

In der Ausbildung werden AR-Anwendungen perspektivisch dafür genutzt, neue Arbeitskräfte auf ihren individuellen Wissensstand angepasst anzulernen und trotz kultureller- oder Sprachbarrieren zu integrieren. Dafür muss das im Unternehmen vorhandene Wissen zuerst virtualisiert werden – eine komplexe und langfristige Aufgabe – aber nur so kann Training on the Job skalieren und unabhängig von einzelnen Schlüsselpersonen werden. Selbst ungelernte Kräfte können so für sie individuell zugeschnitten auf Übungsbaustellen durch alle wichtigen Prozessschritte geführt werden und auch haptische Fähigkeiten trainieren, die in virtuellen Simulationen kaum erlernbar sind.

AR-Anwendungen für die Prozessoptimierung werden hingegen für alle Beschäftigten relevant sein. Auf der Basis des selben virtualisierten Wissens können im Blickfeld Warnhinweise, Verbesserungsvorschläge oder Kontextinformationen eingeblendet werden, während die verbauten Sensoren automatisch die Dokumentation von Arbeitsschritten übernehmen. Ähnlich wie in autonomen Maschinen werden Algorithmen zukünftig automatisch und mit



hoher Genauigkeit Soll-Ist-Vergleiche zwischen Baufortschritt und Planung durchführen und dadurch Fehler und Nacharbeiten verhindern. Da diese Optimierung sich besonders bei technisch komplexen, aber standardisierten Projekten bzw. Tätigkeiten eignet, wird die Industrie- und Gebäudeausstattung noch schneller von AR-Anwendungen profitieren als horizontale Infrastrukturprojekte.

Nach Expertenmeinung müssen vor 2030 die folgenden drei wichtigsten Hürden genommen werden: die Integration von AR-Funktionalitäten in gängige Planungstools, die Erstellung grundlegender AR-Inhalte und -Interfaces, sowie die Klärung rechtlicher Unsicherheiten und Haftungsfragen. Dennoch wird es vor allem eine kulturelle Frage sein, ob sich Augmented Reality in den kommenden Jahren durchsetzt. In Abhängigkeit von der technischen Umsetzung und dem Framing besteht die Gefahr, an einem Gefühl der Überwachung oder Fremdsteuerung zu scheitern. Die Optimierung menschlicher Arbeitsprozesse auf Baustellen hat aber gleichzeitig den Nebeneffekt, dass Menschen durch ihre höhere Produktivität länger beschäftigt werden können bzw. eine Automatisierung ihrer Tätigkeit länger unwirtschaftlich bleibt. Diese Abwägung muss innerhalb der nächsten 5 Jahre gemeinsam in der Branche diskutiert und getroffen werden.





KI-Industrie- modelle

KI-Industriemodelle & Datenräume

Künstliche Intelligenz als treibende Kraft im Markt ist momentan allgegenwärtig. Sie treibt in ihren verschiedenen Ausprägungen gleichermaßen die beschriebenen Produktivitätsgewinne in der Planung, die Roboter und Baumaschinen der Zukunft sowie die Nützlichkeit von AR-Anwendungen. Die hohen Investitionen in KI-Hardware & -Algorithmen werden dafür sorgen, dass das Entwicklungstempo im Bereich der Generativen KI à la ChatGPT rasant bleibt und sich ihre wichtigsten Funktionen schon in kurzer Zeit in allen Formen von Standardsoftware wiederfinden werden.

Da öffentlich zugängliche KI-Anwendungen somit zunehmend zur Commodity werden, sind die Technologiekonzerne stetig auf der Suche nach der nächsten Entwicklungsstufe. Aktuell werden die Modelle immer stärker dazu befähigt, komplexe Fragestellungen mittels selbst gewählten, mehrstufigen Lösungswegen zu beantworten und dafür auch selbständig auf Benutzeroberflächen von Websites und Anwendungen zuzugreifen. Die dadurch entstehenden KI-Agenten werden in der Erwartung vieler Experten bereits vor 2030 so verlässlich sein, dass sie zu einer wirklichen Transformation führen. Am Ende dieser Transformation werden sie nicht mehr nur Fragen beantworten können, sondern vollständige Prozesse in unserem privaten und beruflichen Alltag automatisiert haben und dadurch Zeit- und Kostenersparnisse bringen.

Ein Grund, der dafür immer wieder genannt wurde, ist, dass im Gegensatz zu herkömmlicher Software oder neuen Plattformen kaum Einarbeitungszeit nötig ist, um Generative KI bzw. KI-Agenten einzusetzen. Eingaben können in natürlicher Sprache erfolgen, gewohnte Prozesse können häufig beibehalten werden. Außerdem ist das Nutzenversprechen für alle Wertschöpfungsstufen und Unternehmensgrößen deutlich klarer als bspw. bei BIM. Die Arbeitserleichterung fällt nicht in einem anderen Unternehmen oder einer

anderen Abteilung an, sondern direkt beim Nutzer. Gleichzeitig bietet die Technologie eine vergleichsweise günstige Lösung für ein Hauptproblem der Bauindustrie – Fragmentierung. Da KI den Austausch, die Umwandlung und die Analyse von Daten über Unternehmensgrenzen hinweg vereinfacht, sind einige Experten sogar davon überzeugt, dass sie die einzige Möglichkeit sein wird, den Koordinationsproblemen und dem Silodenken in der Bauindustrie erfolgreich zu begegnen.

Warum sind die durch KI versprochenen Zeit- und Kostenersparnisse in der Wirtschaft bisher nicht flächendeckend zu sehen? Ein wichtiger Grund dafür ist, dass die aktuell verwendeten Trainingsdaten der Modelle nicht automatisch relevant für alltägliche Problemstellungen in vielen Unternehmen sind. Für private Prompts ist der Zugriff auf das gesamte Wissen des Internets mehr als ausreichend, doch das wichtigste Wissen für die Beantwortung von Prompts in der Bauindustrie ist im Internet nicht zu finden. Es liegt in den Datensilos der vielen kleinen und großen Unternehmen, und zwar in digitaler wie analoger Form, bei den großen Anbietern von Bausoftware, oder bisher ausschließlich in den Köpfen von Menschen.

Um diesen Datenschatz als Wettbewerbsvorteil zu nutzen, wird der nächste große Schritt deshalb die Entwicklung von Industriemodellen sein: KI-Modelle, die alle relevanten Prozesse entlang der Wertschöpfungskette eines Unternehmens oder einer gesamten Branche unterstützen können. Dafür werden vortrainierte KI-Basismodelle mit den unternehmensinternen Daten verfeinert, um im Idealfall jeden einzelnen Prozessschritt entweder optimieren oder sogar automatisieren zu können. Technologiekonzerne wie Huawei arbeiten schon heute durch Kooperationen mit Bergbau- und Energieunternehmen an solchen Modellen und alle großen Wettbewerber und Anbieter von Bausoftware werden eine ähnliche Strategie verfolgen.

World Models

In den Experteninterviews wurde eine weitere Entwicklungsstufe von KI-Systemen erwähnt, an der aktuell geforscht wird und welche die Bauwirtschaft revolutionieren könnte. Sogenannte Weltmodelle sind neuronale Netze, welche die Gesetze der Physik und die räumlichen Eigenschaften der realen Welt verstehen – eine entscheidende Grundlage für 3D-Modellierung und Robotik.

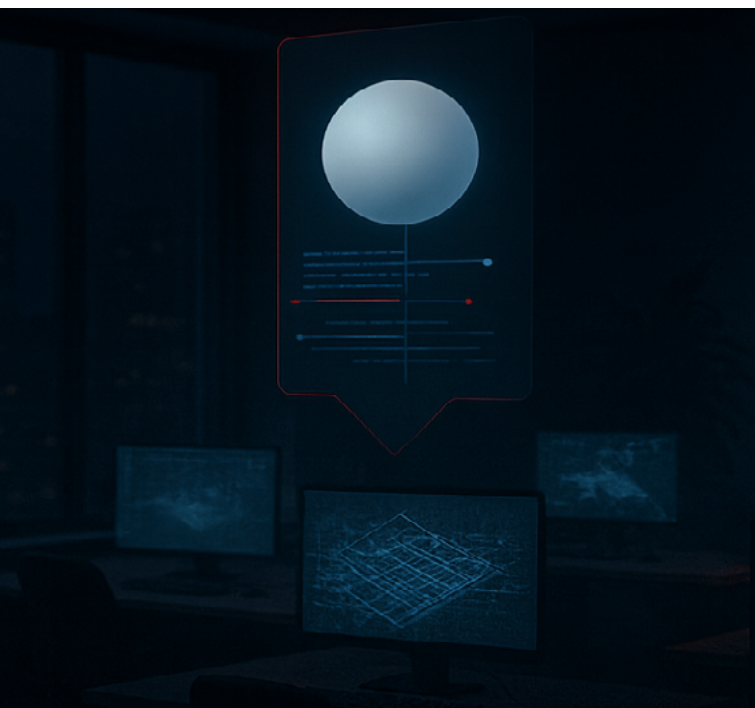
Für Bauunternehmen stellen sich dadurch mehrere wichtige Fragen:

Wäre ein eigenes KI-Modell ein Wettbewerbsvorteil?

Haben wir Zugriff auf alle relevanten Daten, um ein solches Industriemodell zu trainieren oder sind wir auf Kooperationen angewiesen?

Welches Wissen befindet sich bisher nur in den Köpfen unserer besten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter?

Wie tauschen wir unsere Daten mit Partnern aus, ohne die Kontrolle darüber zu verlieren?



Besonders europäische Akteure werden hier vor der Entscheidung stehen, ob sie zukünftig auf die standardisierten Angebote der internationalen Softwareanbieter und Hyperscaler und/oder auf Unabhängigkeit und Datenhoheit in eigenen Industriemodellen setzen.

Die Grundlage für die zweite Option werden bis 2030 sichere Datenräume, bspw. auf Gaia-X-Basis, darstellen. Diese vernetzen vorhandene Plattformen und Datensilos der Beteiligten in einem gemeinsamen Ökosystem mit europäischen Standards, welche gleichzeitig Regeln für die Nutzung durch Kooperationspartner festlegen. So können zukünftig Daten bis auf Projektebene zum Anlernen genutzt werden, ohne die Souveränität über diese Daten zu verlieren. Diese Entwicklung wird jedoch nach Expertenaussagen nicht automatisch erfolgen, sondern erfordert eine bewusste strategische Entscheidung jedes einzelnen Akteurs und ist auch weitestgehend unabhängig davon, auf welches grundlegende KI-Modell und welche Hardware letztendlich gesetzt wird.

Die technische Umsetzung ist trotzdem nur eine unter vielen Fragen, die Bauunternehmen bis 2030 für sich beantworten müssen. Mindestens so relevant sind die Implikationen einer stärkeren KI-Nutzung für die Beschäftigten, und zwar auf allen Einsatz- und Hierarchieebenen.

Wenn KI-Agenten in Zukunft Verträge prüfen, Preise verhandeln, Informationen bereitstellen, Projekte managen und Bauabläufe optimieren, werden sich auch die menschlichen Aufgaben weiterentwickeln müssen. Wenn die einfachen Tätigkeiten zuerst entfallen und sich eher zur Prüfung der KI-Vorarbeit weiterentwickeln, werden viele Arbeiten im ersten Schritt komplexer werden. Unternehmen müssen sich deshalb auch fragen, wie sie ihre Belegschaft dabei unterstützen können, diese Transformation erfolgreich zu bewältigen. Denn diese Aufgabe benötigt auch 2030 zutiefst menschliche Intelligenz.



Zusammenfassung & Ausblick

Diese Zukunftsstudie hat gezeigt, dass Veränderungen in der Baubranche auch innerhalb von 5 Jahren möglich und wahrscheinlich sind. Die größten Produktivitätsgewinne werden in der Bauplanung und -vorbereitung entstehen, wo Experten mit einem bis zu 35 Prozent geringerem Aufwand durch generatives Design sowie KI-gestützte Koordination, Prüfung, Kalkulation und Dokumentenvorbereitung rechnen. Entscheidend wird sein, dass Unternehmen früh damit beginnen, die Struktur und Qualität ihrer Daten dafür zu optimieren und sie in Kooperationen über sichere Datenräume miteinander zu teilen. Während Standard-KI zur Commodity wird, wächst der strategische Hebel eigener Daten durch deren Nutzung in domänenspezifischen KI-Modellen. Dadurch wird KI in Kombination mit anderen Technologien klassische Rollenbilder im Bau schon kurzfristig verändern.

Bis 2030 wird außerdem der Veränderungsdruck auf heute typische Vertragsmodelle steigen, weil sie Effizienz- und Innovationsanreize bremsen. Parallel werden größere Vergabepakete und stärker integrierte Vergabemodelle attraktiver, da Auftraggeber stärker auf Lebenszykluskosten und qualitative Mehrwerte achten. Auf den Baustellen selbst werden bis 2030 eher indirekte Effizienzgewinne sichtbar, da eine bessere Bauplanung und -vorbereitung bereits Reibung reduzieren werden, ohne dass Baustellen sich grundlegend ändern müssen. Technologisch sind bis 2030 vor allem teilautonome und parallel ferngesteuerte Maschinen zu erwarten, während humanoide Roboter und 1:1-Fernsteuerung eine Nische bleiben. Zugleich steigt der Wettbewerbsdruck durch chinesische OEMs insbesondere bei elektrischen und günstigen, automatisierten Maschinen. Und schließlich wird Augmented Reality bis 2030 zwar nicht flächendeckend, aber deutlich praktikabler in der Ausbildung und Prozessunterstützung eingesetzt werden können.

Trotzdem ist keine dieser Veränderungen ein Automatismus. Gerade in der Bauindustrie müssen viele einzelne Akteure gemeinsam an einem Strang ziehen, um große Veränderungen zu ermöglichen. Doch wenn alle gleichermaßen verstehen, dass Veränderung auch Chance und Stillstand auch Risiko bedeuten kann, sind große Transformationen möglich. Im Kleinen wird Veränderung auch Scheitern bedeuten: kein Industriemodell, keine autonome Maschine und keine AR-Anwendung wird im ersten Testlauf ihr vollständiges Potenzial entfalten können. Wie jeder andere Prozess in der Wertschöpfungskette wird Erfolg Erfahrung durch zweite, dritte oder vierte Versuche benötigen. Es liegt an uns, diese Versuche zuzulassen und motivierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bestmöglich zu unterstützen, statt Pilotprojekte im Keim zu ersticken.

Wir haben in unseren Interviews mit vielen Menschen gesprochen, die heute motivierter sind als je zuvor, die Baubranche zu verändern. Wir würden uns freuen, wenn Sie, liebe Leserinnen und Leser, diese Motivation teilen und mit uns gemeinsam die Zukunft gestalten wollen!



Über 2b AHEAD

Europas größtes Zukunftsforschungsinstitut

Zukunft entsteht nicht von allein – sie wird gemacht. Von Menschen wie Ihnen. Von Unternehmen, die nicht abwarten, sondern gestalten. Wir bei 2b AHEAD wissen, wie das geht. Als DER deutsche Think Tank für Zukunftsforschung verwandeln wir wissenschaftliche Zukunftsforschung in messbares Unternehmenswachstum.

Gegründet von unserem Chairman Sven Gabor Janszky, einem der führenden Zukunftsforscher Europas, stehen wir für innovative Strategien, die Unternehmen dabei helfen, Trends frühzeitig zu erkennen und für ihren Erfolg zu nutzen.

Seit über zwei Jahrzehnten entwickelt unser interdisziplinäres Team aus Zukunftsforschern,

Strategen, Branchenpraktikern und KI-Experten praxisnahe Szenarien und Strategien für die nächsten 5 bis 15 Jahre. Unsere Studien, Beratungen und Innovationsprogramme basieren auf fundierten Erkenntnissen und praxistauglichen Lösungen, die auf die individuellen Bedürfnisse unserer Kunden abgestimmt sind.

Dafür arbeiten wir mit einem internationalen Netzwerk aus Branchenführern, Start-ups und Wissenschaftlern zusammen. Diese treffen wir regelmäßig auf unseren internationalen Reisen, unseren Branchenevents sowie unserem jährlichen Zukunftskongress. Diesen Vorsprung nutzen wir, um mit unseren Investmentfonds gezielt in Startups zu investieren, mit dem Potenzial, Branchen tiefgreifend zu verändern.

VIA IMC

Die Innovationseinheit von VINCI im Bereich Infrastrukturbau

Wir bei VIA IMC sind überzeugt, dass der Infrastrukturbau vor einem notwendigen Wandel steht. Unsere Branche muss digitaler werden, um Ressourcen zu schonen, Produktivität zu steigern und die Arbeit auf Baustellen sicherer und effizienter zu gestalten. Digitalisierung ist für uns kein Selbstzweck, sondern ein zentraler Hebel, um den Anforderungen des modernen Bauens gerecht zu werden. Sie bedeutet Veränderung und Mut. Unser Ziel ist es, diesen Mut zu fördern und zu zeigen, dass digitale Lösungen einen echten Mehrwert für alle Beteiligten schaffen.

Aus diesem Anspruch heraus verstehen wir uns als interdisziplinärer Think Tank. Wir vereinen jahrzehntelange Erfahrung im Planen, Bauen und Betreiben komplexer Infrastrukturen mit technologischer Expertise. Unsere Teams aus Praktikern, Softwareentwicklern

und Data Scientists entwickeln innovative Produkte vollständig inhouse. Inspiration entsteht dabei sowohl am Computer als auch draußen auf der Straße stets mit Fokus auf die reale Anwendung.

Im engen Austausch mit den operativen Einheiten entwickeln wir unsere Lösungen konsequent praxisnah. Unsere Produkte sind so gestaltet, dass sie direkt auf der Baustelle eingesetzt werden können und mit direktem Feedback weitere Optimierungen ermöglicht. Wir sind digital, um effizient zu sein, genauso wie es das moderne Bauen verlangt. Gemeinsam mit unseren Partnern gestalten wir den Weg in die digitale Zukunft des Straßen- und Infrastrukturbau und machen Digitalisierung verständlich, nutzbar und wirksam für unsere Branche.

Impressum

Autoren

Diese Zukunftsstudie wurde von dem Zukunftsforschungsinstitut 2b AHEAD ThinkTank GmbH veröffentlicht. Der Autor des Whitepaper ist Paul Becke, Studienleiter und Senior Consultant. Verantwortlich im Sinne des Presserechts ist der Geschäftsführer der 2b AHEAD ThinkTank GmbH, Sven Gabor Janszky. Für Fragen, Kommentare und Anmerkungen nutzen Sie bitte die folgenden Kontaktmöglichkeiten.

Kontakt

2b AHEAD ThinkTank GmbH

Spinnereistraße 7, Hall 20 E

D-04179 Leipzig

Eingetragen im Handelsregister des Amtsgerichts Leipzig:

HRB 31639

Steuer-ID-Nr. DE302023600

Telefon: +49 341 12479610

E-Mail: strategic-foresight@2bahead.com

Bildquellen:

Das Cover dieser Studie und alle verwendeten Bilder wurden mit künstlicher Intelligenz erstellt.



Attribution-ShareAlike 4.0 International
(CC BY-SA 4.0)



INFRASTRUKTURBAU
2030

26AHEAD
tomorrowing your business

VIA IMC

