

## 2 Bauen und Digitalisierung sind keine Gegensätze

Bauen und Digitalisierung, das klingt für viele wie eine moderne Sichtweise. Sie ist es natürlich auch. Wobei schon antiken und vorantiken Gebäuden erstaunlich aufwändige und präzise Berechnungen zugrunde lagen. Dabei ging es einmal um Fragen der Astronomie und Astrologie und andererseits um ganz konkrete Fragen der Architektur und Statik. Astronomie und Astrologie konnten relevant sein für den richtigen Standort und Bautermine und damit für die positive Unterstützung durch göttliche oder universale Kräfte. Natürlich mussten auch, nicht anders als heute, Fragen der Versorgung und Erhaltung des Bauwerks oder Gebäudes berechnet werden.

Ein Beispiel ist die Wasserversorgung: Antike Städte verlangten wie heutige Metropolen nach gewaltigen Logistikleistungen. Für Rom standen zum Beispiel rund 600 Kubikmeter Wasser für jeden Einwohner am Tag zur Verfügung [4], mehr als 5-mal mehr als ein Bundesbürger verbraucht [5]. Nicht nur die Aquädukte Roms, die ganze Logistik einer antiken Stadt kann uns in Staunen versetzen. Bereits im 9. Jahrhundert vor Christus wurden am assyrischen Hof an einem Tag 15.000 Menschen verpflegt, bei mehrtägigen Banketten sogar 50.000, bis zu fast 70.000 Menschen. [6]

Diese Versorgungsleistungen sind ohne Informationstechnologie, die bei Dokumentation, Planung und Kontrolle hilft, nicht denkbar und dank antiker Dokumente können wir heute diese fast unglaublichen Zahlen nachvollziehen. „Informationstechniken“, wenn auch über lange Zeiträume analoge, zählen zu Architektur und Bauen also schon lange dazu. Betriebs- und Versorgungslogistik zählen ebenfalls zur Bauplanung und verlangen nicht minder komplexe Berechnungen wie eine Kuppel, ein Bogen oder ein möglichst flach gebautes steinernes Aquädukt, das eine langsame Fließgeschwindigkeit des Wassers aufweist und deshalb nicht so sehr vom Abrieb durch das fließende Wasser verschlissen wird. [7]

Wir sehen, dass Bauen und Bauplanung schon lange eine Zusammenarbeit von Architektur, Ingenieurwesen und der konkreten Bautätigkeit waren. Nur dass es den Begriff „AEC“ (Architecture, Engineering, Construction) noch nicht gab. Als Datenträger dienten damals Papyrus und Pergament, Letzteres wurde aus Tierhaut (Kälber, Ziegen etc.) gefertigt. Heute sind Baupläne in den meisten Fällen digital abgespeichert und stellen einen Teil des digitalen BIM, also des Building Information Modellings dar. Das BIM ist Prozess und Dokumentation zugleich, es verknüpft die Planung, den Bau, die Steuerung des Betriebs und im Ideal auch den Rückbau eines Bauwerks auf einer digitalen Plattform. In der höchsten Ausbaustufe reden wir von einem Digitalen Zwilling des Bauwerks. Das bedeutet, dass alle Funktionen und Zustände

des Bauwerks in einem digitalen Modell abgebildet sind, welches ermöglicht, den aktuellen Zustand des Gebäudes auszulesen, zukünftige Zustände vorherzusagen und damit effizientere Steuerung oder Regelung zu entwickeln. Dieses digitale Modell bzw. der Digitale Zwilling zeigt die große Komplexität der Realität eines Gebäudes. Wettervorhersagen werden genauso Teil des Modells wie prognostizierte und reale Raumbelegungen, Verbrauchsvorhersagen von Energie oder von Verbrauchs- und Betriebsstoffen wie dem schon erwähnten Wasser.

Mit der Digitalisierung entstanden viele Möglichkeiten, die analog nicht oder nur mit großem Aufwand möglich gewesen wären. Mit Künstlicher Intelligenz erleben wir jetzt nochmal mehr Möglichkeiten. Manche von uns sind wie Kinder begeistert. Viele von uns probieren täglich neue Anwendungen aus und sind immer neu fasziniert. Dennoch stehen wir erst am Anfang und können kaum abschätzen, wie die Zukunft mit KI aussehen wird. Fast sicher ist, sie wird anders sein, als wir sie uns heute vorstellen.

### 2.1 Künstliche Intelligenz ist eine Idee, die immer realer wird

Seit Menschen Maschinen bauen, denken sie über intelligente Maschinen nach und wie sie diese bauen könnten. Die Geschichte der Entwicklung Künstlicher Intelligenz ist häufig erzählt worden. Sie kann als eine Reise um die Welt erzählt werden. Und auf dieser Reise begegnen wir buddhistischen Mathematikern, wir besuchen Bagdad, Toledo, Pisa, Bletchley Park, das Silicon Valley und ein Grillfest.

Wie wir alle wissen, baut die aktuelle Computertechnik auf zwei Werten auf, der Null und der Eins. Mit ihnen werden binäre Codes gebildet. Binär bedeutet, es gibt zwei Werte. Es fließt Strom bei „Eins“ und es fließt kein Strom bei „Null“. Die „Eins“ kann sich jeder vorstellen. Die „Null“ war den Menschen lange Zeit fremd. Es gab keine mathematische Darstellung der Leere, geschweige denn von negativen Werten. Die Leere in Form der Zahl Null stammt von dem buddhistischen Mathematiker Brahmagupta aus dem sechsten Jahrhundert unserer Zeitrechnung (598–668) und er hat sie übrigens in Versform „gedichtet“. Wir könnten sagen, sein Text hatte dadurch eine zusätzliche mathematische Qualität.

Im Buddhismus hat die materielle Leere einen besonderen wesentlichen und spirituellen Wert. Vielleicht können Nicht-Buddhisten sie sich ganz gut mit dem Satz des kleinen Prinzen vorstellen: „Das Wesentliche ist für die Augen unsichtbar“. Hat dieses Verständnis bei der Entdeckung der Zahl Null geholfen? Die Zahl Null und die anderen „arabischen“ Zahlen stammen also unter anderem aus Indien. Die Idee der Null wurde im 8. Jahrhundert im neu gegründeten Bagdad von dem arabischen

## 4 KI wird auf Baustellen genutzt – wenn auch noch in wenigen Anwendungen

Wer sich mit KI beschäftigt, wird für alles und jedes Anwendungen Künstlicher Intelligenz finden. Und dann gehen wir auf die Baustelle. Dort finden wir – wenig. Sicher, wir finden Anwendungen und es gibt auch mehr als die Beispiele, die in Folge genannt werden. Aber wir erhalten nicht den Eindruck, dass die Hilfe, die KI in Architektur und Ingenieurwesen bietet, auch auf der Baustelle auf fruchtbaren Boden stößt. Sind die Baustellen von heute denn noch so analog? Sind sie die „gallischen Dörfer“ der KI? Vielleicht sind sie es. Vielleicht sind diese Zeilen schon falsch in dem Moment, in dem sie geschrieben werden. Sicher zeigen die Beispiele, die jetzt folgen, dass sich etwas tut. Und wie wir am Beispiel von ChatGPT gesehen haben: Im Bereich von KI können wir ganz schnell revolutionäre Momente erleben, die uns in Ehrfurcht und Staunen kurz erstarrten lassen.

Wenn wir uns Vergleichszahlen ansehen, dann hat das Bauwesen ein Problem: Die Entwicklung der Produktivität ist global im gesamtwirtschaftlichen Vergleich unterdurchschnittlich und steht dramatisch hinter dem produzierenden Gewerbe zurück. Nach einer McKinsey-Studie hat sich die Arbeitsproduktivität im Baugewerbe global in den vergangenen zwei Dekaden nur gering verändert, im produzierenden Gewerbe aber verdoppelt. [28]

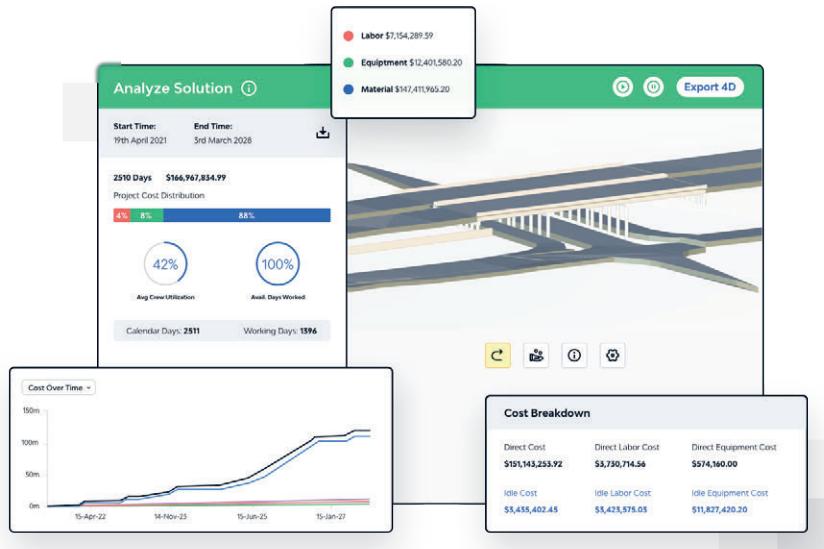
In Deutschland sieht es nicht besser aus. Der Hauptverband der deutschen Bauindustrie hat festgestellt, dass die Arbeitsproduktivität einer Stunde in 32 Jahren nur einmal über dem Niveau von 1991 lag. Das war 1992. 2023 lag die Arbeitsproduktivität auf dem Niveau von unter 80 Prozent des Niveaus von 1991. Einer der Gründe, die dafür angeführt werden, ist die Integration von geringqualifizierten Arbeitskräften in den Bauarbeitsmarkt. Fairerweise muss – bevor wir das Bild zu schwarz malen – darauf hingewiesen werden, dass die Messung von vielen Variablen abhängt, die sich stark verändert haben, und deshalb die Zahlen nicht ganz die Aussagekraft haben, wie in anderen Statistiken. Dennoch bleibt die Grundrichtung von niemandem angezweifelt: Es gibt auf der Baustelle ein ungelöstes Produktivitätsproblem im Vergleich mit dem Rest der Wirtschaft. [29]

### 4.1 KI hilft bei der Planung und dem Management der Baustelle

Die Planung und das Management einer Baustelle sind eine vieldimensionale Herausforderung verschiedenster Zusammenhänge, Abhängigkeiten und verknüpfter Voraussetzungen. Das führt dazu, dass es niemals nur einen Weg gibt, den Prozess

des Zusammenspiels der Gewerke einer Baustelle zu planen. Unterschiedliche Planungen haben wiederum unterschiedliche Kosten und Risikoprofile. Wir sehen, die Baustellenplanung ist eigentlich das ideale Feld für Künstliche Intelligenz.

In den digitalen Tools, die dazu angeboten werden, finden wir KI-unterstützte Szenarioplanung, Exploration und Analyse für Baustellen. KI hilft dabei, effizient und risikoreduziert zu planen. Ähnlich wie bei der Konstruktionsplanung ist auch hier einer der Vorteile, dass ohne großen Aufwand fundamental unterschiedliche oder auch nur minimal geänderte Planalternativen auf ihre Konsequenzen überprüft und miteinander verglichen werden können. [30] Der Vorteil dürfte in der Planung der Baustelle auch dann noch tragen, wenn die Arbeit längst begonnen hat, denn wenn durch Wettereinflüsse oder andere schwer vorhersehbare Faktoren ein Verzug eintritt, kann dies größere und langfristige Auswirkungen auf die weitere Bauplanung und die Termine und Aufgabenprofile der Gewerke haben. Dies gilt natürlich nicht zuletzt für den TAG-E-Ausbau mit seinen vielfältigen Vernetzungen der Gewerke.



**Bild 4.1** KI-gesteuerte Analyse- und Planungstools helfen bei der Optimierung von Zeitabläufen, Kosten und Ressourcen (Quelle: ALICE Technologies)

Neben der eigentlichen zeitlichen Planung einer Baustelle ist ein Bauprojekt eigentlich auch ein „Big-Data-Projekt“ mit sehr unterschiedlichen Dokumentformaten wie Papier, PDF, den üblichen Programmen der Bürokommunikation. Dazu kommen die schon angesprochenen spezialisierten digitalen Formate wie CAD-Konstruktions-

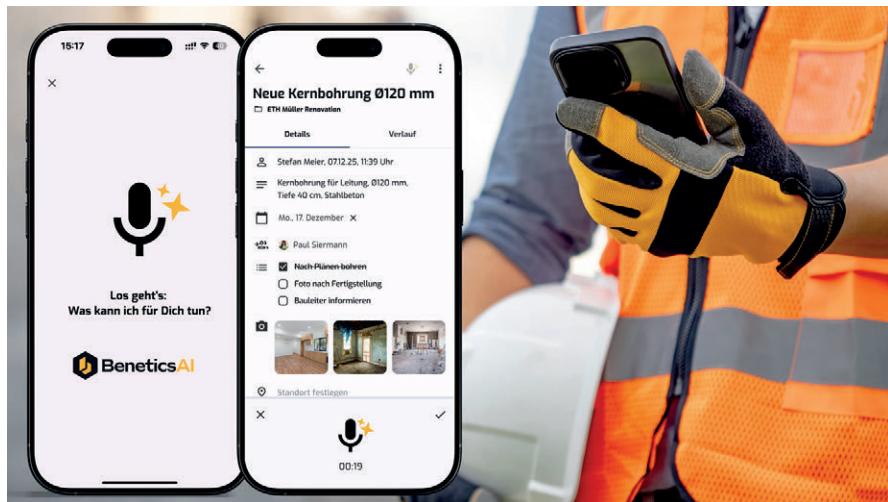
zeichnungen. Im Prozess der Planung, Angebotseinholung, Angebotsabgaben, des Baustellenmanagements etc. werden immer wieder von unterschiedlichen Stellen Informationen aus den Projektdaten benötigt. Mit Künstlicher Intelligenz ist es wie nie zuvor möglich, die Dokumente und Informationen effizient und effektiv zu managen. Eine zentrale KI-unterstützte Informationsplattform kann helfen, Fragen aus dem Büro oder von der Baustelle schnell zu beantworten. Das wäre zumindest eines der Versprechen von Unternehmen wie TrunkTools. Es entstünden dann, von der Automation unterstützt, Konstruktionsplanungen, technische Vorgaben, Datenblätter. Es könnten vereinfacht Arbeitsanweisungen generiert werden. Um Fragen zu beantworten, könnten in kurzer Zeit die relevanten Informationen aus der gesamten Datenbank destilliert werden. Mit generativer KI könnte nicht nur die Information relativ präzise aufbereitet werden, sie wäre auch in niedrigschwelligem und intuitiven Dialogformat verfügbar und ließe sich in die üblichen Prozessumgebungen integrieren. [31] Ein Teil dieser Versprechen lässt sich schon heute halten, den Rest müssen wir als Werbung oder Inspiration für die Zukunft verstehen.

## 4.2 Sicherung Baustelle

Baustellsicherung ist natürlich ein Thema, in dem KI eine große Rolle spielt und spielen wird. Systeme sozialer Absicherung mit Video und KI, ob in extremen Ausbauformen wie in einigen Städten Chinas oder in Experimentalversionen wie u. a. durch die Polizei in Hamburg zeigen, wie sehr Videotechnik und KI mit Bilderkennung und Analytik zusammenarbeiten können. Für Baustellen bedeutet dies, dass mit KI-gestützten Videosystemen eine sehr detaillierte Überwachung der Baustelle, der Personen auf der Baustelle, Tätigkeiten und Handlungen erfolgen kann. Die automatisierte Analyse erlaubt mit wesentlich weniger Personal wesentlich mehr Kameraperspektiven gleichzeitig im Blick zu behalten. Schnelle Interventionen mit Lautsprechern, Sicherheitspersonal und Polizei sind möglich und damit ein größerer Schutz gegen Unfälle, Diebstahl und Vandalismus.

## 4.3 KI unterstützt die Baudokumentation und Kommunikation

Handwerksbetriebe kennen die Herausforderung der transparenten Erfassung und Dokumentation von Arbeiten auf einer Baustelle. Inzwischen werden KI-Sprachassistenten dafür benutzt. Die Anwendung ist denkbar einfach. Die verantwortliche Person des Handwerksteams auf der Baustelle spricht Tätigkeiten und Baufortschritte einfach in eine App wie zum Beispiel die des Schweizer Unternehmens Benetics AI ein.



**Bild 4.2** Erfassung und Dokumentation von Arbeiten auf der Baustelle per KI-gestützter App (Quelle: Benetics AI)



**Bild 4.3** Beschreibungen, Statusberichte und Baufortschritte per Spracheingabe dokumentieren (Quelle: Benetics AI)

Die KI-gestützte Software, in deren Kern eins der leistungsfähigen LLMs arbeitet, erstellt aus den Eingaben Statusberichte mit Planverortung und Fotos, Aufgabenbeschreibungen und vieles mehr. Diese Informationen werden für die Projektbeteiligten entsprechend ihren Aufgaben und ihrer Rolle zur Verfügung gestellt. Das Tool versteht über 30 Sprachen und Dialekte, es versteht den Jargon und die Fachbegriffe