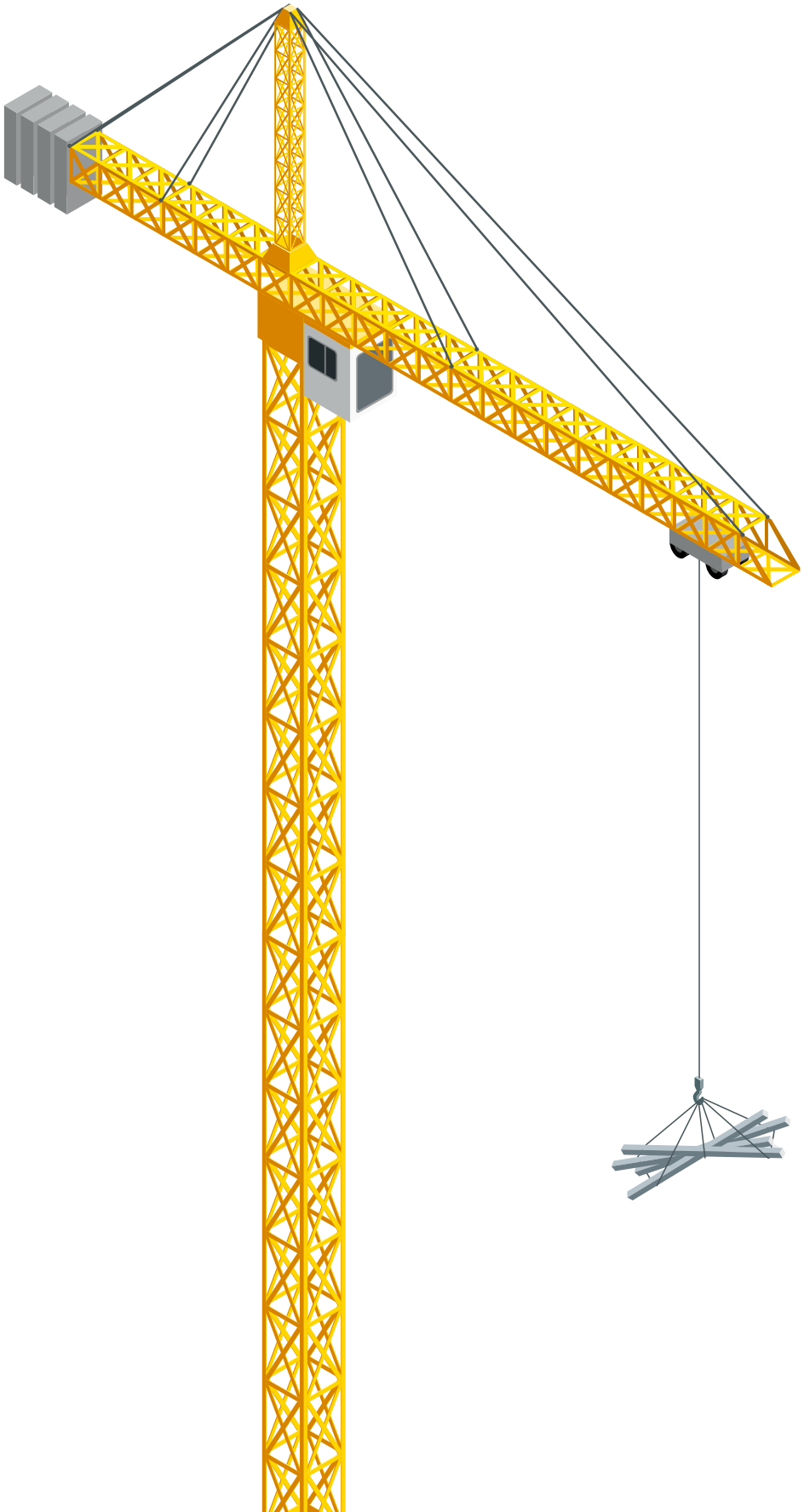
Fraunhofer IAO

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Edith Schwimmer, Günter Wenzel, Steffen Braun, Patrick Ruess, Dr. Alexander Rieck, Frauke-Johanna Eix

Szenarioprozess »Bauen 2030«

Kurzbericht: Zukunftsszenarien für das Planen, Bauen, Betreiben und Rückbauen im Jahr 2030



Inhalt

Management Summary **4**

1. Einführung **6**

2. Handlungsfelder, Schlüsselfaktoren und Zukunftsprojektionen Bauen 2030 . . . . **7**

3. Bauen 2030 – Drei alternative Zukunftsszenarien **10**

3.1 Szenario1: #innovationiskey 10

3.2 Szenario 2: #greenregulation 17

3.3 Szenario 3: #heritagefortomorrow 23

3.4 Erste Interpretation und Bewertung der Szenarien 29

4. Ausblick **33**

Impressum **35**

Management Summary

Die Bau- und Immobilienwirtschaft steht im Kontext der Bewältigung des Klimawandels sowie der digitalen Transformation von Prozessen, Geschäftsmodellen und Produkten vor vielfältigen Veränderungen. Als weitere Herausforderung steigt beispielsweise auch der Bedarf an Raum für Wohnen und Arbeiten insbesondere in Städten. Nicht nur aufgrund zunehmender Flächenversiegelung, sondern auch wegen immer höherer Baukosten sind neue Formen des Planens, Bauens und Wohnens gefragt. Zudem müssen immer mehr technische Infrastrukturbauwerke für Daseinsvorsorge und Wirtschaftsstruktur erneuert, saniert bzw. an geänderte Bedarfe aus Mobilität, Energie und Telekommunikation sowie an die steigenden Anforderungen durch die Folgen des Klimawandels angepasst werden. Dies geht einher mit einer dynamischen Anpassung an neue Herausforderungen und einer lebenszyklusorientierten Transformation. Auch werden Baumaschinen, -werkzeuge sowie Baustellen zunehmend technisch komplexer und bedürfen daher neuer Kooperationen zwischen Maschinenbau und Planung über die gesamte Wertschöpfungskette Bau.

Aus Systemsicht muss die Bau- und Immobilienwirtschaft stärker als Teil der Veränderungsprozesse der gebauten Umgebung in Stadt, Land und Infrastruktur integriert werden und somit ein holistischer und viele verschiedene Sektoren berücksichtigender Ansatz für die Digitalisierung in der Bau- und Immobilienbranche gestaltet werden.

Aufgrund dessen, und um ganzheitliche Perspektiven auf die Zukunft der Branche zu schaffen, hat das Fraunhofer IAO das Forschungsprojekt »Bauen 2030« zusammen mit sechs tragenden Verbänden und Kammern der deutschen Bau- und Immobilienwirtschaft mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Interessen durchgeführt. In einem umfassenden Foresight-Prozess wurden über 100 Trends in 15 Workshops mit über 50 nationalen Expertinnen und Experten in drei konsistente und alternative Zukunftsszenarien gebündelt, welche nachfolgend skizziert werden:

Szenario1: #innovationiskey

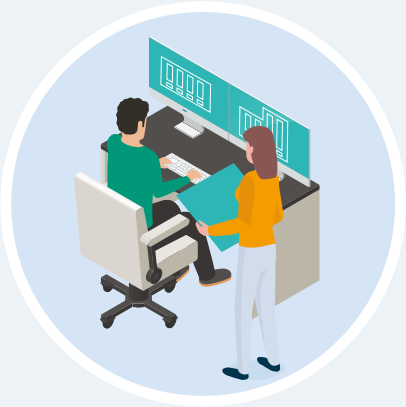
Durch hochgradig integratives Planen, Bauen und Betreiben sowie das Denken in Prozessen im Gesamtsystem und nicht als Einzellösungen führt eine Transformation der Branche zur Vermischung und Auflösung der Grenzen von Planung, Ausführung und Betrieb. Die wichtigsten Treiber für dieses Szenario sind Innovationsbegeisterung, Marktvertrauen aber auch entsprechende Marktverantwortung, ein zunehmender Zeitdruck, die Bereitschaft, sich innerhalb des Ökosystems der gebauten Umwelt proaktiv zu vernetzen und die durchgängig gesellschaftlich etablierte Akzeptanz, bestmöglich die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu verfolgen.

Szenario2: #greenregulation

Die stetige Weiterentwicklung von Regularien, u. a. hinsichtlich des Erreichens von Klimazielen, führt zu einer Überregulierung, welche in den meisten Subbranchen zur Innovationsbremse wird. Für die Gebäudeausrüstung jedoch wirkt die Regulierung als Innovationstreiber. Der Transformationsprozess entwickelt sich maßgeblich in den Leitplanken der Regulierung. Die wichtigsten Treiber für dieses Szenario sind ein träger Markt, der aus sich heraus kaum in der Lage ist, die von der Politik und Gesellschaft vorgegebenen Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, ein Staat, der mit geringem Vertrauen in die Prozesse eines

#innovationiskey

#greenregulation



#heritagefortomorrow

freien Marktes und durch einschränkende Regularien Innovation hemmt, sowie eine Gesellschaft, die nur zögerlich bereit ist, ihr Verhalten und ihre Ansprüche an die gebaute Umwelt anzupassen.

Szenario 3: #heritagefortomorrow

Der Transformationsprozess orientiert sich stark am Schutz erhaltenswerter Strukturen der deutschen Bau- und Immobilienwirtschaft. Die wichtigsten Treiber dieses Szenarios sind der starke Wille der Branche zum Erhalt und zur Förderung der Tradition der deutschen Baukultur und des Handwerks sowie schlanke und robuste technische Lösungen. Die Rückbesinnung auf regionale Bauformen dominiert, externe Unternehmen aus anderen Branchen und Regionen haben jedoch aufgrund der Trägheit der deutschen Branche im dynamischen Umfeld einen leichten Markteintritt und dominieren diesen in vielen Bereichen. Lediglich größere Unternehmen sind mit Leuchtturmprojekten Innovationstreiber. Heutige Regularien werden größtenteils erhalten und nur hinsichtlich verschärfender Klimaaspekte aktualisiert, dabei entsteht wenig technologischer Fortschritt.

Szenarien als gemeinsamer Handlungsrahmen

Die Bau- und Immobilienbranche wird nur zukunftsfähig sein, wenn sowohl Problemlagen als auch Lösungen gemeinsam analysiert, gedacht, entwickelt und erprobt werden. Aufgrund der großen Breite des Zukunftsraums für die aktive Gestaltung der Immobilien- und Baubranche ist die Szenario-Interpretation und strategische Ableitung von Handlungsempfehlungen nicht Teil des Verbundprojekts, sondern erfolgt jeweils durch die beteiligten Verbände und deren Mitglieder. Durch die gemeinschaftlich entwickelten Zukunftsszenarien wurde dafür ein strukturierter Referenzrahmen geschaffen, der den Zeithorizont bis 2030 wissenschaftlich ausleuchtet und konsistente Transformationspfade beschreibt.

Nun gilt es gemeinsam mit Wirtschaft, Wissenschaft und Politik die Zukunft der Branche proaktiv und vorausschauend zu gestalten!

1. Einführung

Die Bau- und Immobilienwirtschaft hat zahlreiche Bezüge zu anderen Bereichen, sie reagiert auf gesellschaftliche Anforderungen, agiert im Rahmen technischer Möglichkeiten und entwickelt sich in den Leitplanken von Regulierungen. Sie ist zwar eine der größten Wirtschaftsbranchen des Landes, liegt mit ihrem Digitalisierungsgrad jedoch weit hinter den anderen Branchen. Sie betrifft den gesamten gebauten Lebensraum unserer Gesellschaft, hat hohe ökologische Auswirkungen und ist einer der größten Ressourcenverbraucher.

Die Idee, einen gemeinsamen Rahmen für die dringend nötige Transformation zu setzen und dies in einem kooperativen Szenario-Prozess durchzuführen, entstand 2018 aus der Diskussion zwischen Prof. Bullinger, Senator der Fraunhofer-Gesellschaft, und dem damaligen Hauptgeschäftsführer des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie e. V. (HDB). Die Einbindung weiterer Verbände und Kammern, wie der Bundesarchitektenkammer e. V. (BAK), der Bundesingenieurkammer e. V. (BIngK), dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), dem ZIA Zentraler Immobilien Ausschuss e. V. (ZIA) und dem Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e. V. (ZDB) legte die Rahmenbedingungen für eine verbandsübergreifende Zukunftsschau über alle Lebenszyklusphasen des Bauens von Planung über Immobilienbewirtschaftung bis hin zum Recycling von Baumaterialien. Erst aus diesem systematischen Vorgehen heraus lassen sich aus Sicht der Branche und der angewandten Forschung die wesentlichen Standards, Normen und rechtlichen Rahmenbedingungen identifizieren, die den Weg hin zu einer ganzheitlichen Transformation der Wertschöpfungskette Bau erleichtern werden.

Das Kernteam des Projektes »Bauen 2030« für die Prozesssteuerung setzt sich aus Führungskräften und Mitarbeitenden des Fraunhofer IAO sowie eines Kernteams auf Seiten der am Verbund beteiligten Verbände und Kammern zusammen. Zudem waren über 50 Expertinnen und Experten unterschiedlicher Fachrichtungen eingebunden.

Dieser Kurzbericht beinhaltet eine Zusammenfassung der umfänglichen Ergebnisse eines intensiven und methodischen Vorgehens zur Szenarien-Entwicklung. Die detaillierten Ergebnisse liegen den Verbänden und Kammern des Verbunds für eine interne Bearbeitung vor.

2. Handlungsfelder, Schlüsselfaktoren und Zukunftsprojektionen Bauen 2030

Im Szenario-Prozess »Bauen 2030« wurden aus über 100 Trends 35 Einflussfaktoren abgeleitet, welche wiederum auf 15 Schlüsselfaktoren verdichtet wurden. Diese haben sich im Laufe des Prozesses als besonders relevant für die Wertschöpfungskette Bau im Jahr 2030 in Deutschland herausgestellt. Die Faktoren sind in die brancheninternen Handlungsfelder Technologie, Prozesse und Fertigung, Bauprodukte und Bausysteme sowie in die branchenexternen globalen Handlungsfelder Mensch und Gesellschaft, Nachhaltigkeit und Wirtschaft aufgeteilt. Für die Szenario-Bildung wurden neben den Schlüsselfaktoren vereinzelt auch Einflussfaktoren wieder aufgenommen. Die Schlüsselfaktoren für das Bauen 2030 lauten:

Handlungsfeld: Technologien

- Simulation der Lebenszyklusphasen
- Kombinierbarkeit digitaler Systeme
- Climate Engineering
- Parametrisierte Planungsprozesse
- Technische Gebäudeausrüstung

Handlungsfeld: Prozesse und Fertigung

- Modulares vorgefertigtes Bauen
- On-Site-Production (Mobile Fabrik)
- Berücksichtigung der Fertigungsplanung in der Entwurfsplanung

Handlungsfeld: Bauprodukte und Bausysteme

- Smart Materials

Handlungsfeld: Mensch und Gesellschaft

- Ansprüche der Nutzerinnen und Nutzer
- Ausbildung und Beruf

Handlungsfeld: Nachhaltigkeit und Umwelt

- Auswirkungen des Klimawandels
- Ganzheitliche Bilanzierung
- Wechselwirkungen im Ökosystem Stadt

Handlungsfeld: Wirtschaftlichkeit

- Bauen im Bestand

Im Szenario-Prozess wurden mit den Expertinnen und Experten für jeden der genannten Schlüsselfaktoren alternative Projektionen für Ausprägungen im Jahr 2030 entwickelt. Diese Projektionen wurden für alle Schlüsselfaktoren daraufhin bewertet, wie konsistent sie mit anderen Projektionen in einer Zukunft denkbar sind oder ob sie sich gegenseitig logisch ausschließen. So entstanden Projektionsbündel, die zu drei ausgewählten, in sich konsistenten Zukunftsszenarien weiterentwickelt wurden und damit eine wissenschaftlich belastbare Konstruktion möglicher Zukünfte für die Bau- und Immobilienbranche in Deutschland bis zum Jahr 2030 wiedergeben. Demnach können sich einzelne Projektionen bis 2030 durchaus auch anders entwickeln. Darüber hinaus wurden auch Projektionen entwickelt, welche sich aufgrund fehlender Konsistenz nicht in den Szenarien wieder finden, in der folgenden Tabelle aber aufgeführt sind. Die Szenarien selbst haben je nach inhaltlichem Schwerpunkt unterschiedliche Ausprägungen. Diese können der Tabelle entnommen werden.

Tabelle: Übersicht der Schlüsselfaktoren und ihrer alternativen Projektionen für das Jahr 2030

Nr.	Schlüsselfaktor - Titel	Schlüsselfaktor - Projektion	#innovation-iskey	#green-regulation	#heritagefor-tomorrow
1. Branchenumfeld					
1.1 Technologien für die Baubranche					
SF 1	**Simulation der Lebenszyklusphasen**	a. Simulation wird nur in der Planungsphase eines Bauwerks verwendet			
		b. Hoch vernetzte Betriebsphasen- und Bestandssimulation	x	x	
		c. Simulation nur im kleinen eigenen Ökosystem			x
		d. KI übernimmt Macht	x		
SF 2	**Kombination digitaler Systeme**	a. verinselte hochspezialisierte Welten			x
		b. regelbasiertes Schnittstellenmanagement		x	
		c. offene Kombinierbarkeit	x		
SF 3	**Climate Engineering**	a. Climate Engineering dominiert Branche		x	
		b. Definierte Innenraumzustände durch Climate Engineering			x
		c. Gebäude als flexibler Klimabaustein in der Stadt			
		d. Durchgängige digitale Modelle sind das A und O	x		
SF 4	**Parametrisierte Planungsprozesse**	a. Vernetzte parametrische Planungswelt	x		
		b. Effizienz- und kostenfixierte Planungswelt			
		c. Bestandsbezogene Parametrisierung		x	x
SF 5	**Technische Gebäudeausrüstung**	a. Open Data TGA	x		
		b. Dominanz der vernetzten TGA (Hightech)			
		c. TGA als neues Geschäftsmodell für den Betrieb		x	
		d. Lean TGA (Lowtech)			x
1.2 Prozesse und Fertigung					
SF 6	**Modulares vorgefertigtes Bauen**	a. Plug & Play Module		x	
		b. Plattformanbieter für (Raum-) Module			
		c. Verfall der Baukultur			x
		d. Systemisches Bauen	x	x	
SF 7	**On-Site Production (Mobile Fabrik)**	a. Rohbau wird zur Produktionsfläche			x
		b. Baustelle wird zum Reinraum		x	
		c. Stadtverträgliche Baustelle	x		
		d. Voll automatische und robotische Baustelle			
SF 8	**Berücksichtigung der Fertigungsplanung in die Entwurfsplanung**	a. Prinzipielle produktneutrale Planung	x		
		b. Entwurf wird Teil der Dienstleistung des ausführenden Unternehmens		x	
		c. Individualbauwerke werden von Architekten geplant			x

Nr.	Schlüsselfaktor - Titel	Schlüsselfaktor - Projektion	#innovation-iskey	#green-regulation	#heritagefor-tomorrow
1.3 Bauprodukte und -systeme					
SF 9	**Smart Materials**	a. Smart Materials sind etablierte Materialien und Methoden	x		
		b. Wachsende Flexibilitätsanforderung schränken Nutzung von Smart Materials ein		x	
		c. Smart Materials als Experiment			x
2. Globales Umfeld					
2.1 Mensch und Gesellschaft					
SF 10	**Ansprüche der Nutzer*inenn**	a. Die dynamischen Nutzer*innen	x		
		b. Die »Hauptsache bezahlbar« Nutzer*innen			x
		c. Die entmündigten Nutzer*innen			
		d. Die nachhaltigen Nutzer*innen		x	
		e. Die konservativen und geizigen Nutzer*innen			x
SF 11	**Ausbildung und Qualifikation**	a. Schere zwischen hoch qualifizierten Berufen und Hilfstätigkeiten			x
		b. Handwerksbetriebe arbeiten mit neuen Werkzeugen		x	
		d. Digitale Werkzeuge sind zentraler Grundstein aller Ausbildung	x		
2.2 Nachhaltigkeit					
SF 12	**Auswirkungen des Klimawandel**	a. Klimaneutralität über alles		x	
		b. »so what«-Gesellschaft			x
		c. Mehr Schutz führt zu mehr Verbrauch			x
		d. CO_2- und Müllvermeidung bei Produktion und Herstellung	x		
SF 13	**Ganzheitliche Bilanzierung**	a. Ganzheitliche Bilanzierung automatisch integriert in Planung	x		
		b. Markt regelt ganzheitliche Bilanzierung			x
		c. Stetige langsame Weiterentwicklung von Ganzheitliche Bilanzierung			x
		d. Ganzheitliche Bilanzierung ist die Grundlage für Regulierung		x	
SF 14	**Wechselwirkungen im Ökosystem Stadt**	a. Verödete Stadt			x
		b. Agile Stadt	x		
		c. Klimaneutrale Stadt		x	
		d. Produktive Stadt			
2.3 Wirtschaftliche Aspekte					
SF 15	**Bauen im Bestand**	a. Bauen im Bestand wird individuell vor Ort gelöst			x
		b. Digital geplantes Bauen im Bestand		x	
		c. Bestandsbau in der vernetzten Stadt	x		
		d. Umnutzung			

3. Bauen 2030 – Drei alternative Zukunftsszenarien

Die drei Szenarien #innovationiskey, #greenregulations und #heritagefortomorrow sind vor dem Hintergrund der in der Einleitung erwähnten Motivation, Impulse für eine aus der Branche heraus getriebene Transformation zu setzen, formuliert und als solche zu verstehen.

Somit dienen die im Folgenden beschriebenen Szenarien als strategische Werkzeuge für die Ableitung erforderlicher Maßnahmen und Rahmenbedingungen. Das abschließende Kapitel 3.4 beinhaltet hierzu eine erste Interpretation der Szenarien sowie Stellungsnahmen der Verbände und Kammern zur Studie.

3.1 Szenario1: #innovationiskey

Hochgradig integratives Planen, Bauen und Betreiben sowie das Denken in Prozessen im Gesamtsystem und nicht in Einzellösungen führt zu einer Transformation der Branche mit einer engen Zusammenarbeit zwischen Planung, Ausführung und Betrieb. Planbares wird damit zu Bau- und Nutzbarem. Die Erhaltung eines reibungslosen Betriebs wird im ständigen Wandel der Stadt ein zentraler Einflussfaktor von Planung und Ausführung. Damit werden iterative Entscheidungsprozesse unter Einbindung vieler Akteure notwendig. Zudem wird eine eingeschränkte Sichtweise mit Fokus auf Neubau bei zunehmendem Bestandssanierungsbedarf nicht mehr möglich sein. Bauen wird Teil des Stadtsystems und Innovation benötigt vor allem regelbasierte, flexible und performative Gesetzgebungen gerade bei Themen wie beispielsweise der Gewährleistung.

Die wichtigsten Treiber für dieses Szenario sind Innovationsbegeisterung, Marktvertrauen aber auch entsprechende Marktverantwortung, ein enormer Zeitdruck, die Bereitschaft, sich innerhalb des Ökosystems der gebauten Umwelt proaktiv über Branchengrenzen hinaus zu vernetzen, und die durchgängig gesellschaftlich etablierte Akzeptanz, bestmöglich Nachhaltigkeitsziele zu verfolgen.

3.1.1 Daten und Systeme

Bis 2030 ist das Bewusstsein für effiziente Ressourcenkreisläufe weiter gestiegen. Dabei wird der Fokus auf die Einbeziehung aller Lebenszyklusphasen eines Bauwerks gelegt, was durch eine kooperative Zusammenarbeit aller beteiligter Akteure möglich geworden ist. Es wird mittlerweile dynamisch entworfen und dank der **Simulation der unterschiedlichen Lebenszyklusphasen** werden Entwurfsvarianten automatisiert analysiert und iterativ optimiert. Daraus leiten sich entsprechende Planungsgrundlagen ab, die Planungsentscheidungs- und Entwurfshoheit bleibt weiterhin bei den Planerinnen und Planern. Diese kompensieren die wachsende Komplexität der Planungsaufgaben durch eine höhere Spezialisierung im Unternehmen und verwenden digitale Kooperationsplattformen für die enge Zusammenarbeit in sich ergänzenden Planungsteams. Durch den zunehmenden Markteintritt anderer Akteure mit relevanten Daten bilden sich datenbasierte Geschäftsmodelle. Eine hohe Spezialisierung ermöglicht es insbesondere kleineren Unternehmen auch weiterhin am Markt teilzuhaben.

Die Ganzheitliche Bilanzierung wird fester Bestandteil und wichtiges Kriterium der umfassenden Simulation aller Lebenszyklusphasen. Die Simulationen werden gespeist aus historischen Daten und der **Erfassung und Verwertung von Echtzeitdaten**. Durch Aktualisierung von Bestandsdaten in Echtzeit werden in allen Lebensphasen Zustände, sobald sie sich ändern, zwischen dem digitalen und physischen System synchronisiert. So sind diese nicht nur Grundlage für die Simulation eines Bauwerks, sondern auch für Prognosen zur Optimierung des Gesamtsystems. Auch in diesem Bereich können insbesondere kleinere, spezialisierte Unternehmen

durch den Einsatz digitaler Modelle profitieren, und damit wettbewerbsfähig bleiben. Die Frage, wem die Daten gehören, ist nach wie vor nicht hoheitlich geklärt und es entstehen Individualverträge.

Hinsichtlich der **Kombination digitaler Prozessketten** führt die hohe Dynamik bei der Entwicklung einzelner Software-Werkzeuge dazu, dass **selbstlernende Assistenzsysteme** die Schnittstellen zwischen den in allen Lebenszyklusphasen verwendeten Werkzeugen immer wieder aktualisieren und anpassen. Das bedeutet, dass Schnittstellen durch Algorithmen geregelt werden und bisher genutzte verlustbehaftete Datenaustausch-Standards nicht mehr zwingend notwendig sind. Der Bau- und Immobiliensektor ist Integrator verschiedener Systeme, der Austausch und die Zusammenarbeit findet überwiegend auf kollaborativen Plattformen statt. Dennoch beschäftigt sich die Bauindustrie weiterhin mit der Frage nach der richtigen Datenstruktur und den Eigentums- und Gewährleistungsfragen bei Datentransaktionen. Dabei wird die Nutzung von Blockchain hinsichtlich ihrer Potentiale aber auch hinsichtlich der damit verbundenen Probleme, wie beispielsweise des hohen Energiebedarfs, verstärkt diskutiert.

3.1.2 Werkzeuge für Planung und Betrieb

Zur Erreichung und zum Einhalten von Nachhaltigkeitszielen werden nahezu flächendeckend digitale Methoden verwendet. Die Daten von Gebäuden, Umwelt, Stadt, verschiedenen Nutzungen und Infrastrukturen stehen dem **parametrischen Planungsprozess** zur Verfügung, sodass Entwurfswerkzeuge verschiedene Lösungsmöglichkeiten regelbasiert in einem vorgeschriebenen Gestaltungs- bzw. Lösungsraum berechnen können. Dies wird 2030 bereits in Teilen der Branche wie dem verdichteten Wohnungsbau durchgeführt, ist jedoch noch nicht im Alltag der Planungs- und Ingenieurbüros durchgehend etabliert. Denn hierzu bedarf es einer einheitlichen Regelung zur Datenverwendung aber auch weiterer IT-Kompetenzen, welche bis 2030 noch nicht flächendeckend aufgebaut sind.

Vielmehr konzentriert sich die Branche auf die frühzeitige **Berücksichtigung der Fertigungsplanung in der Entwurfsplanung**. Viele Planungsbüros erarbeiten ihre eigenen neutralen Bauteile für BIM-Modelle. Der ursprüngliche Anspruch durchgängig herstellerneutral zu planen geht nicht in jedem Projekt auf, da jeder Hersteller auf wettbewerbliche Vorteile seiner individuellen Lösungen Wert legt und sich nur bedingt auf einheitliche Standards einlässt. Zudem bleibt die Beratung der Bauherrenschaft durch unternehmerisch unabhängige Planungsbüros weiterhin eine geforderte Leistung.

Insbesondere für größere Unternehmen, die sowohl aus dem Bereich der Ausführung als auch aus den Bereichen der Planung oder Projektsteuerung kommen können, entsteht eine große Chance, betriebsintern Planung und Ausführung zu vereinen und somit eine medienbruchfreie Integration und hohe Effizienzgewinne bei Planung und Ausführung von privatwirtschaftlich beauftragten Bauaufgaben zu erreichen. Durch eine wachsende Verfügbarkeit an Daten wird die **Technische Gebäudeausrüstung** im Neubau optimiert geplant und ausgeführt. In der Betriebsphase erfolgt aufgrund aktuellster Bauwerksmodelle und der Integration von Echtzeitdaten eine intelligente zentrale Steuerung für einen effizienzoptimierten Betrieb. **Agil vernetzte und durch künstliche Intelligenz gesteuerte Systeme** unterstützen die Technische Gebäudeausrüstung bei der vollautomatisierten klimatischen Regulierung des Gebäudes, eine prädiktive Instandhaltung sorgt dabei für hohe Robustheit.

3.1.3 Fertigungsmethoden und Erstellungsprozesse

Trotz fehlender Standards hat sich **systemisches vorgefertigtes Bauen** als dominantes Bauprinzip durchgesetzt. Die Bauteile haben standardisierte Schnittstellen und ermöglichen somit auch die Integration verschiedener Gewerke. Die Haftungsgrenze der einzelnen Gewerke verschwimmt dadurch, was vereinzelt noch zu Diskussionen führt, da bisher keine

1
2
3
4

1 Hochvernetzt über alle Phasen mit allen Akteuren
2 Digitaler Zwilling von Simulation bis Betrieb
3 Circular Economy der Bausubstanz
4 Performative Regulierung statt fester Normung

ausreichende Regelung für diese Fälle geschaffen wurde. Auch hierbei entsteht durch den liberalen Markt für größere Unternehmen eine Chance, sich am Markt durchzusetzen. Da sie verschiedene Gewerke vereinen, stellen sie für die Bauherrenschaft bezüglich Haftungsfragen die risikoärmere Alternative dar. Modulares Bauen wird vor allem zum Erfolgsfaktor, weil die Systembauteile bereits mit der Gebäudetechnik verknüpft werden und die Bauwerkserstellung beschleunigt wird, was nicht nur zeit-, sondern vor allem kosteneffizient ist. Bauen verlagert sich zunehmend in die Produktionsstätten der Hersteller, vor Ort findet dann die Endmontage statt.

Durch die weiterhin steigenden Flächenbedarfe, sich schnell ändernde Nutzeranforderungen und die Möglichkeit von modularem vorgefertigtem Bauen, befinden sich viele wachsende Ballungsräume in einem sich beschleunigenden Wandel, in dem Bestand angepasst und immer seltener komplett durch Neubau ersetzt wird.

Eine störungsfreie Integration der Baustelle in das urbane Umfeld erfolgt durch abgestimmte und harmonisierte Logistikprozesse. Diese können auch durch die Kombination mit dem öffentlichen Nahverkehr, z. B. in speziellen Modulen für Cargo-Trams oder Nutzfahrzeuge, erfolgen. Erst durch diese hohe Vernetzung mit dem Umfeld werden **Just-in-time** Konzepte mit vorhandenen Prozessen und hoher Verträglichkeit für Anwohnerinnen und Anwohner umsetzbar. Diese werden zusätzlich vom zunehmenden Mangel an Flächen für Baulogistik und Lagerung vor Ort befördert. Neben dem Konzept der Just-in-time Lieferung findet auch die **On-Site-Production** mehr Anwendung. Durch den zunehmenden Technologisierungsgrad, u. a. durch den Einsatz **additiver Fertigung** auf der Baustelle wird ein neuer Impuls zu kontinuierlicher Anpassung von Städten im Wandel unter Wahrung einer hohen Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger, geleistet.

Die Technologisierung der Baustelle wird auch durch den vermehrten Einsatz von **autonomen Baufahrzeugen und Robotik** befördert. Ihr Einsatz wird im innerstädtischen Hochbau erst durch die stetige Aktualisierung des digitalen Zwillings der Baustelle ermöglicht.

Die Maschinen verfügen über eine integrierte Erfassung, z. B. der Bodenbeschaffenheit für die automatisierte Anpassung des Aushubvolumens, und finden somit Einsatz in Hoch- und Tiefbau. Robotik findet zunehmend zur Erfassung des Bestands sowie bei komplexeren Arbeiten für Bestandsanpassungen und -sanierungen als autonome Systeme aber auch als Assistenzsysteme Anwendung. Durch die steigende technologische Komplexität in der Baumaschinenbranche können sich insbesondere kleinere bis mittelständische Unternehmen einen eigenen Fuhrpark kaum mehr leisten, wodurch **Baumaschinen-Plattformen**, die Maschinen je nach Bedarf anbieten, einen Aufschwung erhalten. Dies führt nicht nur zu einer Kostenreduzierung für einzelne Betriebe, sondern ebenfalls zu einer optimalen Auslastung der Maschinen und geringen Standzeiten. Dadurch stellen vorhandene und abgeschriebene Baumaschinen ein großes Angebot am Markt dar, welchem aber kaum Nachfrage entgegensteht, da die neuen Modelle des Baumaschinen-Sharings wirtschaftlicher sind. Neben Plattformen für Baumaschinen etablieren sich neue Genossenschaften, z. B. für Schüttgüter oder Bauteile. Sie garantieren nicht nur hohe Recyclingquoten, sondern auch adhoc-Materiallieferungen und sind damit zu einem zentralen Erfolgsfaktor der Baubranche herangewachsen.

3.1.4 Transformation der gebauten Umgebung

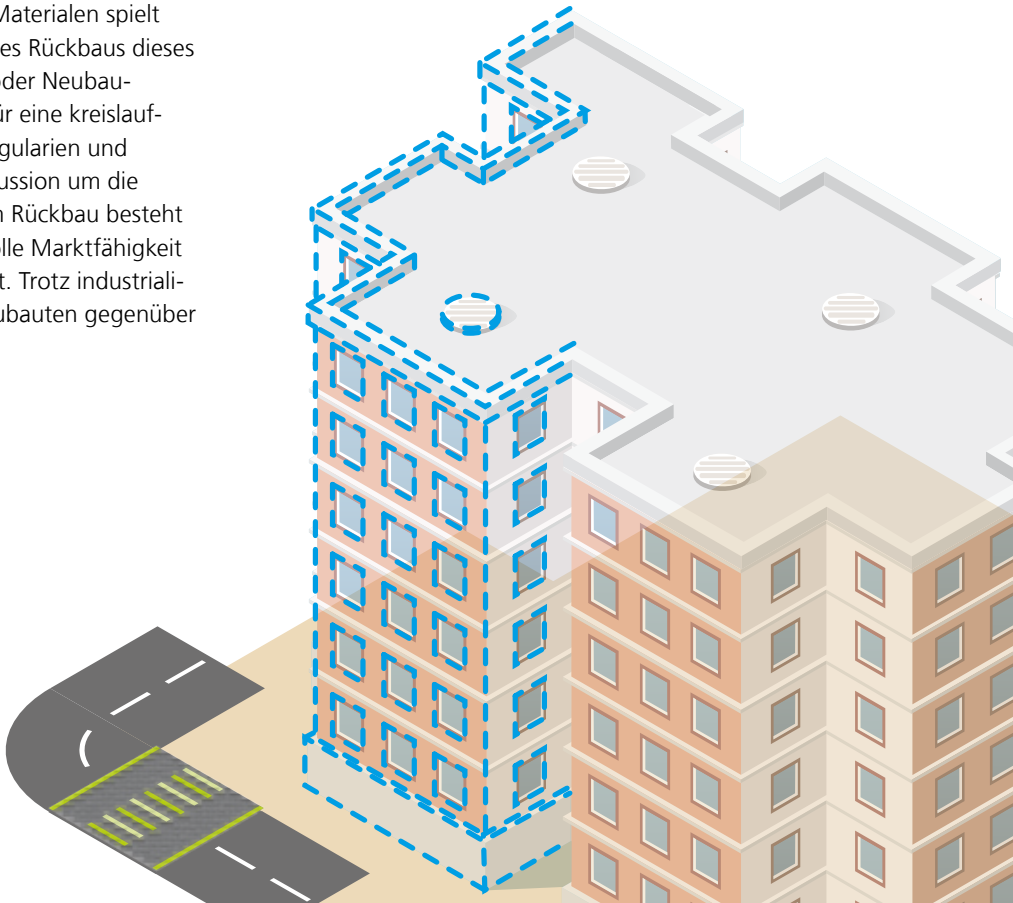
Bauen, Umbauen und Sanieren ist 2030 fester Bestandteil hin zu klimaneutralen Städten in Deutschland mit komplexen Wechselwirkungen. Gerade in Innenstadtlagen resultieren daraus umfangreiche Aktivitäten in der Anpassung von Verkehrsinfrastruktur, Nachverdichtung und neuen Nutzungsmischungen. Zudem ist die **smarte Stadt** datengetrieben und ermöglicht dadurch dynamische Nutzungen von Immobilien, Erdgeschosszonen und öffentlichem Raum. Die Planung hierfür berücksichtigt nicht nur das einzelne Bauwerk, sondern stellt

es stets in den Kontext des Stadtsystems mit dem Anspruch, jedes Umbauprojekt hinsichtlich des maximalen Mehrwerts als Stadtbaustein zu optimieren.

Zur Planung haben sich digitale Zwillinge des Stadtsystems mit Bauwerken als Komponenten und den verbindenden Infrastrukturen durchgesetzt und sind in allen mittelgroßen bis großen Städten Deutschlands etabliert. Durch den Einsatz von digitalen Gebäude- und Stadtmodellen kann beim **Bauen im Bestand** das städtische Umfeld zunehmend ohne zusätzlichen Aufwand für die Datenakquisition berücksichtigt werden. Dies bringt den Vorteil, dass Potenziale der Nachverdichtung systemisch identifiziert werden und so bestehende Infrastrukturen besser ausgenutzt und die Ausweisungen neuer Baugebiete damit maximal reduziert werden. Dies ist möglich, da der Bestand nahezu komplett erfasst ist.

Die digitale Dokumentation von verbauten Materialen spielt eine zunehmend große Rolle, da im Falle eines Rückbaus dieses lokale Materialdepot im Zuge von Umbau- oder Neubaumaßnahmen berücksichtigt werden kann. Für eine kreislauforientierte Nutzung wurden gezielt neue Regularien und wirtschaftliche Anreize geschaffen. Die Diskussion um die Wiederverwendung von Materialen aus dem Rückbau besteht aber nach wie vor, da in 2030 noch keine volle Marktfähigkeit **kreislaufbasierter Bauweisen** gegeben ist. Trotz industrialisierter Prozesse ist die Energiebilanz von Neubauten gegenüber Bestandsanierung im Vorteil.

Leichtbau im urbanen System spielt nicht nur im Bestand als Konstruktionsprinzip für Nachverdichtungen eine Rolle, sondern wird zunehmend durch die hohe Nutzungsflexibilität und kurze Nutzungszyklen in einer veränderlichen, sich stetig den Bedürfnissen anpassenden Stadt immer wichtiger. Durch die erleichterte Rückbaubarkeit, die Kreislauffähigkeit und die modulare Bauweise wird Leichtbau zunehmend als ressourcenschonende Methode etabliert und ist eine wichtige Schlüsselinnovation zur Einhaltung neuer Kriterien hinsichtlich CO_2-Reduktion und Ressourceneffizienz. Er begünstigt zudem die Tendenz zu temporären Bauten, welche eine kurz- bis mittelfristige **Nutzungsflexibilität** über neue Materialsysteme in der Nachverdichtung ermöglichen. Die verschiedenen Nutzungsvarianten werden bereits in der Planung durchgespielt und hinsichtlich ihres Einflusses auf ihr Umfeld analysiert.



Durch den stetigen Wandel reduziert sich die erforderliche Lebensdauer einzelner Bauwerke, wodurch eine hohe **Rückbaubarkeit und Rezyklierbarkeit** gefordert wird. Komponenten, welche in systemischer Bauweise erstellt wurden, lassen sich deutlich einfacher weiter nutzen. So wird es im Jahr 2030 mehr und mehr Modellprojekte geben, welche nach dem Rückbau komplett in neue Gebäude übergeführt werden. Durch die Vernetzung im Stadtsystem zwischen Gebäude und Umgebung setzen sich **dezentrale Energieversorgungssysteme** durch, welche die Energiebedarfe und die Energieeinspeisung der Gebäude intelligent durch die Vernetzung der Akteure und Gebäude auf Quartiersebene steuern.

3.1.5 Nachhaltigkeit

Durch den Einsatz digitaler Zwillinge für Stadtsysteme und Bauwerke sowie durch integrierte Lebenszyklus-Simulationen werden mittels **Climate Engineering** die Defizite einzelner Bauwerke mit den Gebäuden der Nachbarschaft kompensiert. Hierzu werden Bauwerke nicht isoliert betrachtet, sondern das Quartier oder der Wohnkomplex als Ganzes bilanziert. Damit lassen sich schwer zu umgehende projektspezifische Defizite im Gesamtsystem flexibler kompensieren. Somit wird Climate Engineering unabdingbar, bringt aber auch neue Herausforderungen mit sich. Beispielsweise ergeben sich neue Anforderungen an Berufsbilder, denn durch das Management von intelligenten Systemen werden klassische Tätigkeiten zunehmend automatisiert.

Es ist zum Standard geworden, dass insbesondere neu entstehende Quartiere in Städten mindestens energieautark sind. Im Bestand findet dies teilweise durch einzelne Neubauten und Sanierungsmaßnahmen statt, hat sich aber noch nicht flächendeckend durchgesetzt. Beim Climate Engineering spielen mit der Berücksichtigung der grauen Energie auch die verwendeten Materialien eine Rolle. Der Holzbau gewinnt an Bedeutung, allerdings zeigt die begrenzte regionale Lieferfähigkeit des Rohstoffes auch auf, wo die Grenzen dieser Bauweise liegen und unterstreicht, dass Rohstoffproduktion und Bedarfe ganzheitlich betrachtet werden müssen.

Die **Auswirkungen des Klimawandels** sind zum Innovationstreiber geworden. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, entwickelten Unternehmen zunehmend eigene Kriterien und Nachhaltigkeitsstrategien, um sich am Markt zu behaupten und verpflichteten sich selbst zur Einhaltung dieser. Diese Unternehmensstrategien beförderten auch den Einsatz einer **Ganzheitlichen Bilanzierung**, bei der ökologische und soziale Nachhaltigkeit erfasst, dokumentiert und auswertbar ist. Durch die automatisierte Integration in Planungsprozessen werden Bilanzierungssysteme und Nachhaltigkeitszertifikate zum Standard. Eine einheitliche Integration von Ganzheitlicher Bilanzierung erfolgt größtenteils dank des hohen Vernetzungsgrades der Akteure in der Wertschöpfungskette Bauwirtschaft.

3.1.6 Materialität

Durch die Integration von Ganzheitlicher Bilanzierung wird auch der Einsatz **kreislauffähiger Hightech-Materialien** befördert, welche einen ressourcenschonenden Gebäudebau ermöglichen. Dies erklärt auch den etablierten Einsatz von **Smart Materials**. Intelligente und performative Materialien und Methoden sind ein fester Bestandteil der technischen Gebäudeausrüstung geworden und stellen in Verbindung von adaptiven Oberflächen und mechanischer Lösungen ein neues Teilsystem biointelligenter Gebäudetypen dar. Hierbei gilt dennoch der Grundsatz, dass diese Materialentwicklungen einen Beitrag zu Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft leisten sollten – sowohl auf Produkt- und auf Systemebene.

3.1.7 Gesellschaft und Partizipation

Der Anspruch der **Nutzerinnen und Nutzer** an die gebaute Umwelt in 2030 ist sehr hoch und lässt in einem eng gefassten Komfortbereich kaum Abweichungen vom Optimum zu. Beim Thema Gebäudesteuerung wünschen sich Nutzerinnen und Nutzer einen hohen Technologiegrad bei zunehmend hohem Qualitätsstandard, gleichzeitig müssen Nachhaltigkeitsaspekte durchgängig berücksichtigt werden. Durch die langfristigen Nachwirkungen der Corona-Pandemie wird eine hohe Flexibilität und Resilienz in stärker frequentierten Gebäuden gefordert, dem die Branche gerecht werden muss. Zusammenfassend steigen Ansprüche der Nutzerinnen und Nutzer in vielen Bereichen, wie der Flexibilität, Nachhaltigkeit, Qualität, aber auch Individualität.

Durch das hohe gesellschaftliche Interesse und die Mitgestaltungsansprüche an die Transformation der gebauten Umwelt gewinnen **partizipative Verfahren** an Bedeutung. So wird stets ein repräsentativer Querschnitt der Bevölkerung mit hoher Transparenz in allen Verfahren digital eingebunden und es entsteht im Sinne sozialer Nachhaltigkeit eine langfristige Akzeptanz für Bauvorhaben, die für eine integrative und inklusive Transformation zwingend erforderlich ist.

Einen Beitrag in partizipativen Verfahren werden **immersive Kommunikationswerkzeuge** leisten. Sie werden nicht nur bei der verständlichen Kommunikation mit der Bevölkerung, sondern auch in den Entstehungsphasen zwischen den Fachbeteiligten, Nutzervertretungen und Entscheidern von Bauwerken eingesetzt. Sie bieten die Möglichkeit, hohe Komplexitäten und Auswirkungen im Lebenszyklus von Bauvorhaben zwischen vielen Akteuren unterschiedlicher Expertise verständlich zu vermitteln. Besonders für Revitalisierungen im Bestand werden sie wichtig, um mögliche Schnittstellenproblematiken aufzuzeigen und die Prozesse städtischen Lebens so gering wie möglich einzuschränken.

3.1.8 Arbeitsmarkt und Wettbewerb

In der vernetzten und von zunehmenden Innovationsschüben geprägten Bauwirtschaft haben sich die tradierten Berufsbilder angepasst und die Ausbildung verändert, diese ist mittlerweile nun grundsätzlich transdisziplinär angelegt. Nicht nur immersive Kommunikationsmittel, sondern sämtliche digitale Werkzeuge für die Wissensvermittlung werden ein fester Bestandteil in allen Formen der **Aus- und Weiterbildung**. Es entstehen bis 2030 eine Vielzahl neuer Ausbildungsberufe, bei welchen der Einsatz digitaler Werkzeuge zum Standard gehört. Durch hohe Automatisierung in allen Phasen und den Einsatz von Robotik wurde dem Fachkräftemangel bereits ab 2025 entgegengewirkt.

Bis 2030 stieg in Folge der Automatisierung und technischer Innovationen die Attraktivität der Branche als Arbeitgeber wieder und es folgt nun eine positive **Arbeitsmarktentwicklung**. Handwerksbetriebe haben gelernt, mobile Assistenzsysteme für die Bereitstellung von Wissen aber auch für die Abnahme schwerer Arbeit gewinnbringend einzusetzen. Dank der Offenheit der Branche für Investitionen in neue Technologien und Prozesse wird die deutsche Bauwirtschaft zu einem Prototyp, der auch im globalen Umfeld mit Interesse verfolgt und nachgeahmt wird und somit die eigene **Wettbewerbsfähigkeit** absichert. Neben den wirtschaftlichen Kriterien für Investitionen in Technologien, Bauvorhaben und Immobilien gewinnen die Kriterien Umwelt, Soziales sowie verantwortungsvolle Unternehmensführung, im Sinne der ESG Finance an Bedeutung.

3.2 Szenario 2: #greenregulation

Die stetige Weiterentwicklung von klimaschutzorientierten Regularien führt zu einer Überregulierung, welche in den meisten Subbranchen der Bauwirtschaft zur Innovationsbremse wird. Für die Modernisierung von Gebäudeausrüstung jedoch wirkt die Regulierung als Innovationstreiber. Der Transformationsprozess wird maßgeblich durch den gesetzlichen Rahmen getrieben. Zudem wird das Bauen im Bestand zunehmend stärker gefördert als ein Neubau, der dadurch auch für Investoren nicht mehr die wirtschaftlichste Variante darstellt. Die Abläufe im Bauprozess bleiben größtenteils unverändert, eine Vernetzung der Akteure im Lebenszyklus wird kaum angegangen.

Die wichtigsten Treiber für dieses Szenario sind ein träger Markt, der aus sich heraus nicht in der Lage ist, die von der Politik und Gesellschaft vorgegebenen Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, ein Staat, der mit geringem Vertrauen in die Prozesse eines freien Marktes durch zunehmende Regularien Innovation hemmt und eine Gesellschaft, die nur zögerlich bereit ist, ihr Verhalten und ihre Ansprüche für eine nachhaltige Entwicklung anzupassen.

3.2.1 Regulierung

Um den Klimaauswirkungen zu begegnen und mehr Aufmerksamkeit für die Aspekte der Ressourcenschonung zu erlangen, bedarf es Richtlinien und Vorschriften, die nicht nur den ressourceneffizienten Umgang mit Baumaterialien vorschreiben, sondern auch die Vorteile in Abstimmung zwischen den jeweiligen betroffenen Akteuren des Marktes verdeutlichen. Als Grundlage für den gesetzlichen Handlungsrahmen der Bauwirtschaft hat sich 2030 eine **Ganzheitliche Bilanzierung** durchgängig etabliert. Durch eine breite Verfügbarkeit und einfache Handhabung des Ansatzes ist es nun allen Akteuren möglich, dies anzuwenden. Sie hat zudem den Vorteil, dass es die direkte Einhaltung der Anforderungen hinsichtlich aller relevanten Vorgaben nachvollziehbar macht. Ganzheitliche Bilanzierung ist dabei weder Innovationstreiber noch Innovationsbremse, sondern viel mehr Mittel zum Zweck, um die Einhaltung von Vorgaben hinsichtlich der Nachhaltigkeitsaspekte zu überprüfen und um Impulse für die Entwicklung technologieoffener Lösungsansätze zu ermöglichen. Im Jahr 2030 werden bereits viele Projekte unter Berücksichtigung eigener brancheninterner Klimaschutzziele umgesetzt sein, in Pilotprojekten werden auch branchenexterne Nachhaltigkeitseffekte berücksichtigt bzw. einberechnet. Ein Beispiel im Straßenbau hierfür ist die Frage nach der optimierten Beschaffenheit der Oberflächen hinsichtlich eines möglichst geringen Abriebs von Reifen als Umweltfaktor. Darüber hinaus werden hier auch die Aspekte sozialer Auswirkungen und verantwortungsvolle Unternehmensführung sowie nachhaltige Finanzierungsmodelle berücksichtigt.

Des Weiteren fordert die strenge Regulierung die **Zertifizierung** aller Produkte hinsichtlich minimierter Emissionen. Durch die gesetzlichen Vorgaben in Bezug auf Nachhaltigkeit wird auch die Inanspruchnahme unversiegelter Flächen stark eingeschränkt, obwohl der generelle **Flächenbedarf** für bauliche Nutzungen weiter steigt. Dies führt zu einer steigenden Subventionierung des Bauens und Aufstocken bzw. Nachverdichten der bereits gebauten Siedlungsstrukturen in Deutschland. Dadurch, dass auch verstärkt innerstädtische Flächen für naturbasierte Lösungen und resiliente Infrastrukturen entsiegelt werden, hat sich das Mikroklima in vielen Städten nachweislich verbessert. Dies ist auch den innovativen Beiträgen der Bauwirtschaft zu verdanken. Die **Nutzerinnen und Nutzer** erheben verstärkt Anspruch auf eine nachhaltig gestaltete und resiliente Umwelt sowie auf nachhaltige Immobiliennutzung. Sie werden jedoch aufgrund der starken Regulierung im Bereich von Gebäudesteuerung in der Ausführung individueller Betriebskonzepte eingeschränkt. Hier herrschen klare Standards für alle Immobilienklassen vor. Für diese von

1 Nachverdichtung und Sanierung des Bestands
2 Ganzheitliche Bilanzierung für Klimaschutzziele
3 Regelbasiertes Schnittstellenmanagement beim Datenaustausch
4 TGA-as-a-service als neue Dienstleistung

Nachhaltigkeit getriebene Automatisierung sind vorhandene Bestandsdaten und aktuelle IST-Daten im **digitalen Änderungsmanagement** als »Green Digital Twins« hinterlegt.

3.2.2 Klimaneutralität im Gesamtsystem Stadt

Wie bereits angedeutet, gibt es 2030 im Vergleich zu heute deutlich weniger Neubauprojekte auf unversiegelten Flächen, der Umnutzung und dem **Bauen im Bestand** wird eine viel höhere Bedeutung zugewiesen. Um den Zielen des European Green Deals sowie nachgelagerten politischen Programmen und länderspezifischen Zielen gerecht zu werden, werden sogenannte Greenfield-Projekte nur noch in besonderen Ausnahmefällen genehmigt. Es wurden europaweite Standards für Nachhaltigkeitsaspekte im Gebäudebau, vergleichbar mit der Abgasnorm für Kraftfahrzeuge, eingeführt. Wie genau die Gesetzgebung und Normen dafür ausgestaltet sind, hängt stark von der Exekutive der nächsten Jahre ab.

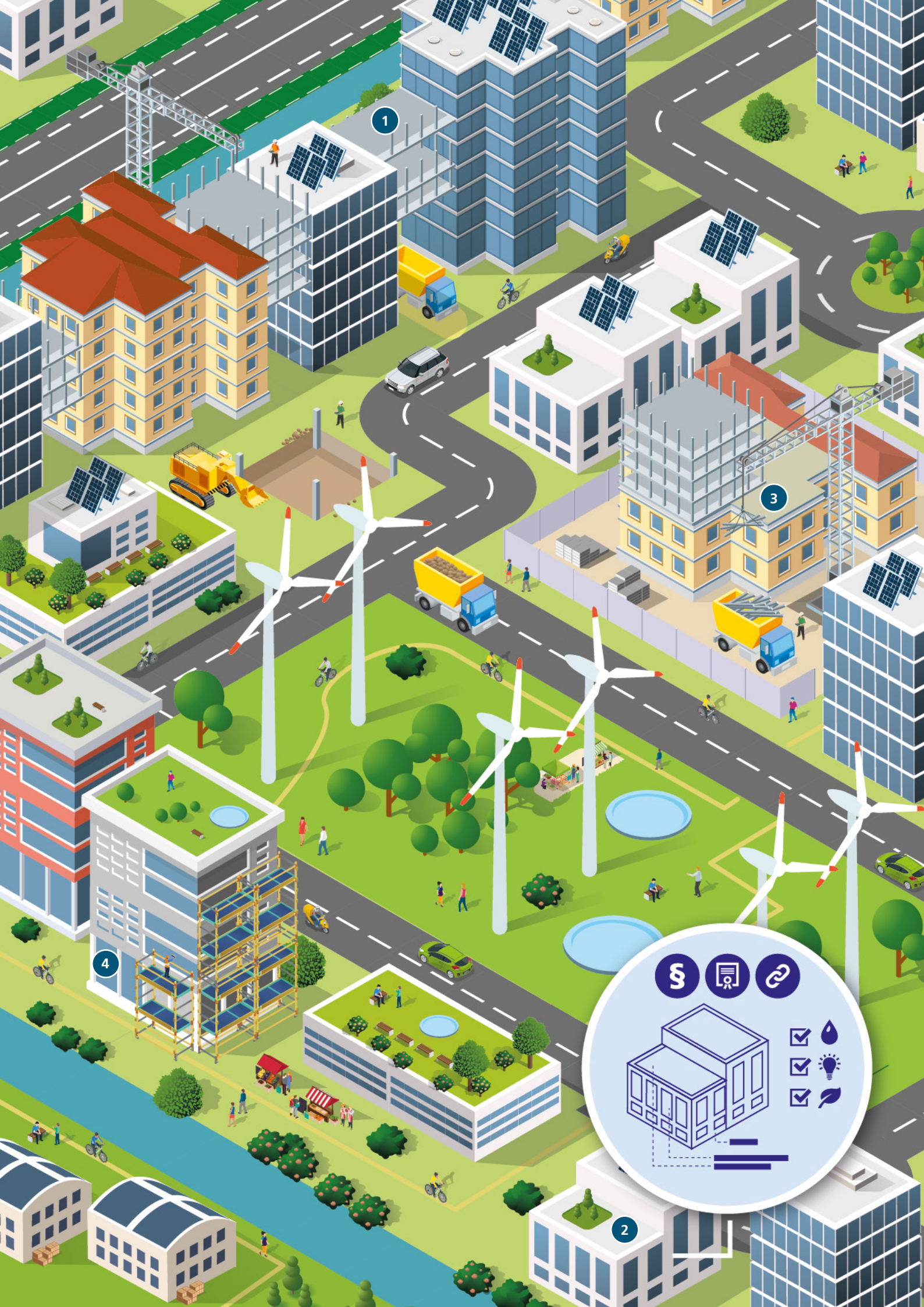
Getrieben von der regulatorischen Ausgestaltung ist die Branche 2030 stark von neuen Planungs- und Engineering-Ansätzen geprägt, wodurch besonders das **Climate Engineering** profitiert. Die Fokussierung auf die Einhaltung der Klimaziele dominiert in Gebäuden und Stadtstrukturen über Kriterien von Komfort, Design und Ästhetik. Durch die europaweit einheitlichen Standards, welche auf die deutsche Bauwirtschaft übertragen werden, setzen sich Innovationen und Fortschritt nur erschwert durch, da die geltenden Regelwerke meist normativ ausgelegt werden. Zur stärkeren Aktivierung der Innovationskraft bestehen bereits erste Ansätze einer technologieoffenen und flexiblen Gesetzgebung, welche sich weniger auf technische Normen als vielmehr auf die Definition von leistungsorientierten Zielen konzentriert. Dieser Ansatz wird sich in den kommenden Jahren nach 2030 als lernender Prozesse noch weiterverbreiten und etablieren. So hat in allen Formulierungen bei Regeln und Standards die Erreichung der Klimaneutralität oberste Priorität, womit den **Auswirkungen des Klimawandels** entgegengewirkt werden soll.

2030 sind die deutschen und europäischen Innenstädte bereits größtenteils zu autoreduzierten Verkehrsräumen umgebaut, wie es Paris bereits Anfang der zwanziger Jahre vormachte. Als Pandemiefolge haben sich viele Innenstädte in großen und kleinen Kommunen für mehr Wohnraum und öffentliche Aufenthaltsflächen eingesetzt. Erste Vorreiterstädte in Deutschland sind kurz davor **klimaneutrale Städte** zu werden. Zur Schaffung von mehr Wohnraum und höheren Nutzungsdichten wurden neben Umnutzungen vor allem Aufstockungen und Nachverdichtungen mit industrialisierten Methoden durchgeführt.

Durch den Einsatz innovativer **Leichtbauprinzipien** sind vor allem flexible Bauweisen sowie bauliche Anpassungen und Upgrades bestehender Immobilien zum Standard geworden. Leichtbausysteme weisen aufgrund stetiger Weiterentwicklungen deutliche Ressourceneinsparungen auf und sind somit ein beliebtes Investitionsmodell zur Ressourcenschonung gemäß den Klimaschutzanforderungen geworden. Aufgrund geringer Umsetzung in der Vergangenheit durch fehlende Anreize und einer zurückhaltenden Branche wird der Wiedereinsatz von Bauteilen, beispielsweise Leichtbauelementen, und Materialien bislang nur in Modellprojekten umgesetzt. Hierzu werden 2030 noch weitere Anreizsysteme für die Unternehmen geschaffen, da eine Selbstverpflichtung der Unternehmen kaum umsetzbar ist.

3.2.3 Einsatz von Rohstoffen

Bei Bauvorhaben im Jahr 2030 werden vor allem auch Fertigungsmethoden bevorzugt, die eine vollständige **Rückbaubarkeit** ermöglichen. Durch die starken Regulierungen, besonders hinsichtlich Ressourcenkreisläufen, erhalten solche Methoden und auch die Auswahl an Materialien, welche sich rezyklieren lassen, wettbewerbliche Vorteile im Markt. Durch mehrfache Verwendung der Rohstoffe und Materialien ergeben sich neue Geschäftsmodelle hinsichtlich Nachhaltigkeit und Klimaneutralität, die zugleich die Einhaltung der


1
2
3
4

Klimaschutzziele unterstützen. Eine weit verbreitete Möglichkeit ist der Fokus auf den Einsatz **regionaler Ressourcen** mit minimalen Transportketten, die ebenfalls durch gesetzliche Vorgaben und marktbezogene Anreize gefördert werden. Durch die ansteigende CO_2-Bepreisung werden in 2030 Baustoffe und -produkte aus anderen Regionen zunehmend unwirtschaftlich. Zudem gewinnt die regionale und lokale Baustoffbereitstellung nicht nur in wirtschaftlicher Hinsicht an Bedeutung, sondern auch hinsichtlich der Ökobilanz von Bauwerken. Durch diese Entwicklung und ein dadurch eingeschränkteres Angebot an Ressourcen werden sich auch Bauweisen zugunsten ausgewählter Materialverbünde bzw. hybrider Lösungen wieder verändern. Neben dem Ressourceneinsatz ist aber auch eine langlebige Flexibilität im Lebenszyklus ein Thema geworden. Multifunktionale und flexibel ausgelegte Bauweisen reduzieren den Aufwand für größere und strukturelle Umbaumaßnahmen. Da **Smart Materials** zwar hinsichtlich ihrer Ökobilanz sehr gut sind, aber die Flexibilität und Anpassungen auf sich ändernde Bedarfe von Gebäuden stark einschränken, sind diese nur in bestimmten Bereichen im Einsatz. Auch beim Thema Energie hat die Regionalität profitiert: Durch die voranschreitende Energiewende und Innovationspolitik beim Ausbau erneuerbarer Energien, ist ein robuster Energiemix aus regionalen sowie dezentralen **Energiequellen** entstanden – Gebäude sind dabei energetisch vernetzt als »Micro Smart Grids« auf Quartiers- oder Campusebene.

3.2.4 Daten und Systeme

Im Bereich der Verknüpfung von Daten und Systemen hat sich ein regelbasiertes Schnittstellenmanagement bei großen Anbietern etabliert, da bereits eine große Menge an strukturierten Daten vorliegt, welche Muster leichter erkennen lassen. Die **Kombination digitaler Systeme** ist durch standardisierte und geregelte Formate und Abläufe aller beteiligten Systeme untereinander ermöglicht worden. Dennoch können sich im Jahr 2030 viele kleinere Anwender aufgrund von fehlenden Ressourcen und Kompetenzen dem Trend einheitlicher Kommunikations- und Datenstandards noch nicht anschließen, sodass ein nicht unerheblicher Teil der Kleinteiligkeit und Insellösungen trotz Standardisierung bestehen bleibt. Dennoch ist die weitere Etablierung eines regelbasierten Schnittstellenmanagements für Fortschritt und Transformation erforderlich und muss für Anwendungen mit Künstlicher Intelligenz offen sein. Hinsichtlich der Datenverfügbarkeit für eine **Simulation der Lebenszyklusphasen** fehlt oftmals der Zugang aufgrund der hohen Datenschutzanforderung. So werden Lebenszyklussimulationen nur in Einzelfällen durchgeführt und oft nur mit eingeschränktem Datenbestand, obwohl sie die Abhängigkeit von Kosten in verschiedenen Phasen verdeutlichen und von hoher Relevanz sind.

3.2.5 Planungswerkzeuge

Für eine verbesserte **Berücksichtigung der Fertigungsplanung in der Entwurfsphase** sind immer häufiger Planerinnen und Planer in ausführenden Unternehmen tätig, um Planungskompetenz in die Prozesse und Lösungen der Ausführung zu integrieren. Dadurch wird eine fertigungsintegrierte Planung in den darauffolgenden Jahren zunehmend Teil des Leistungsumfangs von Bauunternehmen. Durch diese Entwicklung findet mehr direkter Informations- und Datenaustausch zwischen Planung und Bauausführung statt, um für die Fertigung bestmögliche Ergebnisse hinsichtlich Klimazielen, Qualität und Wirtschaftlichkeit zu erlangen. Weitere Werkzeuge in der Architektur und Gestaltung, wie beispielsweise **parametrische Planungs- und Simulationswerkzeuge**, werden verstärkt im Bestand eingesetzt. Hier besteht das größte Potenzial verschiedene Ansätze für optimierte Nutzungen und unterschiedliche Lebenszyklusphasen durchzuspielen. Durch die konsequente Gesetzgebung wächst der Handlungsdruck auf die Branche zur Weiterentwicklung digitaler Werkzeuge in diesem Bereich und bestimmt dadurch die Prozesse von frühen Planungsphasen an.

3.2.6 Fertigungsmethoden und Erstellungsprozesse

Auch für die Fertigung und die Erstellung von Bauwerken haben sich die Prozesse geändert, so ist **modulares und systemisches Bauen** durch genormte Prozesse und damit einhergehender Produktunabhängigkeit zum Erfolgsfaktor geworden. Die Vorfertigung selbst bleibt individuell, um unterschiedlichen Anforderungen späterer Nutzerinnen und Nutzern gerecht werden zu können. Vermehrt werden anpassungsfähige Modulsysteme entwickelt, die je nach Lebenszyklusphase und aktueller Nutzung des Gebäudes angepasst oder aktualisiert werden können und so Wirtschaftlichkeit und schnelle Prozesse unterstützen. Für den Erhalt gestalterischer und baukultureller Qualitäten werden gezielt politische Anreizinstrumente geschaffen. Durch die Entwicklung hin zu mehr vorgefertigtem Bauen werden auch die Chancen einer **On-Site Production** zunehmend genutzt. Dadurch wird möglich, dass die Baustelle selbst möglichst ohne Abfälle und Bauschutt vor Ort funktioniert. Dies ist durch die Einschränkungen im Emissionsschutz ein wichtiger Baustein für die Einhaltung der Regularien hinsichtlich Ressourceneffizienz geworden. Vereinzelt, überwiegend in Modellprojekten, kommen im Hochbau auf der Baustelle auch **autonome Baufahrzeuge** und teilweise Robotik zum Einsatz. Das Arbeiten mit autonomen Baufahrzeugen ist im Infrastrukturbau, insbesondere bei Linienbaustellen, bereits Standard.

3.2.7 Geschäftsmodelle

Die Bauwirtschaft weist trotz aller Fortschritte Richtung Kreislaufwirtschaft immer noch hohe Rohstoffverbräuche auf und steht daher weiter im Fokus des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms, welches bereits 2012 ins Leben gerufen wurde.

Die Branche reagiert hierbei mit neuen Geschäftsmodellen für mehr Ressourcenschonung im Bau. Die **Emissionsbilanzierung** findet bei manchen Bauprodukten bereits ab Produktion statt und nicht erst mit dem Einbau, wodurch diese Produkte aufgrund der CO_2-Bepreisung bereits im Einkauf teurer sind. Somit wird vermehrt darauf geachtet, Produkte und Materialien mit geringen Emissionswerten zu verbauen. Zur lückenlosen Dokumentation der verbauten Materialien, der CO_2-Kosten sowie der geleisteten Kompensationsmaßnahmen von Bauwerken werden diese in einer der vielen baubezogenen **Blockchain-Plattformen** festgehalten. Aufgrund klarer gesetzlicher Vorgaben hat sich diese Technologie als effektiv und mit geringsten Fälschungsrisiken erwiesen. Zudem werden so eindeutig dokumentierte Bauwerke zur attraktiveren Anlage für Investoren und klimaorientierte Finanzinstrumente (Green Financing) unterstützen die Etablierung von digitalen Zertifikaten zur Dokumentation aller im Bauwerk gebundenen Emissionen.

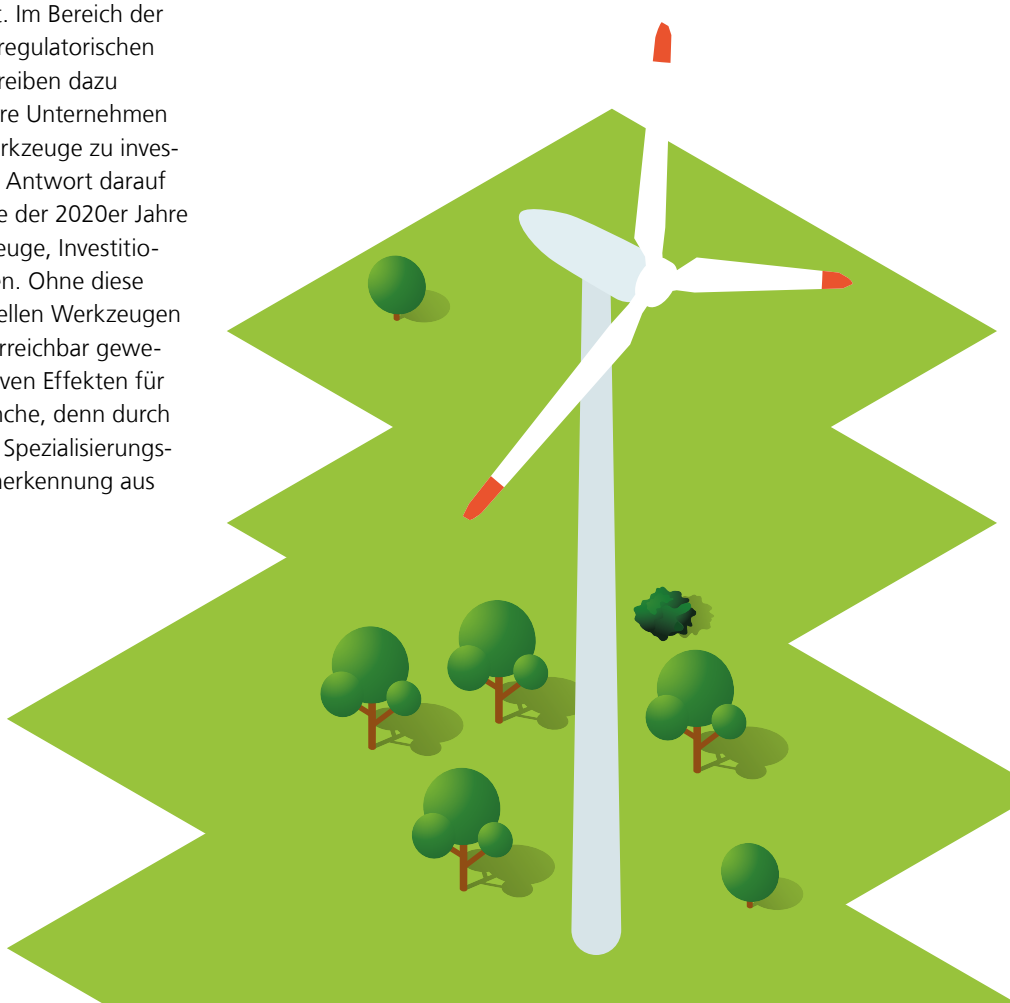
Aufgrund der teilweise sehr komplexen und schwer vorhersehbaren Entwicklung neuer Gesetzesvorgaben auf nationaler und europäischer Ebene hinsichtlich Nachhaltigkeit gehört die **Technische Gebäudeausrüstung** in 2030 vermehrt Sharing-Anbietern und das Modell TGA-as-a-service hat sich etabliert. Somit wird Technische Gebäudeausrüstung in Büro-, Gewerbe- oder Handelsnutzungen meist als »Pay-per-use-Modell« genutzt und ist nur noch selten im Besitz der Eigentümerinnen und Eigentümer. Die Anbieter profitieren zunehmend von der Marktvielfalt verfügbarer Systeme, da sie nicht mehr individuell zu gestalten sind - eine ähnliche Entwicklung wie bei Aufzugssystemen in der Vergangenheit. Einerseits erzeugen die stetig komplexeren Regelwerke einen Innovationsschub im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung, diese wird immer effizienter, intelligenter und damit ressourcenschonender. Andererseits erschwert das Modell TGA-as-a-service in den kommenden Jahren die Innovation in die Breite zu bringen, da Anbieter nach wie vor auf Amortisierung der Kosten und maximale Betriebsdauern abzielen. Interessant ist in 2030 dabei die zunehmende Vernetzung von Gebäudeanlagen über

Grundstücksgrenzen hinweg – hin zu größeren vernetzten Systemen. So können unterschiedliche Merkmale einzelner Anlagen im Verbund kompensiert werden und nicht jede Gebäudetechnik muss alle Aspekte in gleichem Maße einlösen. Damit sich TGA-as-a-service noch stärker in 2030 durchsetzt, wird intensiv daran gearbeitet, die Fertigungsplanung und Betreibermodelle mit entsprechenden TGA-Schnittstellen bereits in der Entwurfsplanung zu berücksichtigen.

3.2.8 Arbeitsmarkt und Wettbewerb

Die Relevanz von ressourcenschonendem Planen und Bauen ist in alle Ausbildungs- und Weiterbildungsprogramme entlang der Wertschöpfungskette Bau integriert. Im Bereich der **Ausbildung und Qualifikation** haben die regulatorischen Vorgaben für klimagerechtes Bauen und Betreiben dazu geführt, dass Handwerksbetriebe und kleinere Unternehmen gezwungen waren in die Nutzung neuer Werkzeuge zu investieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Als Antwort darauf haben regionale Genossenschaften seit Mitte der 2020er Jahre eine starke Renaissance erfahren, die Werkzeuge, Investitionen und Wissen für Klimaschutz im Bau teilen. Ohne diese Verbünde sind die Vorgaben mit konventionellen Werkzeugen und Methoden für einzelne Betriebe kaum erreichbar gewesen. Dies führt unter anderem auch zu positiven Effekten für die Ausbildung und die Attraktivität der Branche, denn durch kooperative Strukturen entstehen zahlreiche Spezialisierungschancen für den Einzelnen und steigende Anerkennung aus anderen Wirtschaftsbranchen.

Dennoch führt dieser Trend wie viele andere zu Konsolidierungsprozessen in der Branche und die Auswahl an Anbietern für bestimmte Dienstleistungen sinkt. Harte gesetzliche Vorgaben sind dabei mit ein Einflussfaktor für eine ansteigende **Preisentwicklung**, aber durch effektive Ressourcennutzung und die erforderliche Ausnutzung verfügbarer Potenziale profitiert der Gebäudebestand in Summe. Die Regulierung ist daher weniger Kostentreiber im negativen Sinne, sondern zeigt vielmehr die wahren Kosten über den ganzen Lebenszyklus und macht die CO_2-Folgekosten transparent. Als positiver Effekt daraus sinken die Kosten in der Betriebsphase und ermöglichen neue Investitionen hin zum Ziel der vollständigen Klimaneutralität nach 2030.



3.3 Szenario 3: #heritagefortomorrow

Der Transformationsprozess orientiert sich stark am Schutz erhaltenswerter Strukturen der deutschen Bau- und Immobilienwirtschaft. Innovation wird durch einzelne Unternehmen und Planungsbüros in Leuchtturmprojekten vorangetrieben und überträgt sich zögerlich auf den Markt. Die Trägheit der Branche beruht oftmals auf fehlender Zeit im Tagesgeschäft für Veränderung und Innovation. Erst wenn ausreichend Leidensdruck entsteht, steigt Veränderungsbereitschaft. Wer jedoch Ressourcen in Innovation investiert, hat überdurchschnittliche Chancen im Wettbewerb. Die anderen Wettbewerber haben mittel- bis langfristig Probleme, sich auf dem Markt zu behaupten. Das Bewusstsein für Bewahrenswertes schützt aber auch Traditionen, die letztendlich helfen, die Vielfalt und Resilienz sowie regionale Wertschöpfung in der Branche beizubehalten. Traditionelle Bauformen und Materialen rücken verstärkt ins Bewusstsein und entwickeln sich in gewissen Grenzen zu einer Alternative für komplexe technische Systeme.

Die wichtigsten Treiber dieses Szenarios sind der starke Wille der Branche zum Erhalt und zur Förderung der Tradition des deutschen Bauwesens. Dadurch haben jedoch Unternehmen aus anderen Branchen und Regionen mit innovativen Angeboten einen leichten Markteintritt und dominieren diesen zunehmend. Heutige Regularien bleiben grundlegend erhalten und werden hinsichtlich zusätzlich nötiger Klimaaspekte angepasst. Technologischer Fortschritt wird nicht gefördert und findet in Nischen statt.

3.3.1 Marktstruktur

Bis 2030 wird die Branche nur eine geringe Produktivitätssteigerung erfahren, da sich nach wie vor zu wenige deutsche Unternehmen, Betriebe und Planungsbüros mit der Digitalisierung auseinandersetzen und diese als Chance erkennen. Dies führt dazu, dass sich der Markt und somit die ganze Branche in zwei Kategorien teilt. Auf der einen Seite zeigen etablierte Betriebe ein großes Beharrungsvermögen auf der anderen Seite drängen junge neue Start-Ups und Player aus anderen Märkten in den Markt. Die **Absicherung der Wettbewerbsfähigkeit**, insbesondere für etablierte kleine bis mittelständische Unternehmen, wird damit immer schwieriger, da gerade kleinere Unternehmen nicht ausreichend in Innovation investieren können. Dies liegt nicht nur an fehlenden finanziellen Mitteln aufgrund steigender Kosten, sondern vor allem an der fehlenden Ressource Zeit, durch die weiterhin hohe Auslastung der Betriebe sowie an mangelnder Expertise, sich mit neuen Werkzeugen in den Betrieben auseinander zu setzen. Zudem besteht das Handwerk weiterhin auf Einzelverträge, da sich kooperative Modelle wegen schwierig abzuschätzender Risiken nur vereinzelt durchsetzen. Planung und Ausführung bleiben wirtschaftlich voneinander unabhängig und machen die Qualität der partnerschaftlichen Zusammenarbeit der Beteiligten zu einem wichtigen Erfolgskriterium.

Die Branche wird mehr und mehr von schnell wachsenden Start-Ups aus anderen Bereichen dominiert. Um nicht komplett von diesen neuen Playern verdrängt zu werden, haben sich etablierte Betriebe in ihren angestammten Bereichen weiterentwickelt und spezialisiert. Dabei konzentrieren sich diese Unternehmen auf die eigene Wertschöpfung und berücksichtigen kaum die Potentiale der Vernetzung. Damit bleibt der Wirtschaftszweig weit hinter seinen Möglichkeiten und kann diesen Rückstand auch in den kommenden Jahren kaum aufholen. Die Branche lebt von öffentlichen Aufträgen, da es bis 2030 zu einem großen Investitionsstau in Infrastruktur und Verkehrsanlagen kam. Weil der Preis immer noch das ausschlaggebende Ausschreibungskriterium ist, bleiben finanzielle

1. Hoher Spezialisierungsgrad einzelner Betriebe
2. Einsatz bewährter Materialien und digitale Fertigung
3. Erhalt der Baukultur
4. Markteintritt von branchenfremden Start-Ups und Global Playern

und zeitliche Investitionen in Innovation und Nachhaltigkeit über die Erfüllung des Mindestmaßes hinaus aus. Die Disruptionen kommen von außen. Auch auf Stadtebene wird weiterhin nur in einzelnen Gebäuden gedacht und eine ganzheitliche Sicht über das gesamte Quartier bzw. die Stadt findet kaum Anwendung.

Diese Entwicklungen zeigen auch ihre Auswirkungen auf dem **Arbeitsmarkt**. Im Jahr 2030 wird die Branche immer noch vom Fachkräftemangel beherrscht, zudem macht der steigende Mindestlohn niedrigqualifizierte Arbeiten unwirtschaftlich und ermöglicht globalen Mitbewerbern einen einfachen Markteintritt. Der Wettbewerb um die wenigen Fachkräfte ist im Vergleich zu anderen Branchen deutlich intensiver geworden, da Fachkräfte insbesondere im Handwerk nach wie vor sehr gefragt sind. Das traditionelle **Ausbildungs- und Qualifizierungssystem** wird bis auf kleinere Anpassungen beibehalten. Das führt bei den Arbeitenden dazu, dass die Schere zwischen hochqualifizierten spezialisierten Fachkräften und Hilfskräften weiter auseinander geht.

3.3.2 Daten und Systeme

Nicht nur bei Arbeitskräften, sondern auch bei Software-Produkten steigt der Grad an Spezialisierung. Die **Kombination digitaler Systeme** funktioniert in Produktfamilien und weist nur bedingt eine Kompatibilität zu Systemen anderer Software-Anbieter auf. So entstehen im Lebenszyklus eines Bauwerks eine Vielzahl an Medienbrüchen. Die damit einhergehenden Effizienzeinbußen senken die Akzeptanz von Digitalisierungsprozessen und erschweren somit eine breite Umsetzung. Aufgrund dieser verinselten Lösungen findet auch die **Simulation der Lebenszyklusphasen** nur im Ökosystem des Gebäudes statt. Die Schnittstellen zu Quartier und Stadt werden dabei nicht berücksichtigt. Somit ist das Bauwerk die Systemgrenze für Berechnungen und Simulationen. Fehlende Daten von Bestandsbauten führen auch dazu, dass diese Berechnungen nur im Neubau durchgeführt werden. Dadurch fehlt auch die Grundlage für die Berücksichtigung von verbauten Materialen und deren Rezyklierbarkeit bei Entscheidungen zu Rückbau oder Sanierung.

3.3.3 Werkzeuge für Planung und Betrieb

Klar definierte Produktketten ermöglichen die **Berücksichtigung der Fertigungsplanung in der Entwurfsplanung**. Die damit erzielte Effizienz geht allerdings mit einer deutlich eingeschränkten Flexibilität der baulichen Lösungen einher. Matchmaking-Plattformen ermöglichen es den kleinen und stark spezialisierten Planungsbüros passende Partner zu finden, um auch bei größeren Aufträgen wettbewerbsfähig zu sein. Auch wenn digitale Werkzeuge immer häufiger zur Unterstützung der Planung eingesetzt werden, sind **parametrische Planungsprozesse** nur in Pilotvorhaben großer Architektur- und Ingenieurbüros im Einsatz. Die Digitalisierung wird genutzt, um bestehende Prozesse unter Beibehaltung der prinzipiellen Vorgehensweisen und Formen der Zusammenarbeit zu optimieren.

Zur Kompensation von Klimafolgen und zur Erreichung von Klimazielen werden bauliche Lösungen den technischen Lösungen vorgezogen. Standort und Klimazone finden dabei besondere Berücksichtigung. Passive Systeme zur Klimatisierung helfen dabei beispielsweise, um einer Überhitzung der Gebäude entgegenzuwirken. Dies hat Auswirkungen auf die Entwicklung der **Technischen Gebäudeausrüstung**. Optimierungspotentiale wurden hier nur partiell ausgeschöpft, da die Gebäudetechnik aufgrund der angepassten Bauweise nur bedingt zur Erfüllung von Vorgaben als Kompensation benötigt wurde und einem geringeren Innovationsdruck ausgesetzt war. Diese Entwicklung wird in Summe jedoch als positiver Rückschritt wahrgenommen und ermöglicht wieder eine einfachere Wartung und Instandhaltung der Anlagen, führt aber zu einer Spezialisierung der Gebäude mit einhergehender Reduzierung der Nutzungsflexibilität.

4
2
1
3

3.3.4 Fertigungsmethoden und Erstellungsprozesse

Die deutsche Bauwirtschaft hält an bewährten Baumethoden fest und entwickelt diese weiter. Dadurch wird die Branche im Bereich des **modularen vorgefertigten Bauens** im Hochbau von der globalen Konkurrenz überholt. Durch den Eintritt dieser Wettbewerber auf den deutschen Markt macht sich im Stadtbild vor allem bei Zweckbauten vermehrt eine Monotonie und Austauschbarkeit der Architektur bemerkbar. Der Markteintritt der globalen Unternehmen gelingt vor allem durch den steigenden Bedarf an günstigem Wohnraum in Innenstädten. Zur Erschließung neuer Flächen wird durch Aufstockung auf Bestandsgebäude nachverdichtet. Gerade für diese Konzepte wird die Methode eines modularen vorgefertigten Leichtbaus, eingesetzt.

Im Bereich des Infrastrukturbaus schafft es die deutsche Bauwirtschaft jedoch, wiederkehrende Module weiterzuentwickeln und auf dem deutschen Markt anzubieten. Die Unternehmen bauen dabei auf eine langjährige Erfahrung mit Linienbaustellen und über lange Strecken wiederkehrenden Module, beispielsweise im Tunnelbau, auf.

Im Bereich der Baumaschinen hat sich bei Linienbaustellen der Einsatz von **autonomen Baufahrzeugen** weitestgehend etabliert. Diese werden im Hochbau kaum eingesetzt, hier zeichnet sich eher eine Entwicklung zu menschgeführter Assistenzrobotik ab. Voraussetzung für den Einsatz ist die Bezahlbarkeit und eine einfache und verständliche Nutzbarkeit solcher Assistenzsysteme. Auch im Rückbau gewinnt der Einsatz von autonomen Baufahrzeugen und robotischer Assistenzsysteme an Bedeutung, da damit die Gefährdung der Arbeitskräfte bei Rückbau- und Abrissarbeiten deutlich reduziert wird. Der **Fuhrpark der Bauunternehmen** bleibt weitestgehend bestehen und es kommt vereinzelt zu Kooperationen mit benachbarten Bauunternehmen, um Kosten und Standzeiten der Maschinen zu reduzieren. Die im Sinne der **On-Site-Production** zu verstehenden temporären Vorort-Fabriken kommen nur in Einzelfällen zum Einsatz. Hier wird weiterhin überwiegend mit bekannten Methoden gebaut, wie z. B. der Kletterschalung. Eine Vorort-Fertigung einzelner Bauteile etabliert sich aber im Bestandsumbau. Hierfür werden fehlende Einzelteile sowie spezielle Einzelteile für Anschlüsse zwischen Bestand und vorgefertigtem Bauteil mittels **additiver Fertigung** entsprechend der vor Ort benötigten Anforderungen hergestellt.

3.3.5 Materialität

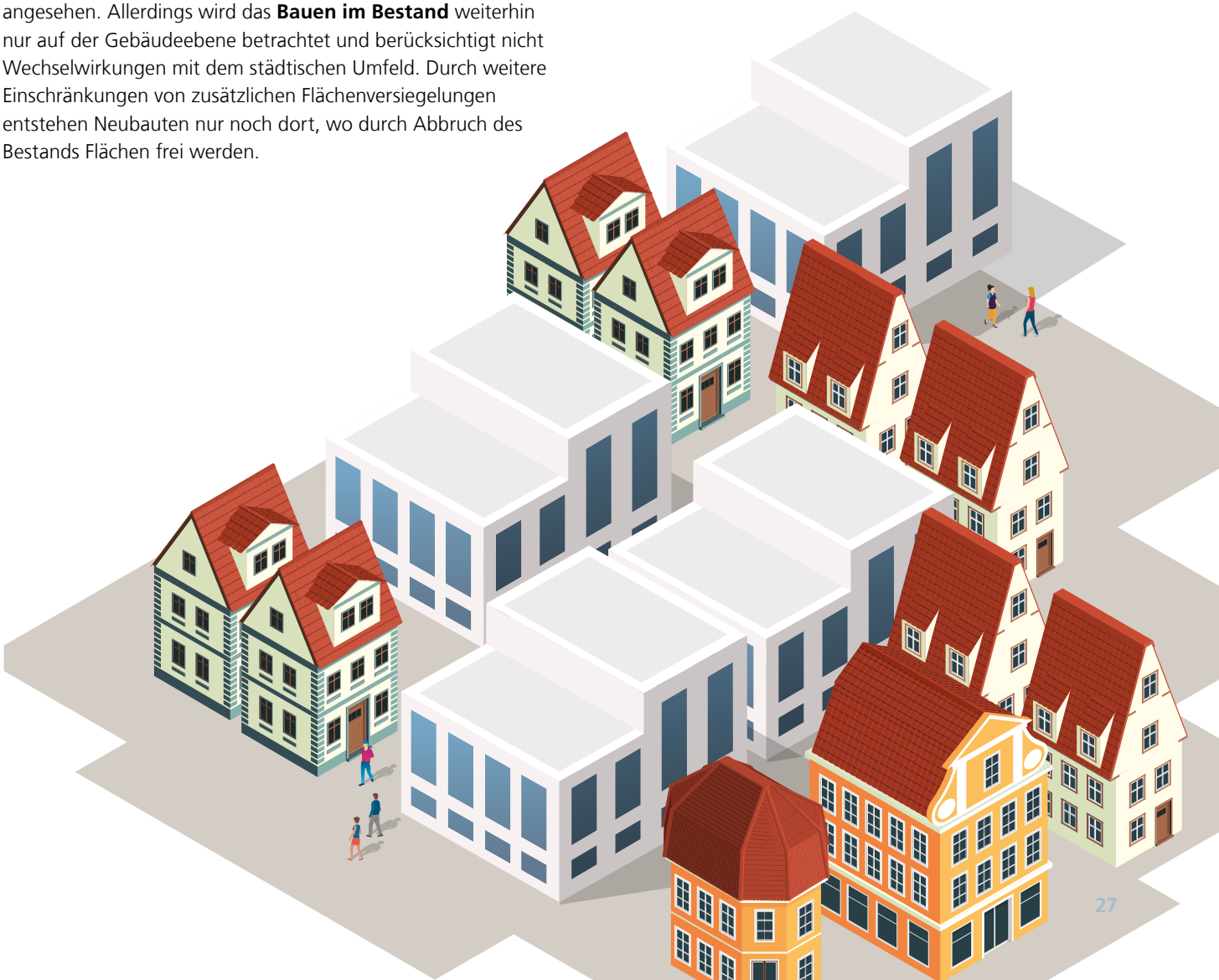
Im Hinblick auf die Materialität der zu verbauenden Baustoffe bleibt der Mix an **bewährten Baumaterialien** überwiegend erhalten. Innovativere neue Baumaterialien und -komponenten kommen lediglich in Pilotprojekten zum Einsatz. Im Zuge der verschiedenen Nachhaltigkeitsstrategien werden die verbauten Produkte **einzeln zertifiziert**. Jedes Bauteil muss damit den Vorgaben exakt entsprechen, sodass eine flexiblere Kompensation im gesamten Bauwerk durch andere Bauteile nicht möglich ist. Auch Smart Materials finden nur in Einzelfällen Anwendung. Sie gelten als experimenteller Baustoff, denn auch die Nutzerinnen und Nutzer der Bauwerke sind noch nicht bereit, die Einschränkungen durch **Smart Materials** zu akzeptieren. Eine Sensibilisierung der Branche und der Bevölkerung für das Thema beginnt gerade erst, genauso wie die Nachweisführung für die Vorteile durch den Einsatz von Smart Materials.

3.3.6 Umgang mit dem Klimawandel

Der Trend der Holzbauweise hat sich im Jahr 2030 abgeschwächt und wird kritisch reflektiert. Die Ressource Holz wurde zu stark in Anspruch genommen und dabei nicht nachhaltig erwirtschaftet. Es wurde versäumt, die Ressource nachhaltig und regional anzubauen und nachwachsen zu lassen. Dies führte zu einem extremen Preisanstieg und hoher Beanspruchung vorhandener Forstgebiete in Europa. Um den **Auswirkungen des Klimawandels** begegnen zu können

führten bauliche Schutzmaßnahme zu zusätzlichen Ressourcenverbrauch. Bislang fehlende langfristige interdisziplinäre Strategien zur Klimaanpassung haben zur Folge, dass vermehrt Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise Dämme gegen Hochwasser und Sturmfluten, benötigt werden. Trotz steigendem Handlungsdruck fehlt nach wie vor eine weit vorausschauende politische Klima-Strategie und -Planung. Dennoch wird der Erhalt und Umbau bestehender Bauwerksstrukturen als wichtiger Beitrag zum Klimaschutz und zur Ressourcenschonung angesehen. Allerdings wird das **Bauen im Bestand** weiterhin nur auf der Gebäudeebene betrachtet und berücksichtigt nicht Wechselwirkungen mit dem städtischen Umfeld. Durch weitere Einschränkungen von zusätzlichen Flächenversiegelungen entstehen Neubauten nur noch dort, wo durch Abbruch des Bestands Flächen frei werden.

Generell wird in den deutschen **Städten**, u. a. wegen teils anhaltender Landflucht, weniger gebaut. Dies führt zu dem positiven Aspekt, dass das historische Erbe der Bausubstanz, insbesondere in Innenstädten, erhalten wird. Als weitere Maßnahme des Klimaschutzes hat sich in einzelnen Anwendungen das **Climate Engineering** bewährt. Es erfährt dabei aber keine ganzheitliche, sondern nur eine einzelne Betrachtung, die sich auf das Klima in Innenräumen beschränkt.



Die Nutzerinnen und Nutzer haben dann jedoch nur noch geringe Möglichkeiten, individuelle Komforteinstellungen vorzunehmen und werden in ihrem Flexibilitätswunsch eingeengt. Für flächendeckende holistische Ansätze des Climate Engineering fehlt es dem Wirtschaftszweig auch hier an Fachkräften. Ebenso konnte sich die **Ganzheitliche Bilanzierung** zur Nachverfolgung von Emissionen im ursprünglichen Sinne nicht durchsetzen. Sie wird in Einzelfällen angewandt und hat aber auch dort an Detaillierung verloren, da sie in ihrer ursprünglichen zwar umfassenden, aber komplexen Analyse nicht in der Branche umsetzbar war. Es fehlt an übergeordneten Initiativen zur Etablierung von klimagerechtem Bauen.

3.3.7 Einfluss der Gesellschaft

Die Meinungen und Ansprüche der **Nutzerinnen und Nutzer** variieren stark. Einerseits hat ein Teil von ihnen einen sehr hohen Anspruch an Qualität und Nachhaltigkeit, ist aber zögerlich bei dafür benötigten Investitionen. Auf der anderen Seite stehen Nutzerinnen und Nutzer, bei denen die Bezahlbarkeit im Vordergrund steht und die dafür auch gerne auf Komfort oder weitere Ansprüche verzichten. In diesem Spannungsfeld unterschiedlicher Nutzeranforderungen entwickelt sich das Bauen unter Wahrung traditioneller Bauansätze weiter. Dies führt auch dazu, dass weiterhin in etablierten Ökosystemen gebaut wird, z. B. von Wohnungsbaugesellschaften und -entwicklern. In Ermangelung an ein effizientes und durchgängiges Flächenmanagement von nutzungsspezifischen Raumangeboten wird versucht, Flexibilität im Lebenszyklus der Gebäude durch multifunktionale Raumangebote für neutrale **Nutzungen** zu erzielen. Bei der Planung neuer Bauvorhaben hat sich in der Vergangenheit oftmals ein Widerstand der »Alteingesessenen« gegen innovative Bauvorhaben durchgesetzt. Dies hat zur Folge, dass **Partizipation** in 2030 auf das Nötigste reduziert wird, womit auch eine Möglichkeit, Nutzerwissen frühzeitig zu erfassen und in Planungsprozessen zu berücksichtigen, verloren geht.

3.4 Erste Interpretation und Bewertung der Szenarien

Die drei Zukunftsszenarien beschreiben mögliche und alternative Zukünfte, bei denen jeweils Innovation, Regulierung und Bewahren als Instrumentarien eine besondere Dominanz entwickeln. Allen Szenarien liegt die Zielsetzung der Bau- und Immobilienwirtschaft zu Grunde, bis ins Jahr 2045 mit Bestandsoptimierungen bzw. maximal ressourceneffizienten Neubauten über den gesamten Lebenszyklus der Bauwerke klimaneutral zu werden. In allen Szenarien liegen die Bauaufgaben in der Schaffung von Lebensraum für Wohnen und Arbeit sowie der dazu benötigten Infrastruktur und deren Anpassung an klimagerechte Energie und Mobilität. Aber auch deren Anpassung hin zu mehr Resilienz gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels gehört mit zur Aufgabenstellung. Das Planen, Bauen und Betreiben steht im Dienst globaler Nachhaltigkeit.

Nachfolgend werden erste erkennbare Auswirkungen der Szenarien kurz skizziert und abgeleitet, was passiert, wenn sie eine überdurchschnittliche Dominanz entwickeln oder die Einflüsse positiv auf die Branche wirken. Sollte im ersten Szenario **#innovationiskey** die Innovation eine zu hohe Dominanz entwickeln, könnten technisch komplexe Lösungen gegenüber schlanken bzw. einfachen Lösungen dominieren. Das bedeutet beispielsweise, dass Gebäude überwiegend mit einer hoch digitalisierten und komplexen Technischen Gebäudeausrüstung zur optimalen Klimatisierung ausgestattet werden, anstatt dass systemische bzw. bauliche Lösungen mitgedacht werden. Einher geht damit eine hohe Nutzungsflexibilität durch Anpassbarkeit der TGA. Kleine Unternehmen können dem technologischen Druck nicht folgen und verlieren Marktanteile zu Gunsten großer Konzerne, die die gesamte Prozesskette des Planens, Bauens und ggf. sogar des Betreibens abdecken. Zu berücksichtigen ist auch, dass hochtechnische Systeme fehleranfällig und nicht resilient sind und z. B. im Falle eines Black Outs hohe Risiken für ein Versagen des Gesamtsystems bestehen. Aus gesellschaftlicher Sicht kann es bei einem hochtechnologischen Szenario auch zur vollen Transparenz der Bürgerinnen und Bürger kommen. Wenn die Innovation jedoch wohldosiert die Transformation der Branche bestimmt, wandeln und finden sich kleinere, hochspezialisierte Unternehmen und vernetzen sich zu projektbezogenen virtuellen Unternehmen, die exakt auf die Projektanforderungen zugeschnitten sind. Zudem wird Technik wohl überlegt dort eingesetzt, wo andere Lösungen aufgrund eines z. B. hohen Anspruchs an Flexibilität an ihre Grenzen stoßen.

Im zweiten Szenario **#greenregulation** ist die Bauwirtschaft im Extremfall maximal getrieben von gesetzlichen Auflagen und Standards, welche nicht nur ein zu erreichendes Ziel vorgeben, sondern auch den Weg dorthin definieren. Die Lösungsräume für bauliche und gesellschaftliche Herausforderungen werden dadurch stark eingeengt und die Innovation wird durch planwirtschaftlich definierte Randbedingungen stark gehemmt. Immer mehr Unternehmen verlagern ihre Standorte und auch Bauvorhaben in Länder mit geringeren Auflagen. Die Sanierung einzelner Teile in Bestandsgebäuden wird hinausgezögert, da in diesem Zuge auch Sanierungspflichten für das gesamte Gebäude zum Tragen kommen würden. Zusätzlich entstehen sowohl im Bestandsbau wie im Neubau höhere Kosten durch Aufwand für Prüfmechanismen für die Bepreisung und Zertifizierung von Nachhaltigkeit. Eine intelligente Regulierung bzw. Deregulierung gibt zwar Leitplanken vor und nutzt Marktmechanismen, z. B. durch CO_2-Bepreisung, belässt aber einen großzügigen regulatorischen Rahmen, in dem sich der Markt entfalten kann. Dies kann zu neuen Innovationssprüngen hinsichtlich Klimaneutralität beim Planen, Bauen und Betreiben führen.

Das Bewahren des dritten Szenarios **#heritagefortomorrow** birgt bei zu hoher Dominanz die Gefahr, über ein Verharren zu Rückschritten zu führen, vor allem im internationalen Vergleich. Die Souveränität der deutschen Bau- und Immobilienwirtschaft ist durch die globale Konkurrenz bedroht. Des Weiteren wird eine Fortsetzung der bisherigen Bauweisen und Betreiberprozesse den Markt weiter entfernen von der Erreichung der Klimaziele. Ein Bewahren der Tradition im wohldosierten Rahmen gelingt auf Basis einer offenen kritischen Diskussion von Stärken und Schwächen der Akteure der Wertschöpfungskette Bau und der Ableitung und Förderung von bewahrenswerten Stärken. So bleibt beispielsweise das Handwerk mit seinen für Deutschland spezifischen Stärken, z. B. der hohen Ausführungsqualität oder der Qualität der Ausbildung, bestehen und passt sich proaktiv an die neuen Anforderungen an. Die Trennung von Planung und Ausführung bleibt weiterhin erhalten und führt dank Diversität zu großer Qualität und zu robusten Märkten.

3.4.1 Bewertung durch den Hauptverband der Bauindustrie e. V.

Die in der Studie genannten Szenarien sind aus Sicht der Bauindustrie geeignet, einen Ausblick in die mögliche Zukunft der Baubranche zu geben. Die wesentlichen Faktoren und Wirkkräfte möglicher Transformationspfade werden im Szenario-Prozess »Bauen 2030« genannt. Daher bildet die Studie einen guten Ausgangspunkt für weitere Betrachtungen.

Dabei ist klar, dass die Baubranche sich in einem digitalen Transformationsprozess befindet. Durch die vernetzte Zusammenarbeit werden künftig die Grenzen zwischen Planen, Bauen und Betreiben verschwinden. Dadurch verändert sich der gesamte Prozess und neue Akteure werden sich Marktzugang verschaffen.

Das zwingt die Branche zu einer neuen Zusammenarbeit: Die Trennung von Planen und Bauen steht diesem Prozess entgegen und muss überwunden werden. Dabei kommt es vor allem darauf an, althergebrachte Grenzen zwischen klein und groß oder Planern und Ausführenden einzureißen. Wir müssen als Wertschöpfungskette gemeinsam wirken. Nur dann wird es uns gelingen, die Produktivitätspotenziale zu heben, um die großen Bauaufgaben der Zukunft meistern zu können.

Zweifelsfrei ist Innovation als Treiber für die Weiterentwicklung der gesamten Branche identifiziert worden. Entscheidend wird sein, mit welcher Intensität die anderen Faktoren auf diesen Treiber wirken. Regulierung kann laut den vorliegenden Erkenntnissen dabei sowohl Anreiz als auch Hemmnis der Entwicklung sein. Die Herausforderung ist es daher, Innovation, Technologieoffenheit und Nachhaltigkeit in einer wirksamen Strategie zu vereinen, um immer ambitionierteren Regulierungen gerecht zu werden, die Klimaziele zu erreichen und auch künftig attraktiver Arbeitgeber zu sein.

3.4.2 Gemeinsame Bewertung durch die Bundesarchitektenkammer e. V. und die Bundesingenieurkammer e. V.

Klimaneutrales Planen, Bauen und Betreiben sowie die Schaffung von ausreichendem und bezahlbarem Lebensraum sind die wichtigsten Bauaufgaben der nächsten Jahre und Jahrzehnte. Die planenden Berufe sind dabei als Treuhänder des Bauherrn in ihren Lösungsansätzen prinzipiell technologieoffen und verpflichten sich zur Produktneutralität.

Die Digitalisierung ist in den Planungsbüros angekommen. Gerade den kleineren und mittleren Büros kommt mit ihrer Agilität und dem Auffinden von maßgeschneiderten und passgenauen Lösungen auch künftig eine große Bedeutung zu. Das Bauen im Jahre 2030 wird sich sicherlich ähnlich vielgestaltig darstellen wie heute auch. Kein Projekt gleicht dem anderen. Die genannten Szenarien sind daher ein Ansatz - nicht mehr, aber auch nicht weniger. Am Ende wird es wohl auch in Zukunft eine Mischung aus den skizzierten Faktoren und Prozessen geben.

Die Bundesingenieurkammer und die Bundesarchitektenkammer haben sich bereits in der Vergangenheit stets für ambitionierte Ziele im Hinblick auf Treibhausgasemissionen beim Bauen und Betreiben von Gebäuden ausgesprochen. Mit dem Vertrauen auf kreative Köpfe lassen sich hier auch künftig mit einem technologieoffenen Ansatz die besten Lösungen erzielen.

Die planenden Berufe sorgen dafür, dass die gebaute Umwelt dem gesellschaftlichen Wandel gerecht werden kann. Dabei ist uns wichtig, dass die Digitalisierung nicht alleiniger Treiber sein sollte, sondern immer nur Mittel zum Zweck: Für Nachhaltigkeit, Beständigkeit und Baukultur.

3.4.3 Bewertung durch den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e. V.

Aus Sicht des VDMA sind die drei Szenarien mit Bedacht gewählt, weil sie mit dem Wunsch nach Technologieführerschaft, mit der Regulierung von oben und dem grundsätzlichen Beharrungsvermögen drei mächtige Treiber in den Mittelpunkt stellen. Die Zukunft wird sich sicherlich innerhalb dieses Dreiecks einstellen, wobei es Aufgabe aller Beteiligten sein wird, dafür zu sorgen, dass das Pendel möglichst weit in Richtung Technologieführerschaft schwingt.

Gemeinsam mit dem HDB arbeitet der VDMA schon mit Hochdruck an der Realisierbarkeit einer digitalisierten Baustelle. Auch im Bereich der Baustoffherstellung werden Herausforderungen, wie CO_2-Neutralität oder schnelles und günstiges Bauen intensiv bearbeitet.

Gleichzeitig setzt sich der VDMA im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung für einen klaren Regulierungsrahmen ein, der klimaneutrales Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden mit technologischen Innovationen verbindet.

Eine immens wichtige Maxime für den Maschinenbau wird immer möglichst viel Technologieoffenheit sein. Politische Zielvorgaben und Anreizsysteme sind richtig und wichtig; der Weg zum Ziel muss den Akteuren allerdings frei gestellt bleiben.

3.4.4 Bewertung durch den Zentralverband des Deutsches Baugewerbe e. V.

Der ZDB hält grundsätzlich die drei gezeichneten Szenarien – Innovationsszenario, Regulierungsszenario, Stagnations-/ Verharrungsszenario – für relevante Abbildungen bestehender Trieb- bzw. Bremskräfte der digitalen Transformation in der Bauwirtschaft. Die Szenarien verdeutlichen in extremer Zeichnung das jeweils alleinige Wirken der Treiber bzw. Bremskräfte: Innovation, Regulierung und Verharrung. Einige der in den Szenarien dargestellten Ausprägungen und Bewertungen teilen wir nicht. Keines der Szenarien wird aber in »Reinkultur« vorkommen. Insofern können die Szenarien wichtige Treiber/ Bremskräfte symbolisieren.

Der Prozess der Entwicklung der Szenarien war von einem offenen Austausch der Akteure der Wertschöpfungskette geprägt. Er hat geholfen, die Sichtweisen der Akteure besser zu verstehen.

Die Studie setzt aus Sicht des ZDB einen Impuls, sich proaktiv mit den Herausforderungen / Chancen der Digitalisierung der Bauwirtschaft auseinander zu setzen. Ein Verharren in bestehenden Arbeitsweisen, Technologien und der Art der Kommunikation bedeutet Wettbewerbschancen zu verspielen. Regulierung allein kann den Prozess der Digitalisierung nur anstoßen. Zum Durchbruch werden vernetzte digitale Anwendungen aber erst kommen, wenn sie bei den Marktakteuren Mehrwerte generieren. Der ZDB unterstützt seine Mitglieder, diesbezügliche Potentiale zu erkennen und zu nutzen.

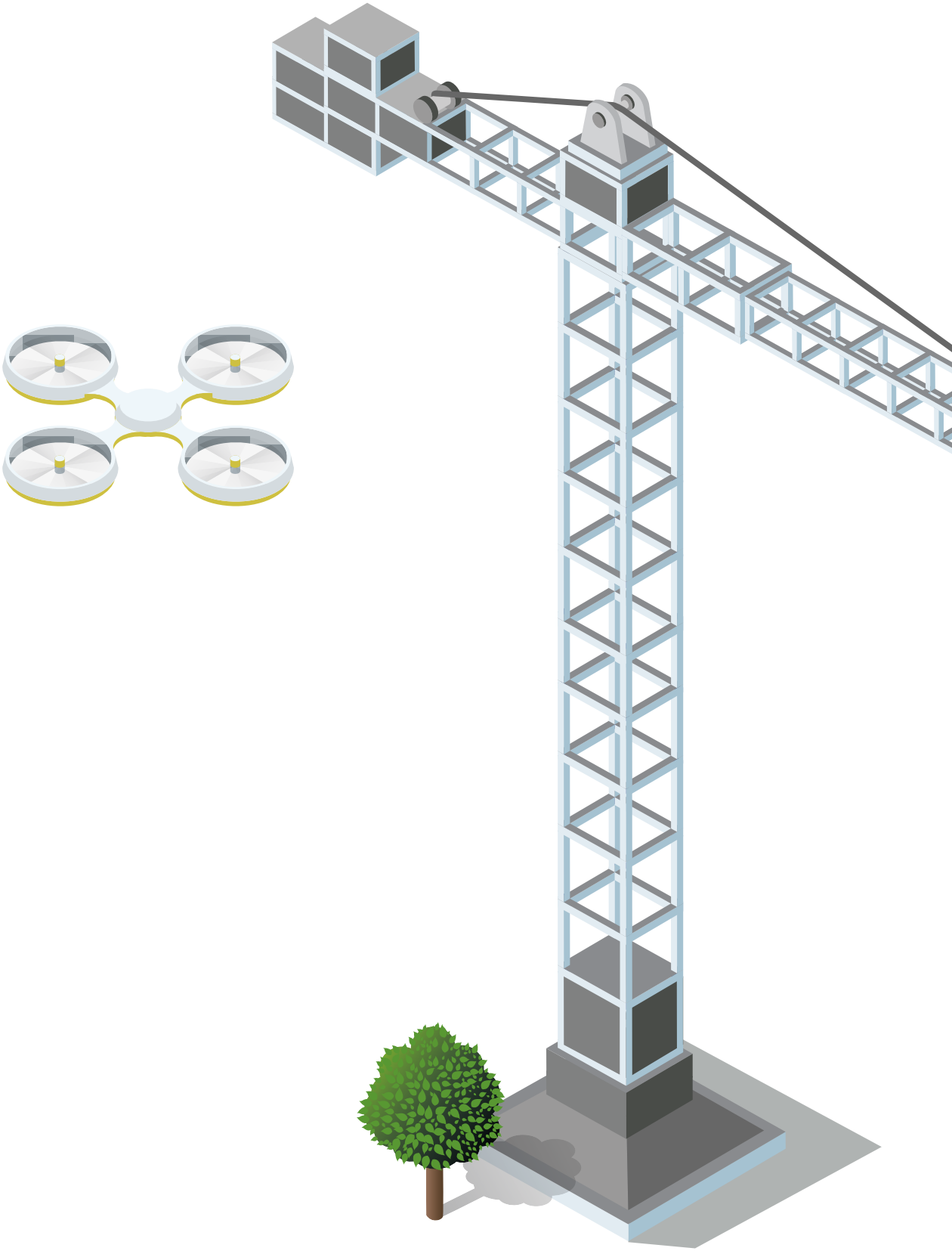
4. Ausblick

Die vorgestellten Szenarien dienen als Leitszenarien, sie bilden Leitplanken und zeigen einen möglichen Handlungsraum auf, in welchem sich die Zukunft des Planens, Bauens und Betreibens in den nächsten acht bis zehn Jahren bewegen kann. Die Szenarien an sich stellen keine Strategie dar, sondern unterstützen als strategische Werkzeuge die kritische Reflexion der Rollen aller beteiligter Akteure und bilden so eine wesentliche Grundlage für konsentierte Entscheidungen. Somit sind sie »offene« Werkzeuge zur Strategieentwicklung innerhalb der Verbände, Kammern und der Politik. Durch den Verlauf der Corona-Pandemie ist zudem deutlich geworden, dass die anstehende Transformation und auch die Entwicklungspfade in Richtung bestimmter Szenarien selten linear abläuft. Oft entstehen im Verlauf sprunghafte Entwicklungen durch nicht vorhersehbare externe Ereignisse. Daher ist es entscheidend, sich auf verschiedene Möglichkeiten und alternative Zukunftsszenarien entsprechend vorzubereiten.

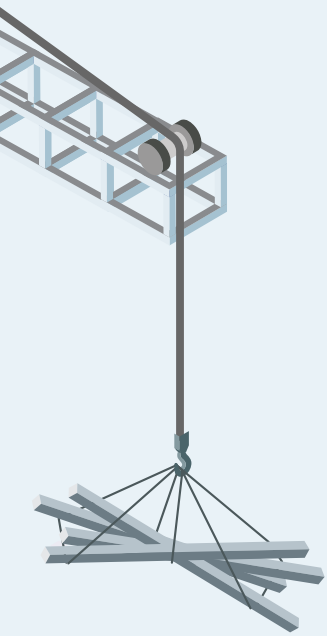
Dadurch ergeben sich Handlungsbedarfe an verschiedenen Stellen. Es sollte mehr interdisziplinäre Zusammenarbeit im Gesamtsystem unserer gebauten Umwelt gefördert werden, hierfür muss beispielsweise die Gewährleistungsproblematik verschiedener Gewerke in der Bauphase gelöst werden. Darüber hinaus müssen die bislang sequenziellen Leistungsphasen mehr miteinander verzahnt und sowohl Ausführende als auch Betreibende und Nutzerinnen und Nutzer bereits in die frühen Entwurfs- und Planungsphasen eingebunden werden. Zudem sollten wertschöpfende durchgängige digitale Prozesse identifiziert und etabliert werden. Ein Erfolgsfaktor der Transformation wird die Unterstützung kleiner Unternehmen und Handwerksbetriebe sein, da diese im Tagesgeschäft festhängen und keine internen Strukturen etabliert haben, um innovationsfähig zu bleiben.

Das Thema Regulierung spielt in allen drei Szenarien eine Rolle. Hier sollte der Weg von starren Vorschriften hin zu performativer Regulierung gehen. Ein flexibler Rechtsrahmen kann beispielsweise zulassen, ein gegenüber dem Bebauungsplan zusätzliches Stockwerk zu genehmigen, wenn im Gegenzug die Fassade begrünt wird oder ein hausinternes Grauwasserrecycling stattfindet. Erst durch die Schaffung von Experimentierfeldern können neue Prozesse parallel entwickelt und getestet werden. Daraus können neue Geschäftsmodelle entstehen, welche neue Impulse für die Branche und den Weg in die Zukunft ermöglichen.

Für den weiteren Transformationsprozess müssen alle Akteure sowie die politische und legislative Ebene zusammengebracht werden, um die Grundlagen für eine zukunftsfähige Bau- und Immobilienbranche zu legen. Der Austausch zwischen den Verbänden und Kammern im Rahmen der Diskussionen für die Studie »Bauen 2030« hat gezeigt, dass Perspektivenwechsel und Einblick in Handlungsspielräume anderer Akteursgruppen, flankiert von Impulsen aus Forschung und Wissenschaft, die Grundlage für ganzheitliche gemeinsame Ansatzpunkte bilden können.



Impressum



Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de

Kontakt
Edith Schwimmer
Tel. +49 711 970-2297
edith.schwimmer@iao.fraunhofer.de

Fraunhofer-Publica
urn:nbn:de:0011-n-6454939
http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-645493.html

Titelbild
© LAVA Laboratory for Visionary Architecture

Satz und Layout
Franz Schneider, Hannah Mengelberg, Fraunhofer IAO

© Fraunhofer IAO, 2022