

DIE AKTUELLE EVOLUTION BEIM PLANEN UND BAUEN – INTEGRATIV, DIGITAL, KLIMANEUTRAL, RESSOURCENEFFIZIENT, KOOPERATIV UND NOCH BEZAHLBAR, ODER?

THE CURRENT EVOLUTION IN DESIGN AND CONSTRUCTION – INTEGRATIVE, DIGITAL, CLIMATE-NEUTRAL, RESOURCE- EFFICIENT, COOPERATIVE AND STILL AFFORDABLE, RIGHT?

Konrad Bergmeister (Universität für Bodenkultur Wien)

KEYWORDS

Klimaverträglichkeit; integrierte Projektabwicklung; digitales Planen und Bauen; Restnutzungsdauer.

KURZFASSUNG

Dieser Beitrag stellt eine kritische Auseinandersetzung dar, um die aktuellen Themen klar anzusprechen und auch Lösungsansätze aufzuzeigen. In der Weltgeschichte gab es nur vereinzelt ähnlich große, disruptive und evolutive Änderungen, wie derzeit. Ob diese großen Änderungen als „Evolution – langsame Entwicklung“ oder als „Revolution – radikale Veränderung“ bezeichnet werden, hängt vom Betrachtungszeitraum ab.

Eine erste Evolution in weltgeschichtlicher Perspektive gab es beim Übergang vom Nomadentum zur Sesshaftigkeit in der neolithischen Zeit.

Eine zweite Evolution (auch diese dauerte Jahrzehnte, obwohl sie als industrielle Revolution beschrieben wird) gab es in der zweiten Hälfte des 18. und im Übergang zum 19. Jahrhundert, als sich durch die technische Entwicklung die sozia-

len und wirtschaftlichen Arbeitsbedingungen sowie Lebensumstände änderten.

Als dritte Evolution (z.B. vom amerikanischen Soziologen Daniel Bell als solche erkannt) wird vielfach die Entwicklung der Mikroelektronik seit Mitte der 1970er-Jahre angesehen, weil diese die Grundlagen für die spätere Digitalisierung darstellte. In der Folge gab es Vorschläge, die Entwicklung rund um Industrie 4.0 und die digitale Vernetzung zwischen Produktion und Logistik (siehe Weltwirtschaftsforum 2015 in Davos) als vierte industrielle Revolution zu bezeichnen. Genauer betrachtet, sind das aber die Folgen der Entwicklungen aus der Mikroelektronik und der derzeitigen Quantenphysik (siehe dazu auch die Vergabe des Nobelpreises 2022 an die Quantenphysiker Anton Zeilinger, Österreich, John Clauser, USA, und Alain Aspect, Frankreich).

Eindeutig kann die aktuelle Zeit der Klimaveränderung als ein weiterer evolutiver Schritt, eben als vierte Evolution bezeichnet werden. Passend dazu haben die Chemiker und Atmosphärenforscher Paul Crutzen und Eugene Störmer bereits im Jahr 2000 vorgeschlagen, diese neue Epoche als „Antropozän“ zu bezeichnen, da der menschliche Einfluss

auf unseren Planeten gewaltige Auswirkungen angenommen hat. Noch nie in der Menschheitsgeschichte gab es derart weltumspannende Auswirkungen der von Menschen geschaffenen Werke auf das Klima und unseren Lebensraum. Das Bauwesen hat laut Werner Sobek¹ an der Gesamtheit klimaschädlicher anthropogener Emissionen einen Anteil von über 50 %. Bei den bekannten 38 % werden nur die Gebäude („building“) erfasst, nicht jedoch die Summe aller Bauwerke.

ABSTRACT

This contribution represents a critical examination, to clearly address the current issues and to show possible solutions. In the history there have been only rarely disruptive and evolutionary changes of the magnitude that we are currently facing. Whether these major changes are called „evolution – development“ or named as „revolution – radical change“ depends on the period under consideration.

A first evolution in a world-historical perspective took place in the transition phase from nomadism to sedentarism in the Neolithic period. A second evolution (it is described as industrial revolution and took decades) occurred in the second half of the 18th century and the transition to the 19th century, when technical developments, social and economic working conditions and living conditions changed.

The third evolution (recognised as such, for example, by the American sociologist Daniel Bell) is the development of microelectronics since the mid-1970s, because it developed the foundations for the later digitalisation. Subsequently, there have been suggestions that the development around Industry 4.0 and the digital networking between production and logistics (see World Economic Forum 2015 in Davos) should be designate as the fourth industrial revolution. More precisely, however, these are the consequences of the developments from microelectronics and the current quantum physics (see also the awarding of the Nobel Prize 2022 to the quantum physicists Anton Zeilinger, Austria, John Clauser, USA, and Alain Aspect, France).

The current period of climate change can clearly be described as a further evolutionary step, as the fourth evolution. The chemists and atmospheric scientists Paul Crutzen and Eugene Störmer suggested in 2000 that this new epoch should be referred as the „Antropocene“, because the human impact on our planet has assumed enormous proportions. Never in history have been such global impact of man-made works on the climate and on our habitat. According to Werner Sobek, the building industry accounts for more than 50 % of all climate-damaging anthropogenic emissions. The known 38 % only includes buildings, but not the sum of all construction work.

1. ES BESTEHT AKUTER HANDLUNGSBEDARF!

Wir müssen sofort anfangen, das Planen und Bauen neu zu strukturieren und zu orientieren sowie die zukünftigen Bedürfnisse der Menschen und der Gesellschaft neu zu erfassen. Es gibt die Methoden der künstlichen Intelligenz (KI), wir können ressourcen- und energieeffizient – in Grenzen sogar neutral – planen und bauen, wir haben KI-gestützte

¹ Sobek, non nobis – über das Bauen in der Zukunft (2022).

Gebäude- und Monitoring-Techniken und wir können von den Bauwerken digitale Zwillinge erstellen. Um dies zu erreichen, brauchen wir Erkenntnisgewinn in großem Umfang – hin zu einer völlig anderen Denkweise beim Bauen als heute.

Die Bestandsbauwerke müssen möglichst lange erhalten und deren Lebensdauer durch ein integriertes Lebenszyklus-Management und Monitoring auch für verschiedene Nutzungen verlängert werden. Die Wiederverwendung und -verwertung von Baustoffen und Bauteilen muss eine Verpflichtung werden, denn die Bestandsbauwerke sind kalkulierbare Werkstofflager und müssen in eine Kreislaufwirtschaft unter Berücksichtigung der Materiallogistik und Transportwege eingebunden werden.

Dieser kurze Abriss soll uns die aktuelle Verantwortung und die Bedeutung unseres möglichen Wirkens vor Augen führen. Noch, aber nur mehr wenige Jahre, können wir etwas tun.

Erste Erkenntnis und Forderung

Wir müssen jetzt handeln, um morgen etwas verändern und übermorgen noch als Menschheit in würdevoller Interaktion mit der Natur leben zu können.

2. WIE SIEHT DIE AKTUELLE REALITÄT AUS?

2.1. Klimaverträglichkeit – CO₂-Emissionen

Der Ausstoß von CO₂ ist der Haupttreiber des Klimawandels. Um den globalen, mittleren Temperaturanstieg mit 67 % Wahrscheinlichkeit auf maximal 1,5 Kelvin zu begrenzen, dürften nach Stand vom 1.1.2018 noch Emissionen in Höhe von 1.170 Mrd. Tonnen abgegeben werden.² Aktuell werden weltweit je nach Autor zwischen 42 und 53 Mrd. Tonnen pro Jahr an CO₂ freigesetzt.³

Wir werden unter den aktuellen Erkenntnissen die Klimaneutralität in Europa um das Jahr 2050 nicht erreichen. Es ist schon fast absurd, dass wir in einer Europäischen Union, in der die Emissionen sicher nicht an den Grenzen Halt machen, in den jeweiligen Ländern unterschiedliche Zieljahre bis zur Klimaneutralität angeben (Österreich: 2040, Deutschland: 2045). Bei einer vereinfachten Annahme einer linearen Abnahme müssten wir weltweit die CO₂-Emissionen bis 2050 um 50 % reduziert haben, um bis 2080 weltweit auf den Wert null zu kommen.

2.2. Wie sieht es in Österreich aus?

Bis zum Jahr 2020 wurden in Österreich 73,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente emittiert. Das entspricht einer Reduktion um 6,2 % gegenüber dem Kyoto-Basisjahr 1990. Die letzten Berichte des Grazer Wegener Centers für Klima und Globalen Wandel aus dem Jahr 2021 zeigen jedoch eine Erhöhung um 6,5 % gegenüber 2020 – und somit wieder das Niveau von 1990. Da maximal fünf bis zehn Prozent der aktuellen Emissionsmenge mittels Aufbaus von Kohlenstoffspeiche-

² Rogelj et al., Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development, in Masson-Delmotte et al. (Hrsg.), Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty (2018) 93.

³ Gates, How to avoid climatic disaster (2021).

rung durch Boden- und Waldbewirtschaftung ökologisch gut verträglich und langfristig gebunden werden können, muss Österreich bis 2040 seine Emissionen um mindestens 90 % verringern, um die erforderliche Klimaneutralität für das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen.⁴

Die Gesamtemissionen im Jahr 2020 beliefen sich in Österreich in den folgenden Sektoren auf (siehe auch Abbildung 1):

- » Energie, Industrie: 32,4 Mio. Tonnen CO_{2,eq};
- » Verkehr: 20,7 Mio. Tonnen CO_{2,eq};
- » Gebäude: 8,0 Mio. Tonnen CO_{2,eq};
- » Landwirtschaft: 7,9 Mio. Tonnen CO_{2,eq};
- » Abfallwirtschaft: 2,3 Mio. Tonnen CO_{2,eq}.

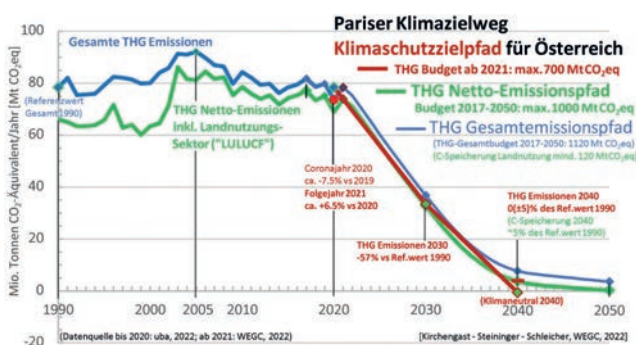


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung der CO₂-Äquivalente (© Kirchengast/Steininger/Schleicher, Klimaschutzzielpfad [2022])

Auch das Bauwesen ist dringend gefordert, weshalb die Österreichische Bautechnikvereinigung (ÖBV) einen Sachstandsbericht 2022 über den aktuellen Status und mögliche Maßnahmen erstellt hat.⁵ Das war eine reine Zustandserfassung, konkrete Maßnahmen im größeren Maßstab müssten jedoch erst umgesetzt werden.

2.3. Wo stehen wir mit der Digitalisierung im Bauwesen?

Die digitale Vernetzung hat mittlerweile nahezu die Hälfte der Menschheit erfasst. Im Jahr 2020 benutzten etwa 60 % der Weltbevölkerung (ca. 4,8 Mrd.) das Internet. Wesentlich ist dabei, dass mehr als 1,5 Mrd. Menschen aus unterentwickelten und etwa zwei Milliarden aus entwickelten Ländern kommen. In absoluten Zahlen gibt es also weltweit in weniger entwickelten Ländern weit mehr Menschen, die das Internet benutzen. Das Mobiltelefon benutzen bereits über zwei Drittel der Weltbevölkerung (etwa 5,3 Mrd.).

In den großen Städten weltweit findet man über 90 % der Gebiete mit einer 3G-Standard-Netzanbindung. Den 5G-Standard gibt es seit April 2019 in Südkorea, in zunehmend mehr Städten in Europa und bis in fünf Jahren weltweit mit über 90 %. Die nächste Generation, 6G, soll 8.000-mal schneller werden als der 5G-Standard, womit ein Terabyte an Daten pro Sekunde gesendet werden könnte.

⁴ Kirchengast/Steininger/Schleicher, Klimaschutzzielpfad für Österreich (Wegener Center für Klima und Globalen Wandel 2022); siehe auch „Neue Berechnungen – Österreich auf falschem Klimapfad“, ORF.at vom 8.7.2022, abrufbar unter <https://orf.at/stories/3275023/> (Zugriff am 16.11.2022).

⁵ ÖBV, Sachstand – Ökologisierung/Nachhaltigkeit im Bauwesen (Ausgabe: April 2022).

In der Visualisierung, der Planung und dem Bau von Bauwerken und Infrastrukturen hat die Digitalisierung unter Einsatz computerbasierter Planungsinstrumente (Computer-Aided Design [CAD], Building Information Modelling [BIM]) und Berechnungsmethoden (nichtlineare FEM) sowie moderner Sensorik Einzug gehalten. Mit Virtual und Augmented Reality können Logistik- und Bauprozesse dargestellt, optimiert und während der Abwicklung begleitend verwendet werden. Auch für die Schulung und Arbeitssicherheit eignet sich Extended Reality, bei der mit Kameras, Tablets und Datenbrille eine reale Visualisierung erfolgen kann.

BIM wird im Hochbau bereits standardmäßig eingesetzt (häufig Revit), während dies im Infrastrukturbau (und Spezialtiefbau; häufig Civil 3D) aufgrund der vielfach sehr komplexen Rahmenbedingungen nur bei Pilotprojekten Anwendung findet. In der Folge sollen die wesentlichen Vorteile kurz dargestellt werden:

- » **Planung:** Durch BIM und Virtual Reality können iterativ Optimierungen durchgeführt werden. Damit bekommt die technische Planung eine wesentlich größere Bedeutung (siehe Abbildung 2). Weiters lassen sich durch 3D-Darstellungen gerade in den frühen Planungsphasen manch kostspielige Planungsfehler vermeiden.
- » **Numerische Tragstrukturmodellierung und Bemessung:** 3D-Strukturmodellierungen mit iterativen Bemessungsschritten werden sowohl im Hochbau als auch immer mehr im Tiefbau durchgeführt. Der digitale Zwilling sollte auch integrierte Schlüssel-Monitoring-Punkte enthalten.
- » **Ausschreibung/Vertragsabwicklung:** Durch digitale Ausschreibungsplattformen und BIM-5D können Bauzeiten (z.B. mit TILOS) und Kosten objektmäßig ausgeschrieben und abgerechnet werden.
- » **Bauabwicklung:** Mit dem digitalen Bautagebuch und der digitalen Bilderfassung (Mobile Mapping etc.) wird eine wesentlich transparentere Abrechnung bis hin zum Nachtragsmanagement ermöglicht.⁶
- » **Asset-Management:** Während der Nutzungsphase eines Bauwerks können durch die digitalen Zwillinge bis hin zum BIM 7D die zeitlich veränderlichen Daten für das Lebenszyklusmanagement erfasst und bewertet werden. Der technische Stand von Hochleistungsdrohnen und -sensoren sowie die aktuellen Entwicklungen in der Analyse großer Datenmengen mittels intelligenter Algorithmen bieten für die Bestandserfassung und Überwachung große Chancen. Derzeit werden in der Forschung die Voraussetzungen für (teil)automatisierte Schadenserkennungen und -zuordnungen entwickelt.
- » **Abbruch- und Wiederverwertung:** Gerade mit digitalen Zwillingen können verschiedene Abbruchphasen modelliert und digitale Formen der Kreislaufwirtschaft im Sinne einer Wiederverwertung der Baustoffe simuliert werden.

In allen Ebenen braucht es digitale Austauschplattformen und Werkzeuge für die Kommunikation und Projektentwicklung. Die Prozessierung der anfallenden Datenmengen zur

⁶ Hruschka/Payr/Antony, Digitalisierung im Baubetrieb – neue Herausforderungen und Chancen für die Bauherrenrolle, in Hofstadler/Motzko (Hrsg) Agile Digitalisierung im Baubetrieb (2022) 199.

Modellierung und die Bearbeitung digitaler Zwillinge erfordern derzeit noch lange Rechenzeiten, wobei die Anforderungen exponentiell mit der Auflösung steigen. Daher sind der Datenweg und der Prozess der Datenentstehung bis hin zu den IT-Systemen sowie den Speicher-Clouds die eigentlichen Herausforderungen.

Die Geschwindigkeit der Anwendung digitaler Methoden (BIM) bis hin zu digitalen Zwillingen hängt massiv von den Auftraggeber:innen ab. Um schnellere Fortschritte zu erzielen, müssten zumindest alle öffentlichen Auftraggeber:innen die digitale Planung verpflichtend einführen, entsprechend dafür Zeit vorsehen und schlussendlich auch die zusätzlichen zeitlichen Aufwände bezahlen.

Zweite Erkenntnis und Forderung

Die Digitalisierung verschafft in allen Projektphasen eine wesentlich verbesserte Effizienz und eine Reduktion/Vermeidung von Fehlern. Zudem ermöglicht sie schnellere Schritte hin zur Klimaneutralität im Bauwesen. Die digitale Planung verlangt jedoch einen wesentlich höheren Aufwand in frühen Planungsphasen. Die öffentlichen Auftraggeber:innen müssten hierbei als Wegbereiter bei der digitalen Umsetzung auftreten und die digitale Planung sowie Baurealisierung verpflichtend einführen, dafür entsprechende Vorlaufzeiten vorsehen und die zusätzlichen zeitlichen Aufwände bezahlen. Wir sollten länger planen und müssen schneller bauen!

3. INTEGRIERTE PROJEKTABWICKLUNG – EINE CHANCE ODER LIEBER MIT DER ANGST BAUEN?

Eigentlich gibt es die Werkzeuge sowie Vertrags- und Projektentwicklungsmodelle, mit denen man in wertschätzender und transparenter Weise Großprojekte abwickeln könnte. Wie wollen wir integrativ die Kreislaufwirtschaft und Klimaverträglichkeit in das Bauwesen umsetzen, wenn wir den gesamten Planungs- und Bauprozess immer mehr in Teilssegmente mit Schnittstellen, die wir rechtlich schon lange nicht mehr beherrschen, aufteilen und damit die Verantwortung auf alle (oder schlussendlich auf niemanden) übertragen?

Die integrative Projektentwicklung ist auch für die Umsetzung der Klimaverträglichkeit ein Schlüsselement. Bei dieser wird ein Bauprojekt mit einem einzigen Vertrag für die Planung und den Bau mit einem geteilten Risiko-Ertrags-Modell

und einer garantierten Kostenerstattung, einem Haftungsverzicht zwischen den Baubeteiligten sowie möglichst lean-basiert mit einer offenen, wertschätzenden Umgangskultur umgesetzt.⁷ Auch das Chancen-Risiken-Management⁸ wird von allen an der Planung und am Bau Beteiligten gemeinsam und kooperativ durchgeführt sowie fortlaufend aktualisiert.

Mit dem Vergütungsmodell werden die tatsächlich entstandenen Kosten bezahlt, Anreize zur Erreichung der Projektziele geschaffen und gemeinsam die Chancen und Risiken bewertet. Weiters wird durch einen digitalen und transparenten Informationsaustausch die Zusammenarbeit aller Beteiligten verbessert sowie das BIM oder die Lean Construction effektiv umgesetzt. Wichtig ist die Schaffung einer Projektkultur des Vertrauens,⁹ bei der keine Schuldzuweisungen, sondern ein kontinuierliches gemeinsames Lernen vorherrscht.¹⁰ Die Projektverantwortlichen und die Führungspersönlichkeiten müssen diese Arbeitsweise jedoch vorleben.¹¹

Schlussendlich braucht es auf allen Projektebenen Vertrauen. Das Übernehmen von Verantwortung ist das entscheidende Prinzip für eine positive Gestaltung unserer Zukunft. Es gibt vielerlei Arten des Abschiebens von Verantwortung: vom Einzelindividuum auf die öffentliche Verwaltung, von der Familie in die Schule, von heute auf die Zukunft. Mit diesem Spiel der Unverantwortlichkeit wird die gesellschaftliche Entwicklung gebremst, der Nährboden für eine kulturelle Entwicklung geschädigt und das Ingenium verbannt. Deshalb müssen wir die Selbstverantwortung fördern. Erst die Erfahrung der Selbstverantwortung führt zur Mitverantwortung für das Gemeinsame. Große Bauwerke können nur durch gemeinsam getragene Verantwortung erfolgreich abgewickelt werden.

7 Becker/Roman-Müller, Integrierte Projektentwicklung (IPA) (2022); Pease, What Is Integrated Project Delivery: The Contract (Part 1 of 3) Lean IPD Blog vom 11.1.2018, abrufbar unter <https://leanipd.com/blog/what-is-integrated-project-delivery-the-contract/> (Zugriff am 16.11.2022).

8 Bergmeister, Chancen-Risiken-Management von Großprojekten (2021).

9 Warda, Die Realisierbarkeit von Allianzverträgen im deutschen Vertragsrecht (2020).

10 Haghsheer et al., Strukturierungsansatz für das Modell der Integrierten Projektentwicklung (IPA)/Structuring approach for Integrated Project Delivery, Bauingenieur 3/2022, 63.

11 Goger/Reckerzühl, Alternative Abwicklungsmodelle für Bauprojekte, Bauaktuell 2020, 223.

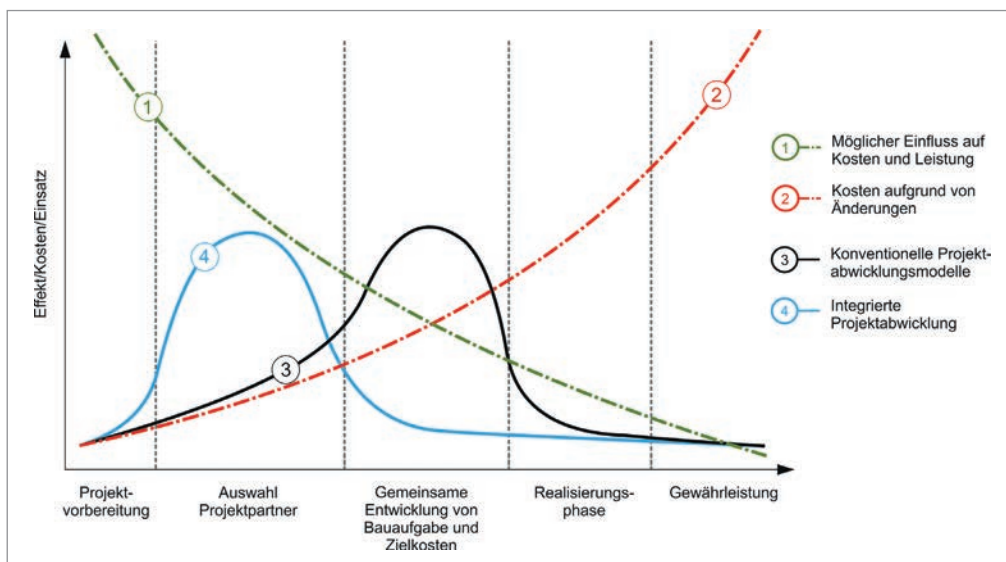


Abbildung 2: Verschiebung der Planungsleistungen durch die Digitalisierung und die integrierte Projektentwicklung in früheren Projektphasen (© Illozor/Kelly, Building information modeling and integrated project delivery in the commercial construction industry, EPPM-Journal 2012, 23)

Dritte Erkenntnis und Forderung

Die integrierte Projektabwicklung ist eine einmalige Chance, um Bauprojekte transparent, kooperativ, die Chancen nutzend und die Risiken reduzierend sowie ohne Angst und Schuldzuweisung mit digitalen Methoden abzuwickeln. Damit könnte, aufbauend auf dem Vertrauen, eine kulturelle Evolution im Bauwesen eingeleitet werden.

4. INGENIUM – WISSENSTRANSFER IN DIE BAUPRAXIS?

Das lateinische Wort „ingenium“ bezeichnet die Fähigkeit, den Geist und das Wissen für Erfindungen und Mut einzusetzen. Das griechische Wort „techne“ kann mit Handwerk, Kunst, Wissenschaft und Klugheit übersetzt werden. Die beiden Wörter „ingenium“ und „techne“ waren schon immer die Grundlage für Entwicklungen und die (berufslange) Suche nach Innovationen.

Die enge Beziehung der Mathematik, der Natur- und Technikwissenschaften mit der sich ständig entwickelnden Kulturgeschichte wurde erstmals in der Formulierung von Aristoteles (384 bis 322 v.Chr.) sichtbar. Er sah in der Mathematik „nur das potentiell Unendliche“, also das zu jedem Zeitpunkt endliche, aber stets größer werdende. Daraus lässt sich die Faszination ableiten, die eigentlich die Grundlage des Ingeniums, nämlich des unendlichen Fortschreitens ist.

Da die biologische und kosmische Evolution ständig voranschreitet und uns die Szenarien der Klimaveränderung durch die zunehmenden Naturgefahren immer realitätsnah vor Augen geführt werden, müssen wir Verantwortliche im Bauwesen das Ingenium völlig neu beleben. Es gibt sich häufende, populistische Marketingstrategien für die Nachhaltigkeit, Klimaneutralität und EU-Taxonomie. Vielfach sind das aber nur Schlagwörter, denn es fehlen die konkreten Taten.

Es braucht mutige Schritte, damit an den Universitäten und in der Bauindustrie entwickelte Innovationen und Verfahren schnellstens und effizient in die Baupraxis geführt werden. Dazu bedarf es rechtlicher Regelungen für eine direkte Einbindung dieser Wissensträger bereits in den Planungsprozess und später in die Bauausführung. Vielfach ist nicht das Vergaberecht¹² Schuld, sondern es braucht Fachwissen, Mut und Vertrauen der Projektverantwortlichen.¹³

Die schnellste Überführung von Forschungserkenntnissen in die Praxis funktioniert über den Transfer der Köpfe. Daher sollten junge Forscher:innen unmittelbar in der Bauindustrie sowie bei der Planung und Realisierung gerade öffentlich finanzierter Bauwerken eine Chance erhalten.

Verantwortung und Technik gehören zusammen, denn technische Ergebnisse müssen auch ethisch verantwortet werden, ansonsten sind sie „ipso facto inhuman“ (an sich unmenschlich). Um diesem Ingenium im Bauwesen wieder eine Chance zu geben, müssen wir die Wege von der Forschung zur Anwendung radikal reduzieren und die Bürokratie verschlanken. Warum war es in Genua (Italien) möglich,

12 Z.B. Richtlinie 2014/24/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26.2.2014 über die öffentliche Auftragsvergabe und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/18/EG, ABl L 94 vom 28.3.2014, S. 65 ; Bundesvergabegesetz 2018 (BVerG 2018).

13 Hieber/Kammeyer (Hrsg.), Verantwortung von Ingenieurinnen und Ingenieuren (2014).

eine innovative, 1067 m lange Autobahnbrücke nach dem Einsturz in knapp zwei Jahren (Einsturz der Polcevera-Brücke am 14.8.2018; Wiedereröffnung am 2.8.2020) zu entwerfen, zu planen und zu bauen?

Vierte Erkenntnis und Forderung

Es braucht einen disruptiven Wandel im Bauwesen. Eine schnelle Änderung und einen Wissenstransfer in die Baupraxis können wir nur durch eine interaktive Einbindung der vielen Forscher:innen an den Universitäten und der Expert:innen in der Bauindustrie von der Planungsphase über die Ausschreibungs- und Vergabe- bis hin zur Baurealisierungs- und Vertragsabwicklungsphase erreichen.

5. GIBT ES AUCH CHANCEN FÜR BESTEHENDE BAUWERKE?

Die größte Möglichkeit zur Verbesserung der Nachhaltigkeit im Bauwesen liegt in der möglichst langen Nutzung der vorhandenen Bausubstanz. Investitionen in die Erhaltung und Ertüchtigung sind deutlich ressourceneffizienter als Investitionen in neue Bauwerke. Mithilfe von zuverlässigkeitsbasierten Bewertungen des Zustands eines Bauwerks sowie begleitenden, möglichst automatisierten Bauwerksüberwachungen kann die verbleibende Nutzungsdauer besser beurteilt werden. Zudem können die Instandsetzungen zeitgerecht eingeteilt und damit Reinvestitionen effizienter geplant werden.

Bei der Bewertung von Bestandsbauwerken braucht es Fachwissen und Erfahrung. Denn es müssen die sensitiven Tragelemente identifiziert und möglichst realitätsnah in Bezug auf die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und die zu erwartende Restnutzungsdauer bewertet werden. Auch mit neuen, nicht zerstörenden Überprüfungsverfahren wie der Fotogrammetrie, dem Laserscan, der Thermografie oder der Hyperspektralanalyse, die zum Teil auch mit Drohnen verwendet werden können, eröffnen sich neue digitale Möglichkeiten zur Erfassung des Bauwerkszustands.

Aufbauend auf diesen innovativen Möglichkeiten der digitalen Inspektion und des Monitorings wurden in den letzten Vorschlägen zur Entwicklung neuer Normen¹⁴ spezifisch für Bestandsbauwerke angemessene Zuverlässigkeitsniveaus (β_{Soll}) mit reduzierten Teilsicherheitsfaktoren für die Restlebensdauer definiert. Dabei können auch möglicherweise auftretende Unsicherheiten bei der Ermittlung der Material-, Geometrie- und Einwirkungsparameter berücksichtigt werden. Bestehende Bauwerke sollten daher bezüglich ihrer Restlebensdauer untersucht und möglichst ressourcenschonend sowie computerbasiert auf ihrem Lebensweg begleitet und instandgehalten werden.

Der Erhalt der Bestandsbauwerke trägt ganz wesentlich zur Klimaverträglichkeit bei. Auch das Studium und die Einfachheit historischer Bauweisen¹⁵ verdienen Aufmerksamkeit, denn „die Genialität einer Konstruktion liegt in ihrer Einfachheit“¹⁶.

14 Siehe fib, Model Code 2020 (MC2020) (in Endausarbeitung).

15 Bergmeister, Natürliche Bauweisen – Bauernhöfe in Südtirol (2008).

16 Nach Sergej P. Koroljow (1907 bis 1966) abrufbar unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Genialit%C3%A4t> (Zugriff am 16.11.2022).

Die Bezahlbarkeit für klimaverträgliches Bauen ist bei der Erhaltung von Bestandsbauwerken viel besser als bei einem Neubau, denn es fallen die hohen Baulandkosten weg. Aber bei der Instandhaltung und Ertüchtigung zur Verlängerung der Nutzungsdauer kommt es auf eine schnelle Bauweise an, denn vielfach müssen Bauwerke und Infrastrukturen bei laufendem Betrieb umgebaut werden. Lange Bauzeiten und gerade lange Umleitungen verursachen enorm hohe Umweltbelastungen und hohe Kosten.

Fünfte Erkenntnis und Forderung

In der langen Erhaltung unseres Baubestands liegt ein großes Potenzial für die Nachhaltigkeit und eine Chance zum bezahlbaren Bauen.

Zur Bewertung der Klimaverträglichkeit haben einige Wissenschaftler:innen neben

- » dem Grenzzustand der Tragfähigkeit (Ultimate Limit State – ULS),
- » dem Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Serviceability Limit State – SLS) einen
- » neuen Grenzzustand der Klimaverträglichkeit (Climate Limit State – CLS) zur Erzielung eines definierten CO₂-Niveaus)

vorgeschlagen.¹⁷

Mit Ökobilanzierungen allein werden noch keine Verbesserungen erzielt, sondern dies sind nur Grundlagen für weiterführende Optimierungen. Ökobilanzen von Bauprodukten werden aktuell in Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declarations – EPD) veröffentlicht. Diese unabhängige Verifizierung erhöht die Glaubwürdigkeit der EPD-Daten, wodurch abgesicherte Bewertungsdaten für die Ökobilanzen auf der Bauteil- und Bauwerksebene vorliegen.¹⁸ Konsequenterweise sollte neben der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit unter Einbeziehung der Robustheit und Dauerhaftigkeit auf Basis der Eintrittswahrscheinlichkeit auch ein Nachweis über die Klimaverträglichkeit sowohl auf der Bauteil- wie auch auf der Bauwerksebene und bei Infrastrukturen auch auf der Netzwerksebene geführt werden. Dies gilt sowohl für neue als auch für Bestandsbauwerke.

Sechste Erkenntnis und Forderung

Zur Erreichung einer gezielten CO₂-Reduktion kann ein Nachweis zur Klimaverträglichkeit hilfreich sein.

6. CONCLUSIO

Wir haben aktuell als Menschheit nur eine Chance: Wir müssen schnell und effizient alle Wirtschaftsbereiche radikal neu

¹⁷ Haist et al., Nachhaltig konstruieren und bauen mit Beton, in Bergmeister/Fingerloos/Wörner (Hrsg.) Beton-Kalender 2021 (2021) 421.

¹⁸ Siehe auch Austrian Standards Institute, ÖNORM EN 15804 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte (Ausgabe: 15.2.2022).

auf eine Klimaverträglichkeit hin ausrichten. Die Errichtung und Nutzung von Bauwerken ist mit enormen Umweltwirkungen verbunden, die auf die Baustoffherstellung, auf die Emissionen beim Transport und bei der Baulogistik sowie auf das Bauverfahren und die Emissionen aus dem Bauwerksbetrieb und der Instandhaltung zurückzuführen sind. Beim Neubau von in Betrieb stehenden Infrastrukturbauwerken werden zusätzlich große indirekte Emissionen, z.B. durch baustellenbedingte Verkehrsumleitungen und Verkehrsbehinderungen erzeugt. Diese Umweltwirkungen können zu einem Vielfachen der baustoff- und baubetrieblich bedingten Emissionen anwachsen.

Auch wenn die Zusammenhänge komplex sind, verstehen alle Menschen die Sprache des Geldes. Wenn etwas teurer wird, werden die Zusammenhänge plötzlich begriffen. Durch eine CO₂-Bepreisung können gezielt Entwicklungen gesteuert, emissionsneutrale Produkte gefördert und fossile Energieträger sowie CO₂-Emissionen bestraft werden. Es besteht daher die Gefahr, dass auch das Bauen teurer wird.

Klimagerechtes Bauen und Erhalten bleibt dann bezahlbar, wenn wir gemeinsam mit dem Bauhandwerk und den Baufirmen möglichst integrativ planen, alle digitalen Instrumente ausnützen und mit wenigen Ressourcen möglichst schnell bauen.

Nach Einschätzung von Wissenschaftlern wären aus der Summe verschiedener Maßnahmen bereits heute CO₂-Einsparungen von ca. 30 % bis 40 % gegenüber dem Stand von 2020 möglich.¹⁹ Auch wenn die Ergebnisse der UN-Klimakonferenz (COP27) 2022 zu wünschen übriglassen, wurden die Kausalitäten von den meisten politisch Verantwortlichen der 200 Staaten der Welt verstanden – es fehlte jedoch, wie so oft auch bei Entscheidungen im Bauwesen, der Mut.

Siebte Erkenntnis und Forderung

Wir alle im Baubereich Wirkenden und Verantwortlichen müssen gemeinsam aus Verantwortung für die nächste Generation integrativ, digital, klimaneutral, ressourceneffizient und kooperativ agieren, um eine Evolution des Planens und Bauens und nicht eine Revolution der Klimawirkungen zu erleben.

AUTOR

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. phil. Dr. techn. **Konrad Bergmeister**, MSc. Ph.D.

Universitätsprofessor am Institut für Konstruktiver Ingenieurbau (IKI)

Universität für Bodenkultur Wien

Peter-Jordan-Straße 82

1190 Wien

konrad.bergmeister@boku.ac.at

¹⁹ Haist et al., Nachhaltiger Betonbau – Vom CO₂- und ressourceneffizienten Beton und Tragwerk zur nachhaltigen Konstruktion, in Fouad (Hrsg.), Bauphysik-Kalender 2022 (2023 [in Druck]) I.