

# VHV-BAUSCHADENBERICHT

**HOCHBAU 2023 / 24**

**BAUEN NEU DENKEN**



# VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2023 / 24

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-7388-0879-7      ISBN (E-Book): 978-3-7388-0880-3

Hrsg.: VHV Allgemeine Versicherung AG, Hannover

Bearbeitung: Institut für Bauforschung e.V., Hannover

Autoren: Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Dipl.-Ing. Tania Brinkmann-Wicke, Sabine Sell, M.A.,  
Dipl.-Ing. Janet Simon, Dipl.-Des. (FH) H. Cornelia Tebben in Zusammenarbeit mit  
VHV Allgemeine Versicherung AG sowie Partnern und Co-Autoren

Satz, Herstellung: Andreas Preisung

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Druck: Firmengruppe APPL Holding GmbH & Co. KG.aprinta druck GmbH, 86650 Wemding

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der DIN Media GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (zum Beispiel DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird die männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern ist im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2024

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-2500; Telefax +49 711 970-2508

[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

# VORWORTE

## Olaf Lies

Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung

Sehr geehrte Leserinnen und sehr geehrte Leser,

vor Ihnen liegt der mittlerweile fünfte Band der Bauschadenberichtsreihe, den das Institut für Bauforschung dem Thema »Bauen neu denken« gewidmet hat. Was könnte in diesen herausfordernden Zeiten passender sein? Die Zeiten sind in der Tat »neu« – sie zwingen uns, auf vielen Ebenen umzudenken.



FOTO: HENNING SCHEFFENS

Die Erkenntnisse, die uns Forschung und Wissenschaft liefern, können helfen, die politischen Randbedingungen an die aktuellen Herausforderungen anzupassen. Für das Planen, Bauen und Erhalten stehen derzeit vor allem die Themen und Ziele des nachhaltigen und gleichzeitig auch kostensparenden Bauens im öffentlichen Fokus.

**Minister Olaf Lies**

Was bedeutet das nun konkret in der Praxis? Zunächst einmal müssen wir kluge und sinnvolle Ziele definieren: Was brauchen wir wirklich? Und in welcher Qualität? Sind die Anforderungen an Gebäude sinnvoll und entsprechen sie den Erwartungen der Auftraggeberinnen und Auftraggeber? Hier gilt es, so manches zu hinterfragen.

Zu hohe Anforderungen gehören unbedingt auf den Prüfstand! Die Stichworte lauten hier: Suffizienz sowie Resilienz im Zusammenspiel mit Sicherheit und Komfort. Müssen Bauwerke tatsächlich so komplex sein oder sollten wir vermeintlich notwendige Anforderungen möglicherweise relativieren? Ich denke, inzwischen sind wir uns allgemein einig, dass Rahmenbedingungen flexibler gestaltet werden müssen.

Die technische und rechtliche Basis des Planens und Bauens – das betrifft auch die Förderung – muss künftig bedarfsgerecht sein. Dabei darf sich die Theorie nicht von der Praxis entfernen: Effizienz, Lebensdauer, Widerstandsfähigkeit usw. dürfen keine »Papierziele« sein. Und aus meiner Sicht ist eins dabei ganz wichtig: Die Planungs- und Bauqualität darf nicht leiden!

Die Analysen der IFB-Forschenden zeigen uns dringenden Handlungsbedarf. Die Kosten für Mängel und Schäden sind hoch. Sie belasten Firmen, Planer, Versicherungen, Gerichte, Eigentümer sowie Nutzende. Das heißt, gerade das so wichtige Bauen im Bestand darf nicht mehr Folgeschäden verursachen. Wir sind in der Pflicht, die Baukultur, die Nutzbarkeit und Dauerhaftigkeit von Bauwerken zu schützen – und damit wirkliche Nachhaltigkeit!

Wie schaffen wir das? Auch darauf gibt der vorliegende Bericht eine Antwort: mit guter Zusammenarbeit und guter Kommunikation. Wir müssen miteinander und verantwortlich planen als auch bauen. Dabei müssen wir gemeinsam neue Wege beschreiten. Die Verantwortung für Qualität und Nachhaltigkeit muss allen Beteiligten bewusst sein, besonders den Fachleuten aus der Planungs- und Baubranche. Aber auch die Menschen, die die Gebäude besitzen und nutzen, sind hier in der Pflicht.

Ich möchte Sie alle, die mit dem Planen, Bauen und Erhalten befasst oder daran interessiert sind, ermuntern: Wir brauchen ein neues, kluges Denken und Handeln. Aus diesem Grund werden wir zunächst mit der am 01.07.2024 in Kraft getretenen Novelle unserer Niedersächsischen Bauordnung Bauen leichter, schneller und damit auch günstiger machen.

Dabei können uns Innovationen, aber auch der Blick in die Vergangenheit helfen. Lassen Sie uns die großen Herausforderungen gemeinsam und mit Zuversicht angehen. Kluges, verantwortliches Tun und gute Kommunikation sind der Schlüssel zum Erfolg! Unser gemeinsames Ziel, gemeinsam kostengünstig und schnell qualitativ hochwertige und nachhaltige Bauwerke zu schaffen und zu erhalten, ist jedes Engagement wert.

In diesem Sinne hoffe ich, dass auch der vorliegende Bauschadenbericht viele interessierte Leserinnen und Leser findet.

Ihr

Olaf Lies

Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung

## Boris Schade-Bünsow

### Chefredakteur Bauwelt

Liebe Leserinnen und Leser, wie müssen wir heute bauen und was dürfen wir heute bauen?

Die Baukrise, präzise gesagt, die Wohnungsbaukrise entwickelt sich zum perfekten Sturm. Aufgrund steigender Zinsen, steigender Bau- und Materialkosten und immer komplexer werdender Bauvorschriften hat dieser Sturm Investoren und Projektentwickler hinweggefegt. Das ehrgeizige, von der Politik gesetzte Ziel von 400.000 zusätzlichen Wohnungen pro Jahr, von denen 100.000 öffentlich gefördert sein sollen – schon in besten Zeiten war dies mit den vorhandenen Kapazitäten unerreichbar – ist Makulatur. Das hat nun auch die Bundesregierung erkannt und identifiziert als Ursache die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, gestiegene Kosten für Baumaterialien, höhere Zinsen und den Fachkräftemangel. Nicht aber das verspätete eigene Reagieren oder die Unfähigkeit, die Komplexität der Bauvorschriften und Verordnungen zu vereinfachen, was bereits seit mindestens einer Dekade auf der Agenda steht.

Nun steuert die Politik gegen. Auf dem zurückliegenden Wohnungsbaugipfel wurden 14 Maßnahmen vorgestellt, die das Bauen schneller, effektiver, preiswerter und finanzierbar machen sollen. Das ist ja auch richtig, denn der Wohnungsbau hat eine gesellschaftliche und soziale Bedeutung, die weit über die rein ökonomische Betrachtung hinausgeht.

Eine Gesellschaft kann an nicht so vielen Dingen auseinanderbrechen. Vielleicht daran, ob man sich Bildung leisten kann oder nicht, ob man Arbeit hat oder nicht oder ob man im Alter trotz jahrzehntelanger Arbeit arm sein wird, oder eben nicht. Vielleicht noch an einem Gesundheitssystem, bei dem Teile der Gesellschaft benachteiligt sind und andere



FOTO: JASMIN SCHÜLLER

**Boris Schade-Bünsow**

nicht. Aber ganz sicher bricht eine Gesellschaft daran auseinander, ob man sich angemessenes Wohnen leisten kann oder nicht. Angemessen heißt dabei nicht nur bezahlbar. Das gewählte Domizil sollte auch am richtigen Ort stehen. Was hilft es denn dem Pfleger oder der Polizistin, wenn sie 30 Kilometer entfernt von ihrer Arbeitsstätte wohnen müssen und tagein, tagaus pendeln, denn Homeoffice ist beispielsweise für diese Berufe keine Option.

In Wirklichkeit geht es aber um mehr, als angemessenen und bezahlbaren Wohnraum für alle zu schaffen. Wir müssen uns die Frage stellen, was wir heute bauen dürfen und müssen, damit dieser neu geschaffene Gebäudebestand nicht zu einer städtebaulichen, architektonischen, energetischen, strukturellen oder CO<sub>2</sub>-emittierenden Belastung für folgende Generationen wird. Wenn das nämlich nicht gelingt, vererben wir ein Problem, mit dem wir uns heute bei der Sanierung und Ertüchtigung der Bauten vergangener Jahrzehnte selbst beschäftigen. Bauwerke müssen heute nachhaltig im Sinne der Dauerhaftigkeit sein. Baustoffe, Materialien und Bausysteme, wie beispielsweise Fassaden und Fenster, müssen so eingesetzt werden, dass sie wiederverwertet werden können, ohne ihre bauphysikalischen Eigenschaften zu schmälern. Bausysteme müssen reparierbar sein, zudem sollen sie mit angemessenem Aufwand ein- und wieder ausgebaut werden können. Hier verharren die vorgesehenen Maßnahmen im Hier und Jetzt. Gebaut wird aber nicht für heute, gebaut wird für die Zukunft. Die gute Konjunktur der zurückliegenden zwölf Jahre diente hauptsächlich zur Gewinnmaximierung der Investoren. Jetzt muss es darum gehen, das Sachanlagevermögen in Deutschland, also alles, was wir hier bauen und sanieren, zukunftsfähig im Sinne der Ressourcenschonung und der Nachhaltigkeit zu machen. Mit dem Wissen von heute können wir das leisten und das sind wir zukünftigen Generationen schuldig.

## Prof. Jörg Probst

Hochschule Bochum, Geschäftsführer Menschen und Unternehmen GmbH

Liebe Leserinnen und Leser,  
liebe Kolleginnen und Kollegen,

welche Themen fokussiert man im Vorwort eines Bauschadenberichts, der den Untertitel »Bauen neu denken« trägt, der datentechnisch die Vergangenheit und Gegenwart bewertet und mit zahlreichen Partnern innovative Strategien für die Zukunft aufzeigt? Ich greife den Spannungsbogen der Daten und Fakten im Hintergrund auf, die uns von der Vergangenheit über die Gegenwart in die Zukunft führen müssen. Der Ausgangspunkt dieses Bogens ist das Wissen zu unserer globalen Situation: Wir haben noch etwa zwei Jahre Zeit, dann haben wir hier in Deutschland unseren »CO<sub>2</sub>-Rucksack« vollständig gefüllt. Weltweit sind es noch sechs oder acht Jahre, um diese CO<sub>2</sub>-Tonnage in die Welt zu emittieren. Wir verbrauchen mehr als wir haben, wenn man unsere Ressourcen betrachtet. Wir sind von nachhaltigem Handeln und notwendiger Kreislaufwirtschaft noch weit entfernt. Es ist faktenbasiertes, nicht meinungsbasiertes Wissen – wissenschaftlich belegbar. Was uns erinnert »Vergesst nicht den Sinn eures Handelns!«

Wir haben eine Klimafrage zu lösen. Wir müssen sie lösen! Wir müssen sie bald lösen, denn wir haben eine zeitliche Restriktion. Und wir haben Gelegenheit, sie zu lösen! So schlicht würde das ein Jurist formulieren. Nutzen wir diese Gelegenheit? Meine These: Wir tun nicht, was wir können!

In der Technik – in der Bautechnik ebenso wie in der Energietechnik – können wir viel. Wir können aus Bestandsgebäuden effiziente Häuser machen, wir können hocheffiziente Neubauten planen und errichten, wir können Bauteilrecycling, wir können zirkuläres Bauen, wir können ...!

Wir wissen aus Projekten, wie etwa dem Stadtverwaltungshaus der Gemeinde Venlo, dass ein zirkulär optimiertes Gebäude, entworfen und gebaut nach dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft (»Cradle to Cradle«), mit nur fünf Prozent Mehrkosten möglich ist. Wir wissen, dass die Energiepreise massiv steigen werden, sodass klug geplante Modernisierungsmaßnahmen wirtschaftlich sind, mindes-



**Prof. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Jörg Probst**

tens im Rahmen langfristiger »Return-on-Investment-Zeiten«, die wir ja im Bau kennen. Es fehlt uns nicht an Wissen und Können. Wir werden die Klimafrage nur lösen, indem wir verantwortlich **handeln**.

Im Besitz von Gebäuden liegt Verantwortung. Nicht umsonst war der Satz »Eigentum verpflichtet«, mit dem die Pflicht zur Absicherung, zum Erhalt und zum Nutzen von Besitz beschrieben wird, bereits Teil des Grundgesetzes der Weimarer Verfassung und ist es bis heute. Ich finde, darin steckt mehr. Mehr Verantwortung und mehr Pflicht als die Betrachtung in der Gegenwart. Wir müssen unseren Gebäuden eine Zukunft geben! Wenn ich ein Haus besitze und das Dach geht kaputt, repariere ich es selbstverständlich. Es hätte sonst keine Zukunft. Diese Bewertung ist bei Altbauten mit einem hohen Energieverbrauch nicht immer so klar. Ein Haus von 1970 ohne Wärmedämmung, ohne moderne Fenster und mit veralteter Anlagentechnik hat keine Zukunft! Wir müssen sie ihm geben. Der Zusammenhang zwischen Besitz, Verantwortung und der Zukunft von Häusern ist deshalb sehr wichtig!

Auch Gelegenheiten gilt es aus meiner Sicht neu zu denken. Der Zeitpunkt, an dem man Geld hat, um sein Haus zu sanieren, passt selten zur Notwendigkeit. So hinterlassen Besitzer mit ihrem Erbe oft Probleme anstatt Werte, was nicht selten dazu führt, dass Gebäude abgerissen und ersetzt werden. Vielleicht wäre es denkbar, dass sanierte Gebäude mit Zukunft, aber einem Kredit vererbt würden? Dann würde eine 70-jährige Frau ihr Haus sanieren. Denn das Haus wäre damit wertvoller und zukunftsfähiger, obwohl es mit einem Kredit von 100.000 Euro belastet ist, der an die Kinder vererbt würde. Angesichts eines Gesamtwertes von 650.000 Euro eine verantwortungsvolle Handlung! Und in anderen Ländern durchaus üblich! Wir müssen die Häuser in einen zukunftsfähigen Zustand bringen, das ist unsere Verantwortung, wenn man auf den Sinn und die Ziele schaut! Wir haben Gelegenheit, das zu tun und das auch schrittweise zu tun.

Bauforschung und Bauschadenforschung sind in Deutschland weit entwickelt. Wir wissen viel und haben eine gute Datenbasis, wenn es um die Ursachen- und Folgenforschung bei auftretenden Mängeln und Schäden geht. Wir wissen, Prävention und Qualität sind überwiegend planbar, gerade wenn es um schrittweises Vorgehen beim Sanieren geht. Wichtig ist kluges Handeln auf der Basis unseres Wissens. Dieses Wissen müssen wir ernst nehmen, nutzen und gegen »Meinungen« stellen. Wir haben heute zu viele Meinungen. Allerdings: Kein Mensch hat eine »Meinung« zu Statik. Deren Formeln oder Sicherheitsbeiwerte zu hinterfragen, darauf käme kein Mensch, obwohl diese nicht nachvollziehbar sind. Wenn ich aber vorschlage, ein Bestandsgebäude mit einer Wärmepumpe mit einer Vorlauftemperatur von 65 Grad auszustatten, sagen viele Leute, das gehe nicht. Lasst uns also über Wissen sprechen, über technische, (bau-)physikalische und wirtschaftliche Lösungen, die Gebäude tatsächlich zukunftsfähig machen. Das muss nicht mit einer Wärmepumpe erfolgen, aber kann, wenn es die Physik zulässt!

So viel Wissen, so viel Können und doch: Wir können die Fragen, die aus der Zukunft auf uns zukommen, nicht rückwärtsgewandt lösen. Die Umsetzung der CO<sub>2</sub>-Neutralität ist dabei wohl eine der einfacheren Aufgaben. Das Wort zukunftsfähig wird auf dieser Basis für mich meist an der falschen Stelle eingesetzt. Wir müssen uns an der Zukunft orientieren und von der Zukunft aus denken. Wir müssen uns in die Zukunft versetzen und von dort aus schauen, wie man da wohl hinkommt. Gemeinsames Handeln auf unbekanntem Terrain – lassen Sie uns gemeinsam fliegen!

## Dr. Sebastian Reddemann

Sprecher des Vorstands, VHV Allgemeine Versicherung AG

Liebe Leserinnen und Leser,

es wird oft gesagt, dass auf einer Baustelle alles passieren kann – und meistens tut es das dann auch.

Genau aus diesem Grund haben wir vor fünf Jahren den VHV-Bauschadenbericht ins Leben gerufen, um gemeinsam besser auf das Unerwartete vorbereitet zu sein. Was als kleines Projekt begann, hat sich inzwischen zu einer wertvollen jährlichen Analyse entwickelt, die uns wichtige Einblicke in die Schadenereignisse im Bauwesen liefert. Heute freuen wir uns, die fünfte Ausgabe des VHV-Bauschadenberichts mit dem Titel »Bauen neu denken« präsentieren zu dürfen.



**Dr. Sebastian Reddemann**

Unser Bericht bietet detaillierte Einblicke in die Häufigkeit und Höhe von Schäden rund um die Baustelle. Diese Informationen sind nicht nur für uns als Versicherer von unschätzbarem Wert, sondern auch für Bauunternehmen, Planer und politische Entscheidungsträger. Indem wir die häufigsten Schadenursachen und -muster identifizieren, können wir gezielte Präventionsmaßnahmen entwickeln und umsetzen, die langfristig zu einer Reduzierung von Schäden und damit verbundenen Kosten führen.

Ein besonderer Schwerpunkt im diesjährigen Bericht liegt auf der Steigerung der Baukosten durch die Vielzahl an Regeln und Normen, mit denen sich alle am Bau Beteiligten auseinandersetzen müssen. Was wir immer wieder feststellen: Neue Normen und Vorschriften können dazu führen, dass bisher etablierte Bauweisen plötzlich als mangelhaft gelten. Gleiches gilt für die »anerkannten Regeln der Technik«. Dies führt nicht nur zu höheren Baukosten, sondern auch zu Unsicherheit und Verzögerungen aufgrund der

länger dauernden Mängelbesprechung und -beseitigung. Die zunehmende Komplexität der Regeln und die damit verbundenen deutlich gestiegenen Kosten machen so Investitionen weniger attraktiv. Infolgedessen kommt die Bautätigkeit, aktuell insbesondere im Bereich des dringend notwendigen Wohnungsneubaus, nahezu zum Erliegen. Unsere Daten und Analysen sollen dazu beitragen, diese Herausforderungen besser zu verstehen und geeignete Maßnahmen zur Erleichterung und Förderung des Bauens zu ergreifen.

Wir wollen also gemeinsam mit allen Beteiligten »Bauen neu denken«. Und da gibt es gute Ansätze! Um nur einen zu nennen: Der Gebäudetyp E könnte dafür sorgen, dass, neben natürlich unbedingt notwendigen Mindeststandards, alle weitergehenden Anforderungen Teil der einzelvertraglichen Freiheit des Bauherrn sind. So kann auch auf die oft sehr individuellen Bedürfnisse aufgrund von Lage oder Art des Bauwerks eingegangen werden.

Abschließend möchte ich allen Beteiligten meinen Dank aussprechen, die an der Erstellung dieses Berichts mitgewirkt haben. Ohne ihre Unterstützung und Expertise wäre dieser wertvolle Beitrag nicht möglich gewesen. Ich bin überzeugt, dass die Erkenntnisse aus diesem Bericht helfen werden, die Sicherheit und Effizienz im Bauwesen weiter zu erhöhen und somit wesentlich zum Fortschritt unserer Gesellschaft beizutragen.

Ich wünsche Ihnen viel Freude und vor allem viele neue Erkenntnisse beim Lesen!

Ihr

Dr. Sebastian Reddemann  
Sprecher des Vorstands  
VHV Allgemeine Versicherung AG

# INHALT

---

<b>VORWORTE</b>	<b>3</b>
Olaf Lies	3
Boris Schade-Bünsow	5
Prof. Jörg Probst	7
Dr. Sebastian Reddemann	9

---

<b>EINLEITUNG</b>	<b>15</b>
-------------------	-----------

---

<b>1</b>	<b>BAUEN AKTUELL – DIE TRANSFORMATION EINER BRANCHE</b>	<b>19</b>
1.1	Transformation braucht Kooperation: Die Bauwirtschaft in der Zeitenwende	20
1.2	Transformation Bau	23
1.3	Schadenrisiken minimieren – Interdisziplinär (baumeisterlich) planen und bauen	26
1.4	Die doppelte Transformation im Bauwesen – Einblicke in das Stimmungsbarometer zum Stand der Transformation der Baubranche	30
1.5	Neues Denken in der Betoninstandsetzung	34

---

<b>2</b>	<b>NEUE (RECHTS-)SICHERHEIT</b>	<b>39</b>
2.1	Neue Regeln – Alte Pflichten	40
2.2	Hinzunehmende Unregelmäßigkeiten an Gebäuden	46
2.3	Vorsicht mit der ESG-Brechstange	50
2.4	Gemeinsam bauen – Gemeinsam versichern – Schnittstellen reduzieren	53

---

<b>3</b>	<b>ANFORDERUNGEN, REGELN, KONSTRUKTIONEN UND ANLAGEN NEU DENKEN</b>	<b>59</b>
3.1	Neue Anforderungen – Neue Schäden – Neue Lösungen?	60
3.2	Studie zum Lüften im Wohnungsbau	68
3.3	Gebäudeintegrierte PV-Anlagen – Was steckt dahinter?	84
3.4	Bestandsaufnahme der aktuellen und der zu erwartenden Schadenfälle an Wärmepumpen	90
	Etat des lieux de la sinistralité actuelle et à venir concernant les pompes à chaleur	97
3.5	Weniger Bauschäden mit Montagezargen – Tipps für Planung, Ausschreibung und praktische Anwendung	104

<b>4</b>	<b>AKTUELLE SCHADENANALYSE</b>	<b>109</b>
4.1	Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten	109
4.2	Entwicklung der Schadenarten und Schadenbilder	122
4.3	Entwicklung der Schadenursachen	135
4.4	Entwicklung der Schadenstellen	139
4.5	Entwicklung der Schwerpunktschäden und Perspektiven zur Schadenprävention	142
4.6	Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit	148
<b>5</b>	<b>SCHADENBEISPIELE</b>	<b>155</b>
5.1	Fallbeispiel Hoher Heizwärmebedarf eines Wohngebäudes aufgrund falscher Planungsgrundlage für die Wärmepumpe	155
5.2	Fallbeispiel Durchfeuchtung eines WU-Kellers nach einem Starkregenereignis aufgrund mangelhafter Abdichtung einer Wanddurchdringung	161
5.3	Fallbeispiel Schimmelpilzbildung auf nicht gedämmten Außenwänden im Bereich neu eingebauter Fenster als Folge eines fehlenden Lüftungskonzepts	170
5.4	Fallbeispiel Geringe Stromerträge einer Photovoltaik-Anlage aufgrund unvollständiger Planungsgrundlagen	177
5.5	Fallbeispiel Abgelöste Perimeterdämmplatten an einer Kelleraußenwand aufgrund unzureichender Befestigung durch punktwises Verkleben	182
5.6	Fallbeispiel Cyberangriff auf das IT-Netzwerk eines Unternehmens durch Verschlüsselung der gesamten Daten	188
<b>6</b>	<b>NEUE UND ALTE QUALITÄTEN (WIEDER-)ERKENNEN</b>	<b>193</b>
<b>6.1</b>	<b>Materialwerte nutzen</b>	<b>193</b>
6.1.1	Neubau aus Rückbau – Der Urban Mining Index und das Rathaus Korbach	194
6.1.2	Urban Mining: Das neue Normal	200
6.1.3	Ein experimentelles Wohnhaus in Recyclingbauweise	212
6.1.4	Sustainable Precast – Nachhaltigkeitszertifizierung für Betonbauteile	227
6.1.5	Einsatz von Karbonisaten in mineralisch gebundenen Werkstoffen	233
<b>6.2</b>	<b>Städte, Quartiere und Gebäude nachhaltig entwickeln</b>	<b>240</b>
6.2.1	Bauen neu denken – Die Neunutzung von Gebautem	240
6.2.2	Klimaneutralität in Wohngebäuden: Das EU-Projekt GREEN Home im Fokus	253
6.2.3	Rothneusiedl in Wien: Ein Stadtteil für Klimaschutz, Klimawandelanpassung und Kreislaufwirtschaft entsteht	258
6.2.4	Soziales Quartiersmanagement am Beispiel der Sennestadt in Bielefeld	270
<b>6.3</b>	<b>Infrastruktur und Ingenieurbauwerke – Sichere Mobilität schaffen</b>	<b>278</b>
6.3.1	Versorgungsinfrastrukturen an Brücken	278
6.3.2	Innovative Versicherungslösung für komplexe Bauvorhaben	285
6.3.3	Brückenbau als Herausforderung für die Versicherung: Die Rhein-Brücke auf der A40 bei Duisburg	287
6.3.4	Moderne bildgebende Bauwerksdiagnostik in Praxisbeispielen	291

<b>7</b>	<b>AUF DEM WEG IN DIE ZUKUNFT – NEUE THEMEN, RISIKEN UND CHANCEN</b>	<b>301</b>
<b>7.1</b>	<b>Extremwetter und Klimaveränderungen – Risiken neu bewerten</b>	<b>301</b>
7.1.1	Studie »Klimawandel und Extremwetterereignisse«: Schadenentwicklung und Anforderungen an Wohngebäude	302
7.1.2	Bewertung des Klimarisikos für Einzelgebäude und -quartiere und Wirksamkeit von Verbesserungsmaßnahmen	310
7.1.3	Klimaänderungen – Was kommt da noch auf uns zu?	322
<b>7.2</b>	<b>Neue Prozesse, digitale Innovationen und KI</b>	<b>329</b>
7.2.1	Neues Bauen im Kontext von Nachhaltigkeit: Prozesse im Fokus	329
7.2.2	Digitalisierungsprozesse auf der Baustelle – Möglichkeiten im Sicherheits- und Gesundheitsmanagement	339
7.2.3	Das WIKIHouse-Prinzip	343
7.2.4	Künstliche Intelligenz im Bauwesen: Vom Hype zur Handlung	350
7.2.5	Einfluss von Tiefbaumaßnahmen auf benachbarte Bauwerke – Ein Plädoyer für die Berücksichtigung unvermeidbarer Beeinflussungen im Planungsprozess	358
7.2.6	Rechtssichere Baudokumentation neu denken	362
<b>7.3</b>	<b>Bauforschung aktuell – Der Blick in die Zukunft</b>	<b>371</b>
7.3.1	Aktuelle Forschungsprojekte des Instituts für Bauforschung Hannover	371
7.3.2	Bauen in der Zukunft: Das D.O.M.E.-Projekt	375
7.3.3	Club der unsichtbaren Monumente – Sozialer Wohnungsbau in Hannover	385
7.3.4	Energy LIVE – Labor für innovative Verfahrens- und Energietechnik	394
7.3.5	Sanierungspotenzial von Bestandsgebäuden auf Basis von Punktwolken	406
<b>8</b>	<b>PERSPEKTIVE</b>	<b>417</b>
<b>9</b>	<b>WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN UND SERVICE</b>	<b>421</b>
<b>10</b>	<b>DANK</b>	<b>427</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>430</b>



# EINLEITUNG

»Bauen neu denken« ist das Leitthema des vorliegenden VHV-Bauschadenberichts Hochbau 2023/24. Er ist der fünfte Band der Bauschadenberichtreihe, die seit 2019 im jährlichen Wechsel zwischen den Themenbereichen Hoch- bzw. Tiefbau erscheint. Damit setzt dieser Band die erfolgreichen Vorgängerberichte von 2019/20, 2020/21, 2021/22 sowie 2022/23 in gewohnter Weise fort. Eine umfangreiche Datenauswertung zu Baumängeln und Bauschäden bildet die Grundlage – durch den Zeitraum von mittlerweile mehr als fünf Jahren ermöglicht diese einen Überblick über die Entwicklung der Bauqualität. Daneben beinhaltet dieser Band wieder ausgewählte Beiträge von namhaften Experten aus Forschung, Wissenschaft und Praxis. Entdecken Sie neue Denkansätze, praktische Lösungen und wegweisende Innovationen. Und wagen Sie mit uns einen Blick in die Zukunft des Planens und Bauens!

## **Notwendigkeit zu »neuem Bauen«**

Das Bauen hat sich seit der Errichtung der ersten prähistorischen Pfahlbauten in der Jungsteinzeit im Laufe der Geschichte immer wieder an sich wandelnde Rahmenbedingungen angepasst. Bautätigkeit ist also ein dem permanenten Wandel unterworfenen Prozess. Besonders in jüngster Zeit vollzieht sich dieser Wandel besonders rasant – die Herausforderungen, denen sich alle am Planen und Bauen Beteiligten stellen müssen, steigen stetig. Klar ist: Die Branche kann nicht so weitermachen wie bisher. Stichworte wie Klimakrise, Energiewende, der Krieg gegen die Ukraine und die daraus resultierenden Sorgen, etwa um Energiesicherheit, sind Schlagworte, die deutlich machen, wie groß die Herausforderungen sind, vor denen die gesamte Branche aktuell steht. Eine weitere dringliche Aufgabe ist die notwendige CO<sub>2</sub>-Reduzierung. Bei der Errichtung und Nutzung von Hochbauten in Deutschland entstehen jährlich rund 398 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente – 40 Prozent aller Treibhausgase. Davon entfallen 2,6 Prozent auf die direkten Emissionen der Hochbauunternehmen, 2,3 Prozent entfallen auf die Grundstoff-, 9,9 Prozent auf die Baustoffindustrie und 10,6 Prozent auf die Zulieferer. Mit 74,6 Prozent entfällt der weitaus größte Anteil auf die Nutzung und den Betrieb von Gebäuden und ist somit vom Verhalten der Eigentümer, Betreiber und Nutzer abhängig. Gleichwohl ist auch hier ein positiver Einfluss der am Planen und Bauen Beteiligten möglich, indem Bauwerke geplant und errichtet werden, die in der Bau-, Nutzungs- und gegebenenfalls späteren Abbruchphase einen möglichst kleinen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck hinterlassen.

Diese Vielzahl an Herausforderungen macht deutlich, dass sich alle am Planen und Bauen Beteiligten trauen müssen, das Bauen tatsächlich »neu zu denken« – sowohl beim Umgang mit Ressourcen im Neubau als auch beim Nutzen und Ertüchtigen des Gebäudebestands.

### **Neue Ideen und Konzepte**

Generell unterliegt Bautätigkeit den physikalischen Größen Raum, Materie und Zeit. Die Herausforderungen bzw. Randbedingungen für »neues Bauen« müssen folglich lauten: Während der Planungs- und Bauphase so wenig Raum, Material, Energie und Zeit zu verbrauchen und parallel dazu eine möglichst lange Nutzungsphase zu ermöglichen. Das heißt, Bauwerke müssen so geplant und gebaut werden, dass sie über lange Zeit fortbestehen und genutzt werden können. Erreicht werden kann dies durch hohe Effizienz in der Bautechnik, mehr Dichte im Städtebau und verbesserte Dauerhaftigkeit in der Baukonstruktion. Diese Maßstäbe des nachhaltigen Bauens sind nicht neu – werden aber zusätzlich durch die oben beschriebenen Herausforderungen wie Klimawandel, geopolitische Situation, die damit verbundene Materialknappheit sowie den Fachkräftemangel immer zentraler.

### **Der wichtige Blick zurück**

Bereits in frühester Zeit war es Menschen möglich, mit einfachsten Mitteln funktionierende und an ihre jeweilige Umgebung angepasste Gebäude zu bauen. Bereits damals gab es hervorragende Baumeister, die über bemerkenswertes Wissen verfügten. Ein Beispiel sind traditionelle Lehmhäuser, in denen bereits vor Jahrtausenden ein natürlicher Kühleffekt eingesetzt wurde, um diese zu klimatisieren. Es gibt sie zum Beispiel im Iran, dort stehen Gebäude mit den ältesten »Klimaanlagen« der Welt: Lehmbauten mit hohen Türmen, deren Kamineffekt die Gebäude gut durchlüftet und kühlt. Diese »Badgirs« (Windtürme) leiten durch die turmartige Struktur den Wind durch Öffnungen nach innen. Die kühle Luft gelangt bis in die untersten Räume der Gebäude, die warme Raumluft wird nach außen verdrängt. Ein natürlicher Kühleffekt, der seit Jahrhunderten funktioniert und Vorbild sein kann, um auch moderne Bauten effektiv und nachhaltig zu klimatisieren.

Die oben erwähnten Herausforderungen sind riesig. Höchste Zeit also, das Bauen neu zu denken – manchmal eben auch mit einem Blick zurück in die Geschichte. Dies betrifft sowohl den Umgang mit Ressourcen beim Planen und Bauen von Neubauten als auch die Sanierung von Bestandsgebäuden.

Nicht zuletzt sind auch die großen Mengen an Müll problematisch, die die Bauindustrie verursacht. Abriss, Umbau sowie Verschnitt beim Neubau erzeugen jährlich Tonnen an Abfall, der zurzeit zum größten Teil noch nicht recycelt wird, sondern auf Deponien landet. Ein unhaltbarer Zustand, denn: Baustoffe wie Kies, Sand oder fossile Energieträger wie etwa Erdöl zur Herstellung von Dämmmaterial wurden in der Vergangenheit verbraucht, als seien die Ressourcen unendlich. Die Lage hat sich jedoch dramatisch verändert. Sand ist mittlerweile so rar, dass es laut eines von der UN-Umweltorganisation UNEP veröffentlichten Berichts mittler-

weile zu gravierendem Raubbau kommt. Die Folgen können schwerwiegend sein: Ökosysteme werden geschädigt, Lebensraum geht verloren, der Grundwasserspiegel sinkt, Brunnen versiegen. In der Folge steigt die Wahrscheinlichkeit von Dürren und Gebiete werden anfälliger für Überschwemmungen und Stürme.

### **Schlechte Klimabilanz im Bestand**

Ein weiteres Problem ist die Klimabilanz der Bestandsgebäude: Von den rund 21,4 Millionen Gebäuden in Deutschland, die laut Umweltbundesamt zu 40 Prozent der bundesweit jährlich rund 746 Millionen Tonnen Emissionen klimaschädlicher Treibhausgase beitragen, sind nahezu zwei Drittel Altbauten. Diese »Worst Performing Buildings« (zu deutsch: der energetisch schlechteste Gebäudebestand) müssen dringend energetisch ertüchtigt werden. Beim Wiederaufbau in den Nachkriegsjahren und auch später noch waren Ökologie und Nachhaltigkeit noch kein Thema. Aufgrund fehlender Wärmedämmung verbrauchen diese Gebäude große Mengen Energie. Diese für die Zukunft fit zu machen und sinnvoll zu erhalten ist eine Mammutaufgabe, die noch kommende Generationen beschäftigen wird.

### **Lösung Lowtech?**

Sogenannte Lowtech-Gebäude sind hocheffiziente Bauten, die mit einfachen, dauerhaften und ressourcenschonenden baulichen Komponenten die Bedürfnisse ihrer Nutzer erfüllen. Die Materialien werden nach ihrem Verhalten im gesamten Lebenszyklus betrachtet und ausgewählt. Die Gebäudehülle ist einfach geplant und ausgeführt, langlebig und gut sanierbar. Im Sommer schützt sie das Gebäude vor Überhitzung und vor dem Auskühlen im Winter. Aufgrund dieser baulichen Gegebenheiten kann der Einsatz von Technik stark reduziert werden. Die wenigen notwendigen Haustechnikkomponenten sind einfach zu bedienen und zu warten. Lowtech-Gebäude sind so über ihre Planungs-, Bau- und Nutzungsdauer energieeffizient und kostengünstig. Der geringe Energiebedarf für die Wärme- und Stromversorgung wird im Idealfall durch einen hohen Anteil von erneuerbaren Energien gedeckt. Weiteres wichtiges Merkmal eines Lowtech-Gebäudes ist die Barrierefreiheit, also die Zugänglichkeit und Verständlichkeit für alle Generationen. Dafür muss eine selbsterklärende Bedienung des Gebäudes planerisch, baukonstruktiv und bei der Gebäudetechnik umfassend umgesetzt werden. Der Einsatz sämtlicher Materialien im Lowtech-Gebäude erfolgt unter dem Gesichtspunkt größtmöglicher Ressourceneffizienz. Dafür wird bereits in der Planungsphase die Wirtschaftlichkeit des Bauwerks über die gesamte Lebensdauer hinweg untersucht und nachgewiesen. Idealerweise sollten vorrangig natürliche und lokale bzw. recycelte Materialien zum Einsatz kommen. Im Hinblick auf eine gute Sanierbarkeit sollte für die Baukonstruktion hohe Dauerhaftigkeit und Flexibilität angestrebt werden. Nicht zuletzt ist ein weiter gefasster Ansatz als in den jeweils relevanten Normen notwendig, um Lowtech-Gebäude oder Gebäude, die dem Gedanken des einfacheren oder kostensparenden Bauens folgen, realisieren zu können. Ansätze finden sich in den Überlegungen und Entwürfen zur Umsetzung des so genannten Gebäudetyps E, ebenso in den Anpassungen und Neuordnungen von Landesbauordnungen, wie sie bereits in Niedersachsen im Sommer 2024 umgesetzt wurden.



# 1 BAUEN AKTUELL – DIE TRANSFORMATION EINER BRANCHE

Die Baubranche steht vor großen Herausforderungen. Nach konjunkturstarke Jahren führten die Folgen der Pandemie und der geopolitischen Situation sowie die stark gestiegenen Bau- und Finanzierungskosten zu einem Einbruch der Baukonjunktur. Besonders stark ist der Umsatzrückgang im privaten Wohnungsbau. Hier verschärfte der Wegfall verschiedener Wohnbauförderungen die Situation zusätzlich. Der Zentralverband Deutsches Baugewerbe (ZDB) meldete für 2023 einen Umsatzrückgang von 5,3 Prozent und geht für 2024 von einem weiteren Minus von ca. 3 Prozent aus. Der ZDB sieht die Gründe hauptsächlich im Wohnungsbau, der im vergangenen Jahr um 11 Prozent eingebrochen ist. Für 2024 erwartet der Verband ein Minus von 13 Prozent<sup>1</sup>. Der Nachfrageeinbruch führt zur Unterauslastung der Kapazitäten bei den Unternehmen. In der Folge rechnet der ZDB mit einem Beschäftigungsabbau, vor allem in den Wohnungsbauunternehmen. Parallel würden jedoch in den Ausbaubereichen sowie im Ingenieur- und Tiefbau Fachkräfte gesucht. So gäbe es im Bauhauptgewerbe zeitgleich Fachkräftemangel, aber auch drohende Kurzarbeit und Kündigungen. Ein Dilemma, denn: Es mangelt nicht an Aufgaben, sondern an Aufträgen. So fehlen in Deutschland weiterhin Wohnungen. Vor allem bezahlbarer Wohnraum in Großstädten und Ballungszentren ist knapper denn je. Es ist und bleibt eine der größten Herausforderungen der kommenden Jahre, bezahlbaren Wohnraum in ausreichendem Umfang sicherzustellen. In diesem Zusammenhang kommt dem (Aus-)Bauen und Verdichten im Bestand große Bedeutung zu. Nicht zu vergessen sind die Herausforderungen des demografischen Wandels, so steigt etwa der Bedarf an kleineren und seniorengerechten bzw. barrierearmen Wohneinheiten aktuell und in den kommenden Jahren weiter an.

Die gute Nachricht: Die Probleme sind erkannt; Politik, Verbände und Unternehmen arbeiten mit Hochdruck an Lösungen. Das erste Kapitel des VHV-Bauschadenberichts Hochbau 2023/24 »Bauen aktuell – die Transformation einer Branche« gibt Einblicke in den aktuellen Status des Bausektors. Hier zeigen Spitzenverbände wie der Zentralverband Deutsches Baugewerbe (ZDB) Perspektiven für die Bauwirtschaft auf, der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie berichtet über die Transformation am Bau, im Beitrag des Bundes Deutscher Baumeister wird thematisiert, wie interdisziplinäres Bauen helfen kann, Schadenrisiken zu minimieren. Und das Kompetenzzentrum Betonerehaltung Nord e.V. ruft zur Zusammenarbeit auf, um gemeinsam »Bauen neu zu denken«. Insgesamt ein Kapitel, das deutlich macht, wie zentral der Zusammenhang zwischen Qualität, Fachkompetenz und interdisziplinärer Zusammenarbeit ist. Spannende und aktuelle Sichtweisen und Perspektiven der hier vertretenen Spitzenverbände und Unternehmen!

---

<sup>1</sup> Vgl. [www.zdb.de/fileadmin/user\\_upload/90\\_-2023\\_Konjunktur\\_2023\\_2024\\_Langfassung\\_Statement.pdf](http://www.zdb.de/fileadmin/user_upload/90_-2023_Konjunktur_2023_2024_Langfassung_Statement.pdf) [abgerufen am: 04.07.2024]

## 1.1 Transformation braucht Kooperation: Die Bauwirtschaft in der Zeitenwende



FOTO: ANNE HUFNAG

Felix Pakleppa

Die Lage ist ernst. Wenn wir unseren Wirtschaftsstandort nicht aufs Spiel setzen wollen, muss mehr passieren. Es ist höchste Zeit, die richtigen Prioritäten zu setzen. Wirtschaftliche Stagnation, steigende Zinsen, eine veritable Wohnungsbaukrise, anhaltender Fachkräftebedarf: Wir stecken in einer der schwierigsten Krisen der vergangenen Jahrzehnte. Für das laufende Jahr erwartet die Bundesregierung nur noch 0,2 Prozent Wirtschaftswachstum – das gleicht nicht mal den Rückgang des vergangenen Jahres aus. Hinzu kommt eine geopolitische Situation, die höhere Ausgaben in vielerlei Hinsicht unvermeidlich macht.

Der russische Krieg in der Ukraine zwingt uns dazu, deutlich mehr Geld für eine glaubwürdige Verteidigung bereitzustellen. Wenn das Sondervermögen erschöpft ist, wird die Bundeswehr 80, 90 oder 100 Milliarden Euro pro Jahr benötigen. Dies bindet massiv Mittel im Haushalt. Gleichzeitig ist unser Handelspartner USA wirtschaftlich deutlich stärker als wir, unser Abstand zu ihm wird immer größer. Egal wie schläfrig Joe Biden wirken mag, sein gigantisches Zwei-Billionen-Dollar-Investitionspaket funktioniert. Aktuell schaffen die USA rund 300.000 Jobs im Monat, die Wirtschaft wächst, die Inflation sinkt. Wählen die Amerikaner dann im November den Republikaner Trump zum Präsidenten, ist mit Handelskriegen und Zöllen für europäische Unternehmen zu rechnen. Statt transatlantischer Partnerschaft mehr wirtschaftlicher Protektionismus.

### Ein bisschen deutsches Klein-Klein reicht nicht mehr

Aus dieser Gemengelage ergeben sich für die deutsche Politik zwei Aufgaben. Zum einen muss die Bundeswehr wehrhafter werden, um besser auf potenzielle Konflikte vorbereitet zu sein; der Verteidigungshaushalt wird mehr Geld brauchen. Zum anderen ist eine deutliche Stärkung der heimischen Wirtschaft notwendig, um wieder auf Augenhöhe mit der amerikanischen Wirtschaft, zumindest auf europäisches Niveau zu kommen. Dies lässt sich aber nur durch Steuersenkungen und Entlastungen der Unternehmen erreichen. Das heißt, wir reden über andere Energiepreise und eine andere Abgabenlast. Nur ein Beispiel: Hierzulande sind die Industriestrompreise viermal so hoch wie in den USA. Es ist keine Überraschung, dass viele deutsche Firmen, egal ob Konzerne oder Mittelständler, massiv in die USA investieren. Die attraktiveren steuerlichen Rahmenbedingungen tun ihr Übriges.

Die Verteilungsspielräume werden also in Zukunft viel enger und die Verteilungskämpfe härter werden. Es wird sich zeigen, ob die hiesige Politik die Kraft hat, sich diesen Aufgaben zu stellen. Denn dies bedeutet zwingend, dass wir über die Ausgaben im Bereich Arbeitsmarkt und Sozialpolitik nachdenken müssen. 2,8 Millionen Arbeitslose, 5,5 Millionen Bürgergeld-Empfänger, eine große Anzahl an Flüchtlingen, allein eine Million aus der Ukraine, die bislang nicht den Weg in den Arbeitsmarkt gefunden haben, trotz fast 1,8 Millionen offener Stellen.

All dies stellt die Politik 2024 vor große Herausforderungen. Und es wird umso schwieriger, wenn man sich die Wahltermine in diesem Superwahljahr anschaut. Neben den Europawahlen finden in der Hälfte der 16 Bundesländer Kommunalwahlen statt. In Brandenburg, Thüringen und Sachsen wählen die Bürger 2024 einen neuen Landtag, die ersten AfD-Bürgermeister und -landräte sind erschreckenderweise nicht mehr auszuschießen. Das bedeutet, die Politikerinnen und Politiker sind im Dauerwahlkampf und müssen gleichzeitig über schwierige Verteilungsfragen beraten und entscheiden. Nach den Erfahrungen der vergangenen zweieinhalb Jahre kann man nur hoffen, dass tatsächlich das Notwendige im Fokus steht. Die Hoffnung stirbt ja bekanntlich zuletzt.

### **Was bedeutet das für die Bauwirtschaft?**

Man kommt nicht darum herum: Wir werden uns sehr viel stärker für Investitionslinien in der Bauwirtschaft einsetzen müssen. Das betrifft die wenigen Milliarden im Wohnungsbau, die steuerlichen Rahmenbedingungen, Stichwort degressive Abschreibung (AfA) und gilt in gleicher Weise für die Investitionen in die Infrastruktur von Straße und Bahn.

Die Kommunen, die regelmäßig rund 60 Prozent der staatlichen Bauinvestitionen leisten, können fehlende Aufträge des Bundes nicht ersetzen, da sie durch hohe Sozialausgaben stark belastet sind. Wir werden als Verbände daher für die Baubranche bei den Haushaltsberatungen 2025 massiv kämpfen müssen, obwohl schon jetzt rund 20 Milliarden Euro fehlen.

Aber auch für die Unternehmen stehen eine Menge Aufgaben an. Der Kampf insbesondere um öffentliche Aufträge wird härter werden. Die Betriebe müssen modernisieren und in immaterielle Vermögenswerte investieren, um noch effektiver und effizienter bauen zu können. Erschwerend kommt für unsere Branche hinzu, dass die demografische Entwicklung dazu führt, dass wir dauerhaft mit weniger Personal auskommen, aber mehr bauen müssen. Die Firmen sind gut beraten, die Themen Vorfertigung, Robotik, Künstliche Intelligenz (KI) und Digitalisierung noch weiter voranzutreiben und ihre Betriebe entsprechend aufzustellen.

**Die Unternehmer haben nicht alles in der Hand**

Der Zentralverband Deutsches Baugewerbe wurde 1899 als Deutscher Arbeitgeberbund für das Baugewerbe gegründet. Der Blick zurück zeigt deutlich, dass die Bauunternehmer hierzulande schon so manche Krise erfolgreich bewältigt haben. Sie werden auch diese Krise meistern – wenn man sie denn lässt. Denn viele Probleme sind hausgemacht.

So berichten immer mehr Betriebe von einer stetig anwachsenden Welle an bürokratischen Vorgaben, an hohen Abgaben und überbordenden Dokumentations- und Nachweispflichten. Während selbst der Kanzler sagt, Deutschland habe es mit der Bürokratie übertrieben, scheint niemand das wirkliche Grundproblem überwinden zu wollen. Doch mit Gesundbeten kommen wir nicht weiter.

Stattdessen ist ein gemeinsamer Kraftakt nötig. Wir wünschen uns von der Politik weniger politisches Dogma und stattdessen mehr ökonomischen Pragmatismus. Die Unternehmen sind auf innovationsfreundlichere Rahmenbedingungen angewiesen, sonst verlieren sie die Kraft, die den Wirtschaftsstandort Deutschland viele Jahre erfolgreich vorangebracht hat. Insgesamt brauchen wir eine Wirtschaftspolitik, die für eine langfristige Planungssicherheit sorgt. Dazu gehören eine verlässliche Förderkulisse, konkurrenzfähige Steuern, eine Abgabenlast von maximal 40 Prozent und wettbewerbsfähige Energiepreise. Dann können die Bauunternehmer auch in Zukunft ihre ganze Stärke ausspielen und bauen – für die Menschen, für die Zukunft.

Felix Pakleppa studierte Rechtswissenschaften in Bonn und Passau. Nach Stationen bei der Telekom AG sowie der Bundesvereinigung Deutscher Arbeitgeberverbände ist er seit 1997 für den Zentralverband Deutsches Baugewerbe (ZDB) tätig. Seit 2011 vertritt er als Hauptgeschäftsführer des größten Deutschen Bauverbandes die Interessen von rund 35.000 mittelständischen Bauunternehmen.

## 1.2 Transformation Bau

Die Überschrift? Ein Weckruf: »Verkauft die Autoindustrie künftig nur noch Autos, macht sie sich selbst überflüssig« – mit dieser knackigen These hat Handelsblatt-Chefkorrespondent Markus Fasse 2021 einen Artikel über die Transformationsnotwendigkeit der urdeutschen Traditionsbranche begonnen. Der Ressortleiter hat recht, mehr noch, seine These ist universell auch auf die Bauindustrie anwendbar. Die unbequeme Wahrheit ist: Das gesamte Ökosystem des Bauwesens muss neu gedacht werden. Hierzu gehört gerade in Zeiten fortschreitender Digitalisierung, hoher Datenverfügbarkeit und Transparenz eine vertikale Integration entlang der Wertschöpfungskette. Die kollaborative Zusammenarbeit in der Planungsphase ist nicht nur für den Projekterfolg nötig, sondern sichert auch die Marktstellung der Bauindustrie. Ansonsten droht sie, durch neue Marktteilnehmer, unter anderem durch Technologiekonzerne, verdrängt zu werden.



Tim-Oliver Müller

Was Tesla für die deutsche Autowirtschaft ist, könnten Google und Amazon für die Baubranche werden. Längst haben sie den ersten Schritt hierhin gemacht. Googles »Healthy Materials Programm« zur Vermeidung schädlicher Baustoffe in Googles Liegenschaften oder Amazons Aktivitäten im Bereich Smart Home haben nicht allein das Ziel, die Wohlfühlatmosphäre zu verbessern oder den Kühlschrank mit dem Lieferdienst des nahegelegenen Supermarkts zu verbinden. Es ist schwer vorstellbar, dass Sprachassistenten wie Amazon Echo, die mittlerweile mit Kameras ausgestattet sind, ausschließlich dazu dienen, Kleidung virtuell anzuprobieren. Das Geschäftspotenzial ist weitaus größer. In einem Kommentar in der Zeitschrift *Kommunal* heißt es zutreffend: »Immer da, wo gutes Geld verdient wird, warten die Organisationsgenies [...] der Digitalisierer darauf, erst mitzuverdienen und später das Geschäft selbst zu machen.«<sup>1</sup> Wir müssen deshalb den Anspruch an uns selbst haben, die Transformation der Branche strategisch mitzugestalten, um den Erfolg der Bauunternehmen für die Zukunft zu sichern.

Denn vor allem die digitale Transformation ist mehr als nur die Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI). Anders gesagt: Bauen der Zukunft ist Bauen in Netzwerken. Neue Formen der Zusammenarbeit sind der Schlüssel, um die Bauprozesse effizienter zu gestalten und die Produktivität zu erhöhen. Standardisierung und die Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Daten und relevanter Informationen für die am Bau beteiligten Akteure zu

<sup>1</sup> Vgl. <https://kommunal.de/handwerk-der-zukunft> [abgerufen am: 25.04.2024]

Prozessen, Baustoffen oder Baukonstruktion sind hierfür essenziell. Datenverfügbarkeit und -transparenz ist also das Gebot der Stunde. Unser Ziel muss daher lauten: Die Bauindustrie ist »Treiber der Digitalisierung«.

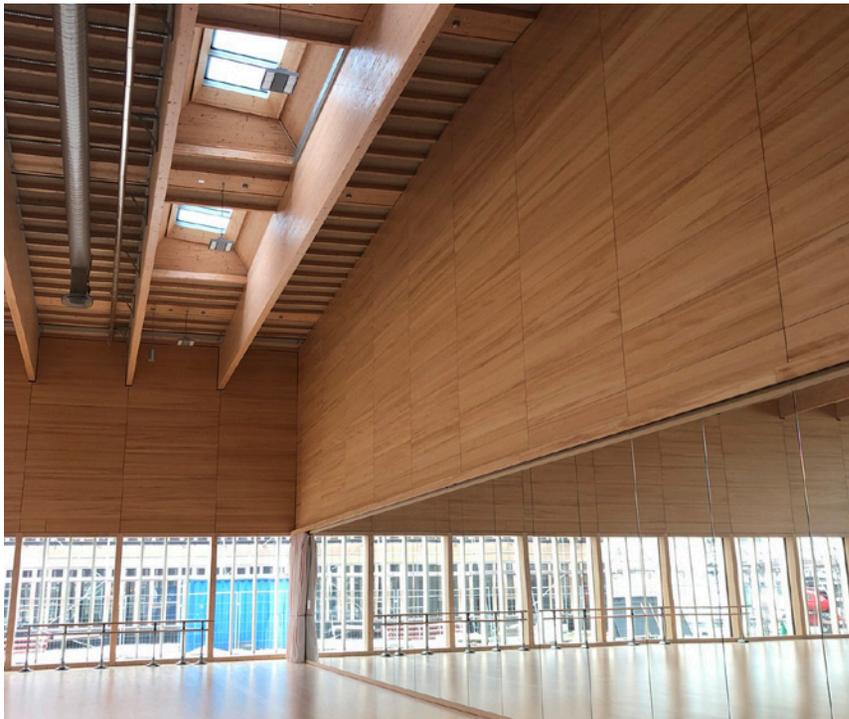
Dabei ist es zum einen ungemein wichtig, bei der Entwicklung der vernetzten Baustelle für das Thema Data Sharing and Protection zu sensibilisieren. Ein gemeinsames Verständnis von Auftraggebern und Auftragnehmern ist eine Grundvoraussetzung für die gemeinsame Gestaltung vertraglicher Vereinbarungen und der Setzung verlässlicher Rahmenbedingungen in einem sich wandelnden Markt. Weitgehend ungeklärt ist jedoch, wie die Datensouveränität einer Branche angemessen gestaltet werden kann. Daran arbeiten wir.

Bauprozesse anders denken heißt zum anderen, das Thema Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Klimaneutralität ist eine gesellschaftliche Verpflichtung. Als Bauindustrie sehen wir uns in der Verantwortung, dafür einen Beitrag zu leisten. Über unsere Berichtserstattungspflicht und die durch die Taxonomie bestimmten Finanzierungsbedingungen müssen wir unsere Geschäftsmodelle auf Nachhaltigkeit ausrichten. Unsere Branche hat dafür bereits viele Lösungen entwickelt und treibt Innovationen voran. Das betrifft klimaverträgliche Konstruktionsweisen und Bauprozesse, aber auch die Verwendung emissionsarmer Baumaterialien oder den Einsatz emissionsfreier Transport- und Baumaschinen. Der Staat ist einer unserer größten Auftraggeber. Wir möchten, dass er Anreize dafür schafft, dass wir gemeinsam nach Lösungen suchen, Bauen klimaverträglich zu gestalten. Die Währung der Klimaverträglichkeit ist CO<sub>2</sub>, und die CO<sub>2</sub>-Emissionen unserer Leistung können wir ausweisen. Die Daten sind vorhanden, sie sollten bei der Wertung von Angeboten berücksichtigt werden. Dann geht der Zuschlag nicht an die billigste, aber vielleicht schmutzigste Lösung, sondern an das Unternehmen, das Klimaschutz und Kosten in Einklang bringt. Hierzu haben wir als erster Verband bundesweit ein CO<sub>2</sub>-Schattenpreismodell vorgelegt, das den Preis von Emissionen bereits in der Ausschreibung berücksichtigt.

Die Zukunftsthemen des Bauwesens – Digitalisierung und Nachhaltigkeit – werden die Attraktivität für Fachkräfte erhöhen, das dritte Thema, das uns künftig begleiten wird. Fachkräfte, die die Baubranche dringend benötigt. Bis 2030 fehlen der Branche bis zu 100.000 Fachkräfte. Allein aus diesem Grund wäre es ein Fehler, einen Großteil des gut ausgebildeten weiblichen Personals links liegen zu lassen. Das können wir uns nicht leisten. Denn der Bau partizipiert von verschiedenen Blickwinkeln, von verschiedenen Arbeits- und Herangehensweisen, von Diversität auf der Baustelle. Genau deshalb engagiert sich die Deutsche Bauindustrie in der »Initiative Klischeefrei«, mithilfe derer überkommene Vorstellungen von Berufen und Geschlechterrollen aufgelöst werden sollen. Darüber hinaus ist die Gründung des FrauenNetzwerk-Bau unter der Schirmherrschaft von Bundesbauministerin Klara Geywitz enorm wichtig, denn es bietet weiblichen Fach-

kräften eine Plattform für den Austausch, Wissensvermittlung und Mentoring. Denn eines ist klar: Die Bauindustrie bietet abwechslungsreiche Jobs für offene, innovationsfreudige, digitale- und klimaaffine junge Leute. Mit einem enormen Potenzial für die Zukunft, insbesondere hinsichtlich der Herausforderungen in Bezug auf den zusätzlichen Bedarf an Wohnraum, die Einhaltung der Klimaziele sowie die dringend notwendige Sanierung der teilweise maroden Infrastruktur.

Tim-Oliver Müller ist seit Juli 2021 Hauptgeschäftsführer des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie. Zuvor war er Leiter Business Development für die VINCI DEUTSCHLAND. Bereits von 2011 bis 2020 war Tim-Oliver Müller in verschiedenen Positionen beim Hauptverband der Deutschen Bauindustrie tätig, zunächst als Referent im Geschäftsbereich Wirtschaft und Recht, dann ab 2012 als Leiter Infrastruktur und Partnerschaftsmodelle. 2016 übernahm er die Position als stellvertretender Geschäftsbereichsleiter, 2018 schließlich die des Geschäftsbereichsleiters für Wirtschaft, Recht und Digitalisierung.



### 1.3 Schadenrisiken minimieren – Interdisziplinär (baumeisterlich) planen und bauen



RA Martin Wittjen

Die Mitglieder des Bundes Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure (BDB) verbindet vor allem das integrale Planen und Bauen. Die fachübergreifende Zusammenarbeit wird im Verband, der die berufspolitischen Belange seiner Mitglieder in ihrem gesamten Spektrum beider Fachdisziplinen vertritt, großgeschrieben und aktiv gelebt. Die Qualität des Bauens und das optimale Ergebnis für den Bauherren, die Verantwortung gegenüber der Baukultur, der Gesellschaft und der Umwelt stehen im Mittelpunkt der Arbeit. Nachhaltigkeit betrachtet nicht nur die Auswirkungen des Planens und Bauens auf die Umwelt und den Verbrauch von Ressourcen, sondern auch die Zirkularität, Qualität und Dauerhaftigkeit.

Der VHV-Bauschadenbericht hält der Branche regelmäßig den Spiegel der Qualität des Bauens vor. Das ist richtig und wichtig. Noch wichtiger ist, dass er zeigt, wie Schäden verhindert werden können. Die Zusammenarbeit der General-, Fachplaner und Bauausführenden ist dabei ein entscheidender Aspekt der Schadenvermeidung. Denn gerade fachliche und kommunikative Schnittstellen sind das Einfallstor für Missverständnisse, Wissensverlust und Fehler. Nicht zuletzt stellt der letzte Bauschadenbericht 2021/2022 als zweithäufigste Schadenursache »Schnittstellenproblematik/Kommunikation« fest. Auf der anderen Seite gibt es kein Bauvorhaben mehr ohne Einbeziehung mannigfaltiger Expertise einer Vielzahl von Fachleuten.

Der »Baumeister alter Schule«, der alles überblickt, plant, berechnet und errichtet, wird keine Renaissance erleben. Zur Ausdifferenzierung der Fachbereiche des Planens und Bauens gibt es in Anbetracht der Komplexität heutiger Bauwerke keine Alternative. Die gleichwohl notwendige »ganzheitliche« Betrachtung eines Bauwerks lässt sich daher nur durch eine bessere Zusammenarbeit der beiden Fakultäten Architektur und Bauingenieurwesen erreichen, also durch ein im besten Sinne »baumeisterliches« Arbeiten. Der BDB setzt sich daher besonders für eine stärkere gemeinsame Ausbildung der Studierenden von Architektur und Bauingenieurwesen nach dem Dortmunder Modell ein. Damit die Zusammenarbeit frühzeitig gelernt wird und das Planen neu gedacht werden kann. Schnittstellenprobleme lassen sich darüber hinaus durch das Arbeiten an einem digitalen BIM-Modell (Building Information Modeling), das von allen Beteiligten genutzt und fortgeschrieben wird, minimieren. Kein neuer Ansatz, aber ein Potenzial das immer noch nicht überall genutzt wird.

Um das neue Denken beim Bauen nach außen hin sichtbar zu machen, hat der BDB 2023 das Label »BAUMEISTERlich4.0 – digital\_integral\_nachhaltig« als Siegel für Mitglieder ins Leben gerufen, die nachweislich digitale Planungsmethoden nutzen, interdisziplinär arbeiten, spezifische kommunikative Kompetenzen erworben haben und bei ihren Projekten Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigen.



**Abb. 01:** Label »BAUMEISTERlich4.0 – digital\_integral\_nachhaltig« [Quelle: BDB]

Die Reduktion von Komplexität ist ein weiterer guter Weg zur Vermeidung von Bauschäden und um das *Bauen neu zu denken*. Das »Einfache Bauen«, der Gebäudetyp E, ist daher eine schöne Initiative, der sich der BDB angeschlossen hat und dem sich in Anbetracht ausufernder Normenflut niemand ernsthaft verschließen kann. Leider verhält es sich hier wie von Lew Tolstoi formuliert: »*Alle wollen die Welt verändern, aber keiner sich selbst*«. Das zeigt eine IW-Studie<sup>1</sup>, nach der nur jeder Fünfte »einfache Ausstattungen« und nur jeder Sechste sich »vereinfachte Baustandards« als Maßnahme im Rahmen des bezahlbaren Wohnungsbaus vorstellen kann.

Wichtig ist zu klären und dann rechtssicher vereinbaren zu können, welche Spezifika ein »Gebäudetyp E« eigentlich haben soll, also welche Normen und Standards verzichtbar und welche unverzichtbar sind. Denn es ist niemandem geholfen, wenn hinterher das als Fehler (Schaden) deklariert wird, was eigentlich als Reduktion von Komplexität gedacht war.

Ebenso können Fehler vermieden werden durch eine qualitativ hochwertige Ausbildung und fundiertes Wissen im Planen und Bauen. Der Bauschadenbericht klärt durch seine Beispiele und Analysen regelmäßig darüber auf, welche Gewerke besonders schadenanfällig sind und leistet damit Aufklärungsarbeit. Wichtig sind gute Ausbildungsstandards und angemessene Zugangsregeln für die Tätigkeit in den Berufen, um Qualitätsstandards zu sichern und den komplexer werdenden Bauaufgaben gerecht zu werden. Sinnvoller wäre es, planerische Vorbehaltsaufgaben gesetzlich zu definieren, statt rudimentär Ausgebildeten Bauvorlageberechtigungen einzuräumen.

<sup>1</sup> Oberst, C.: Umfrage: Zustimmung zur Förderung von bezahlbarem Wohnungsbau. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V., 2024 [IW-Kurzbericht; 18]

Wir verfolgen mit einem umfangreichen Fort- und Weiterbildungsangebot das Ziel, das Wissen der Mitglieder und der Branche insgesamt über die Entwicklungen des Planens und Bauens stets aktuell zu halten. Das gilt vor allem auch für das nachhaltige Bauen. Denn das *neue* Denken entwickelt sich nicht nur im Bereich des digitalen Planens und Bauens rasant fort, sondern vor allem auch im Bereich der Nachhaltigkeit und der Notwendigkeit, CO<sub>2</sub> und Treibhausgase zu reduzieren.

Für die definierten und für das künftige Bauen unverzichtbaren fünf Nachhaltigkeitsbausteine (BDB 5NB)<sup>2</sup> hat der BDB daher aktuell ein besonderes Bildungsangebot zur Vermittlung der Grundlagen des ökologischen, ressourcenschonenden und zirkulären Bauens aufgelegt. Inhalt sind die Lebenszyklusberechnung, die Ökobilanzierung, das Materialkataster, der Nachhaltigkeitsbericht und ein TGA-Monitoringkonzept (TGA – Technische Gebäudeausrüstung) für den Betrieb.

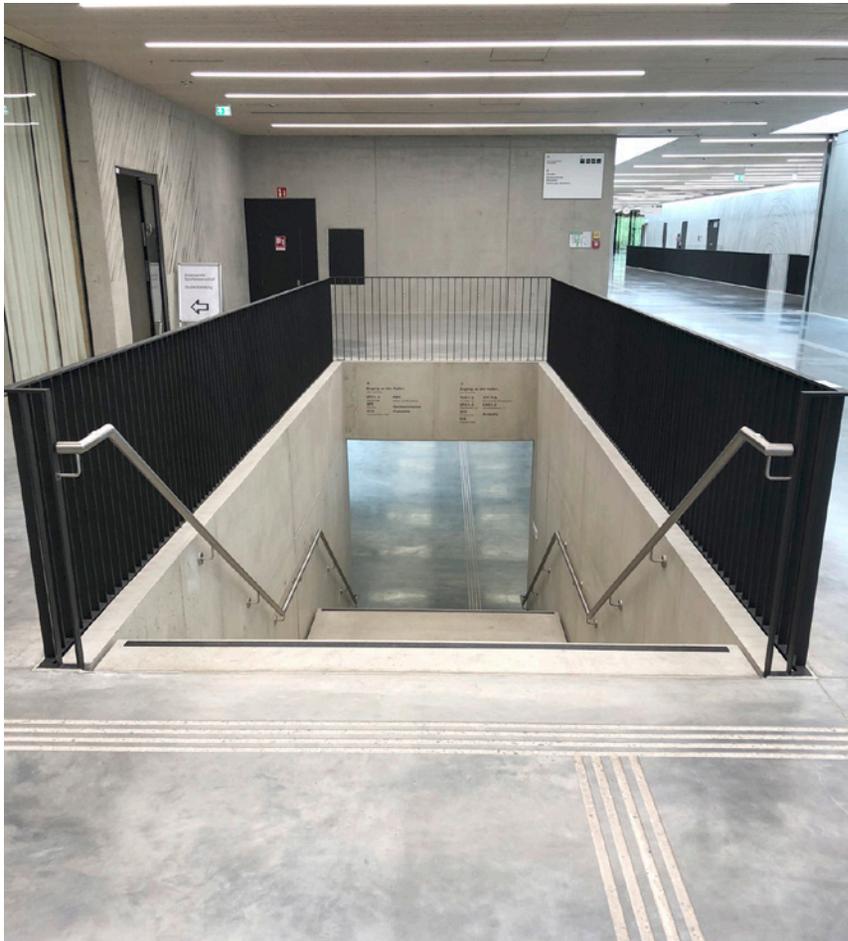


**Abb. 02:** Die 5 BDB Nachhaltigkeitsbausteine – BDB 5NB [Quelle: BDB]

»*Bauen neu denken*« bedeutet, sich auf das interdisziplinäre Arbeiten der Baumeister zu besinnen, digitale Methoden anzuwenden, Nachhaltigkeitsaspekte zu berücksichtigen und sich in einer verändernden Welt auf dem Laufenden zu halten – eben *Baumeisterlich* Planen und Bauen.

<sup>2</sup> Vgl. <https://www.baumeister-online.de/themen-positionen/klimagerechtes-planen-und-bauen/bdb-5nb-die-5-bdb-nachhaltigkeitsbausteine/> [abgerufen am: 09.04.2024]

Martin Wittjen ist seit 2017 Geschäftsführer des Bundes Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure. Zuvor war er unter anderem als Syndikusrechtsanwalt und Geschäftsbereichsleiter im Bauindustrieverband Berlin-Brandenburg sowie in der Treuhand Liegenschaftsgesellschaft tätig. Sein Studium und seine Ausbildung hat er in Berlin, Lausanne und Sydney absolviert. Er ist als Rechtsanwalt zugelassen, Fachanwalt für Arbeitsrecht und Mediator. Der Bund Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure e.V. ist der größte Zusammenschluss von Architektinnen, Architekten, Ingenieurinnen und Ingenieuren, in der Stadtplanung und im Vermessungswesen Tätigen sowie Studierenden in Deutschland.



## 1.4 Die doppelte Transformation im Bauwesen – Einblicke in das Stimmungsbarometer zum Stand der Transformation der Baubranche

### INTERVIEW – MELISSA KÖHLER, ALBRECHT FRANZ



**Melissa Köhler**



**Dr. Albrecht Franz**

Melissa Köhler und Dr. Albrecht Franz leiten die Studie »Stimmungsbarometer zum Stand der Transformation der Baubranche« am Fraunhofer Informationszentrum Raum und Bau IRB. Auf der Grundlage qualitativer Interviews und einer breit angelegten Onlineumfrage mit Unternehmen können sie erstmals einen differenzierten Überblick geben, was die Branche unter Transformation versteht – und wo sie aktuell steht.

#### **Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Warum haben Sie die Studie zum Stand der Transformation der Baubranche angestoßen?**

Dr. Albrecht Franz: »Die Transformation« der Baubranche ist in aller Munde. Man könnte meinen, die viel zitierte Bauwende ist bereits in vollem Gange, oft scheint auch schon klar, in welche Richtung sich die Zukunft des Planens und Bauens entwickelt, welche Trends und Szenarien sich durchsetzen werden. Hört man sich hingegen in der überwiegend klein- und mittelständisch geprägten Praxis um und spricht mit Unternehmern und Unternehmerinnen selbst, wird deutlich: Schon die komplexe Branchenstruktur macht es nötig, das Thema differenzierter zu betrachten.

Daher wollten wir wissen, wie die unterschiedlichen Teilbereiche der Branche auf das Thema Transformation blicken. Wird aus Sicht der Unternehmen denn überhaupt eine Transformation im Bauwesen erwartet? Wenn ja, welches sind aus ihrer Sicht die größ-

ten unternehmerischen Herausforderungen? Inwieweit werden diese angegangen und wie gut aufgestellt sehen sich die Unternehmen für die Transformation?

Insgesamt haben wir 20 Interviews mit Expertinnen und Experten geführt, an der anschließenden Online-Umfrage haben sich 281 Vertreterinnen und Vertreter von Unternehmen aus allen Teilbereichen der Branche beteiligt. Auf dieser Grundlage können wir mit der Studie dazu beitragen, die Diskussion um die Transformation auf eine sachliche und vor allem praxisnahe Grundlage zu stellen. Ziel ist es außerdem, die Befragungen fortzusetzen, um die Entwicklung der Transformation in den nächsten Jahren beobachten zu können.

#### **Böhmer: Und? Wo steht die Baubranche beim Thema Transformation?**

Melissa Köhler: Für den größeren Teil aller Unternehmen steht eine Transformation laut eigenen Angaben

erst noch bevor. Und 25 Prozent sind skeptisch, ob auf die Branche überhaupt eine echte Transformation zukommt. Insgesamt gesehen hegen aber mehr als die Hälfte – 54 Prozent der Befragten – keine Zweifel daran, dass eine Transformation der Branche stattfinden wird. Und immerhin jedes vierte befragte Unternehmen sagt, die Transformation ist bereits bei ihnen angekommen. Die überwiegende Mehrheit der Unternehmen sieht also tatsächlich eine Transformation kommen – in der Praxis ist bei vielen davon allerdings noch nicht viel zu spüren.

**Böhmer: Sie haben auch einzelne Bereiche der Branche genauer unter die Lupe genommen: Wer sind diejenigen, die wenig Zweifel an einer Transformation haben und wer die, mit der größten Skepsis?**

Köhler: Das ist eine sehr spannende Frage, die wir gut beantworten können. Zu der Gruppe mit wenig bis keinen Zweifeln gehören vor allem die Baustoffindustrie, die Architekturbüros sowie die Projektentwickler und -steuerer: Hier sagen über 40 Prozent, dass sie eine Transformation der Branche in ihrer täglichen Praxis erleben. Wohingegen zu den Skeptikern und Skeptikerinnen vor allem das ausführende Bauhaupt- und Nebengewerbe gehört – hier gibt nur jedes fünfte Unternehmen an, irgendeine Form von Transformation in der Praxis zu erleben. Deutlich skeptischer sind aber auch Teilnehmende mit über zehn Jahren Betriebszugehörigkeit sowie Unternehmen mit weniger als zehn Mitarbeitenden.



**Böhmer: Die Unternehmen, die eine Transformation der Branche sehen oder auch schon erleben – was sind die wichtigsten Transformationsthemen, die sie umtreiben?**

Franz: Unsere Ergebnisse zeigen: Wenn die Baubranche von erlebter oder erwarteter Transformation spricht, dann meint sie meist deutliche Veränderungen hin zu mehr ökologischer Nachhaltigkeit sowie Veränderungen im Bereich der Digitalisierung. 50 Prozent der Unternehmen sehen aber nicht nur Nachhaltigkeit oder nur Digitalisierung als wichtigstes Transformationsthema, sondern empfinden beide Herausforderungen beinahe gleich stark und vor allem gleichzeitig. Insofern haben wir es gewissermaßen mit einer doppelten Transformation zu tun. Insgesamt gehören zu den Top-Transformationsthemen der Unternehmen: Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Kompetenz- und Weiterbildungsbedarf sowie Innovation und Wettbewerb.

Das zentralste Transformationsthema der Branche ist Nachhaltigkeit. Und egal ob wir uns den Hochbau, Tiefbau, das ausführende Gewerbe oder den planenden Teil der Branche anschauen, hier sind die drei großen Handlungsfelder für alle Unternehmen gleich: klima- und ressourcenschonende Bauweise, Bauen im Bestand und Kreislaufwirtschaft. Und, für uns überraschend: 75 Prozent der Unternehmen, die sagen Nachhaltigkeit ist ein wichtiges Transformationsfeld, geben an, schon konkret an der Umsetzung dieser drei Nachhaltigkeitsherausforderungen zu arbeiten. Man kann sagen, in puncto Nachhaltigkeit haben sich die meisten Betriebe laut eigenen Angaben auf den Weg gemacht!

**Böhmer: Welche Ergebnisse Ihrer Studie haben Sie am meisten überrascht?**

Franz: Gerade in Bezug auf das Thema Nachhaltigkeit fällt auf, dass die Unternehmen sich selbst als sehr fortschrittlich einschätzen, die Branche insgesamt jedoch deutlich schlechter bewerten: 92 Prozent sagen, die Bemühungen der Branche sind aus-

baufähig. Dieses Muster zieht sich durch: Sich selbst schätzen die Unternehmen in allen Transformationsfeldern sehr viel besser ein als ihre Branche. Dies wurde nicht nur in der Online-Umfrage, sondern auch in den direkten Gesprächen immer wieder deutlich. Die Frage ist: Haben wir in der Stichprobe überdurchschnittlich aktive Unternehmen befragt? Oder schätzt man sich selbst einfach gern besser ein als die anderen? Letzteres gilt als ein echter Innovationskiller. Naheliegend ist: Vielleicht ist an beidem etwas dran.

Noch interessanter ist die Frage nach dem Innovationsdruck. Wie schon erwähnt, sieht mehr als die Hälfte der Unternehmen eine Transformation klar bevorstehen und benennt konkrete Herausforderungen. Doch wenn wir diese nicht-transformationsskeptische Gruppe nach dem Innovationsdruck für das eigene Unternehmen befragen, wird dieser mit einem Durchschnittswert von 5 auf einer Skala von 1 bis 10 bewertet, wobei 1 kein Druck und 10 sehr hoher Druck bedeutet. Die Baustoffindustrie sieht hier für sich den höchsten Druck mit einem Wert von über 7, wohingegen die Architekturbüros den Innovationsdruck nur mit einem Wert von 4 einschätzen. Zudem ist das Thema »Innovation« das insgesamt am wenigsten priorisierte und am wenigsten bearbeitete Transformationsthema aller Befragten. Zusammengefasst: Eine 5 von 10 ist angesichts einer erwarteten Transformation überraschend niedrig und klingt beinahe schon nach »business as usual«. Aus unserer Sicht gehören Transformation und Innovation klar zusammen. Man kann sich schon fragen, wie Transformation nur durch produktseitige Baustoffinnovationen gelingen soll, ohne unternehmerische Innovation im Rest der Wertschöpfungskette.

**Böhmer: Sie sprechen von einer Diskrepanz zwischen dem viel diskutierten Anspruch an Transformation im Bauwesen und der tatsächlich erlebten Praxis. Was meinen sie damit genau?**

Köhler: Die zahlreich vorhandenen Zukunftsstudien des Bauens benennen Themen, die laut unse-

rer Erhebung von der Realität der mittelständisch geprägten Baubranche weit entfernt sind. Nehmen wir die Digitalisierung: Hier sind die Top-Herausforderungen in den befragten Unternehmen zwei altbekannte: BIM sowie Datenqualität und -schnittstellen. Und was steht auf der Liste der Unternehmen ganz hinten? Themen wie Künstliche Intelligenz oder der Digitale Zwilling. Obwohl BIM und Digitaler Zwilling doch einen direkten Zusammenhang vermuten lassen. Oder zum Beispiel auch beim Transformationsfeld Innovation: Nicht nur der Umsetzungsgrad, sondern auch die Bewertung der Relevanz von Themen wie Serielles Bauen, Automatisierung, Robotik oder neue Geschäftsmodelle liegt sehr weit hinten. Wenn nachhaltiger, digitaler, tiefgreifender Wandel und Fortschritt in der Branche gelingen soll, dann ist es aus unserer Sicht wichtig, die Diskrepanz zwischen Anspruch und Praxis zu verkleinern. Forschung, Innovation und Praxis müssen näher zusammenwachsen – und das beginnt beim Verständnis von Transformation.

**Böhmer: Was hilft aus Ihrer Sicht noch, um die Transformation in der Branche in Gang zu bringen?**

Köhler: Ganz grundsätzlich ein Verständnis, dass die Transformation die Unternehmen nicht nur irgendwie überkommt, sondern dass dieser Prozess aktiv gestaltet werden kann. Das bedeutet eine Öffnung für und Investition in Innovationen – auch und vor allem in kleineren ausführenden mittelständischen Unternehmen, Planungs- oder Architekturbüros. Es liegt eine gewisse Gefahr darin, als Branche, die hauptsächlich aus KMU besteht, die Verantwortung für die Herausforderungen an ein paar wenige große Unternehmen der Branche oder an die Baustoffhersteller abzugeben.

Selbstverständlich gibt es viele regulatorische und strukturelle Hemmnisse, die es dem Mittelstand alles andere als leicht machen. Diese werden aktuell zu Recht auf unterschiedlichsten Ebenen ausgiebig dis-

kutiert. Allerdings sind – das zeigen unsere Gespräche mit mutigen Unternehmerinnen und Unternehmern rund um unsere Studie deutlich – Innovation und Veränderung an vielen Stellen dennoch möglich. In der Innovationsforschung werden einengende Grenzen und Strukturen, wie zum Beispiel übermäßige Bürokratie oder Regelwerke, auch nicht nur als Innovationsbremsen diskutiert, sondern gelten auch als eine notwendige Bedingung, um neue innova-

tive Ideen und Lösungen überhaupt erst entstehen zu lassen. Denn Innovation entsteht äußerst selten auf einer idealen grünen Wiese. Daher braucht es beides: Deutliche Veränderungen in den Rahmenbedingungen sowie einen breiten Innovationsgeist aus der Branche selbst heraus – diesen Blick wünschen wir uns in den aktuellen Debatten in der Praxis.

Die Studie »Stimmungsbarometer zum Stand der Transformation der Baubranche« erscheint im Fraunhofer IRB Verlag und kostet 49 Euro.



Bestellung unter <https://www.baufachinformation.de/stimmungsbarometer>



## 1.5 Neues Denken in der Betoninstandsetzung

### INTERVIEW – KATRIN HUPFER



FOTO: ELFREDE LEBENOW FOTOGRAFIE

Katrin Hupfer studierte Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität in Weimar. Sie ist geschäftsführende Gesellschafterin der hupfer ingenieure Bauwerksuntersuchungen GmbH in Hamburg und Vorsitzende der Beton-erhaltung Nord e. V.

**Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Liebe Frau Hupfer, der Verein, dem Sie vorstehen, die Beton-erhaltung Nord e. V., steht als Kompetenzzentrum seit der Gründung im Jahr 2010 für Qualitätssicherung und Nachhaltigkeit in der Beton-erhaltung und zeigt mit seinem Slogan »Experten verbinden. Wissen teilen. Qualität sichern.« den Dreiklang zwischen Vernetzung, Kompetenz und Qualität. Wie funktioniert das genau?**

Dipl.-Ing. Katrin Hupfer: Die Beton-erhaltung Nord ist ein Verein, in dem sich mittlerweile 42 Mitgliedsfirmen – sachkundige Planer, Sachverständige, Baustofflabore, bauausführende Unternehmen, aber auch Materialhersteller – zusammengefunden haben, die das Thema Betoninstandsetzung und Beton-erhaltung voranbringen wollen. Dazu werden jeweils einmal im Quartal Betontreffs veranstaltet, die allen Interessierten offenstehen. Neben Wissensvermittlung können sie sich hier auf kollegialer Ebene austauschen und netzwerken. Alle zwei Jahre führt der Verband eine Fachtagung durch und in diesem Jahr haben wir zum ersten Mal einen Workshop organisiert. Das Thema war »Digitalisierung in der Betoninstandsetzung«. Mit unseren Veranstaltungen und den dabei gesetzten, oftmals wegweisenden und innovativen Themen haben wir als Beton-erhaltung Nord mittlerweile eine Aufmerksamkeit erlangt, die weit über Norddeutschland hinausgeht.

**Böhmer: Wir wissen, Deutschland ist überwiegend gebaut. Nicht nur deshalb spielt das Bauen im Bestand eine wesentliche Rolle. Und obwohl der Umgang mit bestehenden Bauwerken als Säule des ressourcenschonenden Bauens zunehmend an Bedeutung gewinnt, scheuen viele Investoren diesen Bereich. Er gilt als planungsintensiv, kompliziert und teuer – auch bei der Beton-erhaltung. Worin sehen Sie die größten Schwierigkeiten, wenn man dieses Bausegment voranbringen will?**

Hupfer: Ja, das Bauen im Bestand ist regelmäßig herausfordernder als das Bauen auf der grünen Wiese. Das fängt damit an, dass sie sich in die Gedankenwelt unserer Vorväter einarbeiten und sich an materialtechnische und konstruktive Gegebenheiten schlicht und ergreifend anpassen müssen. Da sind häufig pfiffige ingenieurtechnische und handwerkliche Lösungen gefragt. Diese kollidieren jedoch regelmäßig mit immer ausladenderen normativen Vorgaben, die günstige pragmatische Lösungen schwierig machen. Hier müssen wir endlich wieder anfangen, kritisch zu hinterfragen und eine Eigenverantwortung sämtlicher Projektbeteiligter nicht nur einzufordern, sondern Kreativität auch wieder zuzulassen.

**Böhmer: Sehen Sie die Schwierigkeit eher in der Menge der Vorschriften oder durchaus auch in den Inhalten?**

Hupfer: In beidem. In den letzten Jahren und Jahrzehnten sind Vorschriften, Normen, Merkblätter etc. hinsichtlich Anzahl und Umfang regelrecht explodiert. Wenn Sie heute versuchen, eine einzelne Information mal eben schnell nachzuschlagen, dann finden Sie nach kurzer Zeit die Schreibtischplatte unter der Anzahl der Dokumente, die über Querverweise miteinander verbunden sind, nicht mehr wieder. Das ist praxisfremd und für uns als Fachleute nicht mehr nachvollziehbar. Überlegen Sie mal, wie viel wertvolle Arbeitszeit dabei verloren geht!

**Böhmer: Es gibt durchaus auch Stimmen, die die Vorschriften als Basis der anerkannten Regeln der Technik und damit als eine Art »Qualitätsstandard« bewerten. Wo ist das »Zuviel«, wo sind Veränderungen wichtig aus Sicht der Praktiker im Bereich Betonerhaltung?**

Hupfer: Natürlich werden sie uns als willkommene Qualitätsstandards präsentiert! Und auch gern ohne viel zu fragen so genutzt. Ist ja auch schön einfach. Doch hinterfragen wir mal, wem diese Qualitätsstandards nützen – immer der Sicherheit des Bauwerks oder nicht doch so manches Mal auch einzelnen Interessengruppen? Wie arbeitet ein Normenausschuss und wer tummelt sich da? Natürlich können sie sich freiwillig für die Mitarbeit in so einem Ausschuss melden. Die erste Hürde ist dann allerdings, dass ihr Unternehmen entweder Mitglied im Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) wird oder sie quasi als Eintrittsgeld mehr als 1.000 Euro zahlen. Die Person, die als Mitglied im Normenausschuss mitarbeitet, muss einen nicht unerheblichen Anteil ihrer Arbeitszeit einsetzen und fehlt im Unternehmen. Bei der angespannten Fachkräftelage können sich kleine Unternehmen wie meins mit fünf Mitarbeitern das schlicht nicht leisten. Ergo finden Sie in den Ausschüssen überproportional viele Menschen aus zahl-

lungskräftigen Kreisen, die ein Interesse haben, dass ihre Vorstellungen in die Bauvorschriften kommen. Auch der Anteil an Personen, die promoviert haben oder habilitiert sind und aus Wissenschaft oder Verwaltungsorganen kommen, ist nicht zu unterschätzen. Zugleich werden sie ein Riesenproblem haben, auch nur einen Handwerker im Normenausschuss zu finden, der realistisch einschätzen kann, wie sich so manch hübsch ausgedachte Idee handwerklich überhaupt umsetzen lässt. Im Übrigen sind wirklich wichtige Dinge, die längst pragmatisch geregelt sein müssten, weiterhin unzureichend geregelt. Ich möchte hier als Stichwort nur das Thema Übereinstimmungsnachweis von Bauprodukten nennen, das bisher aufgrund von gegensätzlichen Interessen einzelner Gruppen noch immer nicht geklärt werden konnte. Aber da ist in den letzten Monaten ja glücklicherweise deutliche Bewegung reingekommen.

**Böhmer: Aus technischer Sicht gibt es also Verbesserungsbedarf im Sinne von Eigenverantwortung, Kompetenz-Wertschätzung und »weniger ist mehr«?**

Hupfer: Normen sind kein Gesetz! Das sollten wir als Gedanken mal wieder mehr zulassen. Und honorieren, wenn jemand eine pragmatischere Lösung vorschlägt. Das fängt mit respektvollem Zuhören und Aussprechen lassen an. Allerdings ist unser erster Impuls ganz häufig, jeden, der einen vom Normal abweichenden Vorschlag macht, mit dem Hinweis niederzuringen, dass das in der Norm ja anders geregelt ist und somit künftig in einem fiktiven Gerichtsprozess als nicht normkonform und somit schon per se als falsch angekreidet werden könnte! Der berühmte »Mangel ohne Schaden«, der ja tatsächlich als haftungstechnisches Damoklesschwert über jeder Abweichung von der Vorschrift schwebt, funktioniert so in unserer Vollkasko-Gesellschaft als idealer Bremsklotz. Gleichzeitig klagen aber alle über die superlangen Bauzeiten und explodierenden Baukosten. Dass wir hier in der Vergangenheit mit unserem Regelungswahn irgendwo falsch abgelenkt sind,

zeigt sich auch deutlich am Beschluss der letzten Bauministerkonferenz im November 2023, die zur Konzentration auf die wirklich notwendigen gesetzlichen Mindeststandards aufforderten und sich dazu verpflichtet haben, bei ihren Bauordnungen auszuweichen. Interessant fand ich übrigens die Reaktionen der Verbände und Institutionen schon im Vorfeld der BMK. Da wurde sich auf das Jammern und Wehklagen über das sogenannte »Normen-Moratorium« versteift. Dabei ist das doch eine Riesenchance, wie man sie nur selten im Leben erhält! Fünf Jahre, die uns an Zeit gegeben werden, um einmal kurz durchzuatmen und dann kräftig zu entrümpeln! Wie genial ist das denn?!

**Böhmer: Es gibt ja in diesem Sinne auch die Empfehlungen des Baugerichtstages, der bestimmte Punkte, die Sie genannt haben, auch aufgreift.**

Hupfer: Ja, man denke beispielsweise nur an die Empfehlung, dass sich technische Regeln für Komfortstandards auf Berechnungsgrundlagen beschränken sollten und nicht Niveaus beschreiben sollen. Da sieht man doch deutlich, dass unser Vorschriftensystem an seine Grenzen kommt, wenn selbst die Juristen darüber diskutieren, dass die Normen zu viele Vorgaben machen!

**Böhmer: Haben wir denn in Zeiten des Fachkräftemangels genügend Kompetenz und spielen gegebenenfalls auch technische Innovationen eine Rolle?**

Hupfer: Zum Aufräumen der Normen? Machen wir uns mal nichts vor: Den Vorschriftenwust und die damit verbundene Bürokratie in Form von frustrierenden Massen an Dokumentationen, Nachweisen etc. haben wir selbst verbockt. Die Politik hat letzten Endes unsere Vorgaben nur verbindlich eingeführt. Wenn wir also Bürokratieabbau fordern, dann müssen wir das auch selbst tun. Nur wenn uns das

gelingt, dann werden wir auch künftig noch junge Menschen für das Bauwesen begeistern. Und natürlich spielen technische Innovationen eine herausragende Rolle. In den letzten zehn Jahren sind wir in meinem Büro nur unerheblich mehr Leute geworden. Wir stemmen aber einen wesentlich höheren Umsatz bei gleichzeitig höherer Aufgabenkomplexität. Das war und ist nur möglich durch die Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen. Um nun den Bogen zum Aufräumen der Normen und zum Punkt technische Innovationen zu spannen: Wer sagt denn, dass wir nicht hilfsweise ChatGPT und Co. mal die Aufgabe geben, die Vorschriften unter bestimmten Fragestellungen durchzuforschen? Vielleicht käme so die ein oder andere interessante Diskussionsgrundlage zustande.

**Böhmer: Nochmal zurück zum Bürokratieabbau. Wie kann dieser »Entrümpelungsprozess« funktionieren, ohne dass Qualität schwindet? Plant Ihr Verband, planen Sie als Experten etwas?**

Hupfer: Meckern allein hilft ja nun mal nicht, wir müssen endlich etwas tun. Und wir haben tatsächlich eine Idee. Ob sie funktioniert? Keine Ahnung. Es wäre ein absolutes Experiment. Aber wenn, dann könnte das zur Blaupause werden. Der eine oder andere hat bestimmt im gesellschaftspolitischen Kontext schon mal etwas über das Tool »Bürgerrat« gehört. Unsere Idee ist, in Anlehnung an einen solchen Bürgerrat einen, tja, mir fehlt noch ein Wort, aber nennen wir es mal »Kollegenrat« zu initiieren, in dem diskutiert wird, wie sich in unserem kleinen Bereich der Beton-erhaltung die Normung verschlanken lässt. Und zwar nach dem Motto: Was ist Kunst, und was kann weg? Das sagt sich jetzt so leicht, aber wer schon mal seinen Keller aufgeräumt hat, der weiß, wie schwer es ist, sich von unnützem Zeug zu trennen. Da ringt man mit seinen Liebsten und sich selbst, was man denn noch gebrauchen könnte. Hat man es dann aber endlich geschafft, den überflüssigen Krempel wegzuwerfen, ist das Gefühl von Leichtigkeit und gewonnener innerer Freiheit unbezahlbar. Den Extrakt

der Diskussion in Form von Handlungsempfehlungen würden wir dann veröffentlichen und dem Normenausschuss Bau beim DIN übergeben.

**Böhmer: Sie sprechen die Idee des »Bürgerrats« an. Können Sie, wenn das als Vorbild stehen könnte, erklären, was das ist?**

Hupfer: Der Bürgerrat ist eine Kommission aus zufällig per Losverfahren ausgewählten Bürgern, denen konkrete gesellschaftliche Fragestellungen vorgegeben werden. Sie werden so zusammengesetzt, dass sie den Bevölkerungsaufbau möglichst gut abbilden. Über einen vorgegebenen Zeitraum, zum Beispiel ein Jahr, treffen sie sich mehrmals über mehrere Tage und diskutieren in moderierten Kleingruppen die ihnen vorgegebenen Themen. Während des Bürgerrats erhalten die Ausgelosten Informationen von Experten. Am Ende des Prozesses formulieren die Bürgerratsmitglieder gemeinsame Handlungsempfehlungen, die zurück an die Politik gegeben werden. Die Ergebnisse sind zwar in der Regel für die Politik nicht verbindlich, aber der öffentliche Druck tut dann schon sein Übriges, dass die Arbeit des Bürgerrats nicht einfach weggewischt und wegdiskutiert werden kann.

**Böhmer: Gibt es schon Ideen, wie man so etwas starten kann? Und für ein derartiges Projekt braucht es sicher nicht nur Freiwillige, sondern auch Mitstreiter, Geld und einen langen Atem. Haben Sie da Pläne?**

Hupfer: Ja. Sogar ganz konkret: Im Gegensatz zu einem Bürgerrat müssen wir unsere Ratsteilnehmer aus der Gruppe der Fachleute auswählen. Damit wir gleichzeitig größtmögliche Vielfalt zur Erhaltung einer ausgewogenen Meinung erhalten, könnten wir uns folgendes Vorgehen vorstellen: Zunächst einmal: Wer aus dem Bereich Betoninstandsetzung bzw. Betonere-

haltung kommt und sich vorstellen kann, Mitglied in einem solchen Kollegenrat zu werden, der möge sich bei der Betonerehaltung Nord per E-Mail oder über die Website melden. Dabei ist es völlig unerheblich, ob es Planer, Sachverständige, Handwerker, Vertriebler in der Bauchemie oder andere Berufsgruppen aus dem Bauwesen sind. Es ist auch unerheblich, ob Einzelkämpfer oder Mitarbeiter von großen, mittleren oder kleinen Firmen, ob Auftraggeber, Planer oder Ausführende. Der nächste Schritt wird darin bestehen, die Namen der Freiwilligen repräsentativ auf Lostöpfe zu verteilen und daraus die Teilnehmer der Ratsrunde zu ziehen. Daneben müssen Themen und konkrete Fragestellungen erarbeitet und die gesamte Organisation von Zeitplanung – wir rechnen mit einem Amtsjahr des ausgelosten Rats – über Locationfindung, Technikklärung, zum Beispiel für Online-Meetings bis zur Moderatorenfindung etc. durchgeführt werden. Sie können sich sicher vorstellen, dass unser Verband allein viel zu klein ist, um das alles zu stemmen. Daher suchen wir natürlich Mitstreiter unter den Kollegen, anderen Verbänden und Institutionen, die sich vorstellen können, mitzumachen. Übrigens würden wir uns auch über den einen oder anderen Baurechtler als Mitstreiter freuen, damit wir von vornherein auch diesen Punkt im Auge behalten. Genauso brauchen wir jede Unterstützung aus Politik und Gesellschaft, die wir kriegen können, damit die Idee nicht während der Organisation versandet. Und natürlich benötigen wir Geld, um das alles zu ermöglichen. Zur Finanzierung können wir uns vorstellen, das als Crowdfunding-Projekt zu betreiben und die Kosten transparent zu veröffentlichen. Ich verpflichte mich hier schon mal, mit gutem Beispiel voran zu gehen und mit meiner fünf Mitarbeiter starken Firma 500 Euro in den Topf zu werfen.

**Böhmer: Ich danke Ihnen für das innovative Gespräch und den Aufruf zur Zusammenarbeit!**



## 2 NEUE (RECHTS-)SICHERHEIT

Rechtssicherheit beim Bauen, auch vor dem Hintergrund neuer Herausforderungen: Was gilt es dafür zu beachten? Aufgrund sich verändernder Voraussetzungen, beispielsweise durch Ressourcenknappheit, die Folgen des Klimawandels, die geopolitische Situation und der sich daraus ergebenden Herausforderungen, ändern sich auch die Anforderungen an Bauwerke und an das Bauen insgesamt. Was von außen geschaut ganz einfach erscheint, birgt die verschiedensten Risiken, auch in Bezug auf die Rechtssicherheit. Zu nennen sind hier beispielsweise veränderte Risiken aufgrund von Extremwetterereignissen und möglicherweise dahingehend anzupassende Anforderungen, zum Beispiel in der Normung. Ein weiteres Thema ist Nachhaltigkeit und darin insbesondere das Wiederverwenden bzw. Recyceln von Baustoffen oder Bauteilen und die damit verbundenen Problemstellungen bezüglich bauaufsichtlicher Zulassung oder Gewährleistung. Das folgende Kapitel widmet sich in Beiträgen und Interviews diesen Themen: So geht es unter anderem darum, was »Bauen neu denken« für Baujuristen bedeutet und welche Hürden es gibt, wenn es beispielsweise um Extremwetter, Gebäudetyp E oder nachhaltiges Bauen geht. Weitere Themen sind hinzunehmende Unregelmäßigkeiten an Gebäuden, das Entwickeln nachhaltiger Prozesse sowie deren Chancen und Risiken. Schließlich wird thematisiert, wie schnittstellenarme und partnerschaftliche Versicherungslösungen für Bauvorhaben mit diversen Baubeteiligten aussehen können – aktuelle Fragestellungen und die entsprechenden Lösungen, um zukünftiges Bauen rechtssicher zu gestalten.

## 2.1 Neue Regeln – Alte Pflichten

### INTERVIEW – PROF. DR. JUR. GÜNTHER SCHALK



Prof. Dr. jur. Günther Schalk, Jahrgang 1971, ist ausgebildeter Redakteur und Sprecher für Hörfunk und Fernsehen. Nach seinem Studium der Rechtswissenschaften in Augsburg hat er sich auf Baurecht spezialisiert. Er ist Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht in der bundesweit tätigen Kanzlei TOPJUS Rechtsanwälte und zudem als Dozent und Trainer für Seminare, Fortbildungen und Schulungen für Bauunternehmen und Auftraggeber aktiv. Er ist Honorarprofessor für Bau-, Vergabe- und Umweltrecht an der Technischen Hochschule Deggendorf und lehrt auch an der Technischen Universität Hamburg. Neben dem Bauvertrags- und Bauvergaberecht hat er dort auch einen Lehrauftrag für Baugrund- und Tiefbaurecht.

**Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Lieber Professor Schalk, danke, dass Sie sich wieder Zeit für unser juristisches Bauschadenbericht-Interview nehmen – ein Gespräch, das man zum fünften Band der Bauschadenbericht-Reihe berechtigterweise mit dem Zusatz »traditionell« versehen kann! Schauen wir gemeinsam auf die Themen, die uns aktuell in der Planungs- und Baupraxis, in unseren IFB-Studien und somit auch im vorliegenden VHV-Bauschadenbericht beschäftigen und beginnen mit dessen Titel: Bauen neu denken. Sehen Sie mit dem Hintergrund Ihrer baurechtlichen Praxis in unserem Titel auch eine Notwendigkeit oder sogar Aufforderung?**

Prof. Dr. jur. Günther Schalk: Das kommt darauf an, was man unter einem »neuen Denken« beim Thema Bauen so versteht. Juristen sind in dem Bereich ja theoretisch mehrfach mögliche Protagonisten. Sie können neues Denken entweder initiieren, begleiten oder auch verhindern. Natürlich gibt es nicht den »Durchschnittsjuristen«, aber generell neigen manche Vertreter unseres Berufsstands dazu, Dinge eher komplizierter zu sehen und zu machen als es zwingend nötig wäre. Das ist aber inzwischen eher eine Generaltendenz: Es traut sich kaum noch jemand etwas zu entscheiden. Und es muss nach Möglich-

keit alles am besten doppelt und dreifach reguliert und vorgeschrieben sein, bevor auch nur ein minimaler Aspekt dem gesunden Menschenverstand überlassen bleibt. Ein neues Denken der Baujuristen wäre sicherlich hilfreich; und wenn auch die Juristen einmal den Schwerpunkt mehr darauf legten, was man wie ermöglichen kann und nicht, warum etwas nicht geht. Beitragen zur Weiterentwicklung von Bauverfahren und Bauweisen können im Ergebnis nur wenige Juristen – nämlich die, die bei der Entwicklung von Regelungen beteiligt sind, beispielsweise den Bauordnungen in den Ländern.

**Böhmer: Eine der aktuellen IFB-Studien, die wir im Auftrag vom Bauherren-Schutzbund e.V. und der VHV-Versicherungen erarbeitet haben, beschäftigt sich mit dem Thema der Extremwitterschäden. Eine wesentliche Erkenntnis daraus: Möglicherweise reichen unsere derzeitigen Anforderungen bereits jetzt nicht mehr aus, vor allem aber können zukünftig die Funktionssicherheit und schadenfreie Nutzung vielleicht nicht mehr sichergestellt werden. Denken wir zum Beispiel an zunehmende Schadenkosten aufgrund von Starkregen, Hagel, Gewitter, Trockenheit oder Stürmen. Was heißt das aus juristischer Sicht für die zukünftige Planung und Ausführung von Gebäuden?**

Schalk: Auch dieses Thema hat zwei grundsätzliche Aspekte: Zum einen das, was nötig wäre und zum anderen, was rechtlich nötig ist. Eine Planung ist kein Selbstzweck. Eine Planung ist dazu da, damit etwas entstehen kann, was dann auch funktionieren soll und muss. Am besten soll das über die gesamte Lebensdauer des Bauwerks so sein, auch wenn das freilich in dem Bereich ein Stück weit Kaffeesatzleserei ist und der Planer am besten eine Kristallkugel neben dem PC stehen haben müsste. Ein Haus oder anderes Bauwerk steht ja nicht nur jetzt oder ein bis zwei Jahre lang. Das heißt: Eine Planung muss all das berücksichtigen, was ein Bauwerk während seiner Standzeit alles »schaffen« und bestehen muss. Die andere Komponente ist, was eine Planung rechtlich erfüllen muss, um mangelfrei zu sein. Das reicht aus, damit der Planer nicht in der Mängelhaftung ist und nicht Gefahr läuft, Schadenersatzansprüche bedienen zu müssen. Dazu ist es ausreichend, dass eine Planung dem Vertrag und den allgemein anerkannten Regeln der Technik zum Zeitpunkt der Abnahme der Planungsleistungen entspricht. Den Vertrag erfüllt eine Planung, wenn sie dem entspricht, was der Bauherr sich wünscht und bestellt. Da wird regelmäßig nichts zu Anforderungen für mögliche Klimaentwicklungen drinstehen. Der Bauherr weiß ja in der Regel noch weniger, was während der Lebensdauer seines künftigen Bauwerks alles an Klimaveränderungen und möglichen Extremwetterereignissen kommen wird. Die anerkannten Regeln der Technik sind auch immer nur eine Art Momentaufnahme. Sie berücksichtigen Umstände, die aktuell bekannt und ausreichend belegt und gefestigt sind. Auch anerkannte Regeln der Technik reagieren letztlich mehr als sie agieren. Die vielen einzelnen Normenausschüsse schauen immer, was für ihre Norm wichtig und bedeutsam sein könnte. Aber hellsehen können die Ausschussmitglieder natürlich auch nicht. Wenn es zu einem großen Hochwasserereignis kommt oder zu Starkregenschauern, wie sie zuvor in der Quantität noch nie vorgekommen sind, wird eine Norm in der Regel nicht sofort auf höhere Anforderungen gegen Witterungsschäden abgeändert. Wenn es solche Wetterereignisse jedoch häufiger gibt, wird

die Norm vermutlich irgendwann einmal angepasst. Das geht also nicht von heute auf morgen. Und selbst wenn eine solche Änderung einmal als notwendig angesehen wird, dauert die Umsetzung eine ganze Weile. Solange allerdings die Norm noch nicht angepasst und erneuert ist, ist das, was vielleicht schon drinstehen müsste, aus rechtlicher Sicht auch nicht relevant für den Planer. Er muss nicht mit der Qualität seiner Planung über das hinausgehen, was in der Norm steht. Auf gut Deutsch: Wenn in den einschlägigen Normen noch nichts steht, was an Schutz vor klimatischen Beeinträchtigungen zu berücksichtigen ist, muss der Planer das auch noch nicht berücksichtigen – und seine Planung ist trotzdem mangelfrei.

**Böhmer: Berechtigterweise kommt hier die Sorge der Beteiligten vor noch mehr Regulierung, noch mehr Aufwand, Personalbedarf und Kosten auf. Wir haben die Hoffnung, dass es stattdessen eine Gelegenheit sein könnte, weniger zu regulieren und mehr auf flexibles, verantwortliches Handeln auf der Grundlage detaillierter Notwendigkeiten zu setzen. Wäre das denkbar oder fehlt dann die Beurteilungsbasis für »übliche Beschaffenheiten« und damit Qualität?**

Schalk: Das wird rechtlich ein hartes Stück Arbeit. Vereinfachungen oder der »Gebäudetyp E«, den die Architektenkammern gerade intensiv unterstützen und fördern, sind in aller Munde. Einfacher zu bauen wird aktuell als Allheilmittel wie eine Monstranz vor der Meute hergetragen. Natürlich wird es kostengünstiger, wenn ein Bauwerk einfacher ist. Rechtlich haben wir heute die Situation, dass eine Planungsleistung und eine Bauleistung nur dann mangelfrei sind, wenn sie dem Vertrag und den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Das sind zwei Säulen. Auf beiden muss eine Bauleistung stehen, sonst hat der Planer oder Bauunternehmer mangelhaft geleistet und haftet. Die »übliche Beschaffenheit« eines Bauwerks als Bewertungskriterium, die Sie angesprochen haben, hilft da nicht wirklich weiter. Die »Üblichkeit« spielt bei der Bewertung, ob Mangel ja oder nein nur dann

eine Rolle, wenn im Vertrag keine Beschaffenheitsvereinbarung getroffen wurde. Also: Wenn im Vertrag im Leistungsverzeichnis nicht oder nicht ausreichend steht, welche Beschaffenheit die Bauleistung haben soll – das Leistungsverzeichnis ist also löchrig und nicht professionell ausgestaltet, das kommt ja in der Praxis durchaus häufig vor – dann wird nur geprüft, ob die Bauleistung der üblichen Beschaffenheit entspricht. Das kommt aus dem BGB, dort steht in § 633: »Soweit die Beschaffenheit nicht vereinbart ist, ist das Werk frei von Sachmängeln, wenn es sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.« So steht es auch in der VOB/B in § 13 Abs. 1. So oder so bleibt aber parallel die Anforderung, dass die Bauleistung zusätzlich auch den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen muss. Die Planer und Baufirmen haben also zunächst erst einmal gar keine andere Wahl, als so zu planen und zu bauen, wie es in den Regeln der Technik steht. Selbst wenn der Bauherr ausdrücklich nach unten von den Normen abweichen möchte, also einfacher bauen möchte, steht die Baufirma mit mindestens einem Bein in der Mangelhaftung. Der kann sie nur entgehen, wenn sie vorher ganz intensiv aufklärt und sich sozusagen freizeichnet.

**Böhmer: Und wie ist das eigentlich, wenn man doch – zum Beispiel mit dem »Beweis« der Dauerhaftigkeit alter, gut funktionierender Konstruktionen und Gebäude – von aktuellen Regeln abweichen möchte?**

Schalk: Es heißt ja immer: Wer zahlt, schafft an. Letztlich gibt also tatsächlich der Bauherr vor, was er gebaut haben möchte. Er weiß ja am besten, was er am Ende aller (Bau-)Tage braucht und haben will. Aber sowohl bei den Planern als auch bei den Bauunternehmen ist in dieser Situation höchste Vorsicht angezeigt: Wenn sie in einem solchen Moment nicht aktiv werden und sich absichern, sind sie es

am Ende, die den schwarzen Peter haben und das ausbaden müssen. Was meine ich damit? Wir haben vorhin darüber gesprochen, dass sowohl der Architekt als auch der Bauunternehmer die genannten zwei Säulen erfüllen müssen, um eine mangelfreie Leistung abzuliefern: Sie müssen den Vertrag umsetzen und die allgemein anerkannten Regeln der Technik einhalten. Wenn also der Bauherr vorgibt, dass die Baufirma die Normen nicht einzuhalten braucht, weil er günstiger bauen will, dann mag das für ihn zunächst schon in Ordnung sein. Aber für den Architekten und die Baufirma nicht. Wenn nichts weiter passiert, haften nämlich die beiden Protagonisten, wenn es blöd läuft. Der Bauherr kann hinterher theoretisch trotzdem kommen und bemängeln, dass das Bauwerk nicht den anerkannten Regeln der Technik entspricht und damit mangelhaft ist. Die entscheidende Weichenstellung ist hier die Beratungs- und Hinweispflicht. Ich spreche in diesem Zusammenhang immer bewusst plakativ von der »Kindermädchenfunktion«. Das heißt: In einem solchen Fall, in dem der Bauherr hinter den Normen zurückbleiben will, muss ihn zunächst sein Architekt und danach noch einmal in komplettem Umfang der Bauunternehmer umfassend über die Folgen seiner Entscheidung aufklären. Das sind fast amerikanische Verhältnisse – dort ist vor einigen Jahren einmal ein Mikrowellenhersteller zu einer hohen Schadenersatzsumme verurteilt worden, weil er in der Bedienungsanleitung keinen Hinweis ausgewiesen hatte, dass man in der Mikrowelle keine Katzen trocken darf. Ein Käufer hatte aber genau das getan, und die Katze hatte es – oh Wunder – nicht überlebt. In diese Richtung müssen auch die Planer und Bauunternehmer in diesem Fall denken: Sie müssen den Bauherrn in allen Einzelheiten erklären, welche Folgen es für ihn hat, wenn er in der geplanten Weise die Normen unterschreitet. Also dass er auf dies und jenes verzichten muss: die Dämmung vielleicht weniger dämmt und er mehr Heizkosten hat, die Wohnung innen hellhöriger ist, weil die Wände dünner sind und so weiter. Wird der Bauherr nicht oder nicht ausreichend beraten, hat er Mängel- und Schaden-

ersatzansprüche. Und darum ist es auch besonders wichtig, dass Planer und Unternehmer diese Beratung auch unbedingt schriftlich dokumentieren, beim Bauherrn nachfragen, ob noch etwas unklar ist und sich dies tunlichst auch vom Bauherrn unterschreiben lassen. Und wichtig ist noch etwas in einem solchen Fall: Der Bauunternehmer und noch mehr der Planer müssen unbedingt darauf achten, ob das, was der Bauherr möchte, überhaupt zulässig ist. Nicht jede Unterschreitung von technischen Normen ist nämlich erlaubt. Die Bauordnungen stellen gewisse Grundsätze auf, die eingehalten sein müssen, damit das Bauamt am Ende den Bau auch absegnet. Wenn der Bauherr also beispielsweise aus Kostengründen möchte, dass brandschutzrelevante Vorschriften missachtet oder vorgeschriebene Geländer weggelassen werden, dann müssen Architekt und Bauunternehmer gleichermaßen auf die Bremse treten und notfalls die Umsetzung verweigern, wenn der Bauherr uneinsichtig ist.

**Böhmer: Es gibt jetzt die zehn Empfehlungen des Baugerichtstags, was bedeuten diese in diesem Zusammenhang?**

Schalk: Der Baugerichtstag ist zunächst ein Gremium, das für sich tagt und keine unmittelbaren Einflüsse auf die Normung und die Gesetzgebung hat, dies muss man vorweg wissen. Da werden immer wieder Forderungen und Thesen aufgestellt, die relativ selten den Weg in ein Gesetz finden. Ein Thema dort war zuletzt, dass man den Mängelbegriff etwas aufweichen und lockern könnte. Bisher liegt regelmäßig ein Mangel vor, wenn entweder der Vertrag oder die allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht eingehalten sind. Mehr Voraussetzungen für das Vorliegen eines Mangels gibt es aktuell nicht. Eine Idee, die aber auch der Gesetzgeber schon diskutiert, ist: Ein Mangel könnte künftig nicht sofort vorliegen, sobald die Regeln der Technik verletzt sind, sondern erst dann, wenn dadurch zusätzlich ein Schaden oder ein Nachteil für die Bauleistung

entstanden ist. Der Hintergrund ist, dass damit auf den ersten Blick der Mangel etwas hinausgeschoben wird, also erst dann, wenn durch die Nichtbeachtung der Regeln der Technik auch noch zusätzlich eine Beeinträchtigung des entstandenen Bauwerks zu beobachten ist. Das klingt auf den ersten Blick gut. Man möchte damit letztlich auch das »einfachere« Bauen fördern und erleichtern und rechtlich weniger angreifbar machen. Wenn man sich das allerdings genauer überlegt, dann macht das die Geschichte nicht einfacher: Es verschiebt ja die Diskussion zum einen nur – es wird dann eben nicht mehr darüber gestritten, ob die Regeln der Technik verletzt sind, sondern ob dadurch ein Nachteil für die Bauleistung entstanden ist. Und zum anderen führt ein Unterschreiten der Normen ja regelmäßig zu einem Bauwerk, das »weniger« ist als ein normgerechtes Bauwerk, weil es – wie schon gesagt – entweder hellhöriger ist, weniger komfortabel, weniger gedämmt oder was auch immer. Dann haben Sie eine Stufe später das gleiche Ergebnis wieder: Wer unter den Normen baut, baut grundsätzlich erst einmal mangelhaft.

**Böhmer: Unser thematisch nächster Blick geht in Richtung nachhaltiger Gebäude mit dem Fokus auf sinnvolle Wieder- und Weiterverwendung bzw. Recycling von Bauteilen. In einem Pilotprojekt in Hannover (vgl. Kap. 3.3), durften wir die Errichtung eines Recyclinghauses im Rahmen der Qualitätssicherung begleiten. Mit vielen Hemmnissen und Mehraufwand, da die wiederzuverwendenden Bauteile bezüglich Zusammensetzung und Zulassung nicht »einfach so« eingebaut werden durften. Wie sehen Sie hier die Zukunft im Hinblick auf Pflichten, wenn Kreislaufwirtschaft die neue Normalität der Nachhaltigkeit werden soll?**

Schalk: Das wird rechtlich ein hartes Stück Arbeit. Man sieht es ja an der neuen Ersatzbaustoffverordnung: gut gemeint und wieder einmal kompliziert umgesetzt. Ein Musterbeispiel dafür, wie man

es nicht machen sollte. Das Ergebnis ist, dass in der Praxis viele Planer und Baufirmen, die dem Recycling von Baustoffen durchaus positiv gegenüberstehen, inzwischen sagen: Nein danke, dann lieber auf die Deponie, weil das alles viel zu aufgebläht, komplex und kompliziert geregelt worden ist. Klar, man muss schon auch einräumen, dass die Juristen hier eine große Verantwortung haben: Sie können ja auch nicht neue Verordnungen und Gesetze ausarbeiten und erlassen, die dazu führen, dass jeder alles einfach abreißen und unkontrolliert wieder woanders als Recyclingstoff verbauen kann. Jeder Bauherr muss natürlich – und hier tatsächlich gesetzlich geschützt, damit es nicht einfach umgangen werden kann – davor geschützt werden, dass in seinem Bauwerk etwas verarbeitet wird, das schadstoffhaltig, kontaminiert oder instabil ist. Insoweit kollidieren das Schutzbedürfnis der Bauherren, manchmal sogar im Sinne eines Schutzes vor sich selbst, und das Schutzbedürfnis vor allzu kühnen Bauunternehmen, die das Recyclingmodell und das »Nachhaltigkeitsinteresse«, möglichst viele Baustoffe wiederzuverwenden, möglicherweise als günstigen Entsorgungsweg entdecken würden. Das ist ein Spagat, der schwer auflösbar sein wird. Vor allem vor dem Hintergrund, dass – wie bereits beschrieben – unser Land heute leider sehr stark dazu tendiert, alles übervorsichtig zu regeln. Diese Regelungswut steht Recyclingbaustoffen schon ein Stück weit diametral im Weg.

**Böhmer: In meiner Sachverständigentätigkeit erlebe ich derzeit auch den Aufwand der verpflichtenden Untersuchungen auf Schadstoffe, wie zum Beispiel Asbest, in Wohnungen von Bestandsgebäuden, unter anderem aus Arbeitsschutzgründen und wegen möglicher Belastungen für die Nutzer. Müssen im Vorfeld des Recyclingprozesses, insbesondere vor der Wiederverwendung dann nicht alle Materialien labortechnisch untersucht werden? Erkennen kann man Schadstoffe oft nicht. Und wer haftet eigentlich wofür?**

Schalk: Da sind natürlich entsprechende Untersuchungen, Nachweise und Zertifizierungen vorgeschrieben – eben um eine gewisse Mindestqualität des Materials sicherzustellen, das beispielsweise für ein neues Wohngebäude, einen Kindergarten oder was auch immer verwendet wird. Das mit der Haftung ist eine schwierige Geschichte. Da hinkt das Abfallrecht immer noch den Bemühungen um mehr Recycling hinterher. Da ist nicht zu Unrecht die Rede von der »Ewigkeitshaftung der Abfallerzeuger«. Für Baustellenabfälle ist der gewerbliche Auftragnehmer sowohl Abfallerzeuger als auch Abfallbesitzer. Er hat erst einmal die ganzen abfallrechtlichen Nachweis- und Dokumentationspflichten. Die Verantwortung desjenigen, der einen Baustoff irgendwo ausbaut, reicht vom Ausbau über den Transport bis hin zur Verwertung und endet erst, wenn der Abfall seine Abfalleigenschaft wieder verliert, also wieder zum Baustoff wird. Wann das genau der Fall ist, da diskutieren sich die Juristen die Köpfe heiß. An der Verantwortlichkeit für diesen Abfall ändert sich auch nichts, wenn der Bauunternehmer seine Pflichten auf Dritte überträgt. Bei einer fehlerhaften Entsorgung – oder eben bei einer fehlerhaften Wiederverwendung – kann der Abfallerzeuger nach wie vor in Verantwortung genommen werden, auch noch Jahre danach. Kein Wunder also, dass die Baufirmen nicht danach lechzen, Baustoffe in Richtung Wiederverwertung in einem neuen Bauwerk zu geben. Es ist für sie ungefährlicher, wenn sie sie in eine Deponie karren. Aber auch da ist die Politik wieder ein weiteres Mal unprofessionell und zu langsam unterwegs: Wenn ich Recyclingbaustoffe fördern will, muss ich eben den gesetzlichen Rahmen schaffen, der dafür nötig ist und dazu animiert. So wie aktuell wird das nichts. Und natürlich ist auch der Planer wieder mit in der Haftung. Wenn er beispielsweise den Einsatz bestimmter Recyclingbaustoffe empfiehlt und es stellt sich nachher beim Bau oder beim Betrieb des Gebäudes heraus, dass das nicht geklappt hat oder beispielsweise doch zu viele Schadstoffe drinstecken, Ausdünstungen festzustellen sind und so weiter, dann ist er in der Mangelhaftung. Hat er zusätzlich noch

die Bauüberwachung im Vertrag oder die Objektüberwachung, ist der Architekt erst recht mit an Bord, wenn es um die Haftung geht. Die Baufirma, die den Recyclingbaustoff einbaut, ist hier zumindest – wenigstens noch eine ansatzweise gute Nachricht – in einer relativ klaren Haftungslage: Sie hat wie üblich die Obliegenheit, Bedenken gegenüber dem Auftraggeber mitzuteilen, wenn der Plan oder ein vorgegebener Baustoff nicht in Ordnung ist oder das Risiko eröffnet, dass ein Mangel entsteht. Die Baufirma muss in einem solchen Fall also prüfen, ob der vorgegebene Recyclingbaustoff ordnungsgemäß geprüft ist und ob ein Nachweis für die Freigabe des Einbaus vorliegt. Den sollten sie sich unbedingt geben lassen. Wenn das soweit passt und nicht aus anderen Gründen – zum Beispiel mangelnde Stabilität oder was auch immer – Anlass für Bedenken besteht, kann die Baufirma den Baustoff beruhigt einbauen, ohne ein größeres Haftungsrisiko einzugehen.

**Böhmer: Beim Gegenteil, bei der Verwendung innovativer, also ganz neuer Baustoffe oder Bauteile fehlt doch eigentlich einer der wesentlichen Bausteine der »allgemein anerkannten Regeln der Technik« – die (Langzeit-)Bewährung – also der Nachweis der dauerhaften, schadenfreien Funktion. Wie gehen Planer und Ausführende denn damit um?**

Schalk: Mit neuartigen Baustoffen verhält es sich im Prinzip genauso wie mit den Auswirkungen zum Beispiel von Klimaveränderungen und Hochwasserkatastrophen. In den Normen steht zunächst einmal nichts. Bis dort ein Baustoff auftaucht, dauert es. Also muss man erst mal eine ganze Weile auf Sicht fahren. Es gibt beispielsweise Zustimmungen im Einzelfall und andere Instrumente, wie neuartige Baustoffe und Verfahren in die Praxis überführt werden. Aber auch hier mangelt es im System – natürlich geht kein Planer gern das Risiko ein, einen Baustoff in irgendeiner Form zu planen oder zu empfehlen, der noch nicht ausreichend zugelassen, in den Normen verankert und zertifiziert ist. Warum sollte er

das auch? Er selbst hat ja nichts davon – bis auf die Gefahr, dass er hinterher in Mängelhaftung genommen wird oder Schadenersatz zahlen soll, wenn dieser neuartige Baustoff nicht so funktioniert, wie er es sich vorgestellt oder gehofft hatte. Auch hier haben wir also das Problem, dass das rechtliche System letztlich ein großer Bremsklotz für die Etablierung von neuen Baustoffen ist.

**Böhmer: Mit meiner letzten Frage komme ich noch einmal grundsätzlich auf das Thema des nachhaltigen Bauens zurück. Mich würde Ihr juristischer Blick in die Zukunft der derzeitigen Entwicklungen bezüglich »Gebäudetyp E« auf dem Weg zur »rechtssicheren« Nachhaltigkeit interessieren. Was raten Sie uns Bauschaffenden?**

Schalk: »Wer schreibt, der bleibt«, rate ich da. So heißt auch ein Seminar, mit dem ich bei vielen Baufirmen gastiere und Bauleitern immer wieder versuche zu erklären, worauf sie im Baustellenverlauf sowie davor und danach achten sollten, wenn sie Schriftverkehr und schriftliche Dokumente produzieren. Wir hatten uns ja vorhin schon zu dem Thema Beratung und Hinweispflichten des Planers und der Baufirma ausgetauscht. Wenn ein Bauherr gern Gebäudetyp E bauen möchte, dann ist es für Planer und Bauunternehmer zentral wichtig, den Bauherrn ganz intensiv darüber aufzuklären, was er am Ende bekommt – insbesondere, was er weniger oder schlechter bekommt gegenüber dem, was gemäß den Normen entstehen würde. Sonst schauen der Architekt und die Baufirma am Ende aller Tage mit dem Ofenrohr ins Gebirge, wenn der Bauherr doch enttäuscht ist, sich alles ganz anders vorgestellt hatte und dann nachträglich versucht, seinen »Schaden« irgendwo geltend zu machen.

**Böhmer: Lieber Professor Schalk, ich danke Ihnen, auch im Namen aller Leser des VHV-Bauschadenberichts, für unser interessantes Gespräch!**

## 2.2 Hinzunehmende Unregelmäßigkeiten an Gebäuden



Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöllner

### Mangelfreiheit versus hinnehmbare oder zu beseitigende Mängel

#### Was bedeutet eine »Hinzunehmende Unregelmäßigkeit«?

Eine Hinzunehmende Unregelmäßigkeit bedeutet die vom Vertrag vorausgesetzte Mangelfreiheit. Solche Unregelmäßigkeiten liegen in der Bandbreite des Vertrags und lösen damit keine Mangelrechte aus.

Wann ist ein Mangel hinnehmbar, wann muss er hingenommen werden?

Die Dispositionsfreiheit von Bestellern nach § 634 BGB, gerade Errichtetes wegen Makel, die auch Mängel sind, gegebenenfalls abbrechen und neu herstellen zu lassen, widerspricht diametral Art. 20 a des Grundgesetzes, dem von Deutschland anerkannten »Green Deal« der europäischen Gesetzgebung zur Kreislaufwirtschaft und dem nationalen Kreislaufwirtschaftsgesetz.

Wegen der geänderten juristischen Bewertung in der Rechtsprechung, insbesondere wegen des BGH-Urteils vom 22. Februar 2018, VII ZR 46/17, sowie als Reaktion auf die zwischenzeitlich geführten Diskussionen und die daraus folgenden Erkenntnisse zu diesen Themen wurde die bisherige Herangehensweise neu erarbeitet. Das Zivilrecht unterscheidet in § 633 BGB zunächst nur nach mangelfreier und mangelbehafteter Leistung. Nach gesetzlichen Ansprüchen ist es, nach § 634 BGB, Bestellern zwar unter bestimmten Voraussetzungen möglich, verwendungsgerechte Bauleistungen, die aber nicht (vollständig) den vertraglichen Vereinbarungen entsprechen und deswegen mangelbehaftet sind, zerstören und neu herstellen zu lassen, wenn die vollständig mangelfreie Leistung nur dadurch erreicht werden kann. Eine zwischengeschaltete Stufe, eine mangelbehaftete Leistung gegen die Minderung des Werklohns zu akzeptieren, sieht das Gesetz zwar vor, wird in der Praxis aber restriktiv behandelt. Die Rechtsprechung legt die gesetzlichen Regelungen meistens zugunsten von individuellen Bestellern aus. Das ist aus deren Sicht verständlich, da Minderungen nach bisherigen Berechnungsverfahren oft im Bezug zum gesamten Werklohn nur inakzeptable Geldbeträge bedeuten. Das aber bedeutet die oft unnötige Wiederholung von Bauleistungen.

Wegen der divergierenden Gesetzeslage wird eine umfassende Neubetrachtung erforderlich, den Umgang mit Mängeln neu auszutarieren. Dies darf einerseits nicht zur unangemessenen Beschränkung von Bestellerinteressen führen. Andererseits dürfen

nicht Bauleistungen zulasten der Umwelt und der Gemeinschaft der Verbraucher durch unnötigen Ressourcenverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Verstoß gegen das Gebot, Abfälle möglichst zu vermeiden, und volkswirtschaftliche Einbußen in unnötigem Maße wiederholt werden müssen.

Nach Gesetz ist zum Zeitpunkt der Abnahme die mangelfreie Leistung geschuldet und vorhandene, berechtigt gerügte Mängel sind zu beseitigen. Was aber bedeutet »beseitigen«?

Nach § 631 BGB i. V. m. § 633 BGB liegt ein Mangel vor, wenn die vereinbarte Beschaffenheit nicht eingehalten ist oder die vom Vertrag vorausgesetzte Verwendungseignung, die gewöhnliche Verwendungseignung, eine übliche Beschaffenheit bei gleicher Art von Werken oder die Bestellererwartung nach Art des Werks nicht erreicht wurde.

Beschaffenheitsvereinbarungen werden getroffen unter Einbeziehung von textlichen Beschreibungen in Verträgen und durch Dokumente, etwa Pläne, Leistungsverzeichnisse, Prospektbeschreibungen oder anderes mehr, auf die in Verträgen Bezug genommen wurde. Dabei stellt sich die Frage, ob das alles dem wirklichen Willen der Parteien entsprechen kann und soll oder ob Korrekturen unter Berücksichtigung von § 133 BGB und § 157 BGB erforderlich werden. Sicherlich wird danach zu unterscheiden sein, was fallbezogen genau beschrieben und ausdrücklich vereinbart wurde von dem, was in Standardtexten mehrfach verwendet wird.

Wesentlicher Vertragsbestandteil werden aber die Funktion – die Verwendungseignung – sein und die übliche Beschaffenheit bei gleicher Art von Werken. Diese Merkmale sind zentraler Bestandteil der vorliegenden Forschungsarbeit, die gewerkebezogene übliche Merkmale beschreibt.

Diese Kriterien sind ein wichtiger Baustein bei der Entscheidung, ob Mängel nach den gesetzlichen Regelungen des § 633 BGB vorliegen und wie bedeutend diese jeweils sind. Dabei geht es weniger darum, Abweichungen, die mehr als eine »Hinzunehmende Unregelmäßigkeit« und damit ein Mangel nach vertraglichen Voraussetzungen sind, zu einem mangelfreien Werk »hinzubiegen«. Das ist zwar etwas bequemer, weil man sich nicht mehr um den Umgang mit Mängeln kümmern muss.

Vielmehr geht es um die Frage, wie mit Mängeln umzugehen ist. Diese können schon bei Kleinigkeiten vorliegen. Mängel, ob unbedeutend oder schwerwiegend, führen nicht unbedingt zur umfassenden Beseitigungsverpflichtung durch Abbruch, Entsorgung und Neuherstellung mit Ressourcenverbrauch, Umweltbelastung, ökonomischen Folgen und Zeitbeanspruchung sowie Belastungen an und in Gebäuden während der Maßnahmen.

Substitutionen, vorgezogene Instandhaltungen oder Schadenersatz auf Grundlage von Risikoanalysen sind bislang nicht hinreichend berücksichtigte Alternativen. Bei Kleinigkeiten, bei technischen oder rechtlichen Unmöglichkeiten bzw. bei durch Nacherfüllungen nicht zu erwartenden Wertverbesserungen können Minderungen auf Grundlage von Minderwerten in Betracht kommen. Diese Lösungsansätze mindern, wenn richtig gewählt, keine objektiven Bestellerinteressen, sie schonen die Belastungen für die Gemeinschaft und die Umwelt. Dann sind sie sogar als gesetzlich vorgegeben zu verstehen.

Erreichen Alternativen den gleichen Wert der bestellten Leistung, lösen sie keine Minderungen aus, da das vorhandene Werk den gleichen Wert aufweist wie das bestellte. Es mag zwar dann Besteller enttäuschen, ist aber vom Gesetz vorgesehen, dass durch Verträge Werkleistungen äquivalent zum Werklohn sind und Gleichwertigkeit unter Einbeziehung vertraglicher Maßstäbe keine Minderung auslöst.

Bei Mängeln ist zu unterscheiden, ob Lösungsansätze durch Variantenbildung und damit mit Maßnahmen möglich sind, die ausgeführte Bauleistungen erhalten können. Wenn die Verwendungseignung durch Substitutionen gleichartig sichergestellt ist wie bei einer Ausführung entsprechend vertraglicher Vereinbarungen, eröffnet sich der Weg, einerseits unnötige Bauleistungen und damit verbundenen unnötigen Ressourcenverbrauch, unnötige Erhöhung von Müllbergen und unnötige CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden und andererseits berechtigten Interessen von Bestellern entgegenzukommen. Falls zu erwarten sein sollte, dass die Verwendungseignung zwar gegeben, aber nicht uneingeschränkt ist, zum Beispiel die zu erwartende Nutzungsdauer verkürzt sein sollte, eröffnen Risikobetrachtungen die alternative Möglichkeit, einen Schaden in Höhe des Risikos für zum Beispiel zeitlich vorzuziehende Instandsetzung zu ermitteln und dabei den Anteil der Verwendungseignung als Wert zu berücksichtigen.

Bei diesen Betrachtungen ist ein wesentlicher Aspekt die Feststellung der Üblichkeit bei gleicher Art von Werken. Diese Üblichkeiten werden umfassend im zweiten Teil des Forschungsberichts gewerkebezogen erläutert. Es geht dabei nicht darum, Pfusch am Bau zu rechtfertigen, sondern um die Lösung von Problemen mit kleineren Abweichungen, die alle Beteiligten zufriedenstellen können. Nichts ist weniger nachhaltig als die Zerstörung von gerade Hergestelltem und Ersatz gegen gleichartige Bauteile. Das Ergebnis der Forschung soll dazu dienen, unnötige Wiederholungen von Bauleistungen und damit verbundenen Belastungen der Umwelt zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen zu vermeiden, die Ökonomie und damit Schutz der Interessen der gemeinschaftlichen Verbraucher zu schützen und auch dazu, gerichtlichen Streitigkeiten bereits im Vorfeld entgegenzuwirken. Dazu werden Grenzbereiche definiert, die im Rahmen der üblichen Beschaffenheit einzuordnen sind. Durch Fortführung einer offenen Diskussion im technischen und im juristischen Bereich sollen sich einheitliche Maßstäbe und Vorgehenswei-

sen herauskristallisieren, nicht nur, um dem Streit um Nebensächlichkeiten angemessen beizukommen, sondern insbesondere auch, um die Umwelt nicht unnötig zu belasten.

Das Projekt, dessen Kurzfassung hier veröffentlicht wird, wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Kurztitel	Hinzunehmende Unregelmäßigkeiten an Gebäuden
Bearbeitet durch:	AlBau – Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik, gGmbH, Aachen
Projektleiter:	Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöllner
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Ruth Abel Dipl.-Ing. Géraldine Liebert Dipl.-Ing. Silke Sous Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöllner
Mit Beiträgen von:	Dipl.-Ing. Harold Neubrand Prof. Dipl.-Ing. Rainer Pohlentz



Ein kostenfreier Download der Langfassung ist möglich unter:  
<https://aibau.de/bauschadensforschung-veroeffentlichungen>

Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöllner ist Architekt und von der IHK Pfalz öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden sowie Gesellschafter des AlBau, Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH.

## 2.3 Vorsicht mit der ESG-Brechstange

### INTERVIEW – MICHAEL HISS UND SASCHA WIEHAGER



Um herauszustellen, inwiefern sich Neues Bauen im Kontext von Nachhaltigkeit umsetzen lässt, hat der Geschäftsführer des Instituts für Bauwirtschaft (BWI-Bau), Sascha Wiehager, bei der Auftraggeberseite nachgefragt. Sein Gesprächspartner Michael Hiss ist Architekt und Immobilienökonom und hat 20 Jahre Erfahrung in Großbauprojekten aufseiten des Bauunternehmers, Planers, Projektsteuerers und Bauherrn gesammelt. Seit 2018 ist er Geschäftsführer der Flughafen München Realisierungsgesellschaft GmbH und so verantwortlich für die Großbauprojekte des Airports, wie beispielsweise die Erweiterung des Terminals 1.

**Sascha Wiehager: Im Kontext der EU-Taxonomie bzw. von CSRD, CSDDD und Co. werden Prozesse immer wichtiger. Im Kontext der EU-Taxonomie und anderen Richtlinien wie CSRD, CSDDD und Co. gewinnen Prozesse zunehmend an Bedeutung; in der Philosophie entspricht dieser Fokus dem Grundsatz »Der Weg ist das Ziel«. Könnte eine stärkere Berücksichtigung von Strukturen und Prozessen im Vergabeprozess einen Mehrwert schaffen – für beide Parteien?**

Michael Hiss: Die Bauleistung in Großprojekten vergeben wir bislang in klassischer Einzelvergabe mit Menge-/Einheitspreis-Leistungsverzeichnissen (LV) und Abrechnung nach Aufmaß. Je nach Projekt sprechen wir von über 100 bis 200 separaten Bauaufträgen, die wir nicht über Submission, sondern über Verhandlungsverfahren vergeben. Dabei fragen wir nicht nur Einheitspreise, sondern auch Umsetzungs-, Personal- und Bauglogistik-Konzepte ab. Die Angebotswertung beinhaltet neben dem Preis auch die Konzepte. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die eingereichten Unterlagen zunächst sehr unterschiedlich sein können. Aufklärungsgespräche sind daher für beide Seiten hilfreich: Auf der einen Seite wird für den Auftragnehmer (AN) so deutlicher, worauf er sich gegebenenfalls »einlässt«, auf der anderen Seite

wissen wir als Auftraggeber (AG), ob und wie sich der Auftragnehmer mit der Bauaufgabe auseinandergesetzt hat und wie er vorhat, diese anzugehen. Gibt der Auftragnehmer beispielsweise bei der Angebotserstellung an, er könne vier Inbetriebnahme-Teams stellen, kann er bei der Umsetzung des Auftrags nicht plötzlich nur zwei Teams einsetzen und damit den Bauablauf in die Länge ziehen. Wir als Auftraggeber wiederum können nicht plötzlich sechs Teams fordern und erwarten, dass er diese problemlos bereitstellen kann. Ob vier Teams für die Aufgabe und den angedachten Bauablauf ausreichend sind, wird im Zuge der Vergabe geklärt und fließt in die Bewertung ein. Die Anzahl der Gesprächsrunden in einem solchen Verfahren ist daher unterschiedlich. Das können bis zu vier Treffen sein, denn alle Parteien sollen verstehen, worum es geht. Der Aufwand bei den Vergaben hängt zudem von der Komplexität der Aufgabe ab. Für kleinere Aufträge mit geringer Umsetzungs-komplexität braucht es nicht verschiedene baubetriebliche Konzepte. Vielleicht ist bei solchen Gewerken dann aber die Frage nach Komponenten mit kritischen Lieferzeiten oder die Frage nach der rechtzeitigen Materialsicherung zielführend. Es geht also um Prozesskritikalität bzw. Prozessrelevanz. Das setzt voraus, dass sich beide Seiten (AG ebenso wie Bieter/AN) schon vor bzw. während der Vergabe inhalt-

lich intensiv mit der Bauaufgabe beschäftigen. Entscheidend ist also nicht nur das »Was« (dafür gibt es LV-Positionen), sondern auch das »Wie« (die Konzepte und die Gespräche). Wir haben schließlich nichts davon, jemanden zu beauftragen, der dann der Aufgabe nicht gewachsen ist oder den auf ihn zukommenden Aufwand massiv unterschätzt hat. Insofern können wir über Prozessverständnis bessere Ergebnisse erzielen. Man kann das aber auch schlicht als Teil einer beidseitigen »vernünftigen Arbeitsvorbereitung« betrachten.

**Wiehager: Werden durch die neuen Vorgaben im Rahmen des Green Deals wertebasierte Informationen messbarer und Prozesse transparenter?**

Hiss: Transparenz hat nur dann einen Wert, wenn man mit den offengelegten Informationen auch etwas anfangen kann. Die Objektivierbarkeit ist einerseits abhängig von den Bewertungskriterien, an denen ESG, also Environmental, Social und Governance (zu Deutsch: Umwelt, Soziales und Unternehmensführung), festgemacht wird, und andererseits von der Vollständigkeit und Richtigkeit der Daten, die Auskunft zu diesen Bewertungskriterien geben sollen. Wie wurde beispielsweise der CO<sub>2</sub>-Wert ermittelt? Wie wurde geprüft, ob die Bezahlung beim AN wirklich unabhängig vom Geschlecht des Arbeitnehmers bzw. der Arbeitnehmerin erstens gleich und zweitens gemäß Mindestlohn erfolgt? Die Daten müssen objektiv überprüfbar sein. Als AG müssen wir uns zudem im Vorfeld überlegen, wie mit negativen Auskünften umgegangen wird: Welche Konsequenzen entstehen? Was ist ein Ausschlusskriterium etc.? Daten nur zu erheben, um sie erhoben zu haben, macht nur Arbeit. Im Grunde würde eine solche Bewertungslogik darauf hinauslaufen, dem Erfüllungsgrad eines jeden Kriteriums einen »Wert« in Euro oder in Bewertungspunkten als Äquivalent beizumessen. So weit sind wir aber noch nicht, und ich kenne auch ansonsten noch keine derartigen Bewertungssysteme – jedenfalls nicht in einem umfangreichen Sinne.

Ein weiterer wichtiger Punkt: Wo liegen die Grenzen der Betrachtung und Bewertung? Recycling-Material mag auf den ersten Blick nachhaltig erscheinen. Wenn dieses aber aufgrund fehlender Recycling-Baustoffe in der Region von weit her zur Baustelle transportiert werden muss, dann ist eine Nutzung von neuen Materialien gegebenenfalls nachhaltiger. Wenn aber in den zum Transport eingesetzten LKW nachhaltige Antriebe zum Einsatz kommen, ist es vielleicht doch besser, das Thema Recycling-Baustoffe zu verfolgen. Schwierig ist jedoch, die Einhaltung derartiger Angaben tatsächlich zu überprüfen. Wenn Behauptungen aufgestellt und dann durch Eigenbestätigung »nachgewiesen« werden, scheint mir das keinen wirklichen Beitrag zur tatsächlichen Nachhaltigkeit zu leisten. In unserer Wirtschaftsordnung beinhaltet »nachhaltiges« unternehmerisches Handeln meist auch kontinuierliches unternehmerisches Wachstum. Mehr Umsatz, mehr Gewinn etc. Ist dieser Grundansatz aber tatsächlich »nachhaltig« im Sinne des ESG? Wir driften da schnell ins Philosophische, wo wir doch aber bauen sollen ...

**Wiehager: Wenn man die aktuellen Diskussionen und die Entwicklung auf europäischer Ebene betrachtet, dann gewinnt man den Eindruck, dass komplexe Regelwerke und Berichte in kurzer Zeit vorangetrieben werden sollen. AG und AN erhalten durch die neuen Berichtspflichten im Bereich ESG weitergehende Informationen. Glauben Sie, dass die aktuellen Vorgaben der EU eine gute Entwicklung darstellen oder wird hier eher zu viel Verwaltungsaufwand betrieben? Sind die neuen Regeln für Sie greifbar? Einfach formuliert: Kann man etwas daraus machen (als AG)?**

Hiss: Man muss natürlich Maß halten und sein Bauwerk als Auftraggeber besser verstehen. Je formalisierter man wird, desto abstrakter ist dann auch die Rückmeldung. Unsere Bauvorhaben sind keine »Joystick-Projekte«. Man darf das Ganze nicht in reine Checklisten münden lassen. Es muss auch immer

ein Auftragsbezug vorhanden sein. Abgestellt auf das Nachhaltigkeitsthema: Es sollte keine Kaskade an Details abgefragt werden, sondern eine inhaltlich nachvollziehbare Lösung.

**Wiehager: Kann Ihrer Meinung nach das Bewerberfeld durch neue Vorschriften im Bereich ESG kleiner werden? Droht möglicherweise eine Tendenz zu höheren Preisen? Oder kompensieren sich verschiedene Entwicklungen hier?**

Hiss: Der Trend im Bereich ESG wird mehr Geld kosten. Ob dann auf lange Sicht eine Kompensation der diesbezüglichen Kosten erfolgt, ist meiner Meinung nach schwer absehbar. Investitionen und sonstiger Aufwand in diesem Themenfeld stellen erst einmal kurz- bis mittelfristige Mehrkosten dar. Fraglich ist, wie das Ganze im internationalen Vergleich funktionieren soll. Wenn wir uns als Nation mit China vergleichen, gehen wir langsam in die Defensive. China ist nicht nur günstiger und schneller; dieser internationale Wettbewerber wird zudem auch fachlich besser. Was ich damit sagen will: Vorsicht mit der ESG-Brechstange!

Momentan befinden wir uns in einem Umbruch. Wir verlieren den Mittelstand und somit auch Handlungsfreiheit. Es nützt uns aber nichts, wenn Deutschland, das einzige Land ist, das den Planeten retten will, aber keine andere Nation mehr bei uns einkaufen will bzw. kann. Häufig kommt das Argument, dass wir Nachhaltigkeit auch als Exportnation nutzen können, sozusagen als Lösung und Standortvorteil zugleich.

Ein großer Verwaltungsapparat, ähnlich dem deutschen Steuerrecht, wird aber kein Exportschlager. Wenn wir innovative nachhaltige Produkte entwickeln wollen, dann sollten wir es etwas mehr wie die Amerikaner halten, nach der Methode »trial and error«. Das reine Häkchen zu setzen, wird uns als Wirtschaftsnation nicht weiterbringen. Und so wird auch keine nachhaltige Marktwirtschaft entstehen.

**Wiehager: Wie sehen Sie das Risiko einer etwaigen Fehlallokation aufgrund falscher bzw. unpräziser Angaben im Bereich Nachhaltigkeit?**

Hiss: Ist es nicht widersprüchlich, wenn wir uns einerseits über überbordende Regulierungen beschweren, andererseits aber von der Politik mehr Vorgaben einfordern? Sollte sich die Politik bzw. der Staat nicht auf das Wesentliche beschränken? Wird da nicht von der Politik zu viel verlangt? Oder versteigt sich die Politik von sich aus in eine unangemessene Regelungstiefe? Alles auf die Politik zu schieben, ist natürlich auch ein einfacher Weg. Müssten nicht eigentlich wir, die in der Praxis Tätigen, Nachhaltigkeits- oder ESG-Kriterien definieren und hierzu praxistaugliche Bewertungssysteme entwickeln? Wir sollten dabei nur so »nachhaltig« handeln, dass wir eine solche Aufgabe nicht zur Durchsetzung von Partikularinteressen und Selbstoptimierung missbrauchen. Das mag in vielen Ohren naiv klingen, aber wenn wir uns vor unseren Kindern nicht schämen wollen, müsste ernsthaft nachhaltiges Handeln eine Selbstverständlichkeit werden, nicht Ausdruck von Naivität.

**Wiehager: Vielen Dank für das Interview!**

## 2.4 Gemeinsam bauen – Gemeinsam versichern – Schnittstellen reduzieren

Das Wesen einer Haftpflichtversicherung ist neben dem Vermögensschutz der Kunden vor allem die Abwehr von unberechtigten Ansprüchen, die an den oder die Versicherungsnehmer gerichtet werden, aber aus Haftungsgründen nicht oder nicht in voller Höhe gerechtfertigt sind. Doch die Aufklärung von Schadenursachen ist nicht einfach. Denn wer gibt schon gern zu, dass er einen Schaden verursacht hat? Selbst mithilfe von Sachverständigen, Rechtsanwälten und Gerichten kann es daher zu erheblichem Verzug in der Aufklärung kommen, wenn diverse Baubeteiligte an einem Bauvorhaben einen Schaden ganz oder teilweise zu vertreten hätten.

Erschwerend kommt hinzu, dass neben den versicherten Schäden auch eine erhebliche Anzahl unversicherter Kosten entstehen: Verzug, Vertragsstrafen oder Mietausfälle. Wie kann also nun eine schnittstellenarme und partnerschaftliche Versicherungslösung für Bauvorhaben mit diversen Baubeteiligten aussehen, ohne dass der (unbegründete) Eindruck entsteht, Versicherungen stünden im Bauablauf immer nur auf der Bremse?



**Christian Schattenhofer**

### **Kombinierte Projektversicherung – Schlankere Aufstellung und Prozesse sorgen für schnellere Abwicklung im Schadenfall**

Gerade Bauvorhaben benötigen eine Vielzahl an Haftpflichtversicherungen – für einzelne Planer bis hin zu den Bauhandwerkern, und zwar je Gewerk und Fachrichtung. Jede dieser Haftpflichtversicherungen bietet ihren Versicherten den notwendigen Schutz, dies soll hier nicht in Frage gestellt werden. Vielmehr geht es darum, ob die dadurch entstehenden Schnittstellen bei Schadenfällen im Bauablauf nicht zu mehr Aufwand und Verzögerung führen können, als dies möglicherweise in einer alternativen Projektversicherung mit nur einem Haftpflichtversicherer der Fall wäre.

Es muss zwar auch bei der Projektversicherung zwischen versicherten und unversicherten Kosten, Vertragserfüllung, Mängeln und Folgeschäden differenziert werden, aber die Feststellung der Höhe und der Ursache, die Haftungsteilung, die Unterschiedlichkeit der Versicherungsbedingungen in der Höhe und dem Umfang nach, entfällt. Vor allem bleibt am Ende ein Risikoträger verantwortlich und leistungspflichtig oder eben nicht. Damit können gerade die Projektverantwortlichen in der Beziehung zum Auftraggeber das wesentliche Ziel, die Baustelle in Zeit und Kosten verbindlich fertig zu stellen und alle Verzögerungen zu vermeiden, wesentlich effektiver erreichen, als dies möglicherweise bei einzelnen Versicherungen jedes Beteiligten der Fall wäre.

Ein weiterer Vorteil der kombinierten Projektversicherung ist die Exklusivität für das individuelle Projekt. Sie dient ausschließlich zur Absicherung von Risiken aus diesem einen Bauvorhaben. Deckungssummen müssen nicht geteilt werden oder können im schlimmsten Fall durch Schäden an anderen Bauvorhaben aufgebraucht worden sein.

Der Aufwand für die jährlichen Nachweise kann entfallen, weil dem Auftraggeber, der in seinen Rollen sogar Mitversicherter in der Projektversicherung wird, nur ein Nachweis für die Gesamtlaufzeit der Baustelle ausreicht. Vertraglichen Regelungen im Bauvertrag wird damit einfach und inhaltlich einwandfrei Rechnung getragen. Vergütungsfolgen wegen möglicher Verstöße gegen diese Pflichten gehören damit in vielen Fällen der Vergangenheit an. Neben allen Vorteilen im Handling müssen wir aber faktisch festhalten, dass die Projektversicherung als solche nicht unbedingt die günstigste Versicherungsform darstellt, da sie explizit auf die Risiken der einzelnen Baumaßnahme hin bepreist wird. Haben wir also Baustellen mit aufwendigen Gründungen, in der Nähe von Gewässern, mit Eingriffen in bestehende Nachbarbauten oder gar städtischen Lückenbebauungen, Untergrund- oder Bahngleisen, Brücken oder betroffene Produktionsbetriebe in der Nähe, so wird dies im Beitrag der Projektversicherung ebenso zu kalkulieren und damit auch zu bezahlen sein, wie mögliche Folgen durch eine Unterbrechung oder Mietausfälle, wenn es aufgrund von Schadenfällen zum Verzug der Baumaßnahme kommt. Für die Projektverantwortlichen, Generalplaner oder Generalunternehmer wird die Projektversicherung damit in der Folge keinesfalls zur unkalkulierbaren Größe, die Kosten sind eindeutig der Baustelle oder den Aufträgen zuzurechnen. Die Kostenumlage auf die mitversicherten und beteiligten Subplaner oder Nachunternehmer wird jedoch schwieriger und vor allem erklärungsbedürftiger. Der Wunsch nach einem fairen und transparenten Umgang mit Kosten ist in Zeiten knapper Kapazitäten weiter zu forcieren, daher sind auch die Kosten einer Versicherung nicht mehr nur pauschal umzulegen, sondern gemäß dem einzelnen Risiko, dem Auftrag oder der Leistung.

Die Herausforderung liegt dabei meist im realistischen Vergleich der umgelegten Kostenpositionen im Verhältnis zu den von den Vertragspartnern in ihren eigenen Versicherungsverträgen genannten Berechnungsgrundlagen oder Beitragssätzen. Dies ist natürlich für den Einzelfall und einen schnellen Überblick ein probates Mittel, um die Umlagekosten zu vergleichen, aber nicht die einzige Entscheidungsmöglichkeit. Man muss verstehen, dass Jahresversicherungen über einen Risikoausgleich in der Zeit kalkuliert sind – entweder über Umsätze oder Lohn- und Gehaltssummen in der Haftpflichtversicherung oder über Bausummen in der Bauleistungsversicherung. Alle Leistungen einer Versicherungsperiode, in der Regel eines Kalender- oder Versicherungsjahres, sind versichert. Sie gleichen sich damit im Mittel für den Versicherer aus, technisch einfache und komplizierte Baustellen, hohe und geringe Bausummen, riskante und weniger riskante Nachbarschaften oder Umgebungsfaktoren. Wird nun ausschließlich der »gemittelte« Risikopreis mit der Umlage verglichen, entsteht gelegentlich

der Eindruck, dass der Versicherungsschutz teurer sei, möglicherweise sogar doppelt bezahlt werden muss.

Mit der zweiten Vermutung muss hier gleich aufgeräumt werden, denn eine Doppelversicherung soll auch wegen des Bereicherungsverbotes nicht entstehen. Damit sind die umgelegten Kostenanteile und anteiligen Umsätze aus der laufenden Jahresversicherung herauszurechnen. Dies muss durch ein Benennen der Projekte und anteiligen Umsätzen bei der Jahresmeldung mit dem Haftpflichtversicherer erfolgen. Der erste Vergleich, dass die Projektversicherung teurer sein kann, sollte auch für beauftragte Planer oder Nachunternehmer genau betrachtet werden: Zunächst einmal stehen für das Projekt eigene Versicherungssummen zur Verfügung, die der Jahresverträge werden nicht tangiert und sind für andere Objekte verfügbar. Als Versicherer spricht man von zusätzlicher Kapazität, die durch den Projektvertrag geschaffen wurde.

Durch den Abschluss einer Projektversicherung wird auch die Risikostruktur der laufenden Verträge verändert, denn gerade komplexe Bauvorhaben werden über Projektversicherungen abgedeckt, wodurch daraus resultierende Versicherungsfälle die laufenden Jahresversicherungen nicht belasten und im Zuge möglicher künftiger individueller Preisverhandlungen zwischen Versicherer und Kunde eine bessere Verhandlungsposition bieten. Aus Sicht des Verfassers ist aber ein entscheidendes Argument, dass eine Projektversicherung im laufenden Bauvorhaben nicht durch eine Partei gekündigt werden kann, selbst wenn sich eine Vielzahl von Schadenfällen im Projekt ereignen, was in laufenden Jahresverträgen schlicht nicht gewährleistet ist. Die Beteiligung an einer Projektversicherung kann also auch bei höheren Kosten eine sinnvolle Investition in die Absicherung des Unternehmens oder Planungsbüros sein.

Die genaue Risikoprüfung des Versicherers bei Projektversicherungen bedingt auch die Möglichkeit, sehr spezifische Risiken an diesem Bauvorhaben abzusichern. Denken wir an Investitionsmodelle mit Mietgarantien, dessen freiwilliges Leistungsversprechen aus dem Vertrag mit einer Bauleistungs-Betriebsunterbrechungsversicherung zumindest in Teilen kalkulatorisch im Griff behalten werden kann. Ebenso sind Planungsleistungen bei eigener Ausführung oder Partnerschaftsmodelle mit ihrer individuellen Risikotragung über die Projektversicherung einer guten Lösung zuzuführen.

### **Auch die Bauleistungsversicherung hat Vorteile**

Eine nahezu obligatorische Bauleistungsversicherung in einem größeren Bauvorhaben hat den Vorteil, dass durch die intensive Risikoprüfung die Gefahrenlage erkannt und damit versichert werden kann. Denken wir an den Einfluss von Gewässern oder drückendes Grundwasser, den Austausch von Boden für eine adäquate Tragfähigkeit oder innerstädtisch abzusichernde Baumaßnahmen für Tiefgaragen – all dies wird durch die

ingenieurtechnische Prüfung des Versicherers erkannt und einer passenden Versicherungslösung zugeführt.

Entscheidendes Argument ist jedoch die vertraglich vereinbarte Vorleistungspflicht der integrierten Bauleistungsversicherung, noch bevor integrierte Haftpflichtversicherungen in Anspruch genommen werden. Die Schnittstelle wird also geschlossen, so dass es auf ein Verschulden nicht ankommt, sondern die Schadenbeseitigung für versicherte Schäden nach der weitgehenden Definition einer Bauleistungsversicherung zügig begonnen werden kann. Der Verzug durch einen Schaden reduziert sich erheblich. Mögliche interne Regresse im späteren Verlauf und im Innenverhältnis brauchen nur insoweit zu interessieren, als nicht versicherte Bestandteile betroffen sein können (Vertragserfüllung, Gewährleistung), ansonsten sind alle Beteiligten in diesem einen Haftpflichtversicherungsvertrag mitversichert.

Sinngemäß kann dieses Argument auch für die Mitversicherung des Feuerrisikos angewandt werden, die über die Bauleistungsversicherung in jedem Fall empfohlen wird. Die Beteiligten sind dann auch für den Entfall des sogenannten »versicherten Interesses« einer Sachversicherung im Vorteil, das sich durch die vertragliche Gefahrtragung des Bauvertrages ergeben kann.

### **Weitere Versicherungen für Bauvorhaben**

Am Rande soll neben den erheblichen Vorteilen der kombinierten Projektversicherung auch die übrige Versicherungslandschaft bei einem Bauvorhaben betrachtet werden:

- Die Sachversicherungen/Feuerrohbauversicherung  
Eine alternative Lösung zur integrierten Feuerversicherung in der Bauleistungsversicherung kann der Abschluss einer Gebäudeversicherung für den späteren Betrieb des Bauvorhabens, bereits zu Beginn der Baumaßnahme, sein. Hierdurch können sich Kostenvorteile ergeben, weil das Brand- oder Explosionsrisiko während der Bauphase durch eine Feuerrohbauversicherung günstig oder gelegentlich ohne Mehrkosten mitversichert werden kann.

Auf Schnittstellen bei Gefahrübergängen oder Teilabnahmen ist dann bei der Beratung und der Gestaltung des Versicherungsschutzes zu achten, um keine Lücke zwischen den verschiedenen Versicherungen zu haben.

- Die Baugeräteversicherung/Maschinenversicherung  
Baugeräte, die durch die Unternehmer gestellt oder durch Verleihfirmen angemietet werden, sind im Einsatz auf unterschiedlichen Baustellen in der Regel versichert. Auf besondere Einsätze, gerade in und um Wasserbaustellen, sollte dabei geachtet werden. Bei Verleihgeräten besteht die Möglichkeit, Rahmenverträge von Vermietern auch für die Versicherung zu nutzen. Alternativ bieten Versicherer auch die Möglichkeit, Leihgeräte einer Baustelle nach dem ganzheitlichen Mietumsatz einer eigenen Geräteversicherung zu gestalten. Dies kann dann vorteilhaft sein, wenn der Versicherungsumfang und vereinbarte Selbstbehalte individuell durch den Entleiher und Nutzer gestaltet werden können.
- Die Baugewährleistungsversicherung  
Die Versicherung von Gewährleistungsansprüchen kann als ergänzende Projektversicherung angeboten werden und bietet eine materielle Versicherung für Gewährleistungsansprüche. Damit kommt es im Schadenfall, der dadurch definiert ist, dass sich eine Mangelhaftigkeit nach der Abnahme an der Bauleistung verwirklicht, nicht mehr auf eine Schuldfrage oder den Eintritt eines Schadens an. Alle ausführenden Beteiligten erhalten durch diese Versicherung erneut die Werkleistung und/oder das Material bezahlt, ohne erneuten Wagnis- und Gewinnzuschlag. Der oder die Auftraggeber erhalten ein Zertifikat mit einem Direktanspruch an den Versicherer, so dass Insolvenzrisiken ganz erheblich reduziert werden.

Fazit: Projektversicherungen sind keine »neuen« oder anderen Versicherungsformen. Sie sind aber durch eine Kombination so individuell für das Projekt gestaltet und durch ihr Wording auf die Kollaboration auf die Baustelle ausgelegt, dass Schnittstellen erheblich reduziert und der Bauablauf bei Eintritt eines Schadenfalls zügiger fortgesetzt werden kann.

Christian Schattenhofer ist seit 1994 für die VHV in verschiedenen Funktionen tätig. Seit 2015 ist er als Vertriebsdirektor für den Bauvertrieb der VHV Allgemeine verantwortlich.



# 3 ANFORDERUNGEN, REGELN, KONSTRUKTIONEN UND ANLAGEN NEU DENKEN

Die Voraussetzungen für das Bauen haben sich mit neuen Herausforderungen verändert. Hier gilt es, zu reagieren – etwa mit angepasster Bau- und Anlagentechnik. Das Planen und Bauen muss unter diesen neuen Vorzeichen neu gedacht werden, um aktuellen und künftigen Herausforderungen adäquat zu begegnen. Dem tragen die Beiträge im folgenden Kapitel Rechnung. Im ersten Beitrag wird unter anderem beleuchtet, wie der Gebäudetyp E, der derzeit in aller Munde ist, realisierbar sein kann und was es in diesem Zusammenhang in Bezug auf die Themen Recycling und Kreislaufwirtschaft zu beachten gilt. Im Folgenden wird die »Studie zum Lüften von Wohnungen« vorgestellt, die im Auftrag der Bundesarchitektenkammer und Länderarchitektenkammern, der Bundesingenieurkammer sowie einer Vielzahl von Verbänden der Bau- und Wohnungswirtschaft sowie Interessenverbänden der Lüftungsindustrie verwirklicht wurde. Weiterhin geht es um Indach-Photovoltaikanlagen und PVT-Anlagen als zukunftsfähige Lösungen zur dezentralen Strom- und Wärmegewinnung. Eine Bestandsaufnahme zu aktuellen und zu erwartenden Schadenfällen an Wärmepumpen in Frankreich findet sich im darauffolgenden Beitrag der französischen Agence Qualité Construction (AQC). Dieser Beitrag wird erstmals zweisprachig veröffentlicht, eine Idee die wir zukünftig weiterverfolgen wollen, da unser Leserkreis zunehmend internationaler wird. Schließlich werden im Beitrag des ift Rosenheim die Vorteile und Chancen zur Verringerung von Bauschäden durch Montagezargen bei der Fenstermontage vorgestellt. Insgesamt ein thematisch vielfältiger Mix aus verschiedenen innovativen Lösungen bzw. Herangehensweisen rund um das Thema »Bauen neu denken«.

### 3.1 Neue Anforderungen – Neue Schäden – Neue Lösungen?

#### INTERVIEW – MICHAEL HALSTENBERG, DIETMAR WALBERG



RA Michael Halstenberg



Prof. Dietmar Walberg

RA Michael Halstenberg, Ministerialdirektor a. D., hat über 20 Jahre in Ministerien auf Landes- und Bundesebene gearbeitet, zuletzt als Abteilungsleiter im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Er ist seit 2009 als Rechtsanwalt tätig, seit 2022 für die Sozietät Franßen & Nusser in Düsseldorf. Seine Beratungsschwerpunkte liegen im Bauproduktrecht, im Ingenieur- und Architektenrecht, im öffentlichen Bauordnungs- und Bauplanungsrecht. Er berät vornehmlich Unternehmen der Immobilienbranche, Hersteller von Bauprodukten sowie deren Verbände und verschiedene Ministerien. Michael Halstenberg gehört verschiedenen Fachkommissionen an, ist seit 2006 stellvertretender Vorstandsvorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Baurecht, hält zahlreiche Fachvorträge und publiziert regelmäßig zu seinen Tätigkeitsschwerpunkten.

Prof. Dietmar Walberg ist seit dem Jahr 2000 als Architekt bei der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. tätig und wurde im April 2010 zu deren Geschäftsführer bestellt. Im Mai 2022 erfolgte seine Berufung zum Honorarprofessor an die Technische Hochschule Lübeck und die Übernahme der Leitung des Fachgebiets Nachhaltiger Wohnungsbau am dortigen Fachbereich Bauwesen. Er gilt als einer der renommiertesten Experten im Bereich der angewandten Bauforschung, speziell zum Thema Baukosten im Wohnungsbau in Deutschland. Zu diesen Themen und anderen Aspekten des Nachhaltigen Wohnungsbaus veröffentlicht er regelmäßig Ergebnisse durchgeführter Studien und arbeitet in verschiedenen Gremien, wie zum Beispiel als Mitglied des Lenkungsgremiums für Grund- und Planungsnormen im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) am Deutschen Institut für Normung (DIN).

Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Bei den aktuellen Diskussionen um das Planen und Bauen liegt der Fokus regelmäßig auf dem Widerspruch zwischen den Notwendigkeiten und den Möglichkeiten, also zwischen (möglicherweise zu) hohen Anforderungen und dem technisch, personell bzw. finanziell Machbaren. Es stellt sich die Frage, ob dieser Widerspruch auch direkte Auswirkungen auf die Planungs- und Bauqualität hat, denn wir stellen durchaus Veränderungen bei unseren jährlichen Schadenanalysen fest: Dazu zählen die kontinuierlich steigenden Schadenkosten und auch fast schon klassische Schäden, wie zum Beispiel Feuchteschäden, die möglicherweise eine Folge von zu hohen Anforderungen sind.

Prof. Dietmar Walberg: Leitthema bei dieser Fragestellung ist – mit Blick auf den juristischen Hintergrund – die Anwendung der allgemein anerkannten Regeln der Technik. Im eigentlichen Wortsinn ist damit gemeint: Was kann die Baubranche leisten, was versteht sie, und was kann sie umsetzen? Und aus meiner Sicht sind wir von dem, was wir glauben zu können und von dem, was wir tatsächlich leisten können, noch sehr weit entfernt. Hier spiegelt sich nach meiner Wahrnehmung die gleiche Konfliktlage wider, die wir gerade in der Gesellschaft haben: Entwicklungen, die vielleicht theoretisch sinnvoll und machbar sind, aber in der Umsetzung (auf der Baustelle) noch keine wirkliche Rolle spielen. Ein Widerspruch zwischen Erkenntnis und Fähigkeiten. Wir sind mit unseren Theorien und dem, was wir voraussetzen, weit vorgeprescht, haben aber die, die es in der baupraktischen Realität umsetzen müssen, nicht mitgenommen. Diese Spannungslage ist die Basis von Mängeln und Schäden, wie wir sie in der Praxis sehen, mit zunehmend hohen Kostenfolgen. Dabei stellen wir fest, dass alles, was wir heute erstellen, immer weniger Toleranz zulässt. Frühere Konstruktionen waren robuster und haben auch den ein oder anderen Fehler verziehen, das ist heute nicht mehr so.

Mein Leitgedanke als Einstieg also: Wir überfordern die Baupraxis, und wir überfordern auch die Materialien.

**Böhmer: Mit dem juristischen Blick sind die Zusammenhänge um die Anforderungen, um die allgemein anerkannten Regeln der Technik noch einmal anders zu bewerten?**

RA Michael Halstenberg: Kritisch zu bewerten ist zuallererst, dass schätzungsweise 90 Prozent der am Bau Beteiligten nicht mehr in der Lage sind, die ganz konkrete Funktion von technischen Regelwerken, das heißt, wie sie wirken, wann sie gelten und welche

Bedeutung sie haben, richtig darzustellen. Das heißt, ein ganz großer Teil der am Bau Beteiligten versteht das System nicht mehr, weiß aber, dass er am Ende für das Arbeitsergebnis haftet. Darüber hinaus haben wir folgendes Problem: Wir haben einerseits formale Regelwerke, die eigentlich nur Hilfsmittel sind, und wir haben andererseits den Anspruch, dass etwas funktionieren soll. Zwei Welten, die fehlerhaft miteinander verbunden werden: Menschen entscheiden sich heute im Zweifel gegen das Funktionieren und für das formale Erfüllen von Regelwerken. Juristisch nachweisen lässt sich leider einfacher, ob etwas formal richtig oder formal fehlerhaft ausgeführt wird; berücksichtigt wird dabei aber selten, dass Regelwerke oft nicht aufeinander abgestimmt sind, sich zum Teil widersprechen und immer neue Anforderungen hinzugefügt werden. Am Ende führt dieses »blinde Anwenden und Erfüllen nicht abgestimmter, immer neuer Regeln« nur noch mit Glück dazu, dass ein Bauwerk auch in allen Punkten funktioniert. Aber eigentlich ist das System mittlerweile so konstruiert, dass Mängel und Schäden am Ende unvermeidbar sind.

Die Frage nach dem »Was können wir tun?« wird oft mit Vorschlägen zu Verfahrenserleichterungen oder mit dem Ruf nach Digitalisierung beantwortet, sie lösen das Kernproblem aber nicht. Ich führe das darauf zurück, dass auch die Regelsetzer und die Politik das System der technischen Regelwerke und deren juristischer Einordnung vielfach nicht mehr im Detail verstehen. Das Verschieben von Zuständigkeiten oder das Ändern von kleinen Details helfen nicht, das Grundproblem der großen Komplexität zu lösen, weil es am Bauwerk und dessen Qualität nichts ändert. Denken wir zum Beispiel an die neuen Anforderungen des Green Deal, etwa die Recyclingfähigkeit von Materialien und Bauwerken, dann kommt erneut viel Neues hinzu. Da kann man verstehen, dass die Bauschaffenden am Ende nur noch eine lange Liste

formaler Anforderungen abarbeiten, die sinnhafte Gesamtschau auf das Bauwerk aber aus dem Blick gerät.

**Böhmer: Welche kluge Strategie, welches neue Denken kann denn dieses Problem lösen? Das Ziel, wieder mehr robuste, funktionale, gut nutzbare, bezahlbare und werthaltige Qualität zu bauen, die nachhaltig im eigentlichen Sinne ist, verfolgen wir doch eigentlich alle?**

Walberg: Grundsätzlich ist es wichtig, sich gemeinsam darauf zu verständigen, was wir von einem Gebäude erwarten. Juristisch wäre das die subjektive Funktionalitätserwartung, die sich gerade bei Bauherren und Erwerbern von kleinen Wohngebäuden oder Wohnungen »aufgeschaukelt« hat in Qualitäten, die Bauwerke heute eigentlich gar nicht mehr leisten können. Beispielhaft seien hier die Erwartungshaltung bezüglich der vollständigen Rissfreiheit von Wänden oder das vollständige Abschirmen vor Nachbarschaftsgeräuschen genannt, die oft – auch ohne Funktionseinschränkung – als Reaktion fast nahtlos die direkte Einschaltung eines öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen nach sich zieht. Und uns ist klar: Er wird immer etwas finden! Wir können kein perfektes Gebäude liefern! Aber wo ist da die Verhältnismäßigkeit? Was ist die »richtige« Qualität, mit der Bauherren, Nutzer, Bauausführende und Sachverständige leben können? Dafür muss man sich auf ein Gesamtpaket einigen.

In Schleswig-Holstein sind wir gerade mit einer Idee, und damit einer möglichen Lösung, im Rahmen der Wohnraumförderung gestartet, da die vorhandenen finanziellen Mittel für noch mehr Wohnraum genutzt werden müssen. Wir haben uns deshalb darauf verständigt, nur noch einen Mindeststandard zu fördern. Allein die Nutzung dieses Begriffs sorgte erst einmal für ein Bild in den Köpfen, das Armut, Dunkelheit, Lautstärke und Feuchtigkeit vermittelte. So haben wir es jetzt Regelstandard genannt und uns dabei auf eine funktionsfähige Qualität geeinigt, die in etwa

einem Standard von vor 20 Jahren entspricht. Das sorgt einerseits für Unverständnis, weil man sich ja auch an hohe Standards gewöhnt hat und diese auch herstellen möchte, aber es gibt durchaus auch Interesse an der neuen Idee. Wir müssen, wenn sie erfolgreich werden soll, das Beharrungsvermögen am Markt auflösen, uns intensiv und permanent in Dialog miteinander begeben und alle mitnehmen. Es wird auch nicht schnell gehen, aber es kann ein Weg sein.

**Böhmer: Kann denn das Definieren neuer, niedriger Standards grundsätzlich die Lösung sein? Juristisch bedeutet das doch umfangreiche Veränderungen?**

Halstenberg: Bei den Standards müssen wir differenzieren! Meine Einteilung trennt drei verschiedene Stufen klar voneinander:

- Sicherheitsanforderungen, die erforderlich und unverhandelbar sind, bei denen es keine Kompromisse geben darf, allenfalls bei deren Bemessung bzw. der Art der Berechnung. Dazu zählt zum Beispiel nicht der Schallschutz. Das ist der Kern des Bauordnungsrechts.
- Sicherheitskomfort, optional (wählbar) als Steigerung der erforderlichen Sicherheit, wobei man sich mit relativ viel Geld die letzte bzw. höchste Annäherung an 100 Prozent Sicherheit erkaufen kann. Beispielhaft seien der Einbau von Lichtbogenschalern oder der Blitzschutz bei Einfamilienhäusern genannt. Darüber soll der Bauherr selbst bestimmen.
- Ausstattungskomfort, der nicht nur von den Bauherren, sondern oft auch politisch gewünschte Standard vor dem Hintergrund sozialer Errungenschaften oder Nutzerfreundlichkeit. Vieles ist aber in der Regel nicht erforderlich bzw. nicht durch die Politik zu regeln. Dazu zählt grundsätzlich auch die Barrierefreiheit. Hier sollten Regelungen abgebaut werden, insbesondere bei Bestandsbauten.

Vor allem beim privat verursachten Ausstattungskomfort, etwa der Gebrauchstauglichkeit, zu der zum Beispiel Fugenbreiten, Oberflächenebenheiten, Rissbreiten oder Fußleistenqualitäten zählen, entwickeln sich zu hohe Erwartungen. Hinzu kommt die auf der Unkenntnis vieler Bauherren beruhende Angst vor Mängeln und Schäden. Ein Angstverhalten gibt es aber auf beiden Seiten: Auch der Ausführende ist aus Furcht vor der Haftung bestrebt, formal alles an technischen Regelwerken zu erfüllen, damit er juristisch nicht angreifbar ist. Dieses Verhalten führt grundsätzlich zu hohen Kosten. Hinzu kommen Nachhaltigkeitsanforderungen, die aus dem Umwelt- und Klimaschutzrecht, nicht aus dem Baurecht kommen, aber die Ausstattung und Konstruktion der Gebäude betreffen sowie die Anforderungen bezüglich Dauerhaftigkeit und Robustheit. Dabei wissen wir: Je komplexer und komplizierter Anlagen und Konstruktionen werden, desto teurer werden sie und desto schwieriger wird der Erhalt der dauerhaften Funktion.

Vor diesem Hintergrund muss man sich unbedingt die Fragen stellen »Was ist wirklich wichtig?«, »Was muss tatsächlich geleistet werden?« und »Was kann ich optional dazu wählen?«. Aus meiner Sicht sind nur die erforderlichen Sicherheitsanforderungen wirklich wichtig, zusätzlich die Dauerhaftigkeit (Robustheit) und die Nachhaltigkeit, das heißt, mit möglichst wenig Materialeinsatz und einem vernünftigen Energieversorgungskonzept planen und bauen. Das ist es, der Rest sollte optional sein! Dies ist der Ansatz, dem die Frage folgen muss, was unter diesen Gesichtspunkten zurückgeführt werden kann.

#### **Böhmer: Gibt es dafür Beispiele, die das für uns Praktiker verständlich werden lassen?**

Halstenberg: Ein relativ simples Beispiel dafür ist der Schallschutz, dessen Anforderungen im Grunde von niemandem mehr verstanden werden.

Ausgangspunkt ist die Bauordnung, die als Polizeirecht konkrete und abstrakte Gefahren im Einzelfall abwehren und verhindern soll. Dort eingeführt war bis vor einigen Jahren mit der Schallschutznorm ein gewisses Schallschutzniveau, das 2018 mit der Etablierung der neuen DIN 4109<sup>1</sup> verändert wurde. Es wurden im Kern eigentlich nur neue Berechnungsverfahren eingeführt. Tatsächlich hat das aber zu einem deutlich höheren Schallschutzniveau geführt. Gleichwohl wurde die neue Fassung der Norm bauaufsichtlich eingeführt. Vor dem Hintergrund der Gefahrenabwehr stellt sich die Frage nach dem Warum? Hat das bisherige Schallschutzniveau zu Gefahrensituationen geführt im Sinne von Gesundheitsbeeinträchtigungen? Ich kenne weder Fälle noch Statistiken dazu, ebenso gab es hierzu nie eine Begründung einer öffentlichen Stelle. So stellt sich die Frage, warum das früher ausreichende Niveau von den Bundesländern überhaupt erhöht worden ist. Tatsache ist, dass das technische Regelwerk in Bezug auf ein mehr oder weniger frei gewähltes Schallschutzniveau (frei gewählte dB-Zahl) beschreibt, wie dieser Schallschutz herzustellen ist. Die Frage, ob das gewählte Niveau gesundheitlich erforderlich und im Sinne der Gefahrenabwehr notwendig ist, wurde nie gestellt. Und so steigern wir die Anforderungen unbewusst immer mehr mit dem Ergebnis, dass wir nicht mehr über 12 oder 16 Zentimeter Deckenstärke reden, sondern über vermeintlich notwendige 20 bis 23 Zentimeter. Das bedeutet höhere Kosten und größeren Materialverbrauch. Letztlich ist dies eine Folge falsch verstandener Systematik von technischen Standards. Das ist nur ein Beispiel. Im Grunde genommen haben wir ein immenses systemisches Problem.

Walberg: Die Entwicklung der Schallschutzanforderungen ist tatsächlich ein perfektes Beispiel und einer der Dreh- und Angelpunkte für diese Problematik. Bereits in Diskussionen dazu in der Arbeitsgruppe

1 DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Hochbau

»Standards im Bauwesen«, der Nachfolgeorganisation der Kostensenkungskommission, konnte man erleben, dass die Experten am Ende nicht mehr über die fachgerechte Dimensionierung von Konstruktionen, sondern über die Frage, wie der Schallweg berechnet wird, stritten. Mit zum Teil gravierenden Anforderungen von bis zu 26 Zentimetern Betonstärke in Decken. Auf tatsächliche gesundheitliche Auswirkungen, zum Beispiel durch Infraschall, hat das allerdings keinen Einfluss, da sie normativ nicht geregelt sind.

In Wahrheit ist es also ein großes Paket einer vermeintlichen Sicherheit, das eigentlich gar keine Sicherheit ist. Für diese müsste man im Grunde Mediziner hinzuziehen und fragen, wo genau das Gesundheitsproblem ist. Überlegungen dazu lassen sich auch auf viele andere Bereiche übertragen, wie zum Beispiel den Brandschutz. Auch hier ist zu fragen, was können und müssen wir im Brandschutz überhaupt noch regeln? Welche vermeintliche Sicherheit produzieren wir über die üblichen Sicherheitsstandards hinaus und decken damit womöglich nur noch Fälle ab, die so unwahrscheinlich sind, dass sie nur noch mit extremem Aufwand erzeugt werden, aber keine wirkliche Sicherheit für die Breite mehr darstellen? Daraus leitet sich die grundsätzliche Frage ab, ob wir Gebäude für die Masse der Menschen bauen oder ob wir versuchen, nur noch Gebäude zu errichten, die sich der vermeintlichen 100-Prozent-Sicherheit und dem perfekten Werk annähern, die wir aber doch nie erreichen werden. Die Diskussion dazu ist zu führen! Deshalb ist die Systematik gut! Sie beginnt bei der Sicherheit, berührt Komfort- und Ausstattungsfragen und endet bei der Qualität einer Fliesenfuge, was möglicherweise dann nur noch ein ästhetisches Thema ist, aber dennoch mit erfasst wird.

Leider hat im Moment niemand die Selbstsicherheit, das alte System aufzubrechen und mit neuem Denken etwas anders zu bauen. Das muss sich ändern!

Einige Wohnungsgenossenschaften in Schleswig-Holstein versuchen es, steigen aus und bauen Objekte, von denen sie wissen, dass sie im privaten Sektor noch nicht abgenommen würden. Im Mietwohnungssektor haben sie damit durchaus gute Erfahrungen am Markt. Es gibt bisher keine Mieter, die eine Wohnung wegen geringerer Standards abgelehnt haben.

**Böhmer: In welchen Teil unserer Systematik würden wir denn Anforderungen wie Energieeffizienz, Resilienz und Robustheit einordnen, wenn man die Themen rund um Extremwetterereignisse und Klimawandel betrachtet? Wäre das Sicherheit, Sicherheits- oder Ausstattungskomfort?**

Halstenberg: Es handelt sich dabei nicht um Sicherheit im Sinne von Gefahrenabwehr, sondern um Vorsorge, die letztlich im eigenen Interesse liegt. Leider werden einige Punkte aus politischen Gründen überreguliert. Das gilt für die Photovoltaik-Pflichten, die sowohl vom Bund als auch von den Ländern und den Gemeinden geregelt werden, obwohl viele Bürger sich aus guten Gründen und aus Überzeugung für eine solche Anlage entscheiden. Das ganze Regelwerk macht es deutlich komplizierter. Wir sollten uns eher auf die Energie- und Gebäudekonzepte der Bauherren und Planer verlassen und allenfalls die Rahmenbedingungen verbessern. Aus Sicht der Nachhaltigkeit ist es auch dringlich, den Materialeinsatz zu reduzieren, das heißt, mit einfachen und schlanken Konstruktionen zu bauen. Die gesetzlichen Anforderungen und auch die Förderprogramme bewirken aber vielfach das Gegenteil. Man könnte auch überflüssige Regelungen entfernen, wie zum Beispiel das Begrünungsgebot in der Bauordnung Baden-Württemberg, was mit Gefahrenabwehr nichts zu tun hat und – wenn wir an Bauqualität denken – zu erheblichen Problemen an Fassaden führen kann. Solche Regelungen, die nicht das Baupolizeirecht betreffen, sollten entfallen.

Ein neues Problem, das auch die Versicherungen intensiv beschäftigt, ist die Dauerhaftigkeit, zu der auch die Resilienz gehört: Obwohl Gebäude fachgerecht geplant und gebaut sind, führen Extremwetterereignisse oft dazu, dass sie massiv beschädigt werden. Das sehen wir bei Starkregen, Überflutungen, Hitzewellen und Sturm, bei denen Dächer abgedeckt, Keller geflutet und Gebäude weggeschwemmt werden. Darauf sind wir nicht ausreichend vorbereitet und bräuchten eigentlich neue Anforderungen für Gebäude, die den neuen Beanspruchungen entsprechen! Das Dach eines Effizienzhauses 40<sup>2</sup> hält trotz des hohen Effizienzstandards einem Sturmereignis nicht zwangsläufig stand. Eine optimal wärmegeämmte Fassade mit Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) kann bei Hagelschlag massiv beschädigt werden. Modernste Anlagentechnik wird durch Blitzschlag und Überspannung zerstört. Die hierfür notwendige Robustheit von Konstruktionen muss also neu bewertet werden! Bei den Baubeteiligten sorgt das für Unverständnis, denn Bauen ist schon jetzt komplex. Leider stecken wir unsere Kapazitäten in andere Themen, damit haben wir uns unsere Flexibilität genommen und unsere Spielräume verstellt. Klar ist aber, dass Versicherungen diese Versäumnisse im Ergebnis nicht abdecken können, ohne sehr hohe Versicherungsprämien zu fordern, was die Politik aber ablehnt. Die Lösung: Resilientere Gebäude, was aber der derzeitigen Zielsetzung, kostensparender bauen zu wollen, widerspricht. Daher müssen wir Gebäudequalitäten in Zukunft neu justieren.

**Böhmer: Das sind viele Probleme und Widersprüche, aber auch so viele gute Ideen und Strategien, über die wir gesprochen haben. Lösungen, die unserem Titel, das Bauen neu zu denken, entsprechen. Wenn wir jeweils einen Vorschlag, Wunsch oder eine Forderung formulieren würden, was wäre das?**

Walberg: Der Schlüsselbegriff für mich, vor dem Hintergrund der vielen Themen, die wir besprochen haben, vor allem vor dem Hintergrund des Klimawandels, ist Robustheit. Wir müssen robust bauen. Robustes Bauen fängt beim Standort an, was keine bauliche, sondern eine städtebaulich zu lösende Frage ist! Ein Beispiel: Gebaut werden darf nur dort, wo die Sicherheit langfristig groß ist, dass Gebäude nicht durch Überflutungen oder ähnliche Wasserextreme gefährdet sind. Ich darf also nicht in Niederungsgebieten bauen und auch keine Baugebiete ausweisen, wo entsprechende Risiken bestehen. Hier muss endlich – nicht zuletzt als Erkenntnisgewinn der großen Flutkatastrophen – klug umgedacht werden. Bisher ist hier noch kein Erkenntnisprozess erkennbar!

Wenn ich dann baue, dann ist die Grundforderung an Robustheit mit Begriffen wie dauerhaft, instandhaltungsarm und tolerant zu umschreiben, vor allem tolerant im Umgang mit erschwerenden Einflüssen von außen, wie etwa Extremwetterereignissen. Diese Forderung widerspricht in großen Teilen der Lehre des klimaschutzgerechten Bauens der letzten Jahre: Leichte, hochwärmegeämmte, günstige Wandkonstruktionen mit WDVS, die im Sommer wegen fehlender Speicherefähigkeit dem Prinzip resilienterer Städte als Hitzepuffer sogar widersprechen. Hier wird zukünftig wieder über kluge monolithische Steinstrukturen nachgedacht werden müssen. Auch mit einem Nachhaltigkeitsblick auf das Lebensende von Gebäuden! Und früher unmögliche Wohnungsgrundrisse mit Nordausrichtung werden im Kontext von Überhitzung, Kühlung und technischen Möglichkeiten bei der Lüftung durchaus interessant. Und zur Robustheit gehören eben auch Themen wie Durchgrünung, Entsiegelung, Grün- und Frischlufttangente, Wasser in der Stadt – alles städtebauliche

<sup>2</sup> Vgl.: KfW: Das Effizienzhaus beim Neubau, <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Das-Effizienzhaus/>

Themen, die zunehmend in den Mittelpunkt rücken müssen, aber nicht vordergründig am Gebäude. Ein zweites wesentliches Schlüsselwort, das als eines der Haupterkennniswerte der Machbarkeitsuntersuchung für die Hamburger Klimaschutzziele<sup>3</sup> entstammt, ist der Wirkungszeitpunkt, den man beim Bauen neu denken muss! Das Büro Sobek<sup>4</sup> hat in der Untersuchung für die Stadt Hamburg die geplanten Maßnahmen einer Bewertung der grauen Emissionen<sup>5</sup> unterzogen, und Werner Sobek<sup>6</sup> selbst hat ausdrücklich darauf hingewiesen, genau zu bedenken, was verbaut wird und welche Emissionen dabei entstehen. Was heute verbaut wird und was später operativ dadurch eingespart wird, lässt sich nicht miteinander verrechnen. Die Herstellung einer Konstruktion und einer Wärmedämmung erzeugt heute CO<sub>2</sub>, das selbst beim besten Einsparen in der Zukunft nicht zurückgeholt werden kann. Der Wirkungszeitpunkt ist heute, das heißt, es ist der strategisch falsche Weg, so viel wie möglich zu tun. Es muss jetzt möglichst viel mittelmäßig getan werden, mit wenig Emissionen bei der Herstellung, mit robusten und einfachen Konstruktionen und einer langfristig intelligenten Energieversorgung! Mit der Vielzahl solcher Maßnahmen schaffe ich viel mehr im Klimaschutz, als wenn ich vereinzelte High-End-Gebäude mit großem Aufwand schaffe. Leider bilden das die heutigen Berechnungsprogramme nicht ab, sie versuchen zu verrechnen. Hier braucht es also definitiv ein neues Denken, eine neue Herangehensweise.

**Böhmer: Wie können wir das auch juristisch umsetzen? Derzeit müssen wir vermeintlich die Vielzahl der Anforderungen erfüllen, selbst, wenn wir uns einig sind, dass es zum Teil genau dem widerspricht, was wir brauchen, was wir wollen und was wir sinnvollerweise müssten.**

Halstenberg: Als Erstes müssen wir das Bewusstsein für notwendige Veränderungen wecken, denn alle Baubeteiligten sind derzeit quasi unbewusst in einem Raum gefangen, den sie als »normal« und damit unveränderlich ansehen. Wir alle müssen aber bereit sein, uns auf eine neue Herangehensweise einzustellen, die mit der Planung beginnt: Das Budget, das im Wohnungsbau von Privatpersonen oder Unternehmen finanziert wird, darf im Sinne der Bauherren und der Allgemeinheit nur durch Mindestanforderungen belastet werden. Dazu gehören eine angemessene Sicherheit und Robustheit, möglichst wenig Materialeinsatz und eine vernünftige Energieversorgung. Das muss individuell planbar sein. Das entspricht der Sichtweise, die in der Fachwelt zunehmend vertreten wird und auch in der Zusammenfassung der Machbarkeitsstudie für die Stadt Hamburg vorgeschlagen wurde. Das, was dann folgen muss, ist etwas, was man zumindest in Ansätzen auch in den Diskussionen zum Gebäudetyp E<sup>7</sup> findet: Es braucht intelligente, sehr individuelle Lösungen der Planer, die gemeinsam mit den Bauherren klären müssen, in welche weiteren Maßnahmen das Restbudget fließen

- 3 Vgl. hamburg.de GmbH & Co. KG: Pressemitteilung »Publikation ›Bericht zur Machbarkeitsstudie zu den Klimaschutzziele bei Wohngebäuden‹ veröffentlicht«, <https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/behoerde-fuer-stadtentwicklung-und-wohnen/aktuelles/pressemeldungen/2023-04-03-bsw-machbarkeitsstudie-191040> [abgerufen am: 12.08.2024]
- 4 Vgl. Ingenieurbüro Werner Sobek AG, Standort Hamburg, <https://www.wernersobek.com/de> [abgerufen am: 12.08.2024]
- 5 Vgl. Lüling, C.; Mrzigod, A.; Weidner, S.: Einbeziehung der CO<sub>2</sub>-Amortisationsdauern von Energieeffizienzmaßnahmen in die Hamburger Machbarkeitsstudie (Abschlussbericht), <https://www.hamburg.de/resource/blob/156746/5a7f524aa2cf0a869b07f6711778ab38/klimaschutzziele-wohngebäude-phh-sobek-data.pdf> [abgerufen am: 12.08.2024]
- 6 Professor Werner Sobek, <https://www.wernersobek.com/de> [abgerufen am: 12.08.2024]
- 7 Vgl. Bayerische Architektenkammer: Gebäudetyp-e, <https://www.byak.de/aktuelles/newsdetail/gebäudetyp-e.html> [abgerufen am: 12.08.2024]

soll. Das kann eine barrierefreie Ausstattung, ein erhöhter Schallschutz oder Sicherheitsstandard, eine höhere Resilienz oder auch die Ästhetik des Gebäudes sein, je nachdem, was dem Bauherrn wichtig ist. Dabei kommt es nicht mehr ausschließlich auf das bloße Erfüllen von Vorgaben an, sondern auf die Kompetenz der Planer, die den Bauherren zielführend beraten müssen. Das erfordert aber auch eine größere Entscheidungsfreiheit der Beteiligten. Denken wir an das Thema Sicherheit: Die Bürger verlassen sich hier immer mehr auf den Staat. Der sorgt sich um alles, vom Rauchmelder bis zum Sicherheitsschloss. Die Bürger sollten selbst wieder Steuerungs- und Entscheidungsmöglichkeiten erhalten. Das Gefühl für derartige Aufgaben und Verantwortungen geht aber immer mehr verloren. Es muss auch im Hinblick auf einen sinnvollen Einsatz vorhandener Budgets als wesentliche Stellschraube wieder belebt werden. Wichtig ist, dass sich derartige veränderte Aufgaben auch in der Honorierung der Planer wiederfinden müssen. Bisher findet man in der HOAI<sup>8</sup> keine ausreichenden Vergütungsregelungen zum Bauen im Bestand, zur Honorierung intelligenter alternativer Lösungen in der Vorplanung oder Entwurfsplanung. Es gibt keine Anreize für Planer, zukunftsgerichtet zu arbeiten. Das muss sich ändern!

Ein weiterer Punkt sind Modelle, die die Politik ihren Entscheidungen zugrunde legt, die aber das wirkliche Leben nicht abbilden. Das gilt zum Beispiel für das Thema Energieeffizienz und Energieeinsparung, einschließlich der finanziellen Förderung. Hier braucht es eine ehrliche, transparente Basis, die die wirklichen Kosten berücksichtigt, aber auch das

tatsächliche Nutzerverhalten. Es nützt nichts, wenn man einen Energiebedarf ganz genau berechnet und durch den menschlichen Reboundeffekt, zum Beispiel das Lüftungsverhalten der Nutzer, bekanntermaßen ein ganz anderer Energieverbrauch entsteht als geplant.

Walberg: Wir brauchen vor allem im Wohnungsbau ein »brutal« einfaches, für jeden verständliches und nachvollziehbares Nachweisverfahren. Am besten eine einfache Seite zum Ankreuzen, ohne Software mit ständigen Updates, die wiederum wieder Auswirkungen auf Zeit, Aufwand, Ergebnisse und Nebenkosten haben. Denn wenn wir ehrlich sind: Keines dieser Programme allein hatte bisher positive Auswirkungen auf den Energieverbrauch und Klimaschutz, im Gegenteil.

Halstenberg: Wenn wir uns auf die wirklich wichtigen Themen konzentrieren, den Rest als optional ansehen und dem Markt überlassen und dafür auch Anreize schaffen, sind wir einen großen Schritt weiter. Auch müssen wir die Planungs- und Baubeteiligten in den Möglichkeiten schulen, die sie rechtlich haben. Denn die rechtliche Realität bleibt hinter den rechtlichen Möglichkeiten aus der Angst vor Haftung zurück. Vieles von dem, was wir als richtig erkannt haben, findet deshalb nicht statt. Die gute Nachricht zum Schluss lautet also: Es gibt noch Potenzial für positive Entwicklungen.

**Böhmer: Ich bedanke mich für ein interessantes, kluges, innovatives Interview und freue mich auf die weitere Zusammenarbeit mit Ihnen!**

<sup>8</sup> Honorarordnung für Architekten und Ingenieure. <https://www.hoai.de/>

## 3.2 Studie zum Lüften im Wohnungsbau



Stefan Horschler

### Hintergründe – Regelungen – Beispiele

Wohnräume (und nicht nur diese) müssen belüftet werden können. Nach den technischen Regeln im Bauordnungsrecht können dafür unterschiedliche Lüftungssysteme vorgesehen werden. Doch die Frage nach dem richtigen Lüftungssystem ist seit Jahren umstritten. Kontrovers diskutiert werden besonders auch die Lüftungsmaßnahmen, die den Feuchteschutz der Wohnungen sicherstellen sollen (vgl. Abb. 01). So meinen die einen, dies sei nur nutzerunabhängig zu gewährleisten, andere halten dagegen, das manuelle Öffnen über Fenster sei ausreichend.



Oliver Solcher

Bei der ersten Variante wird argumentiert, dass Nutzer nicht in der Lage sind, einen ausreichenden Luftwechsel über das Öffnen der Fenster sicherzustellen; im zweiten Fall fühlen sich Nutzer und Anwender bereits in ihrer freien Willensbildung eingeschränkt und beschnitten.

Diese und andere Sichtweisen und Themen wurden in der »Studie zum Lüften von Wohnungen« von den beteiligten Partnern differenziert hinterfragt und die wesentlichen Ergebnisse in einem Merkblatt zusammengefasst.



Elke Schmitz

Die Studie entstand im Auftrag der Bundesarchitektenkammer und Länderarchitektenkammern, der Bundesingenieurkammer sowie einer Vielzahl von Verbänden der Bau- und Wohnungswirtschaft sowie Interessenverbänden der Lüftung (vgl. Abb. 02).



Abb. 01: Anlass für Streitigkeiten: Baulicher Mangel oder falsches Nutzerverhalten? [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau<sup>1</sup>]

### Studie zum Lüften im Wohnungsbau

Hintergründe – Regelungen - Beispiele

Dipl.-Ing. Architekt Stefan Horschler, Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher, RA Elke Schmitz

### Merkblatt zum Lüften im Wohnungsbau

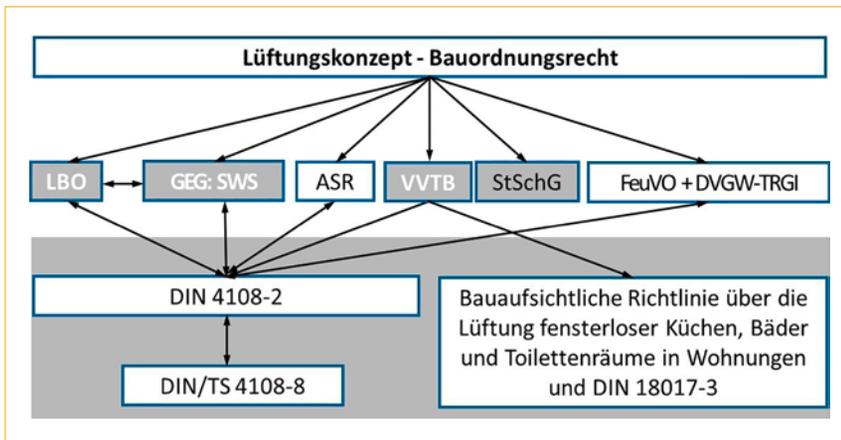
Dipl.-Ing. Architekt Stefan Horschler, Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher, RA Elke Schmitz

Abb. 02: Titelblätter mit Nennung der beteiligten Verbände und Unterstützer [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

1 Vgl. [https://bak.de/wp-content/uploads/2021/06/Studie-Lueftung-17-05-2021\\_final.pdf](https://bak.de/wp-content/uploads/2021/06/Studie-Lueftung-17-05-2021_final.pdf) [abgerufen am: 12.04.2024]

Dabei wurden die Grundlagen zum Lüften anschaulich erläutert, bauordnungsrechtliche und normative Anforderungen berücksichtigt und zahlreiche Auslegungsbeispiele von Volumenströmen für die im Wohnungsbau üblichen Lüftungssysteme aufbereitet. Außerdem wurde das Thema einer juristischen Bewertung unterzogen.

Die Ergebnisse der Studie kurz zusammengefasst: Es besteht zurzeit kein bauordnungsrechtlicher oder baurechtlicher Zwang zu nutzerunabhängigen Lüftungssystemen (vgl. Abb. 03).



**Abb. 03:** Übersicht zu den bauordnungsrechtlichen Zusammenhängen [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Die gekennzeichneten bauordnungsrechtlichen Regelungen der Übersicht in Abb. 03 werden nachfolgend eingehender betrachtet:

### Landesbauordnung (LBO)

Nach den Regelungen der Landesbauordnungen wird in der Regel für Aufenthaltsräume lediglich beschrieben (vgl. Musterbauordnung von 2020):

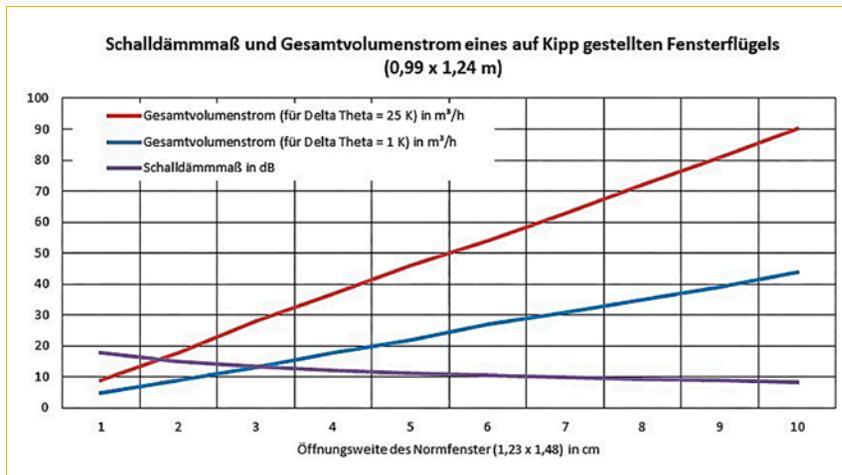
»§ 47 Aufenthaltsräume

(2) Aufenthaltsräume müssen ausreichend belüftet und mit Tageslicht belichtet werden können. Sie müssen Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens 1/8 der Netto-Grundfläche des Raumes ... haben.«

### Gebäudeenergiegesetz (GEG)

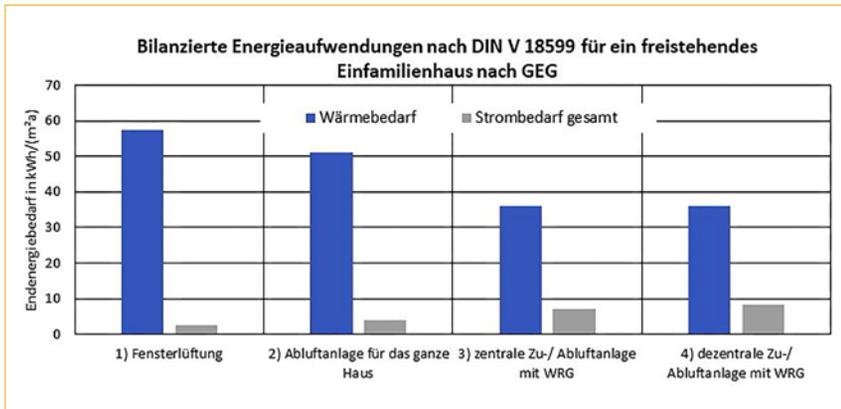
Aus energiesparrechtlicher Sicht nach dem Gebäudeenergiegesetz gibt es zwei Anknüpfungen an das Thema Lüften: Einerseits kann das Lüften in der zweiten Nachthälfte einen wesentlichen Beitrag beim Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 haben, zum anderen interessiert eine energetische Bewertung im Kontext mit der Ermittlung des Nutzenergiebedarfs Heizwärme der in DIN V 18599-2 beschriebene Lüftungswärmetransferkoeffizient und die hierfür aufgewendeten Hilfsenergien.

Es darf beim **sommerlichen Wärmeschutznachweis** (SWS) ein Bonus angerechnet werden, wenn ein erhöhter oder hoher Nachtluftwechsel ( $n \geq 2,0 \text{ h}^{-1}$  oder  $n \geq 5,0 \text{ h}^{-1}$ ) sichergestellt werden kann. Die bestimmungsgemäße Sicherstellung erhöhter Nachtluftwechsel zur Entspeicherung im Sommer wird in diesen Fällen zwingender Bestandteil des Lüftungskonzepts aus bauordnungsrechtlicher Sicht (vgl. Abb. 04).



**Abb. 04:** Luftvolumenströme bei einem Fenster mit sogenannter Kipplüftung und Veränderung des Schalldämmmaßes. Bei einer vollständigen Öffnung des Fensters ergibt sich bei einem Kelvin Temperaturunterschied zwischen innen und außen ein Gesamtvolumenstrom von  $183 \text{ m}^3/\text{h}$  [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Weiterhin wird das festgelegte Lüftungssystem auch in energetischer Sicht im energiesparrechtlichen Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfs gespiegelt. Vereinfacht kann gesagt werden, dass hierbei unter standardisierten Rechenrandbedingungen der energetische Nutzen eines Lüftungssystems dem energetischen Aufwand für Hilfsenergie gegenüber betrachtet wird (vgl. Abb. 05).



**Abb. 05:** Energetische Effekte unter Berücksichtigung standardisierter Rechenrandbedingungen der DIN V 18599 [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

### Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen der Länder (VTB)

In den Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen der Länder ergeben sich zwei Schnittmengen: Ein Mindestluftwechsel gemäß DIN 4108-2 ist sicherzustellen.

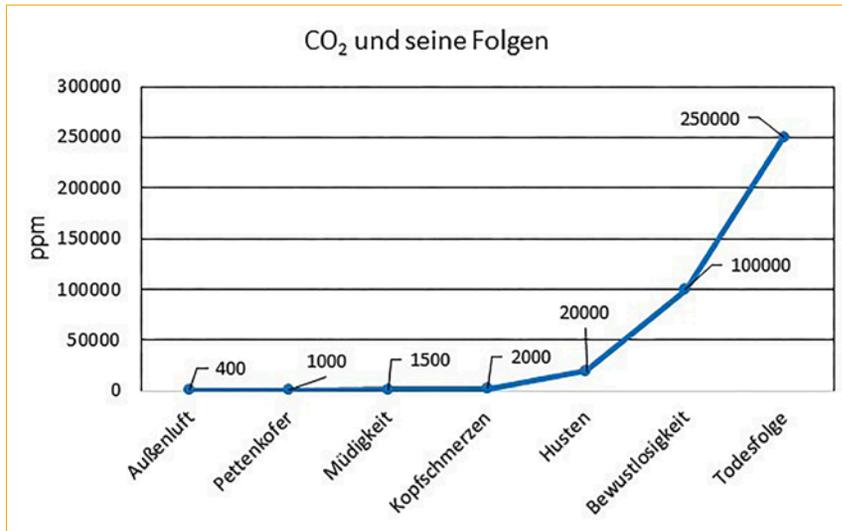
Im Hinblick auf die Sicherstellung des sogenannten **Mindestluftwechsels** fordert die bauaufsichtlich eingeführte DIN 4108-2: 2013-02:

*»4.2.3 Hinweise zur Luftdichtheit von Außenbauteilen und zum Mindestluftwechsel  
Auf ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen*

- *der Hygiene,*
- *der Begrenzung der Raumluftfeuchte sowie gegebenenfalls*
- *der Zuführung von Verbrennungsluft nach bauaufsichtlichen Vorschriften (zum Beispiel Feueranlagenverordnungen der Bundesländer)*

*zu achten.«*

Aus **hygienischer Sicht** können zahlreiche Schadstoffe den Innenraum belasten. Wie bei der Feuchtefreisetzung können diese nutzungsunabhängig (durch Baustoffe, Verklebungen, Beschichtungen usw.) oder durch die Nutzung selbst hervorgerufen werden. Hervorzuheben wäre die Freisetzung von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) (vgl. Abbildung 06).



**Abb. 06:** CO<sub>2</sub>-Emissionen und deren Folgen (Datenbasis lieferten unterschiedliche Quellen)  
[Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Die **Begrenzung der Raumluffeuchte** stellt ein weiteres Ziel des Mindestluftwechsels dar. Aus feuchteschutztechnischer Sicht gibt es ebenfalls unterschiedliche Quellen: Während bei in mineralischer Bauweise errichteten Gebäuden insbesondere in den ersten Jahren die mit dem Herstellungsprozess verbundenen Wassermassen die Raumluft auffeuchten, ergibt sich unabhängig von der Bauweise bei allen Gebäuden auch eine Auffeuchtung durch die Nutzung (vgl. Abb. 07 und Abb. 08). Hierbei sind Dusch- und Kochprozesse aber auch die Feuchtigkeit zu nennen, die beim Atmen an die Raumluft abgegeben wird. Bei allen anderen Räumen ist die Lüftung über manuell geöffnete Fenster ebenso zulässig wie eine apparative Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe oder Ventilatorgestützte Geräte. Insbesondere für die Abfuhr sommerlicher Wärme und Abfuhr von Neubaufeuchte wird in der Regel allein auf Fensterlüftung zurückgegriffen (vgl. Abb. 07).

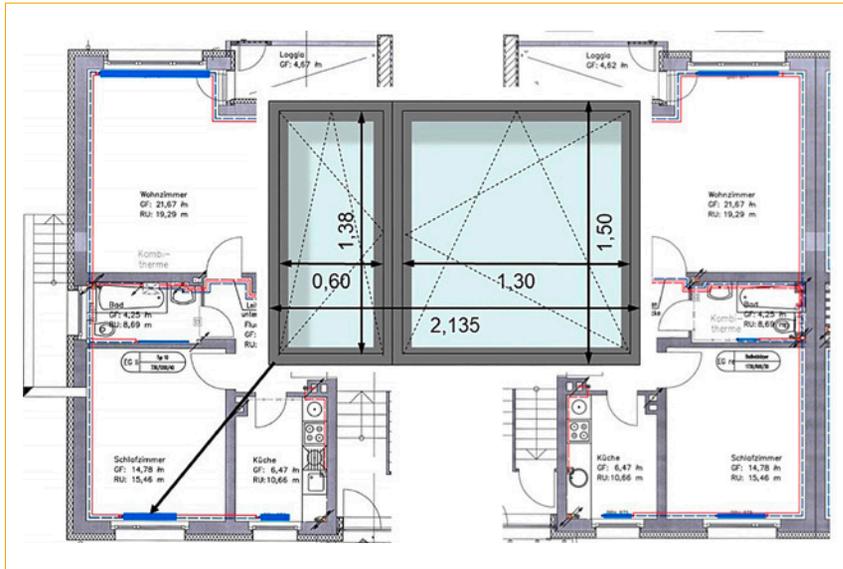


**Abb. 07:** Auffeuchtung der Innenluft durch Neubaufeuchte [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]



**Abb. 08:** Auffeuchtung durch die Nutzung: Wäschetrocknen, Pflanzen usw. [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Aus öffentlich-rechtlicher Sicht benötigen fensterlose Küchen, Kochnischen, Bäder und Toilettenräume nach **Bauaufsichtlicher Richtlinie** eine mechanische Lüftung, ein Entlüftungssystem, um die in diesen Räumen entstehenden Geruchsstoffe und Feuchtemassen abzuführen.



**Abb. 09:** Grundriss mit fensterlosem Badezimmer (rechter Ausschnitt) und Badezimmer mit Fenster [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Die in der Bauaufsichtlichen Richtlinie beschriebenen Volumenströme sind über ein Entlüftungssystem sicherzustellen. Die Auslegung der Volumenströme erfolgt nach DIN 18017-3.

**Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen**

**2 Lüftungstechnische Mindestanforderungen**  
*Jeder fensterlose Raum muss unmittelbar durch eine mechanische Lüftungsanlage entlüftet werden können und eine Zuluftversorgung haben. ...*

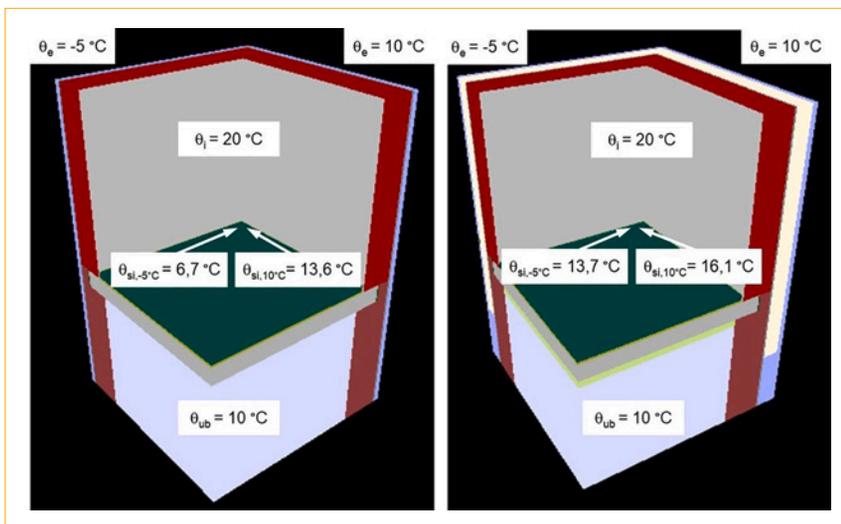
Fensterloser Raum	Luftvolumenstrom in m <sup>3</sup> /h	
	Betriebsfall A nutzerunabhängig	Betriebsfall B nutzerabhängig
<b>Küche</b>		
- Grundlüftung	40	60
- Stosslüftung	200	200
Kochnische	40	60
Bad (auch mit WC)	40	60
Toilettenraum	20	30

**Abb. 10:** Luftvolumenströme differenziert nach dem jeweiligen Betriebsfall gemäß Bauaufsichtlicher Richtlinie [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Die mit geöffneten Fenstern hervorgerufenen Volumenströme können ebenso wie eine apparative Lüftung berechnet werden. In der **DIN/TS 4108-8** werden hierzu Rechenalgorithmen beschrieben.

Für das in Abbildung 9 gezeigte Schlafzimmer wurden auf dieser Basis die vorhandenen Volumenströme in Abhängigkeit von der Fensterstellung ermittelt. Diese sind in Abhängigkeit von den zu lösenden Fragestellungen den jeweils erforderlichen Volumenströmen gegenüberzustellen. So ergibt sich in Abhängigkeit von der niedrigsten Oberflächentemperatur der zur Vermeidung von Schimmel erforderliche Volumenstrom (vgl. Abb. 11 und Abb. 12).

Das dargestellte Schlafzimmer befindet sich im Erdgeschoss oberhalb eines nicht beheizten Kellers. Die niedrigste Oberflächentemperatur ergibt sich abhängig vom Dämmstandard.



**Abb. 11:** Die niedrigsten Oberflächentemperaturen ergeben sich oftmals in den Raumecken. In Abhängigkeit vom Dämmstandard liegt im energetisch nicht modernisierten Fall (linke Abbildung) eine Oberflächentemperatur von  $\theta_{si} = 6,7\text{ °C}$ ; im energetisch modernisierten Fall (rechte Abbildung) indes eine Oberflächentemperatur von  $\theta_{si} = 13,7\text{ °C}$ . [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Die Berechnung des notwendigen Außenluftvolumenstroms und der Lüftungsdauer für das beispielhafte Schlafzimmer erfolgt bei einem Feuchtegehalt der Raumluft von  $\Phi_1=50\%$  in Abhängigkeit von der Fensterstellung (vgl. Abb. 12).

**Schlafzimmer: Ermittlung der Lüftungsdauer in Abhängigkeit von der Fensterstellung**

	Fensterstellung	vorhandener Volumenstrom	erforderlicher Volumenstrom	Lüftungsdauer in Minuten / h
Fall 1: Altbau, $\theta_e = -5\text{ °C}$	vollständig geöffnete Fensterflügel	2.399	30	0,8
	Kipplüftung	164		11,0
Fall 1: Altbau, $\theta_e = 10\text{ °C}$	vollständig geöffnete Fensterflügel	1.693	61	2,1
	Kipplüftung	116		31,4
Fall 2: Altbau energetisch modernisiert, $\theta_e = -5\text{ °C}$	vollständig geöffnete Fensterflügel	2.399	15	0,4
	Kipplüftung	164		5,4
Fall 2: Altbau energetisch modernisiert, $\theta_e = 10\text{ °C}$	vollständig geöffnete Fensterflügel	1.693	30	1,0
	Kipplüftung	116		15,3

**Abb. 12:** Vorhandene Volumenströme in Abhängigkeit von der Fensterstellung nach DIN/TS 4108-8, gegenübergestellt den aus den minimalen Oberflächentemperaturen ermittelten erforderlichen Volumenströmen zur Vermeidung von Schimmel [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

### Auswahl des Lüftungssystems

Das »eine« Lüftungssystem, das allgemeingültig empfohlen werden kann, gibt es jedoch nicht. Zu verschieden sind die Anforderungen und Befindlichkeiten von Auftraggebern und Nutzern. Angewendet werden können alle in der Entscheidungsmatrix in Abbildung 16 enthaltenen Systeme. Die Entscheidung, welches Lüftungssystem eingesetzt wird, trifft der Besteller.

Hierzu müssen die Anforderungen, die eine Lüftung erfüllen soll, unter Beachtung einerseits **gesetzlicher Regelungen** (siehe oben) und andererseits der **Nutzerbedürfnissen** festgelegt und ein Lüftungskonzept erstellt werden. Dazu gilt es, über die Vor- und Nachteile der zur Verfügung stehenden Lüftungssysteme zu informieren und dabei unter anderem über deren Eigenschaften, Folgen und Risiken informieren.

Dabei ist wichtig, dass das Lüftungskonzept nicht die Auslegung des Lüftungssystems und der notwendigen Volumenströme umfasst. Erst nachdem festgelegt wurde, wie die Wohnräume belüftet werden sollen, kann dies bei der Planung des konkreten Lüftungssystems erfolgen.

### Das Lüftungskonzept

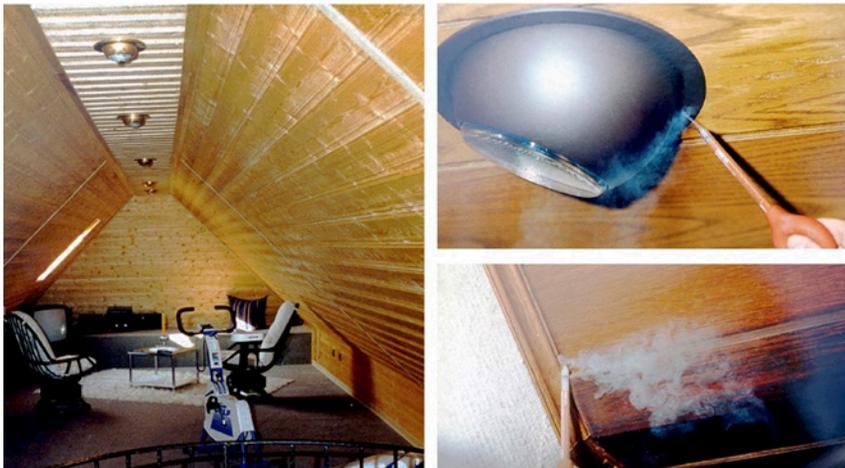
Der Begriff Lüftungskonzept wird in der Baupraxis unterschiedlich interpretiert und ist inhaltlich nicht zwingend an die DIN 1946-6 gekoppelt.

Im Kontext des Merkblatts ermöglicht das Lüftungskonzept, eine Entscheidung für oder gegen ein Lüftungssystem zu treffen. Es beantwortet die Frage, wie ein konkretes Wohngebäude belüftet werden muss und kann.

Das Lüftungskonzept muss Antworten auf folgende Fragen beinhalten:

- Was soll bzw. muss durch das Lüften in diesem Bauvorhaben erreicht werden?
- Welche Lüftungssysteme sind dafür geeignet?
- Welche Konsequenzen ergeben sich aus der Wahl des Lüftungssystems?

Bei der Sichtweise der DIN 1946-6 muss insbesondere die Anrechnung des Außenluftvolumenstroms über Leckagen in der Gebäudehülle kritisch hinterfragt werden: Undichtigkeiten und über Infiltration hervorgerufene Volumenströme sind völlig ungeeignet, einen gezielten und schadenfreien Feuchteabtransport nach außen sicherzustellen und können zu fatalen Feuchteschäden führen (vgl. Abb. 13 und Abb. 14).



**Abb. 13:** Undichtigkeiten sind ungeeignet, bestimmungsgemäß in den Räumen Feuchtigkeit abzuführen [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]



**Abb. 14:** Fatale Schädigungen infolge von konvektivem Feuchteintrag über Undichtheiten in eine Holzkonstruktion [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Aus dem Dichtheitskennwert (messtechnisch ermittelter Gesamtvolumenstrom bei 50 Pascal Druckdifferenz geteilt durch das Bezugsvolumen) eines Gebäudes kann zudem nicht abgeleitet werden, wo sich Undichtheiten im Einzelnen befinden und ob diese geeignet sind, den notwendigen Volumenstrom zur Feuchteabfuhr in dem jeweiligen Raum mit Feuchtefreisetzung sicherzustellen.

### **Geeignete Lüftungssysteme**

In der Studie werden die im Wohnungsbau üblichen Lüftungssysteme näher beschrieben und deren Vor- und Nachteile angesprochen. Dabei wird herausgestellt, dass jedes der hier behandelten Lüftungssysteme **mehr oder weniger** nutzerabhängig ist.

Bei der Fensterlüftung sind die Nutzer im Sommer und Winter vollständig für die Gewährleistung des Luftaustauschs verantwortlich. Aber auch, wenn eine sogenannte nutzerunabhängige Lüftung vorgesehen wird, die zum Beispiel über ein Querlüftungssystem mit Außenbauteil-Luftdurchlässen die Lüftung zum Feuchteschutz gewährleistet, muss weiterhin eine manuelle Lüftung über Fenster stattfinden, etwa wenn die Wäsche in der Wohnung getrocknet wird oder für den hygienisch notwendigen Luftaustausch. Und auch bei einer Ventilator-gestützten Lüftung kann es sein, dass die Nutzer aktiv werden, denn zur Abfuhr von sommerlichen Wärmelasten muss gegebenenfalls eine nächtliche Lüftung über geöffnete Fenster erfolgen.

Eine Einordnung und Bewertung erfolgten entsprechend der nachfolgenden Tabelle, wobei die Farben den Bewertungen zugeordnet wurden:

■ → vorteilhaft   ■ → neutral   ■ → nachteilig

Lüftungssystem	1	2	3	4	5	6	7
Kriterien	Fenster	Fenster + Querlüftung über Luftdurchlasse im Außenbauteil	Fenster + Schächtlüftung ACHTUNG: Nur im unveränderten Anlagenbestand!	Fenster + Entlüftungssystem fensterloser Blätter und WCs	Abluftsysteme ohne Bedarfsregelung + Fenster	dezentrales Zu-/Abluftsystem mit WRG + Fenster	zentrales Zu-/Abluftsystem mit WRG + Fenster
Lüftung zum Feuchteschutz / Bautenschutz	■	■	■	■	■	■	■
Hygienische Lüftung / Abfuhr von Schadstoffen	■	■	■	■	■	■	■
Nutzbar für Sommerlüftung, Entspeicherung über LTM	■	■	■	■	■	■	■
Nutzerunabhängiger Luftaustausch	■	■	■	■	■	■	■
Energetische Bewertung im öffentlich-rechtlichen Nachweis	■ höhere Wärmeverluste als Referenzgebäude	■ höhere Wärmeverluste als Referenzgebäude	■ höhere Wärmeverluste als Referenzgebäude	■ höhere Wärmeverluste als Referenzgebäude	■ Referenzgebäude	■ geringere Wärmeverluste als Referenzgebäude	■ geringere Wärmeverluste als Referenzgebäude
Nutzereinfluss auf den Energieverbrauch	■ je nach Nutzeranzahl und Nutzerverhalten						
Schallschutz gegenüber Außenlärm	■ Ausnahme: Hamburger Fenster	■ Ausnahme: Hamburger Fenster	■ Ausnahme: Hamburger Fenster	■ Ausnahme: Hamburger Fenster	■	■	■
Brandschutz	■	■	■	■ Brandabschnitt übergreifend oder wohnungsweise	■ Brandabschnitt übergreifend oder wohnungsweise	■	■ Brandabschnitt übergreifend oder wohnungsweise
Mehrinvestition gegenüber Fenster	■	■ Mehrkosten für ALD	■ Mehrkosten für ALD	■ Mehrkosten für ALD	■	■	■
Wartung	■	■ Mehrkosten Wartung ALD	■ Schacht und ALD	■ Ventilatoren, Strang und ALD	■ Ventilatoren, Strang und ALD	■ Lüftungsgeräte	■ Lüftungsgerät und Luftleitungen
Instandhaltung und Lebensdauer	■	■	■	■ Ventilatoren	■ Ventilatoren	■ Lüftungsgeräte	■ Lüftungsgeräte
Schallschutz innen	■	■ Raumluftverbund	■ Raumluftverbund	■ Raumluftverbund und Ventilator	■ Raumluftverbund und Ventilator	■ Lüftungsgerät im Raum	■ Raumluftverbund
Möglichkeit der Luftfilterung	■	■	■	■	■	■	■
Kombinierbar mit Fensterlüftung	■ entfällt	■ obligatorisch	■ obligatorisch	■ obligatorisch	■ möglich	■ möglich	■ möglich
Thermische Konditionierung der Zuluft im Winter	■	■	■	■	■	■	■
Thermischer Komfort im Winter	■	■	■	■	■ abhängig von Anordnung der Wärmeübergabe und individuellen Nutzerwahrnehmung	■ abhängig von der Temperatur der Zuluft	■ abhängig von der Temperatur der Zuluft
Thermischer Komfort im Sommer über Fensterlüftung	■	■	■	■	■	■	■

**Abb. 15:** Entscheidungsmatrix für Planer zur Auswahl und Diskussion möglicher Lüftungssysteme – ausführliche Beschreibungen finden sich in der Lüftungsstudie [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]

Anhand der in Abbildung 15 aufgeführten Kriterien sind Besteller entscheidungsfähig zu machen.

**Juristische Stellungnahme (bearbeitet von Rechtsanwältin Elke Schmitz)**

Welche Haftungsrisiken bestehen bei Erstellung von Lüftungskonzepten und wie sind diese zu vermeiden? Die Beantwortung dieser Frage ergibt sich aus den bauordnungs- und vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen. Aus diesen resultieren wesentliche Vertragspflichten und damit Handlungsanweisungen zur Risikominimierung.

**Vertragsrechtliche Bedeutung des Bauordnungsrechts**

Das Bauordnungsrecht einschließlich der Technischen Baubestimmungen (MVV/TB) sowie den in Bezug genommenen Normen (hier vor allem DIN 4108-2) ist zwingend zu beachten. Dessen Einhaltung ist daher stets Bestandteil der geschuldeten Leistung. Das Bauordnungsrecht beschränkt sich auf die Vorgabe von Schutzziele und Zwecken der Wohnungslüftung, sodass es dem Anwender überlassen bleibt, wie diese sicherzustellen sind (Wahl von Nachweisverfahren und Lüftungssystem). Aus den normativ in Bezug genommenen Regelungsinhalten folgt die Planungsaufgabe, Nutzungsrandbedingungen in Abhängigkeit vom Einzelfall zu konkretisieren. Aus bauordnungs- und vertragsrechtlicher Sicht ist daher vom Planer zu prüfen, ob dies für die Ermittlung von notwendigen Luftwechseln zum Feuchteschutz und sonstiger Lüftungszwecke erforderlich ist.

**Welcher Weg führt sicher zum Ziel?**

Planer schulden ein funktionstaugliches Lüftungskonzept als Grundlage für ein funktionstaugliches Wohnungslüftungssystem. Die Planung ist mangelhaft, wenn das Lüftungskonzept nicht funktioniert, der Vertragszweck nicht erfüllt ist. Vertragszweck ist die Ermittlung von notwendigen Luftwechseln zum Feuchteschutz sowie sonstiger Lüftungszwecke als Voraussetzung für die Festlegung eines geeigneten Lüftungssystems. Es ist daher Aufgabe des Planers zu prüfen, welcher Leistungsumfang erforderlich ist, um das vereinbarte Ziel zu erreichen. Sowohl die anvisierten Vertragsziele – hier vor allem die jeweils konkreten Zwecke und Eigenschaften der Wohnungslüftung – und die »Wege zum Ziel« (Leistungsumfang) sind planerisch zu erfassen und als »Sollbeschaffenheit des Lüftungskonzeptes« zu vereinbaren.

**Haftungskontrolle durch Aufklärung und Beratung**

Aufklärungs- und Beratungsleistungen sind von zentraler Bedeutung für die rechtssichere Erstellung von Lüftungskonzepten. Dabei obliegt es dem Werkunternehmer, den »Weg zum Ziel« zu kennen und etwaige diesbezügliche Risiken zu erkennen. Bei Erstellung von Lüftungskonzepten gilt dies insbesondere im Hinblick auf die in Betracht kommenden Nachweisverfahren zur Ermittlung notwendiger Luftwechsel sowie die in der Folge möglichen Lüftungssysteme. Diesbezüglich sind Auftraggeber unter Zugrundelegung der konkreten Nutzungsrandbedingungen über jeweilige Vor- und Nachteile, Eigenschaften, Kosten, Zielkonflikte usw. zu informieren. Planer müssen im Streitfall darlegen

und beweisen, dass Auftraggeber ihre Entscheidung in Kenntnis von deren Bedeutung und Tragweite getroffen haben. Daher sollten Entscheidungsfindungsprozesse ebenso schriftlich dokumentiert werden wie die auftraggeberseitige Entscheidung als solche.

Inhalt, Umfang und Reichweite von Aufklärungs- und Beratungspflichten bestimmen sich nach den für die Willensbildung des Auftraggebers maßgeblichen Umständen des Einzelfalls. Wesentlich sind daher alle Informationen mit Bedeutung für die Entscheidungsfindung des Auftraggebers bezüglich Nachweisverfahren und Lüftungssystem. Aufklärungs- und Beratungsbedarf kann sich unter anderem schon daraus ergeben, dass sowohl lüftungstechnische Maßnahmen, die Fensterlüftung als auch deren Kombination bauordnungsrechtlich zulässig sind. Auch dass zur Lösung der Planungsaufgabe unterschiedliche Nachweisverfahren in Betracht kommen, ist mit Auftraggebern zu besprechen. Ebenso dürfte für die Willensbildung von Auftraggebern relevant sein, dass eine detaillierte Betrachtung der Nutzungsrandbedingungen in Abhängigkeit vom Einzelfall wesentlich zur Vermeidung von Feuchterisiken, der Optimierung energetischer Einsparpotenziale und Baukosten beitragen kann.

### **Unterschiedliche Auffassungen in Fachkreisen**

Das gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass in Fachkreisen unterschiedliche Auffassungen hinsichtlich der »technischen« Eignung der zur Verfügung stehenden Nachweisverfahren und möglichen Lüftungssysteme anzutreffen sind. Aktuell ist daher ungewiss, ob hier einschlägige normative Inhalte (DIN/TS 4108-8, DIN EN 16798-7, DIN 1946-6) den rechtlichen Status einer »anerkannten Regel der Technik« im Streitfall für sich in Anspruch nehmen können. Folglich besteht für alle Baubeteiligten ein Beweisrisiko.

In dieser Sachlage ist haftungsrechtlich entscheidend, ob für den Planer mit der Anwendung eines Nachweisverfahrens erkennbar Risiken für die Sicherstellung notwendiger Luftwechsel zum Feuchteschutz und sonstiger Lüftungszwecke verbunden sind.

Auch unter diesem Aspekt des ungewissen »rechtlichen Status« der hier einschlägigen Technischen Regeln/DIN-Normen sind Auftraggeber auf Grundlage von Aufklärung und Beratung in die Lage zu versetzen, eine Entscheidung für oder gegen ein Nachweisverfahren sowie für oder gegen ein bestimmtes Lüftungssystem zu treffen.

**Rechtliches Fazit**

Die Befassung mit den Nutzungsanforderungen stellt sich daher auch aus rechtlicher Sicht als zentrale Einflussgröße für Planungs- und Rechtssicherheit dar. Zugleich kann nur auf dieser Grundlage sichergestellt werden, dass das gewählte Lüftungssystem auch unter dem Einfluss des »realen« Nutzers funktioniert.

Stefan Horschler ist Inhaber des Büros für Bauphysik in Hannover. Oliver Solcher ist Inhaber des Ingenieurbüros für Wärmetechnik in Berlin sowie Geschäftsführer des Fachverbands Luftdichtheit im Bauwesen in Berlin. Elke Schmitz ist Inhaberin der Kanzlei Schmitz in Bremen.

Die Studie »Studie zum Lüften von Wohnungen« entstand im Auftrag der Bundesarchitektenkammer und Länderarchitektenkammern, der Bundesingenieurkammer sowie einer Vielzahl von Verbänden der Bau- und Wohnungswirtschaft sowie Interessenverbänden der Lüftungsindustrie und wurde 2021 veröffentlicht. Die Ergebnisse wurden für den vorliegenden Beitrag zusammengefasst und ergänzt. Die Studie und das Merkblatt »Lüften im Wohnungsbau« können über die beteiligten Verbände und Kammern bezogen werden.

### 3.3 Gebäudeintegrierte PV-Anlagen – Was steckt dahinter?



Carsten Grobe

Photovoltaikanlagen können als Aufdach-System oder auch als Indach-System, also ohne zusätzliche Dacheindeckung montiert werden. Als Weiterentwicklung von Photovoltaikanlagen gelten sogenannte PVT-Anlagen (Photovoltaisch-Thermische Anlagen). Hier werden Photovoltaik und Solarthermie miteinander kombiniert, sodass die Anlage gleichzeitig elektrische und thermische Energie, also Strom und Wärme, erzeugt. Auch für PVT-Anlagen besteht die Möglichkeit der Indach-Montage als sogenannte gebäudeintegrierte PVT-Anlage.

#### Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen



**Abb. 01:** Fertiggestellte Indach-PV-Anlage auf der Grundschule Gronau (Plusenergie-Neubau, Fertigstellung 04/2012) [Foto: Marvin Rust, rust media solutions]

Der Einsatz von gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen bietet sich insbesondere bei Neubauten, Dachsanierungen und Nutzgebäuden an. Diese vollintegrierte Dacheindeckung kann mit Photovoltaikmodulen, Dachfenstern, Solarthermie und Blindplatten für sonstige Dacheinbauten architektonisch gestaltet werden und verleiht dem Gebäude ein ästhetisch hochwertiges Erscheinungsbild. Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen gelten noch als Nischenprodukt. Dabei haben sie viele Vorteile gegenüber einer Aufdachmontage. Sie ersetzen die übliche Dacheindeckung, sind regendicht, bieten durch den Einsatz von Blindmodulen an Dachrandbereichen oder Dacheinbauten (zum Beispiel

Fenster oder Schornsteine) ein einheitliches Erscheinungsbild und erfüllen somit den Anspruch an ein optisch hochwertiges, ökologisches Gebäude. Durch den Wegfall der Dacheindeckung beispielsweise mit Ziegeln können rund 40 Prozent der Kosten für eine Indach-Photovoltaikanlage gegengerechnet werden, wodurch sie bei Neueindeckung oder Sanierung letztlich wirtschaftlicher als Aufdach-Anlagen sind.

Ein weiterer Vorteil dieses Systems, insbesondere für Dachsanierungen mit bestimmten Lastvorgaben, ist die geringe Eigenlast. PV-Indach-Systeme sind weniger als halb so schwer wie marktübliche Dachziegel. Die rahmenlosen Module werden nach dem Überschuppungsprinzip verlegt. Dadurch werden keine (UV-anfälligen) Gummidichtungen benötigt. Da diese Art der Verlegung regendicht ist, kann das Unterdach, je nach Dachneigung, diffusionsoffen mit ökologischen Baustoffen (Holzfaserplatten ohne Folie) ausgeführt werden. Die Module können einzeln entnommen werden. Aufgrund der Hinterlüftung jedes einzelnen Moduls ist von einer Ertragssteigerung gegenüber anderen Indach-Systemen auszugehen. Weitere Vorteile sind Langlebigkeit, verbesserter UV-Schutz bei Flachdächern gegenüber aufgeständerten PV-Anlagen sowie die Möglichkeit der Zulassung als harte Bedachung, was insbesondere für Brandschutzanforderungen von Bedeutung ist. Bei geringen Dachneigungen ist die Befestigung auch durch Auflast, also ohne Verschraubung und Durchdringung der Folie oder nur mittels punktuell verschraubter Windsogsicherungen möglich. Das System ist zudem auch für die Montage an Fassaden geeignet.

### **Gebäudeintegrierte Photovoltaisch-Thermische Anlagen**

Die gebäudeintegrierten Montagesysteme werden stetig weiterentwickelt, auch im Hinblick auf die Kombination mit Solarthermie. Wird eine Indach-Photovoltaikanlage mit Solarthermie ohne zusätzlichen Flächenbedarf kombiniert, spricht man von einer gebäudeintegrierten photovoltaisch-thermischen Anlage, die gleichzeitig Strom und Wärme auf einer Fläche produziert. Die Unterkonstruktion dient konstruktiv beiden Teilen der PVT-Anlage. Dabei handelt es sich um einen ungedämmten (unabgedeckten) PVT-Kollektor, bei dem der Wärmeübertrager nicht sichtbar unter dem PV-Modul angeordnet ist. Die durch die Energie der Solarstrahlung und aus der Umgebungsluft gewonnene Wärme kann als Wärmequelle für eine Wärmepumpe sowie zur Regeneration von Erdwärmekollektoren oder Erdwärmesonden und zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Überschüssige Abwärme aus Kühlprozessen kann über die Kollektorflächen abgeleitet werden. Da das Montagesystem universell für PV und PVT eingesetzt werden kann, ist optisch kein Unterschied erkennbar.

Ein zusätzlicher Benefit solcher Anlagen ist ein höherer Stromertrag der PV-Module durch die kontinuierliche Wärmeabfuhr über die darunter angeordneten thermischen Kollektoren. Werden gebäudeintegrierte PVT-Anlagen mit einer Wärmepumpe gekoppelt,

können die PV-Module im Winter mithilfe der Wärmepumpe von Schnee befreit werden. Sommerlicher Solarüberschuss der anfallenden Kollektorwärme kann zur Regeneration der Geothermie, von Eisspeichern sowie zur Schwimmbaderwärmung eingesetzt werden.

Insbesondere bei größeren Erdwärmesonden sollte die Regeneration in der Planungsphase mitbedacht werden, um die Effizienz der Anlage langfristig zu erhalten und Bau-schäden zu verhindern. Ohne Regeneration kühlt das Erdreich um die Sonde im Laufe der Jahre stark ab, was zu einer verminderten Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe führt. Besonders in dicht bebauten Gebieten kann die fehlende Wärmezufuhr von der Seite dazu führen, dass die Bodentemperatur so weit sinkt, dass die Funktion der Anlage beeinträchtigt wird. Eine Regeneration durch gezielte Erwärmung des Erdreichs im Sommer stellt sicher, dass die Bodentemperatur stabil bleibt, die Jahresarbeitszahl der Anlage steigt und Schäden wie Vereisung und Frostschäden in und um die Sonden herum vermieden werden.

### **Praktische Umsetzung**

Das Architektur- und TGA-Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus plant bereits seit 14 Jahren gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen und seit rund 5 Jahren gebäudeintegrierte PVT-Anlagen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die stärkere Einbindung von Dachdeckern bei Indach-Anlagen. Durch Vorträge bei Kommunen, Architekten, in Instituten und Firmen wird versucht, diesbezüglich Aufklärungsarbeit zu leisten. Trotz der Solarpflicht, die in einigen Bundesländern bereits auch für Wohngebäude gilt, gibt es noch viele Dachdecker, Planer usw., die bislang wenig Berührungspunkte mit Indach-Photovoltaik haben.

Aus Gründen der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit wird bei der Planung von Indach-Photovoltaikanlagen auf ein Montagesystem mit einer möglichst hohen Lebensdauer der eingesetzten Materialien wie Aluminium und Glas-Glas-Module gesetzt. Klebstoffe und Kunststoffdichtungen werden vermieden. Modulverlängerungsprofile, die auf die Oberkante der Module gesteckt werden, sorgen ebenfalls für die Dichtigkeit, insbesondere bei flach geneigten Dächern. Außerdem werden diese eingesetzt, wenn eine harte Bedachung erforderlich ist. Aufgrund des geringen Gewichts von 16 Kilogramm pro Quadratmeter ist das Montagesystem auch auf Dächern einsetzbar, wo Aufdach-Anlagen aus statischen Gründen nicht umsetzbar sind. Dies spielt insbesondere bei denkmalgeschützten Gebäuden eine wichtige Rolle, da durch den Verzicht einer statischen Ertüchtigung der Eingriff in die historische Substanz gering ausfällt und das Indach-System somit statisch und optisch eher genehmigt wird.

### **Beispiel: Die Sanierung des Dänischen Pavillons auf dem EXPO-Gelände in Hannover**

Die Sanierung des Dänischen Pavillons zum Plusenergiegebäude wurde mit einer gebäudeintegrierten Photovoltaisch-Thermischen Anlage realisiert. Dafür wurde PVT-

Technologie mit Wärmepumpentechnik und verschiedenen Erdreichwärmequellen als Teil eines innovativen Gebäudegesamtkonzeptes miteinander kombiniert.

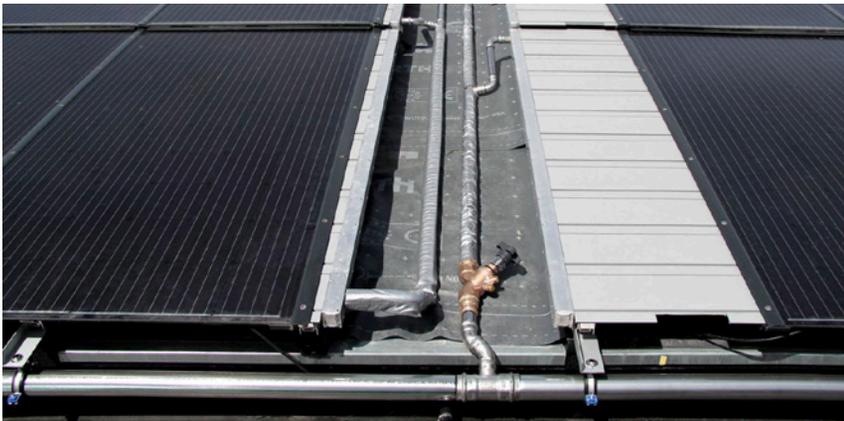
Das Architektur- und TGA-Planungsbüro Grobe sanierte den Dänischen EXPO-Pavillon in Hannover zu einem hochenergieeffizienten Büro- und Veranstaltungsgebäude als Plusenergiegebäude. Im Hauptgebäude sind bis zu 35 Arbeitsplätze untergebracht. Die Besprechungsräume und die drei zum Gebäudekomplex gehörenden Nebengebäude mit einer Großküche können für vielfältige Veranstaltungen wie Tagungen, Seminare und sonstige Firmenveranstaltungen oder auch für Hochzeiten gemietet werden. Die Einbindung von (öffentlicher und firmeneigener) E-Mobilität ist ein Pluspunkt für Gäste und Mitarbeiter.

Ziel der Sanierung war es, ein öffentlichkeitswirksames Gebäude mit herausragender Gestaltung und ökologischer Innovationskraft zu erstellen. Grundlage war der Energiestandard für die Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten (Energy Retrofit with Passive House Components – EnerPHit) und eine möglichst hohe Deckung durch erneuerbare Energien, also ein möglichst hoher Autarkiegrad. Dafür wurde im ersten Schritt der Energiebedarf (zum Beispiel für Heizen, Kühlen, Lüftung, Beleuchtung) des Gebäudekomplexes ohne Komfortverzicht mit passiven Maßnahmen um ca. 75 Prozent gegenüber dem Bestand reduziert. Die Außenwände und Dächer wurden hierfür nachträglich gedämmt und die energetische Ertüchtigung der vorhandenen Pfosten-Riegel-Fassade wurde projektspezifisch entwickelt und umgesetzt. Zusätzlich wurden Lüftungsgeräte mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 75 bis 95 Prozent eingebaut.



**Abb. 02:** Luftbild Dänischer Pavillon mit PVT-Anlage [Foto: Architektur- und TGA-Planungsbüro Grobe]

Das Herzstück der Gebäudetechnik für Heizen und Kühlen und zur Stromerzeugung ist die Kombination aus einer gebäudeintegrierten, regendichten photovoltaisch-thermischen Anlage und einer Wärmepumpe mit Erdsonden und -kollektoren. So konnten die Gasheizung und die ineffiziente Ammoniak-Kälteanlage komplett ersetzt werden. Die Heiz- und Kühlleistung vor der Sanierung lag bei rund 500 Kilowatt. Nun erfolgt eine passive Kühlung über die PVT-Kollektoren und das Erdreich, das im Sommer über die PVT-Kollektoren und die Gebäudeabwärme regeneriert wird. Der sehr geringe Restenergiebedarf kann bilanziell vollständig über Erneuerbare Energien gedeckt werden (375 Quadratmeter PV-gekoppelt mit 230 Quadratmetern PVT-Anlage, 600 Meter Erdsonden, 360 Quadratmeter doppellagige Erdkollektoren).



**Abb. 03:** Hydraulische Anbindung der Wärmeübertragungsfelder (Wartungsgang wird durch PV-Modul verdeckt) [Foto: nD-System GmbH]

### Monitoring

Über ein Betriebsmonitoring können sowohl die Energieverbräuche als auch die Energieerzeugung kontinuierlich überwacht und das Gesamtkonzept somit in der Praxis überprüft und optimiert werden.

Die Auswertungen zeigen, dass das PVT-System ca. 30 Prozent der Quellenenergie zum Heizen bereitstellt. Zusätzlich werden rund 38 Prozent der Abwärme aus dem Gebäude über die PVT-Kollektoren abgeführt. Durch den Kühlbedarf des Gebäudes kann die solare Regeneration lediglich außerhalb der Kühlperiode genutzt werden. Dennoch erfolgen ca. 47 Prozent der Erdwärmeregeneration durch solare Wärme aus den Kollektoren. Der jährliche Energieeintrag in und der jährliche Energieentzug aus dem Erdreich sind damit gleich groß (Abweichung  $\pm 2$  Prozent). Die Temperatursensoren im Erdreich zeigen, dass – obwohl die Erdwärmequellen unterdimensioniert wurden – auch langfristig mit einem effizienten Betrieb zu rechnen ist.

### Projektförderung

Für die Sanierung des Dänischen Pavillons konnten verschiedene Fördermittel in Anspruch genommen werden:

- proKlima – Der enercity-Fonds Hannover: Förderung der Komplettmodernisierung mit Passivhauskomponenten inklusive Bonus für die Verbrauchsdatenauswertung und die Einzelförderung für Energiekonzept und Monitoring,
- Landeshauptstadt Hannover: Hannover stromert – E-Tankstelle mit Batteriespeicher,
- Region Hannover: Leuchtturmförderung 2018: innovative PVT-/Wärmepumpenanlage im Rahmen der Sanierung des Dänischen EXPO-Pavillons,
- DBU – Deutsche Bundesstiftung Umwelt: Ökologische Sanierung zum Plusenergiegebäude mit innovativer PVT-Wärmepumpenanlage,
- KfW – Kreditanstalt für Wiederaufbau: Programm 277 »Energieeffizient Bauen und Sanieren«, EH 70.

### Serielles Bauen: PVT-Module vorab montieren, dann aufs Dach setzen und anschließen

Auch PVT-Anlagen werden kontinuierlich weiterentwickelt. Zum einen werden diese Anlagen immer effizienter, zum anderen können auch bis zu fünf vorgefertigte Solarmodule inklusive thermischer Absorber mit dem Kran auf das Dach gehoben werden. Gerade im städtischen Bereich ist die Vorfertigung in der Fabrikhalle hilfreich, um schnellere Bauzeiten und kürzere Gerüststandzeiten zu erreichen. Der Einsatz von PVT-Anlagen als alleinige Wärmequelle in der Stadt wird sich zukünftig vermehrt durchsetzen, da die Wärmequelle unter der PVT-Anlage im Gegensatz zu Luft-Wasser-Wärmepumpen unsichtbar ist und geräuschlos arbeitet.

Carsten Grobe gründete im Jahr 2000 das Architektur- und TGA-Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus. Ziel des Büros ist es, ökologisch vernünftige und energetisch optimierte Bauprojekte unter wirtschaftlichen Aspekten in die Realität umzusetzen. Aus dieser Philosophie heraus hat sich das Büro auf den Bau und die Konzeption von qualitativ hochwertigen Gebäuden im Passivhausstandard und darüber hinaus auf Plusenergiegebäude spezialisiert.

### 3.4 Bestandsaufnahme der aktuellen und der zu erwartenden Schadenfälle an Wärmepumpen



Bertrand Chauvet



Samuel Daucé

#### Hintergrund

Ende September 2023 kündigte der französische Präsident Emmanuel Macron nach der Sitzung des Ökologischen Planungsrats an, dass er die Zahl der in Frankreich produzierten Wärmepumpen bis 2027 verdreifachen wolle. Bis dahin sollen eine Million Geräte in Frankreich eingebaut sein und 30.000 Installateure ausgebildet werden. In Frankreich wie auch in anderen europäischen Ländern würde der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen eine wichtige Maßnahme darstellen, um die für den Gebäudesektor festgelegten Ziele zur Reduzierung der Treibhausgase zu erreichen und die Abhängigkeit des Landes von ausländischen Energieimporten zu verringern.

Um dieser doppelten Herausforderung gerecht zu werden, bietet die Wärmepumpentechnologie ein großes Potenzial. Bei geringem Energieverbrauch hat sie die einzigartige Fähigkeit, die in unserer Umwelt (Luft, Wasser, Erdreich) vorhandene Wärme zu nutzen und sie auf ein für die Wärmeerzeugung nützlichem Niveau zu heben. Die Fokussierung auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen führt jedoch immer wieder zu der falschen Annahme, dass Wärmepumpen ein standardmäßiger Ersatz für andere Wärmeerzeuger sein könnten.

Wie der Verband négaWatt<sup>1</sup> in seinem Bericht aus dem Jahr 2022 über die Rolle der Wärmepumpe in der Sanierungsstrategie richtig feststellt, ist »[...] eine Wärmepumpe kein Heizkessel«: Damit eine Wärmepumpe ihre volle Wirkung entfalten kann und es nicht zu Leistungsverlusten oder gar Schäden kommt, müssen sowohl bei der Planung als auch bei der Umsetzung und Nutzung genaue Regeln eingehalten werden.

Um Fachleuten und Privatpersonen die Bedeutung der Einhaltung dieser Regeln zu verdeutlichen, hat die Agence Qualité Construction (AQC) in den letzten Jahren mehrere Umfragen durchgeführt, die sich mit dem Einsatz von Wärmepumpen im Neubau und Bestand beschäftigen. Die Rückmeldungen wurden nach einer Methode analysiert, die von der AQC bereits im Rahmen ihres Programms REX BP® (*Bâtiments performants*)

<sup>1</sup> Vgl. <https://negawatt.org> [abgerufen am: 13.08.2024]

»Effiziente Gebäude« erprobt wurde. Durch die Auswertung ist es möglich, bestimmte schädliche, aber auch positive Praktiken zu erkennen und verstehen.

Die Ergebnisse sollen sowohl in die Berufs- und Ausbildungspraxis einfließen als auch die Überlegungen und Maßnahmen der öffentlichen Hand im Vorfeld der angekündigten Massenproduktion unterstützen.

Nachfolgend werden die wichtigsten Erkenntnisse dargestellt.

### **Feststellungen zur Dimensionierung**

*Feststellung 1:* Bei der Renovierung werden die Eigenschaften des jeweiligen Gebäudes (zum Beispiel Volumen, Wärmedämmung, Art des Gerätetypen) nur teilweise berücksichtigt, um das geeignete Gerät bzw. die erforderliche Leistung der Wärmepumpe zu ermitteln.

*Risiken:* Überdimensionierung, Unterdimensionierung, nicht erreichte Soll-Temperaturen, Verschlechterung des COP (*Coefficient of Performance*, Leistungszahl), vorzeitiger Verschleiß der Geräte

*Empfohlene Vorgehensweise:* Dimensionierung und Auswahl der Wärmepumpe unter Berücksichtigung aller Projektdaten (zum Beispiel Energiequelle, Art des Gerätetypen, Energieverluste des Projekts); systematische Begehung vor Ort und Verwendung geeigneter Dimensionierungstools, die eine thermische Studie integrieren, wie zum Beispiel die im Rahmen des PROFEEL-Programms<sup>2</sup> entwickelte Anwendung PAC Réno<sup>3</sup>

*Feststellung 2:* Bei der Renovierung werden Wärmepumpen in unzureichend wärmegeämmten Gebäuden installiert oder als Ersatz für Heizkessel eingesetzt, die mit hohen Betriebstemperaturen zwischen 65 und 90 °C arbeiten.

*Risiken:* ungeeignete Wärmepumpen-Typen, schlechtere Wirkungsgrade, nicht erreichte Soll-Temperaturen

*Empfohlene Vorgehensweise:* Wärmepumpe in einen umfassenden Renovierungsprozess einbinden; vor der Installation gerade in wenig energieeffizienten Gebäuden nachträglich eine ausreichende Wärmedämmung und Luftdichtheit vorsehen; die interne Mecha-

---

2 Das PROFEEL-Programm ist das Ergebnis einer Mobilisierung von 16 Berufsverbänden des Baugewerbes, die sich ab 2018 zusammengeschlossen haben, um gemeinsam zur notwendigen Beschleunigung und Verlässlichkeit der energetischen Sanierungen beizutragen.

3 Vgl. <https://pacreno.fr> [abgerufen am: 13.08.2024]

nik zur Aufrechterhaltung eines konstanten Temperaturunterschieds zwischen Vor- und Rücklauf eines Fußbodenheizungskreislaufs kennen

### **Feststellungen zur Installation und Wartung**

*Feststellung 1:* Die Fläche und das Volumen der technischen Räume sind zu gering, der Zugang zu den verschiedenen Anlagenkomponenten ist kompliziert.

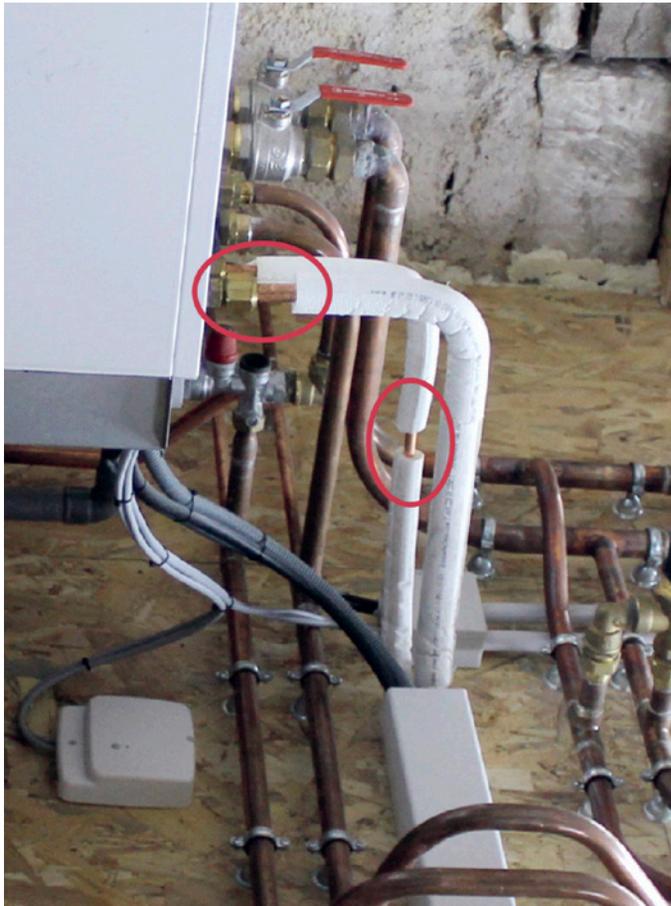


**Abb. 01:** Um die Entfernung zwischen der Wärmepumpe und der Außeneinheit zu begrenzen, wurde der Technikraum an einem anderen Ort als ursprünglich geplant untergebracht. Der neu gewählte Raum ist kleiner und erfordert daher, dass die Anlagenkomponenten stark verdichtet eingebaut werden. Es ist eine Trittleiter erforderlich, um Anlagenteile auf der Rückseite der Wärmepumpe zu erreichen. [Foto: AQC]

*Risiken:* Schwierigkeiten beim Zugang für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten und dringende Reparaturen bei Leckagen, Druckverluste aufgrund der Komplexität des Hydraulik- und/oder Kühlsystems (Verzweigungen, Bögen usw.).

*Empfohlene Vorgehensweise:* Einhaltung der von den Herstellern empfohlenen Abstände und Raumgrößen bei der Planung

*Feststellung 2:* Die Kälteverteilungs- und/oder Kaltwasserleitungen sind nur teilweise gedämmt.



**Abb. 02:** Unvollständige Dämmung des Leitungssystems [Foto: AQC]

*Risiken:* übermäßige Energieverluste, geringere Wirkungsgrade, Kondensation auf der Kälteverteilungs-/Kaltwasserleitung, Korrosion



**Abb. 03:** Bei einer vertikalen Wasser-Wasser-Geothermieanlage ohne durchgehende Wärmedämmung des »kalten« Wasserkreislaufs (in dem Grundwasser mit einer Temperatur von ca. 13 °C zirkuliert) bildet sich vor der Wärmepumpe Kondenswasser, was zu Korrosionsproblemen führt. [Foto: AQC]

*Empfohlene Vorgehensweise:* vollständige Dämmung des wasserführenden Leitungsnetzes mit geeigneten Materialien, Kontrolle der ordnungsgemäßen Durchführung der Dämmarbeiten am Ende der Baumaßnahme

*Feststellung 3:* Die Außeneinheit der Wärmepumpe wird ohne vorherige Schallmessung aufgestellt und installiert (Innenhof, Balkon, in der Nähe von Fenstern usw.).

*Risiko:* Die Schallentwicklung der Außeneinheit der Wärmepumpe stellt eine Geräuschbelastigung für die Bewohner (Nutzer und/oder Nachbarn) dar.

*Empfohlene Vorgehensweise:* Untersuchung der bestehenden Einschränkungen (zum Beispiel Nähe zur Nachbarschaft), Einsatz von Lärmschutzwänden, Überprüfung des Schalldruckpegels der installierten Geräte

*Feststellung 4:* Die Wartung der Anlage ist nicht vorgesehen oder wird nicht ordnungsgemäß durchgeführt.

*Risiken:* Verschmutzung der Wärmetauscher, Leckagen, Leistungsverluste der Anlage

*Empfohlene Vorgehensweise:* Angebot eines Wartungsvertrags nach Installation der Anlage, Berücksichtigung der entsprechenden technischen Leitfäden

### **Ausbildung der Installateure**

*Feststellung:* Eine Vielfalt an Lösungen und die schnelle Weiterentwicklung der Anlagensysteme (zum Beispiel Hybrid-Wärmepumpen, zentrale Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern) erfordern eine entsprechende Anpassung des Kompetenzerwerbs.

*Risiken:* Mangelnde Kenntnis über die Anlagensysteme und deren Umsetzung, Auswahl der für die Situation ungeeigneten Systeme, nicht optimale Umsetzung

*Empfohlene Vorgehensweise:* Erstellung und Anpassung von Referenzsystemen und den anerkannten Regeln der Technik, Begleitung und Unterstützung bei der Ausbildung

### **Literatur**

L'Agence Qualité Construction (Hrsg.): REX BP – 12 enseignements à connaître. Paris: Selbstverlag, 2022

L'Agence Qualité Construction (Hrsg.): Qualité construction. La revue de référence des acteurs du bâtiment. N°193 et N°194. Paris: Selbstverlag, 2022

DGALN/DHUP/QC4 (Hrsg.): Etude sur les freins et leviers à la diffusion de la pompe à chaleur en logement collectif. Paris: 2022, <https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/etude-sur-les-freins-et-les-leviers-a-la-diffusion-a713.html?lang=fr> [Stand: 10.01.2024]

**Bertrand Chauvet** ist Regionalvertreter der AQC in Straßburg und zuständig für die Beziehungen der AQC zur deutschsprachigen Welt.

**Samuel Daucé** ist Projektleiter bei der AQC und Technischer Leiter des Programms REX BP® für effiziente Gebäude.

### Über die AQC

Die Agence Qualité Construction (AQC, Agentur für Bauqualität) ist ein gemeinnütziger Verein, der 1982 in Frankreich mit dem Ziel gegründet wurde, Störungen und Unregelmäßigkeiten beim Bauen vorzubeugen und damit die Bauqualität zu verbessern. Mittelpunkt sind dabei mehrere Datenbanken, mit denen verschiedene Ziele zur Verbesserung der Bauqualität erreicht werden sollen, zum Beispiel die Forschung zu Mangel- und Schadensschwerpunkten an Gebäuden, die Bewertung potenzieller Ansprüche und die Identifizierung potenzieller Schadenentstehungen im Zusammenhang mit neuen Baumethoden oder behördlichen oder normativen Änderungen. Basierend auf den Beobachtungen auf nationaler Ebene sind die Maßnahmen und entwickelten Tools darauf ausgerichtet, Fachleute vor Ort in ihrer täglichen Arbeit zu unterstützen und den Fortschritt der Baubranche voranzutreiben.

Die AQC besteht aus 53 Mitgliedsorganisationen. Ihre Geschichte basiert auf dem sogenannten Spinettagesetz von 1978 (Loi Spinetta, Nr. 7812), das alle durch einen entsprechenden Vertrag am Bau Beteiligten zum Abschluss einer Berufshaftpflichtversicherung verpflichtet, die die gesetzlich vorgegebene zehnjährige Gewährleistungsfrist (Garantie décennale) abdeckt.

Der Hauptsitz der AQC befindet sich in Paris. Es gibt Außenstellen in Straßburg, Lyon, Bordeaux und Rennes. Das AQC ist dank seiner regionalen Standorte vor Ort präsent und führt seine Beobachtungs-, Präventions- und Verbesserungsmaßnahmen in Bezug auf die Qualität der Projekte so nah wie möglich vor Ort durch. Diese regionale Verankerung ermöglicht einen ständigen Dialog mit lokalen Bauakteuren zur besseren Verbreitung von Instrumenten und Maßnahmen. Dieser lokale Kontakt gewährleistet auch die ordnungsgemäße Bedarfsmeldung sowie den Austausch und die Verbreitung bewährter Praktiken.

Das Institut für Bauforschung e.V. und die AQC in Frankreich arbeiten auf dem Gebiet der Schadenprävention mit dem Ziel der Qualitätsverbesserung in der Baubranche grenzübergreifend seit vielen Jahren eng zusammen.

## Etat des lieux de la sinistralité actuelle et à venir concernant les pompes à chaleur

### Contexte

Fin septembre 2023, à l'issue du Conseil de planification Ecologique, le président français Emmanuel Macron a annoncé sa volonté de voir tripler le nombre de pompes à chaleurs produite en France d'ici à 2027. A cette date, il souhaite qu'un million d'unités soit installées sur le territoire national et que, pour cela, 30 000 installateurs spécialisés soient formés. En France comme dans d'autres pays d'Europe, la pompe à chaleur deviendrait alors l'un des outils privilégiés pour atteindre les objectifs de réduction de gaz à effet de serre fixés au secteur du bâtiment et pour diminuer la dépendance énergétique extérieure du pays.

Il est vrai que pour répondre à ce double défi, la technologie des pompes à chaleur offre un potentiel important. Moyennant une consommation énergétique modérée, elle a en effet cette capacité unique d'exploiter la chaleur disponible dans notre environnement (air, eau, sol) et à l'amplifier à un niveau utile pour la production de chauffage. La focalisation sur la réduction de la production de gaz à effet de serre tend néanmoins parfois à faire penser à tort que les PAC pourraient constituer un substitut standard aux autres appareils de chauffage. Or comme le rappelle très justement l'association négaWatt dans son rapport 2022, sur le rôle de la pompe à chaleur dans la stratégie de rénovation, «une pompe à chaleur n'est pas une chaudière»: pour produire tous ses effets attendus et ne pas être sources de contreperformances, voire de sinistres, elle nécessite, tant dans sa conception que sa mise en œuvre et son utilisation, de respecter des règles précises.

C'est pour rappeler l'importance du respect de ces règles aux professionnels comme aux particuliers que l'Agence Qualité Construction (AQC) a mené ces dernières années plusieurs campagnes d'enquêtes de terrain sur la mise en œuvre de pompes à chaleur en neuf, comme en rénovation. Ces retours d'expériences, menées selon une méthodologie éprouvée par l'AQC dans le cadre de son dispositif REX Bâtiments Performants, ont permis d'observer et de comprendre certaines erreurs dommageables, mais aussi des pratiques vertueuses. Leur analyse a pour vocation d'alimenter à la fois les pra-



Bertrand Chauvet



Samuel Daucé

tiques professionnelles et de formation et de nourrir la réflexion et l'action des pouvoirs publics en amont de la massification annoncée.

En voici les principaux enseignements.

### **Constats liés au dimensionnement**

*Constat 1:* En rénovation, prise en compte partielle des caractéristiques du projet (volume, isolation, type d'émetteurs...) pour choisir le type et la puissance de la pompe à chaleur.

*Risques:* surdimensionnement, sous-dimensionnement, températures de consigne non atteintes, dégradation du COP, usure prématurée des équipements

*Bonnes pratiques:* Dimensionner et choisir le modèle de pompe à chaleur après une synthèse complète des données du projet (source d'énergie, type d'émetteurs, déperditions énergétiques du projet...). Effectuer systématiquement une visite sur site, utiliser des outils de dimensionnement adaptés intégrant une étude thermique comme l'application PAC Réno<sup>4</sup> développée dans le cadre du programme PROFEEL.

*Constat 2:* En rénovation, des pompes à chaleur sont mises en œuvre sur des projets peu isolés ou en remplacement d'équipement de chauffage fonctionnant sur des températures de fonctionnement élevées (aute température – 65–90 °C).

*Risques:* inadéquation des types de PAC choisis, dégradation des rendements, températures de consignes non atteintes

*Bonnes pratiques:* Inscire la PAC dans une démarche globale de rénovation. Prévoir des travaux d'isolation et d'étanchéité à l'air des bâtiments peu performants avant l'installation d'une pompe à chaleur. Connaitre la loi d'eau de l'équipement en place.

### **Constats liés à l'installation et à l'entretien**

*Constat 1:* La surface et le volume des locaux techniques sont trop faibles, l'accès aux différents équipements du système est compliqué.

---

<sup>4</sup> Vgl. <https://pacreno.fr> [abgerufen am: 13.08.2024]



**Illustration 1:** Pour limiter les distances entre l'unité intérieure et la source extérieure, le local technique est implanté à un autre endroit que celui initialement prévu. Le nouvel espace retenu est plus petit et contraint l'installateur à densifier fortement les équipements. Il est nécessaire d'utiliser un escabeau pour enjamber la PAC et accéder aux éléments à l'arrière. [©AQC]

*Risques:* Difficultés d'accès pour les interventions de maintenance, d'entretien, de réparations urgentes type fuites. Pertes de charge liées à la complexité du réseau hydraulique et/ou frigorifique (bifurcations, coudes ...).

*Bonnes pratiques:* Respecter en conception les distances et volumes préconisés par les fabricants, vérifier la facilité d'accès aux équipements et accessoires de l'installation.

*Constat 2:* Réseaux frigorifiques et/ou hydrauliques partiellement calorifugés.



**Illustration 2:** Isolation incomplète du réseau frigorifique [©AQC]

*Risques:* surconsommation, baisse des rendements, condensation sur la partie »froid«, corrosion



**Illustration 3:** Dans le cas d'une installation géothermique verticale eau-eau sans isolation continue du circuit hydraulique «froid» (où circule de l'eau en provenance de la nappe à environ 13 °C) en amont de la PAC, de la condensation se forme, ce qui engendre des problèmes de corrosion. [©AQC]

*Bonnes pratiques:* Calorifuger intégralement les réseaux avec des matériaux adaptés, contrôler la bonne mise en œuvre du calorifugeage en fin de chantier.

*Constat 3:* Les unités extérieures sont implantées et installées sans étude d'impact acoustique (cour intérieure, balcon, proximité des fenêtres...).

*Risques:* Le bruit lié aux unités extérieures est source de nuisance pour les habitants (usager et/ou voisin).

*Bonnes pratiques:* Etudier les contraintes existantes (proximité du voisinage...), positionner des écrans acoustiques, vérifier le niveau de pression acoustique des équipements mis en place.

*Constat 4:* L'entretien des équipements n'est pas prévu ou mal réalisé.

*Risques:* encrassement des échangeurs, fuites, dégradation de la performance de l'installation

*Bonnes pratiques:* Proposer un contrat d'entretien à l'issu de l'installation. Se référer aux guides techniques mis à disposition par la filière.

### **Formation des installateurs**

*Constat:* Une diversité de solutions et une évolution rapide des systèmes entraînent un besoin de montée en compétence de la filière (PAC Hybride, PAC centralisées en logement collectif...).

*Risques:* méconnaissance des systèmes et de leur mise en œuvre, choix de systèmes inadaptés à la situation, mise en œuvre non optimale

*Bonnes pratiques:* création et adaptation des référentiels, règles de l'art, accompagnement à la formation

### **Sources**

L'Agence Qualité Construction: REX BP – 12 enseignements à connaître. Paris: 2022

L'Agence Qualité Construction: Qualité construction. La revue de référence des acteurs du bâtiment. N°193 et N°194. Paris: 2022

DGALN/DHUP/QC4: Etude sur les freins et leviers à la diffusion de la pompe à chaleur en logement collectif. Paris: 2022

**Bertrand Chauvet** est le délégué régional de l'AQC à Strasbourg. Il est responsable des relations de l'AQC avec le monde germanophone.

**Samuel Daucé** est chef de projet à l'AQC et responsable technique du dispositif REX BP pour les bâtiments performants.

### **L'Agence Qualité Construction**

L'Agence Qualité Construction (AQC) est une association loi 1901 reconnue d'intérêt général, dont la vocation est la prévention des désordres et l'amélioration de la qualité de la construction. Créée en 1982, son histoire prend ses racines dans le dispositif mis en place par la loi du 4 janvier 1978, dite «loi Spinetta», relative à la responsabilité et à l'assurance dans le domaine de la construction.

Lieu de travail et d'échanges de 53 organismes membres qui se mobilisent autour de la qualité de la construction, l'AQC dispose de trois Commissions spécialisées: la Commission Observation, la Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) et la Commission Prévention Construction (CPC).

Au cœur de son action et pour la guider, l'AQC dispose de plusieurs bases de données répondant à des objectifs ciblés: connaissance des pathologies récurrentes dans les constructions, anticipation des sinistres sériels, évaluation des potentialités de sinistres liées aux évolutions performanciennes, identification des pathologies potentielles liées à de nouveaux modes constructifs ou à des évolutions réglementaires ou normatives.

Partant de cette observation à l'échelle nationale, toutes les actions de l'AQC et les nombreux outils qu'elle élabore ont pour fonction d'aider les professionnels sur le terrain dans leurs pratiques quotidiennes et de participer aux progrès collectifs du monde du bâtiment. C'est la raison pour laquelle l'AQC s'est dotée de quatre délégations régionales à Bordeaux, Lyon, Rennes et Strasbourg, cette dernière délégation ayant la particularité d'entretenir un dialogue régulier avec les acteurs allemands de la construction.

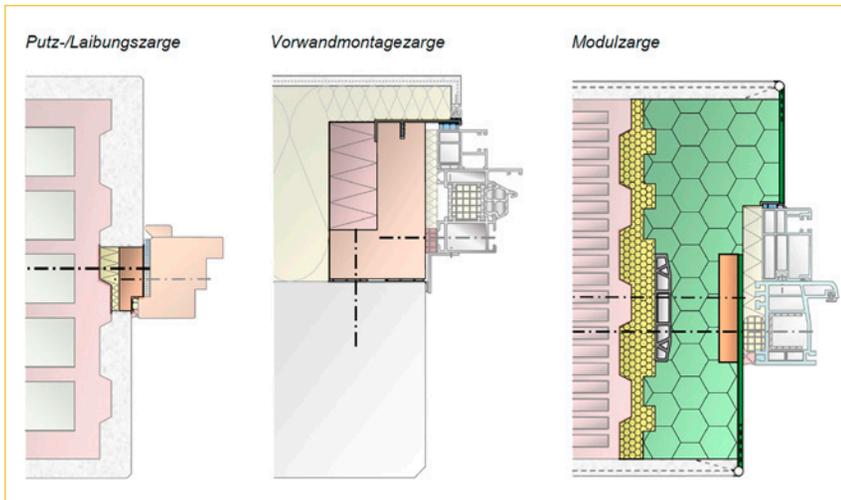
L'Institut für Bauforschung e. V. et l'AQC collaborent étroitement depuis de nombreuses années dans le domaine de la prévention des sinistres et de l'amélioration de la qualité de la construction, et ce de manière transfrontalière.

### 3.5 Weniger Bauschäden mit Montagezargen – Tipps für Planung, Ausschreibung und praktische Anwendung



Wolfgang Jehl

Montagezargen sind auf dem Vormarsch, denn diese vereinfachen die Montage, beschleunigen den Bauablauf durch kurze Lieferzeiten, ermöglichen den schnellen Austausch von Bauelementen bei Schäden oder Modernisierung, verringern Bauschäden sowie die Fenstermontagekosten während eines »Gebäudelebens« um bis zu 9,1 Prozent. Die kostenlose ift-Fachinformation MO-06/1 »2-stufiger Einbau von Fenstern und Türen mit Vorab-Montagezargen«<sup>1</sup> gibt Bauherren, Planern, Herstellern und Montagebetrieben auf 54 Seiten Tipps zu Planung, Ausschreibung, Vertrieb, Anwendung und Baurecht. Im dazugehörigen Begleitheft geben Experten aus Architektur, Bau-/Immobilienwirtschaft und Ingenieur-/Sachverständigenwesen ihre persönliche Einschätzung wieder.

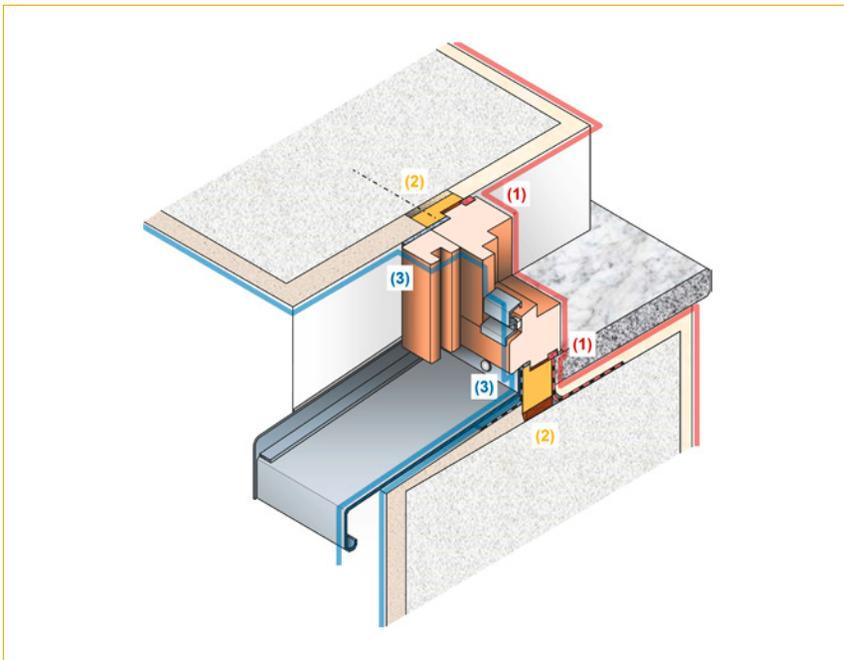


**Abb. 01:** Beispiele von Vorab-Montagezargen für verschiedene Einbausituationen und Außenwandkonstruktionen [Quelle: Gütegemeinschaft Fenster, Fassaden und Haustüren e. V.]

<sup>1</sup> ift Rosenheim (Hrsg.): 2-stufiger Einbau von Fenstern und Türen mit Vorab-Montagezargen. Rosenheim: Selbstverlag, 2022 (ift-Fachinformation MO-06/1)

### Definition Vorab-Montagezarge

Eine »Vorab-Montagezarge« kann als umlaufender Hilfsrahmen definiert werden, der eine Montage in zwei zeitversetzten Schritten ermöglicht, sodass hochwertige Bauelemente wie Fenster und Türen erst in der »trockenen« Bauphase montiert werden können und nicht den hohen Belastungen während der »nassen« Bauphase ausgesetzt sind. Die Vorab-Montagezarge mit allen statischen und bauphysikalischen Anforderungen erlaubt die Fertigstellung aller angrenzenden Gewerke während der »nassen« Rohbau- und Ausbauphase. Vorab-Montagezargen können innerhalb oder außerhalb der tragenden Wand liegen oder teilweise wandersetzend sein. Wichtig ist die Kenntnis und der richtige Einsatz der verschiedenen Zargensysteme (Modul-, Profil- oder Universalzargen).



**Abb. 02:** Einbausituation mit Vorab-Montagezarge mit Darstellung der Luftdichtheitsebene (1), des Funktionsbereiches (2) und der Wetterschutzebene (3)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Gütegemeinschaft Fenster, Fassaden und Haustüren e. V., Frankfurt; ift Institut für Fenstertechnik, Rosenheim: Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren für Neubau und Renovierung. Frankfurt/Rosenheim: Selbstverlag, 2024 [Ausgabe März 2024 – Ersatz für Ausgabe 2020-03]

### Vorteile

Vorab-Montagezargen machen einen undefinierten »Baukörperanschluss« zur definierten Schnittstelle. Durch die zweistufige Fenstermontage können Verschmutzungen und Bauschäden an Fenstern und Türen, die in der »nassen« Rohbauphase entstehen, verhindert werden. Montagezargen erhöhen den Vorfertigungsgrad, vereinfachen die Montage- und Anschlussarbeiten anderer Gewerke (Bauwerksabdichtung, Außenputz, Elektrizität etc.) und helfen damit auch, den Fachkräftemangel zu kompensieren. Zusätzlich wird der Baufortschritt beschleunigt, weil Montagezargen schnell verfügbar sind und unabhängig von Lieferengpässen bei Fenstern und Türen machen. Damit sind Montagezargen eine wertvolle Investition in Nachhaltigkeit und Werterhaltung, da spätestens bei einem Fenstertausch (der mindestens zweimal in einem üblichen Gebäudeleben anfällt) der Kosten- und Zeitaufwand deutlich niedriger ist.

### Materialien

Die Vorab-Montagezargen müssen über die Nutzungserwartung des Gebäudes dauerhaft sein, es müssen jedoch keine optischen Anforderungen an das Material erfüllt werden, da die Zarge durch den Fenster-/Türeinbau verdeckt wird. Es können »typische« Rahmenmaterialien (Kunststoffe, Aluminium oder Holz) oder auch hochverdichtete, tragfähige Konstruktionsdämmstoffe verwendet werden. Bei Holz muss ein ausreichender Holzschutz oder geeignete Holzarten verwendet werden (vgl. VOB/C, ATV DIN 18355 Tischlerarbeiten)<sup>3</sup>. Für die notwendige Abdichtung der Montagezarge zum Baukörper und dem später montierten Fenster können bewährte Abdichtungssysteme eingesetzt werden, also Fugendichtstoffe, Dichtbänder, Dichtprofile oder Dichtfolien.

### Kosten

Natürlich verursacht die Montagezarge zunächst einen zusätzlichen Aufwand, diese Mehrkosten werden jedoch bei einer ehrlichen Gesamtkostenrechnung schnell kompensiert, da der sonst übliche Aufwand für Abkleben, Schutz und Endreinigung der Fensterelemente sowie Reklamationsbearbeitung und Bauverzögerungen erheblich verringert werden kann. Eine Kosten-Nutzen-Studie der Technischen Hochschule Rosenheim<sup>4</sup> zwischen der Montage mit bzw. ohne Montagezarge zeigte, dass die Mehrkosten bei Montagen mit Termindruck im Herbst, Frühjahr oder Winter und höherwertigen Fenstern nur noch zwischen 0,2 und 7,2 Prozent liegen. Wenn dann noch ein Fenstertausch wegen Modernisierung oder Schäden einkalkuliert wird, ergeben sich sogar Einsparungen von 7,1 bzw. 9,1 Prozent. Deshalb bieten Qualitätshersteller die Montage zunehmend mit Montagezarge an.

3 DIN 18355:2019-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Tischlerarbeiten

4 Metzger, T.: Fenstereinbau mit Zargen. Eine Kosten-Nutzen-Analyse unter Berücksichtigung aller maßgeblichen Faktoren über den gesamten Lebenszyklus. Bachelor-Thesis, Mai 2020, Technische Hochschule Rosenheim

### Baurecht und Vertragsgestaltung

Die zweistufige Montage ist in Deutschland keine Standardmontage, anders als beispielsweise in Italien. Der Montagebetrieb muss den Auftraggeber deshalb auf den Einbau der Fensterelemente in zwei getrennten Arbeitsschritten hinweisen, wenn dies nicht ausgeschrieben ist. Insbesondere ist zu klären, ob ein temporärer Verschluss erforderlich ist und welche Funktionen dieser erfüllen muss (Schutz vor Witterung, Zutritt etc.). Deshalb ist es sinnvoll, die Vorab-Montagezargen als Alternative zusätzlich anzubieten. Der Bieter kann dem Zusatzangebot Nachdruck verleihen, indem bei der ausschreibenden Stelle Bedenken für die klassische Fenstermontage angemeldet werden (§ 4 Abs. 3 VOB/B), weil diese in vielen Fällen zu Schäden an den Fenstern und damit zu Rechtsnachteilen für den Unternehmer führt.

### Fazit

Die Vorteile dieser Montageart sind in Deutschland noch zu wenig bekannt und viele Planer und Bauherren betrachten oft nur die reinen Erstellungs- und nicht die Folgekosten. Ebenso werden die Risiken und Folgekosten von Bauschäden und Bauverzögerungen heruntergespielt, weil diese oft zu Lasten des Montagebetriebs gehen, der erstmal in der Nachweispflicht ist. Hier sollten Montagebetriebe selbstbewusster auftreten und die Vorteile der zweistufigen Montage vorstellen aber auch eine ehrliche Gesamtkostenrechnung erstellen, bei der die Kosten für Abkleben, Schutz und Endreinigung der Fensterelemente sowie die Reklamationsbearbeitung ermittelt werden. Die aktuelle Situation mit Lieferengpässen und Fachkräftemangel bietet hierfür die besten Voraussetzungen. Weitere Informationen und Stimmen aus der Fachwelt enthält die kostenfreie ift-Fachinformation MO-06/1 ([www.ift-rosenheim.de/montagezarge](http://www.ift-rosenheim.de/montagezarge)).



Wolfgang Jehl ist im ift Rosenheim als Produktmanager für den Bereich Baukörperanschluss, äußere Abschlüsse sowie geklebte Verglasungen tätig. Als Hauptverfasser des Montageleitfadens und diverser Richtlinien sowie als langjähriger Gutachter gilt er als führender Experte auf diesem Gebiet. Als Referent und Autor sowie in verschiedenen Normungsgremien gibt er seine Erfahrung an die Branche weiter.



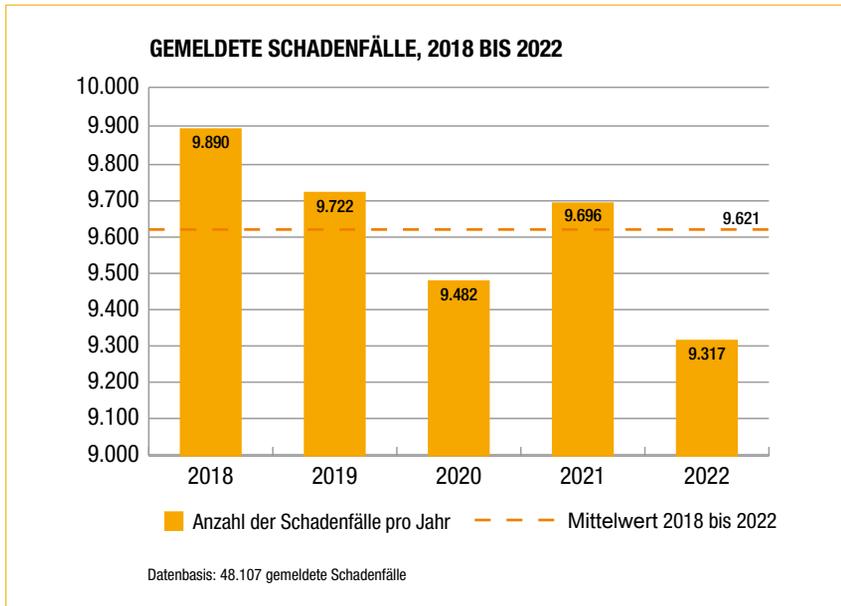
# 4 AKTUELLE SCHADENANALYSE

Am Anfang des vorliegenden VHV-Bauschadenberichts »Hochbau 2023/24 Bauen neu denken« stand eine umfangreiche Datenermittlung, die einen wesentlichen Aspekt der gesamten Bearbeitung darstellt. Hierfür wurden von den VHV Versicherungen rund 130.000 anonymisierte Datensätze aus den Jahren 2018 bis 2022 zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Aus diesem Datenpool wurden alle Schäden aus dem Bereich Hochbau herausgefiltert, die als Grundlage für die weitere Bearbeitung dienten. Die so generierte Datenbasis umfasst insgesamt 48.107 Datensätze, die Schäden an Neubauprojekten sowie Sanierungsvorhaben und Umbauten im Bestand betreffen.

## 4.1 Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten

Einen ersten Überblick über die aktuellen Schadenzahlen aus den Jahren 2018 bis 2022 gibt die Grafik in Abb. 01. Hier wird die Entwicklung der Schadenzahlen aus dem Bereich der Berufs- und Betriebshaftpflichtversicherungen (HV) über einen Zeitraum von fünf Jahren dargestellt.

Wie der Grafik zu entnehmen ist, liegt der Mittelwert über den gesamten Betrachtungszeitraum bei rund 9.600 gemeldeten Schadenfällen. Für die Jahre 2019, 2020 und 2021 sind nur geringe Abweichungen von diesem Wert festzustellen, während sich das Jahr 2018 mit rund 9.900 Schadenfällen und das Jahr 2022 mit rund 9.300 Schadenfällen als »Ausreißer« nach oben bzw. nach unten präsentieren. Auch wenn es sich dabei tatsächlich nur um sehr geringe Abweichungen von rund  $\pm 3$  Prozent handelt, wurde nach einer Erklärung für das »plötzliche« Ansteigen bzw. Abfallen der gemeldeten Schadenfälle gesucht. Dazu wurden die vorliegenden Unterlagen genauer unter die Lupe genommen, was aber zu keinem konkreten Ergebnis führte. Für das Jahr 2018 sind keine speziellen, besonders häufig auftretenden Schäden (vgl. Kap. 4.2 »Schadenarten«) für den relativen Anstieg der Schadenzahlen nachweisbar. Es ist lediglich festzustellen, dass in diesem Jahr insgesamt mehr Schadenfälle gemeldet worden sind. Ähnlich verhält es sich mit den Zahlen aus dem Jahr 2022. Auch hier zeigen die Auswertungen nur eine im Vergleich zu den Vorjahren geringere Anzahl von Schadenmeldungen.



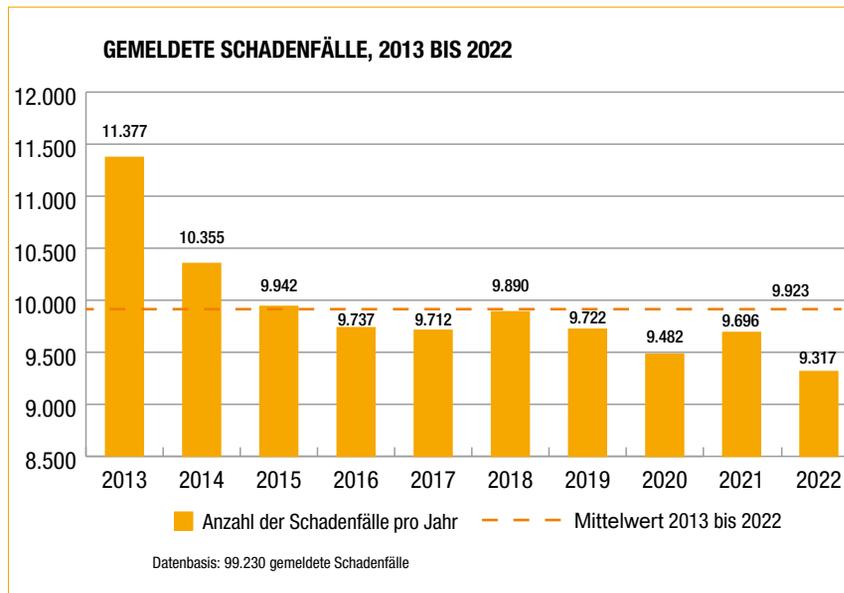
**Abb. 01:** Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Ob es sich dabei um ein einmaliges Ereignis handelt oder sich der Trend der stetig abnehmenden Schadenzahlen verfestigt, ist anhand dieser Auswertung nicht absehbar. Da wir einen – in diesem Zusammenhang – recht kurzen Zeitraum von fünf Jahren betrachten, können wirkliche Tendenzen kaum abgebildet werden. Darüber hinaus soll auch noch einmal darauf hingewiesen werden, dass es sich hier ausschließlich um Daten der VHV Versicherungen handelt und damit kein repräsentatives Gesamtbild sämtlicher bei allen Versicherungen gemeldeten Schadenfälle darstellt.

Trotzdem ist es möglich, den Betrachtungszeitraum zumindest ein wenig zu erweitern. Dafür wird auf die entsprechenden Auswertungen der ersten beiden VHV-Bauschadenberichte<sup>1, 2</sup> zurückgegriffen, in denen die Entwicklung der Schadenzahlen von 2013 bis 2020 untersucht wird. Mit diesen Daten stehen uns vergleichbare Zahlen für einen Betrachtungszeitraum von 10 Jahren zur Verfügung, die in der Grafik in Abb. 02 zusammengeführt werden. Daraus geht hervor, dass ab dem Jahr 2015 eine relative Stabilisierung der Schadenzahlen eingesetzt hat, während ab dem Jahr 2019 ein insgesamt leichter Rückgang der gemeldeten Schadenfälle zu erkennen ist.

<sup>1</sup> VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2019/20. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020

<sup>2</sup> VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2022



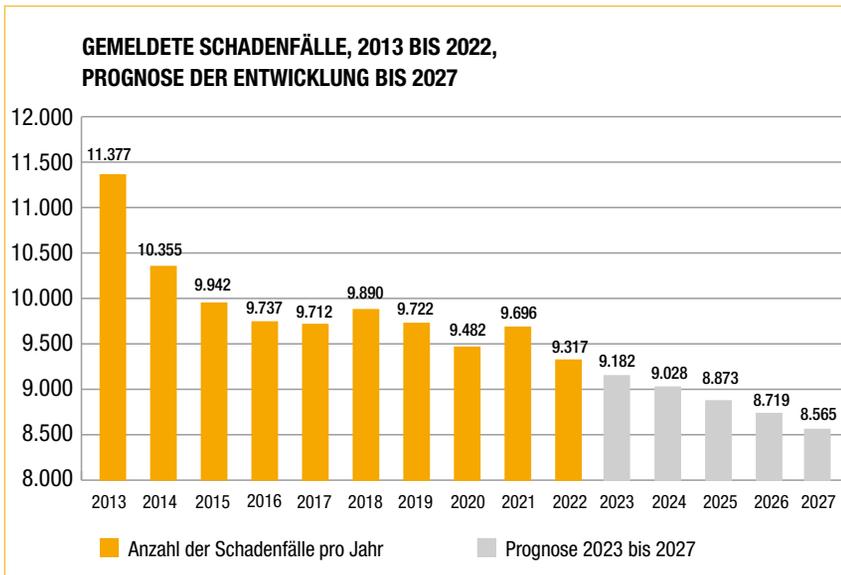
**Abb. 02:** Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2013 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Für die in der Tendenz leicht rückläufigen Schadenzahlen sind mehrere Ursachen denkbar bzw. plausibel. Diese sind datenbasiert zwar nicht nachweisbar, wurden jedoch im Rahmen der Analysen und Abstimmungen mit den Partnern immer wieder thematisiert. Demnach kann unter anderem ein zunehmender Verzicht auf Schadenmeldungen mit firmeninterner Schadenbeseitigung auf eigene Kosten zu dem Rückgang führen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass eine Vereinbarung der Erhöhung des Selbstbehalts bei stark schadenbelasteten Verträgen den Effekt hat, dass von den jeweiligen Versicherungsnehmern weniger Schäden gemeldet werden, da der Selbstbehalt nun häufiger unterschritten wird. Es liegen allerdings keine belastbaren Auswertungen vor, die diese Annahmen bestätigen würden. Nicht zuletzt ließe sich aus der Grafik die positive Aussage ableiten, dass eine verbesserte Schadenprävention auf den Baustellen zu einer höheren Bauqualität geführt haben könnte.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die aktuelle Studie »Schaden-Update 2022«<sup>3</sup>. Die Untersuchung betrachtet die Entwicklung der Bauschäden zwischen 2002 und 2021 und geht ebenfalls von einem minimalen Rückgang der Anzahl der Schadenfälle aus. Diese recht zuversichtliche Auslegung der Zahlen widerspricht allerdings dem gefühlten Stand der Dinge, wonach die Schadenfälle eher zunehmen als zurückgehen.

<sup>3</sup> Institut für Bauforschung e.V.: Analyse der Entwicklung der Bauschäden und der Bauschadenkosten – Update 2022. Gemeinschaftsprojekt vom Bauherren-Schutzbund e.V., der AIA AG und dem Institut für Bauforschung e.V. Hannover: Selbstverlag, 2022

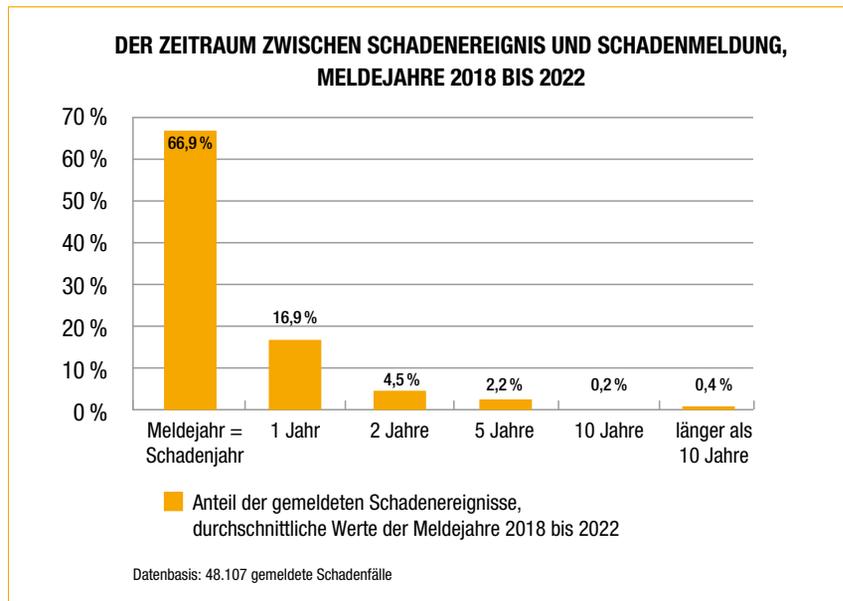
In diesem Zusammenhang wurde eine Vorhersage des möglichen zukünftigen Schadenaufkommens auf Grundlage der vorhandenen Schadenzahlen erstellt. Wie der Grafik in Abb. 03 zu entnehmen ist, werden demnach für das Jahr 2023 und für die Folgejahre kontinuierlich sinkende Fallzahlen vorhergesagt. Für diese Entwicklung würde die Tatsache sprechen, dass die Bautätigkeit seit dem Jahr 2022 insgesamt rückläufig ist. Dies ist unter anderem auf den Fachkräftemangel am Bau, steigende Baukosten und zunehmend schlechtere Finanzierungsbedingungen zurückzuführen. Da bei einem Rückgang der Bautätigkeit auch ein Rückgang der Schadenhäufigkeit vermutet werden kann, erscheint diese Annahme zumindest nicht ganz unwahrscheinlich. Ob diese Prognose im Wesentlichen zutrifft oder die Entwicklung eine vollkommen andere sein wird, lässt sich allerdings erst in einigen Jahren sagen.



**Abb. 03:** Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle 2013 bis 2022 mit einer Prognose der Entwicklung bis zum Jahr 2027 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Darüber hinaus ist bei der Interpretation der Schadenzahlen zu berücksichtigen, dass die derzeit vorliegenden bzw. gemeldeten Schadenzahlen aller Wahrscheinlichkeit nach nicht die endgültigen Zahlen darstellen. Bei einem relativ kurzen Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ist auch später noch mit (Nach-)Meldungen weiterer Schadenfälle zu rechnen, beispielsweise während der Gewährleistungsphase. Aus diesem Grund ist bei einer Schadenanalyse neben dem Meldejahr, also dem Zeitpunkt der Schadenmeldung beim Versicherer, auch das Schadenjahr, also der Zeitpunkt des Schadenereignisses, zu beachten.

Die entsprechende Untersuchung der vorliegenden Schadenfälle ergibt, dass rund zwei Drittel aller Schäden im Jahr des Auftretens gemeldet werden; hier entspricht das Meldejahr dem Schadenjahr. Bei einem Sechstel der Schadenfälle liegt zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung ein Jahr (bzw. 12 bis 23 Monate), während weitere 4,5 Prozent der Schadenfälle nach rund 2 Jahren (24 bis 35 Monate) gemeldet werden. Dass die Schadenmeldung nach fünf oder mehr Jahren erfolgt, kommt dagegen sehr selten vor (vgl. Abb. 04).

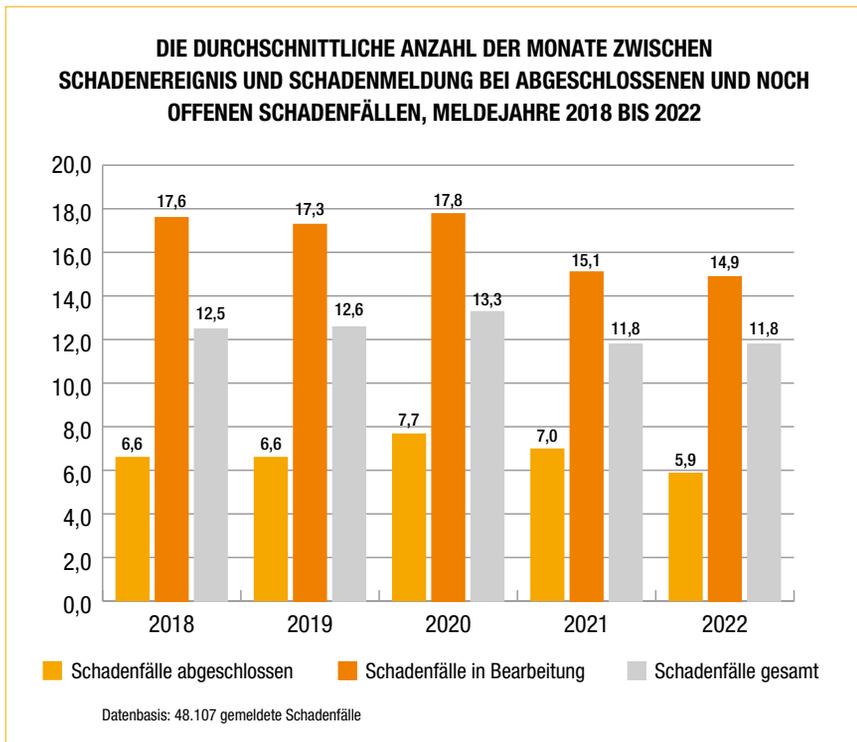


**Abb. 04:** Der Zeitraum zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung, Meldejahre 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Hieraus ergibt sich, dass die vorliegenden Schadenzahlen nicht nur abgeschlossene Schadenfälle enthalten, sondern auch Schadenfälle, die sich noch in Bearbeitung befinden. Unter Berücksichtigung dieser Umstände wird der Zeitraum zwischen dem Schadenereignis, also dem Auftreten des Schadens, und der Schadenmeldung, also dem Erkennen und Melden beim Versicherer, noch einmal genauer untersucht. Wie der Grafik in Abb. 05 zu entnehmen ist, gibt es diesbezüglich erhebliche Unterschiede zwischen den abgeschlossenen und den noch offenen Schadenfällen.

So beträgt bei den im Meldejahr abgeschlossenen Schadenfällen (Meldejahr = Schadenjahr) die Dauer zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung über den gesamten Betrachtungszeitraum gesehen durchschnittlich rund 6,8 Monate. Tatsächlich verringert sich die Dauer von durchschnittlich 6,6 Monaten im Jahr 2018 auf durch-

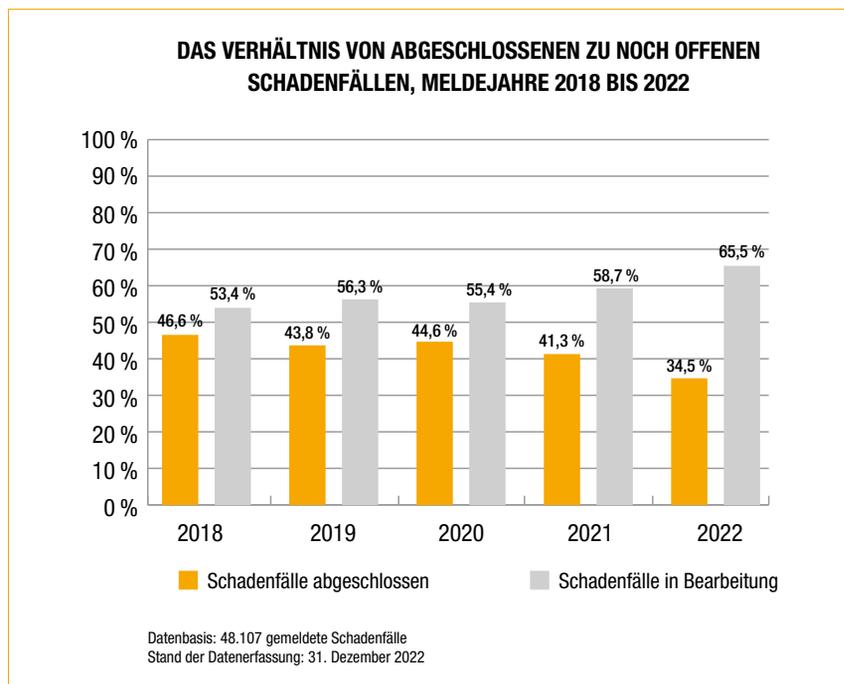
schnittlich 5,9 Monate im Jahr 2022 geringfügig und bleibt damit im Wesentlichen stabil. Ganz anders verhält es sich bei den im jeweiligen Meldejahr noch nicht abgeschlossenen Schadenfällen, denn hier liegt zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung mit durchschnittlich 16,6 Monaten ein deutlich längerer Zeitraum als bei den abgeschlossenen Schadenfällen. Darüber hinaus ist über den gesamten Betrachtungszeitraum ein deutliches Absinken der Dauer zu erkennen. Diese beträgt im Meldejahr 2018 durchschnittlich 17,6 Monate, im Meldejahr 2022 dagegen nur noch durchschnittlich 14,9 Monate (vgl. Abb. 05).



**Abb. 05:** Die durchschnittliche Anzahl der Monate zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung bei abgeschlossenen und noch offenen Schadenfällen [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Aus diesen Daten lässt sich möglicherweise ein Zusammenhang ableiten, der zwischen der »Meldedauer« und dem Umfang eines Schadenfalls besteht. So sind Schadenfälle, die relativ schnell erkannt werden (zum Beispiel offensichtliche Schäden), offenbar auch schnell zu beheben und damit abzuschließen. Schadenfälle, die dagegen erst nach längerer Zeit erkannt werden (zum Beispiel verdeckte Schäden), befinden sich demnach auch länger in Bearbeitung. Ein Grund hierfür könnte die Komplexität der Schäden sein, die sich über einen längeren Zeitraum entwickeln konnten.

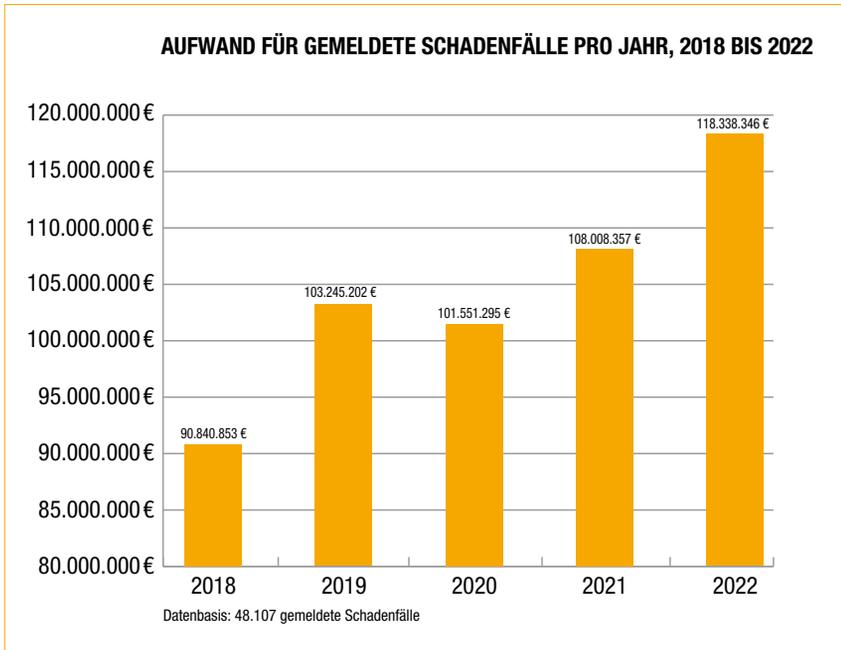
Einen Überblick über das Verhältnis von abgeschlossenen zu noch offenen Schadenfällen gibt die Grafik in Abb. 06. Die Bearbeitungsquote bezieht sich auf die im jeweiligen Jahr gemeldeten Schadenfälle. Demnach ändert sich das Mengenverhältnis von den abgeschlossenen zu den noch offenen Schadenfällen über den Untersuchungszeitraum deutlich. Während bei den Meldungen für 2018 das Verhältnis zwischen abgeschlossenen und noch offenen Schadenfällen nur gering voneinander abweicht, vergrößert sich diese Differenz mit zunehmender Aktualität der Meldungen. So stehen im Jahr 2022 die abgeschlossenen und die noch offenen Schadenfälle in einem Verhältnis von rund einem Drittel zu zwei Drittel. Im Durchschnitt sind rund 42 Prozent der gemeldeten Schadenfälle bearbeitet bzw. abgeschlossen.



**Abb. 06:** Das Verhältnis der abgeschlossenen zu den noch offenen Schadenfällen, Meldejahre 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

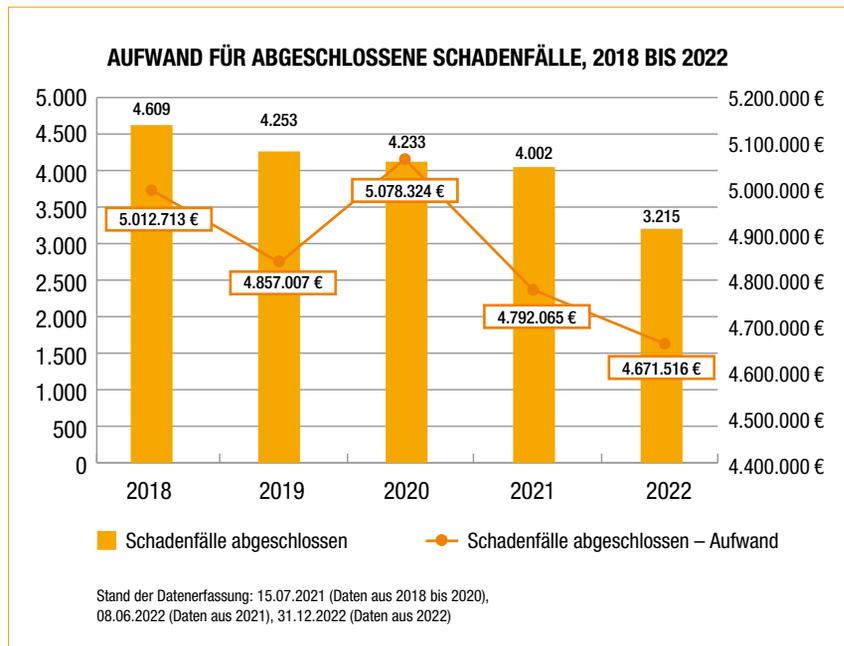
Zu einer vollständigen Beschreibung der Entwicklung der Schadenfälle gehört neben der Betrachtung der Schadenzahlen auch die der anfallenden Aufwendungen (Schadenkosten). Wie der Grafik in Abb. 07 zu entnehmen ist, steigen diese seit Jahren stetig an. Liegt der Gesamtaufwand im Jahr 2018 noch bei rund 91.000.000 Euro, so beträgt er ein Jahr später schon mehr als 103.000.000 Euro, was einem Anstieg von rund 14 Prozent entspricht. Nach einem leichten Rückgang auf rund 102.000.000 Euro im Jahr

2020 steigen die Schadenkosten bis zum Jahr 2021 auf rund 108.000.000 Euro, während sie im Folgejahr 2022 bereits bei über 118.000.000 Euro pro Jahr liegen. Auf den gesamten Betrachtungszeitraum bezogen entspricht das einem Anstieg von mehr als 30 Prozent.



**Abb. 07:** Der Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle pro Jahr, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

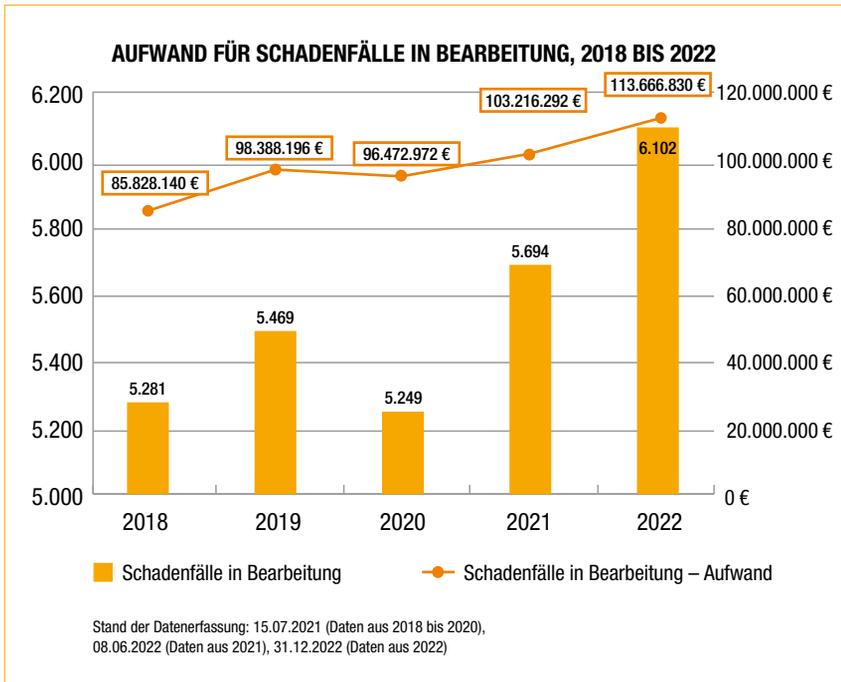
In diesem Zusammenhang soll kurz auf die Unterschiede eingegangen werden, die die Aufwendungen für abgeschlossene und noch offene Schadenfälle betreffen. Wie in Abb. 08 zu erkennen ist, sind bei den im Meldejahr abgeschlossenen Schadenfällen (Meldejahr = Schadenjahr) sowohl die Schadenzahlen als auch die Schadenkosten tendenziell rückläufig, einzig im Jahr 2020 gibt es bei den Schadenkosten einen »Ausreißer« nach oben. Über den gesamten Betrachtungszeitraum geht die Anzahl der Schadenfälle um rund 30 Prozent zurück, während die anfallenden Aufwendungen für die im Meldejahr abgeschlossenen Schadenfälle um rund 7 Prozent sinken. Aus dieser Entwicklung lässt sich ablesen, dass trotz scheinbar rückläufiger Schadenkosten die tatsächlichen Aufwendungen aufgrund vergleichsweise stärker abnehmender Schadenzahlen deutlich ansteigen.



**Abb. 08:** Der Aufwand für die abgeschlossenen Schadenfälle, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine gegensätzliche Entwicklung ist bei den anfallenden Aufwendungen für die Schadenfälle in Bearbeitung zu erkennen. Wie aus Abb. 09 zu entnehmen ist, steigen sowohl die Schadenzahlen als auch die Schadenkosten kontinuierlich an, wenn auch im Jahr 2020 ein minimaler Rückgang zu verzeichnen ist. Über den gesamten Betrachtungszeitraum liegt der Anstieg der Schadenzahlen bei rund 16 Prozent, während die anfallenden Aufwendungen für die noch offenen Schadenfälle rund 32 Prozent betragen.

Damit zeigt sich, dass Schadenfälle, die erst nach längerer Zeit erkannt werden, im Durchschnitt nicht nur länger bearbeitet werden als schnell erkannte Schäden (siehe oben), sondern dass auch die Schadenkosten um ein Vielfaches höher liegen.

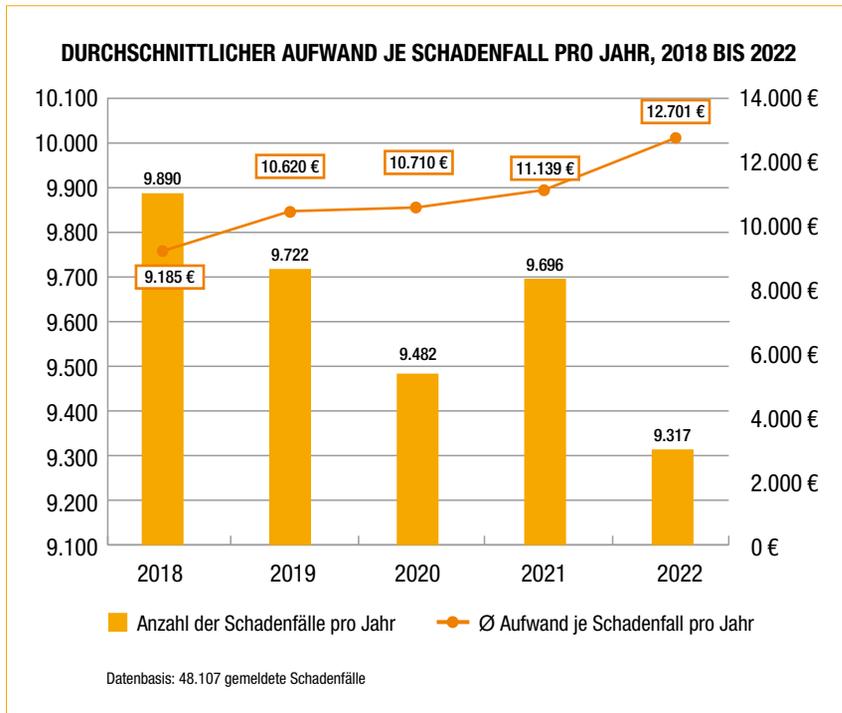


**Abb. 09:** Der Aufwand für Schadenfälle in Bearbeitung, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine Betrachtung der aufzuwendenden Schadenkosten je Schadenfall ermöglicht die Grafik in Abb. 10. Hier wird gezeigt, dass – analog zu den Gesamtschadenkosten (vgl. Abb. 07) – auch bei den durchschnittlich pro Schadenfall und Jahr anfallenden Schadenkosten ein kontinuierlicher Anstieg zu verzeichnen ist. Insgesamt steigen die durchschnittlichen Aufwendungen von rund 9.200 Euro auf 12.700 Euro je Schadenfall und Jahr. Dies entspricht einem Gesamtanstieg von 38 Prozent über den Betrachtungszeitraum von fünf Jahren.

Diese Entwicklung ist aufgrund der Höhe der Steigerung und der daraus resultierenden Kosten für sich genommen schon bemerkenswert. Im Zusammenhang mit der Feststellung mutmaßlich (leicht) sinkender Schadenzahlen bedeutet dies zudem, dass die Regulierung eines Hochbauschadens offenbar immer höhere Kosten verursacht. Wie aus Abb. 10 hervorgeht, sind für das Jahr 2018 rund 9.900 Schadenfälle gemeldet, wobei der hierfür anfallende durchschnittliche Aufwand bei rund 9.200 Euro je Fall und Jahr liegt und damit die vergleichsweise niedrigsten Schadenkosten des Betrachtungszeitraums darstellt. In den Folgejahren sinkt die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle relativ gleichmäßig, wenn auch im Jahr 2021 ein leichter Anstieg zu verzeichnen ist, bis auf 9.317 gemeldete Fälle im Jahr 2022. Parallel dazu steigen die durchschnittlichen Aufwendungen erheblich an und erreichen im Jahr 2022 mit rund 12.700 Euro die höchsten

durchschnittlichen Schadenkosten des Betrachtungszeitraums. Anhand der vorliegenden Zahlen lässt sich die Annahme der steigenden Aufwendungen für die Regulierung von Hochbauschäden – bezogen auf den Betrachtungszeitraum – bestätigen.



**Abb. 10:** Der durchschnittliche Aufwand je Schadenfall pro Jahr, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

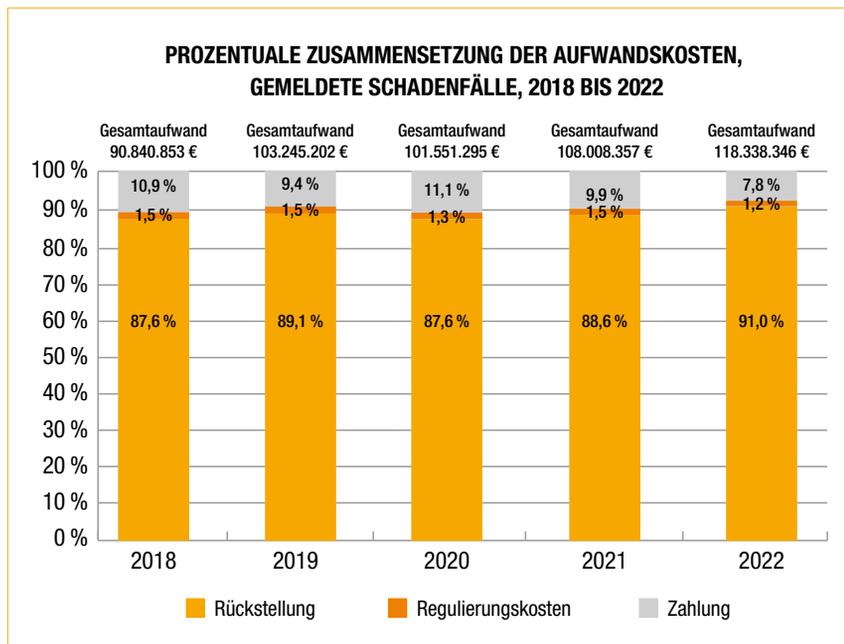
In diesem Zusammenhang soll der Begriff »Aufwand« genauer erläutert werden. Hierbei handelt es sich um die Gesamtheit aller Kosten, die mit einer Schadenbeseitigung verbunden sind. Im Einzelnen setzen sich diese Kosten zusammen aus der versicherungstechnischen Rückstellung, den Regulierungskosten und der eigentlichen Zahlung.

Die versicherungstechnische Rückstellung wird auch »Reserve« genannt. Hierbei handelt es sich um Rückstellungen, die jeweils fallabhängig und als anfängliche Schätzung für noch nicht abgeschlossene Schadenfälle gebildet werden. Die Höhe der Summe wird spätestens nach 6 Monaten überprüft und gegebenenfalls angepasst.

Bei den Regulierungskosten handelt es sich um Kosten, die mit der eigentlichen Bearbeitung des Schadenfalls zu tun haben. Hierunter fallen zum Beispiel Kosten für beteiligte externe Personen oder Institutionen wie Anwälte oder Gutachter.

Die Zahlung steht am Ende einer Fallbearbeitung und umfasst die ermittelte Geldleistung, die zu zahlen ist.

Die grafische Darstellung der prozentualen Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten veranschaulicht eindrucksvoll deren Größenverhältnis zueinander und mag im ersten Moment überraschen. Wie aus Abb. 11 zu entnehmen ist, liegt der Kostenschwerpunkt eindeutig auf den Rückstellungen bzw. auf dem Anlegen von Reserven. Hierzu sind die Versicherer verpflichtet, um bereits eingetretene, aber noch nicht abgewickelte Schadenfälle abzudecken. Insgesamt entfallen auf die Rückstellungen jährlich durchschnittlich 88,8 Prozent des Gesamtaufwands, während der Anteil der tatsächlich geleisteten Zahlungen mit jährlich durchschnittlich 9,8 Prozent weitaus geringer ausfällt. Die Regulierungskosten schließlich stellen mit jährlich durchschnittlich 1,4 Prozent den geringsten Kostenanteil dar. Aus der Grafik geht weiterhin hervor, dass die ermittelten Zahlen und deren Größenverhältnis zueinander über den Betrachtungszeitraum im Wesentlichen stabil sind.

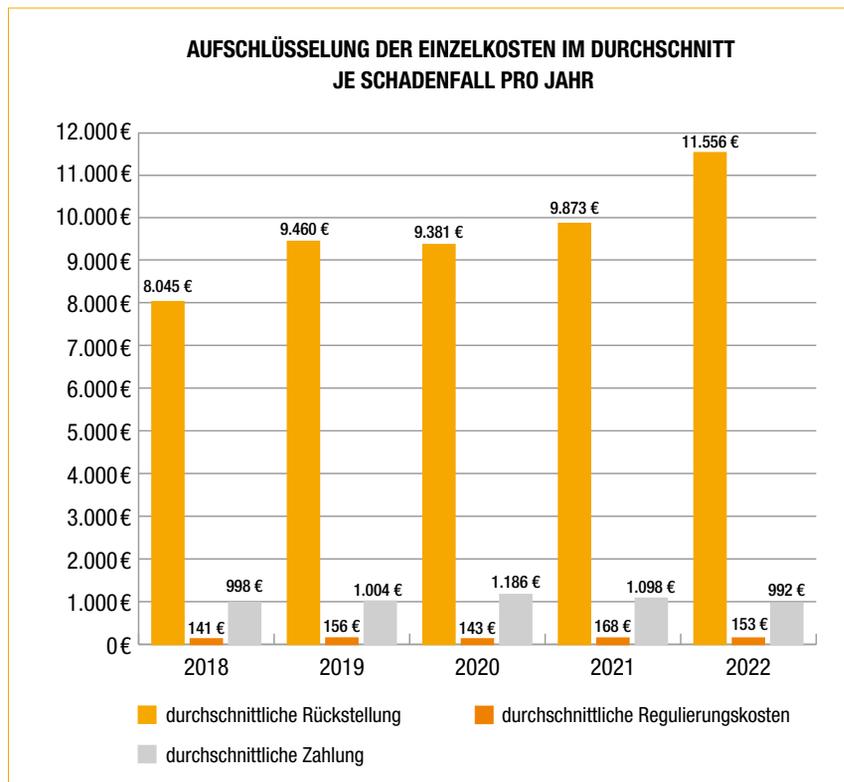


**Abb. 11:** Die prozentuale Zusammensetzung der Aufwandskosten aller gemeldeten Schadenfälle, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Abschließend soll am Beispiel des durchschnittlichen Aufwands je Schadenfall pro Jahr anhand konkreter Summen das Verhältnis der einzelnen Kostenkomponenten zueinander anschaulich dargestellt werden. Wie aus der Grafik in Abb. 12 hervorgeht, sind sowohl die

Zahlungen als auch die Regulierungskosten über den Betrachtungszeitraum relativ stabil. In Relation gesetzt ergibt sich ein Verhältnis von durchschnittlich 7:1. Anders ausgedrückt: Je Schadenfall und Jahr beträgt die Summe der durchschnittlich aufzuwendenden Zahlungen das rund Siebenfache der durchschnittlich anfallenden Regulierungskosten.

Während über den Betrachtungszeitraum bei den Regulierungskosten und bei den Zahlungen allenfalls ein moderater Rückgang bzw. eine leichte Steigerung zu erkennen sind, ist im gleichen Zeitraum bei den Rückstellungen ein starker Zuwachs von rund 44 Prozent zu verzeichnen. Um diesen deutlichen Anstieg zu verstehen, der sich besonders in den Jahren 2019 und 2022 zeigt, wurden die vorliegenden Unterlagen erneut genauer untersucht. Da für diese Jahre insgesamt eine sinkende Anzahl von Schadenmeldungen dokumentiert wurde (vgl. Abb. 01 und Abb. 02), ist zu vermuten, dass die steigenden Reserven bei gleichzeitig sinkenden Schadenfällen mit der Art der Schäden in Verbindung stehen. Entsprechende Untersuchungen und die Ergebnisse werden in Kap. 4.2 »Entwicklung der Schadenarten und Schadenbilder« dargestellt.

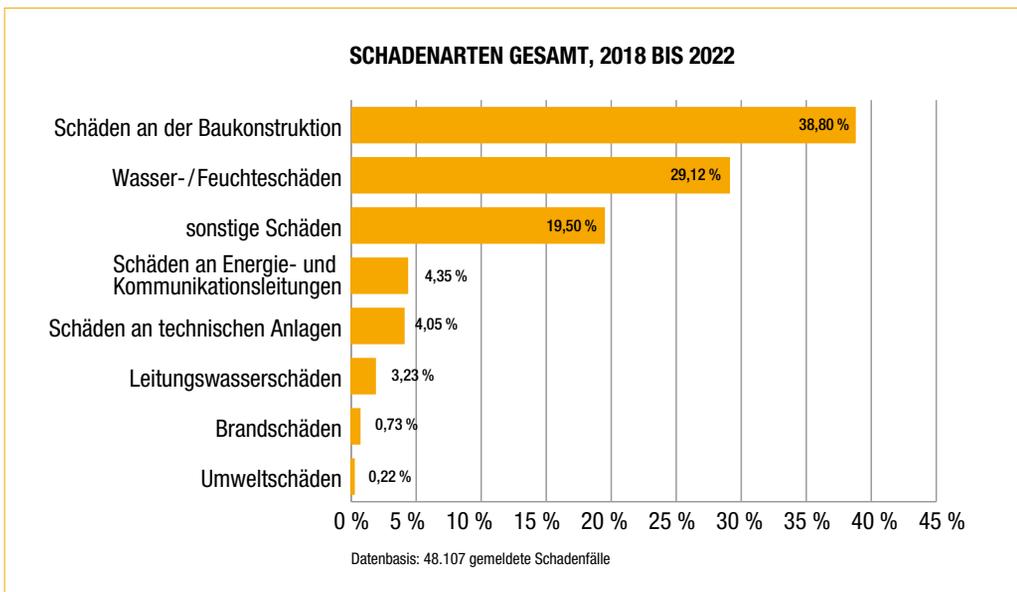


**Abb. 12:** Die Aufschlüsselung der durchschnittlichen Einzelkosten je Schadenfall pro Jahr, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

## 4.2 Entwicklung der Schadenarten und Schadenbilder

Nachdem bisher die abstrakten Schadenzahlen und die daraus resultierenden Kosten thematisiert worden sind, soll nun ganz konkret auf die tatsächlichen Schäden eingegangen werden. Dazu wurden die vorliegenden Datensätze so gefiltert, dass sowohl die Schadenarten als auch die Schadenbilder erkennbar werden.

Schadenarten beschreiben ganz grundsätzlich, um welchen Schaden es sich im betreffenden Fall handelt. Aus der Grafik in Abb. 13 geht hervor, dass sich im Untersuchungszeitraum zwischen 2018 und 2022 die Schäden im Wesentlichen auf einige wenige Schadenarten verteilen. So liegt der Schwerpunkt mit einem Anteil von fast 40 Prozent bei Schäden an der Baukonstruktion, gefolgt von Wasser- und Feuchteschäden mit einem Anteil von rund 30 Prozent. Zählt man zu den Wasser- und Feuchteschäden auch noch die Leitungswasserschäden, die im Grunde genommen zu Wasser- und Feuchteschäden führen, so entfallen mehr als 70 Prozent aller Schäden auf lediglich zwei Schadenarten. Mit einigem Abstand folgen sonstige Schäden mit einem Anteil von rund 20 Prozent. Andere festgestellte Schadenarten sind Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen, Schäden an technischen Anlagen, Brandschäden und Umweltschäden. Mit insgesamt rund 9 Prozent stellen diese Schadenarten einen vergleichsweise geringen Anteil an den Gesamtschadenarten dar.

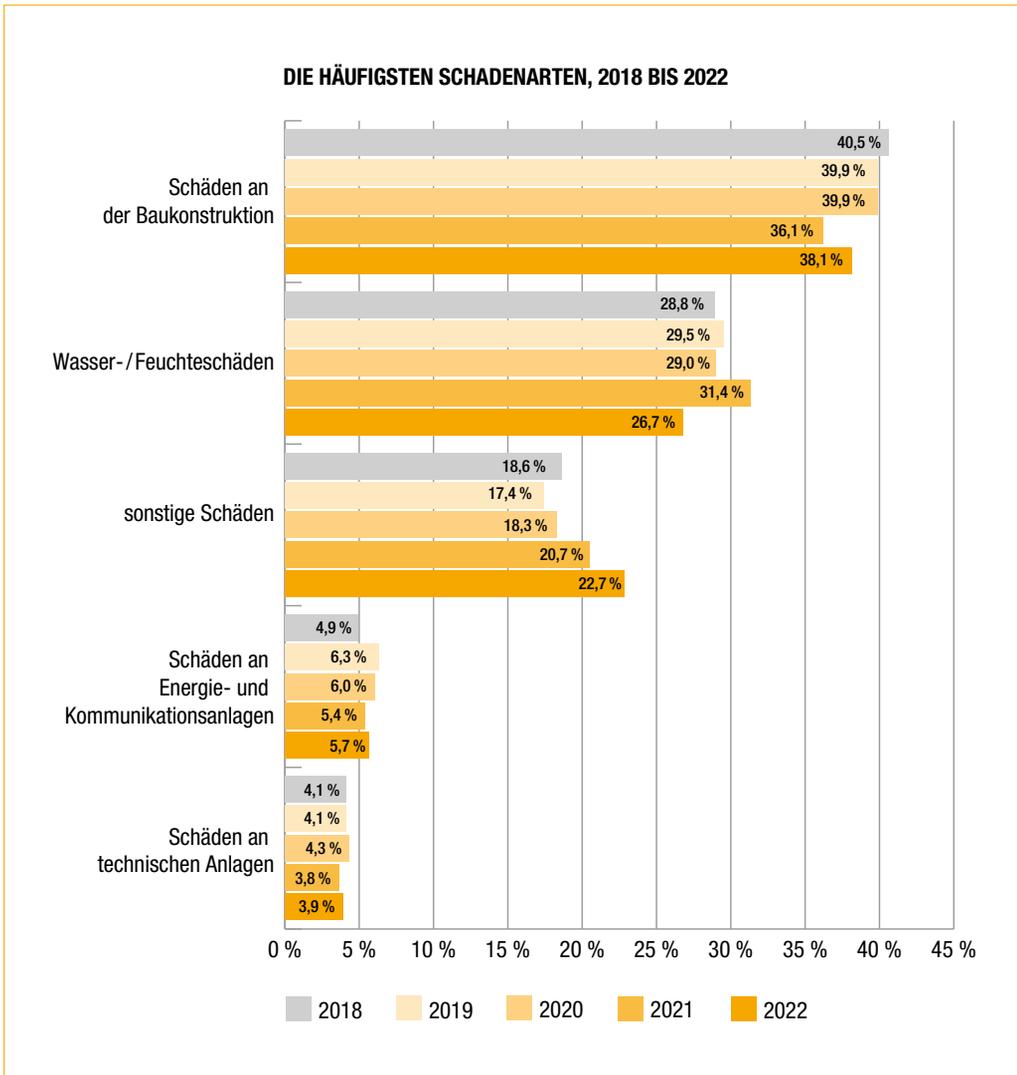


**Abb. 13:** Die festgestellten Schadenarten, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Die Entwicklung der Schadenarten über den Betrachtungszeitraum ist der Grafik in Abb. 14 zu entnehmen. Hier wird der jeweilige prozentuale Anteil der fünf häufigsten Schadenarten an der Gesamtschadenzahl dargestellt. Wie die Grafik zeigt, ist einzig bei den sonstigen Schäden ein langsamer, aber stetiger Anstieg zu erkennen. Dagegen bewegen sich der Anteil der Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen mit durchschnittlich rund 6 Prozent und der Anteil der Schäden an technischen Anlagen mit durchschnittlich 4 Prozent auf gleichbleibendem Niveau. Auch bei den Wasser- und Feuchteschäden sowie bei den Schäden an der Baukonstruktion ist keine signifikante Zu- oder Abnahme der Schadenzahlen zu erkennen. So liegt der Anteil der Wasser- und Feuchteschäden bei durchschnittlich 29 Prozent und ist über den Betrachtungszeitraum relativ stabil. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich bei den Schäden an der Baukonstruktion. Auch hier ändert sich der Anteil der Schäden über den Betrachtungszeitraum kaum und liegt durchschnittlich bei 39 Prozent. Damit decken sich diese Entwicklungen im Wesentlichen mit den Ergebnissen des zweiten Hochbauberichts<sup>4</sup>.

---

4 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2022



**Abb. 14:** Die häufigsten festgestellten Schadenarten, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Für eine eingehende Schadenanalyse ist neben der Aufschlüsselung in die einzelnen Schadenarten insbesondere der damit verbundene finanzielle Aufwand für die jeweilige Schadenbeseitigung von Bedeutung. Die prozentualen Anteile der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Aufwendungen je Schadenart sind in Abb. 15 dargestellt. Es ist auffällig, wie sehr sich vor allem die Anteile der versicherungstechnischen Rückstellungen und die der Zahlungen je nach Schadenart unterscheiden. So entfallen bei Brandschäden, Schäden an technischen Anlagen und Schäden an der Baukonstruktion

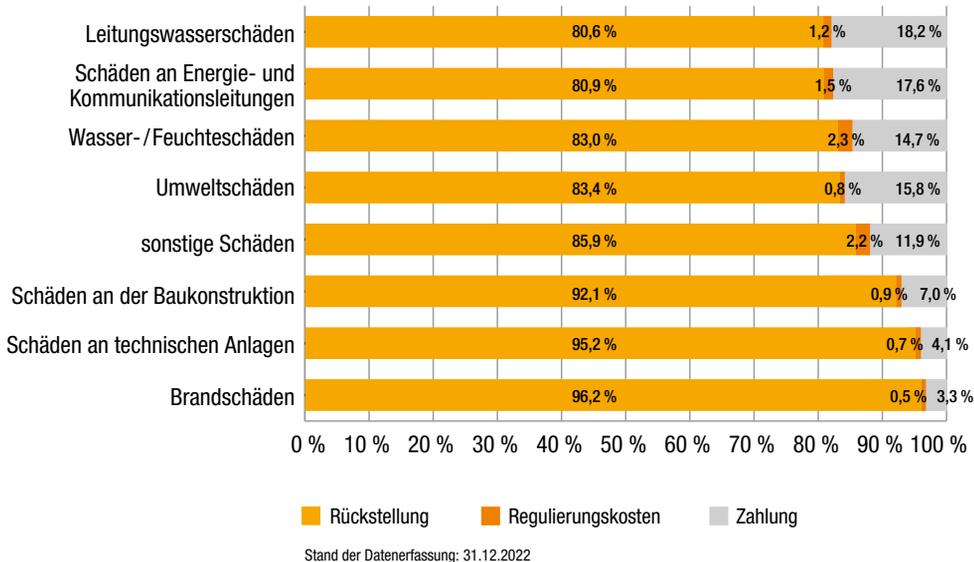
durchschnittlich weit mehr als 90 Prozent der gesamten Aufwendungen auf die Rückstellungen, während der Anteil für die Zahlungen demgemäß geringer ist und durchschnittlich zwischen 3 und 7 Prozent liegt.

Demgegenüber werden bei anderen Schadenarten im Vergleich geringere Reserven gebildet und höhere Zahlungen geleistet, wie beispielsweise bei Leitungswasserschäden und Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen. Hier beträgt der durchschnittliche Anteil der Zahlungen jeweils rund 18 Prozent und damit rund ein Fünftel der gesamten Aufwendungen. Weitere relativ hohe Zahlungen sind bei Wasser- und Feuchteschäden sowie bei Umweltschäden zu verzeichnen, die einen Anteil von durchschnittlich rund 15 bzw. 16 Prozent aufweisen.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die betreffende Datenbasis nicht nur aus geschlossenen Schadenakten bzw. aus abgeschlossenen Schadenfällen besteht. In die Auswertung sind ebenso Schadenfälle eingeflossen, die sich noch in Bearbeitung befinden. Dies bedeutet, dass die Auswertung eine »Momentaufnahme« darstellt, da parallel sowohl die Rückstellungen für die noch nicht abgeschlossenen Schadenfälle als auch die Zahlungen für die bereits abgeschlossenen Schadenfälle enthalten sind.

Insofern ist nicht grundsätzlich davon auszugehen, dass das Verhältnis von Rückstellung zu Zahlung stets wie in der Grafik in Abb. 15 dargestellt ausfällt. Bei der Höhe der versicherungstechnischen Rückstellungen handelt es sich um Einzelfallentscheidungen, die zu Beginn der Schadenbearbeitung anhand der vorliegenden Informationen vorgenommen werden und immer auf Schätzungen zum erwarteten Aufwand beruhen. Dennoch ist davon auszugehen, dass bei Schadenfällen mit erfahrungsgemäß hohen Schadenbeseitigungskosten tendenziell größere Reserven gebildet werden als bei solchen mit geringeren Schadenbeseitigungskosten.

**VERGLEICHENDE BETRACHTUNG DER PROZENTUALEN ANTEILE VON RÜCKSTELLUNG, REGULIERUNGSKOSTEN UND ZAHLUNG AN DEN GESAMTEN AUFWENDUNGEN JE SCHADENART, 2018 BIS 2022**



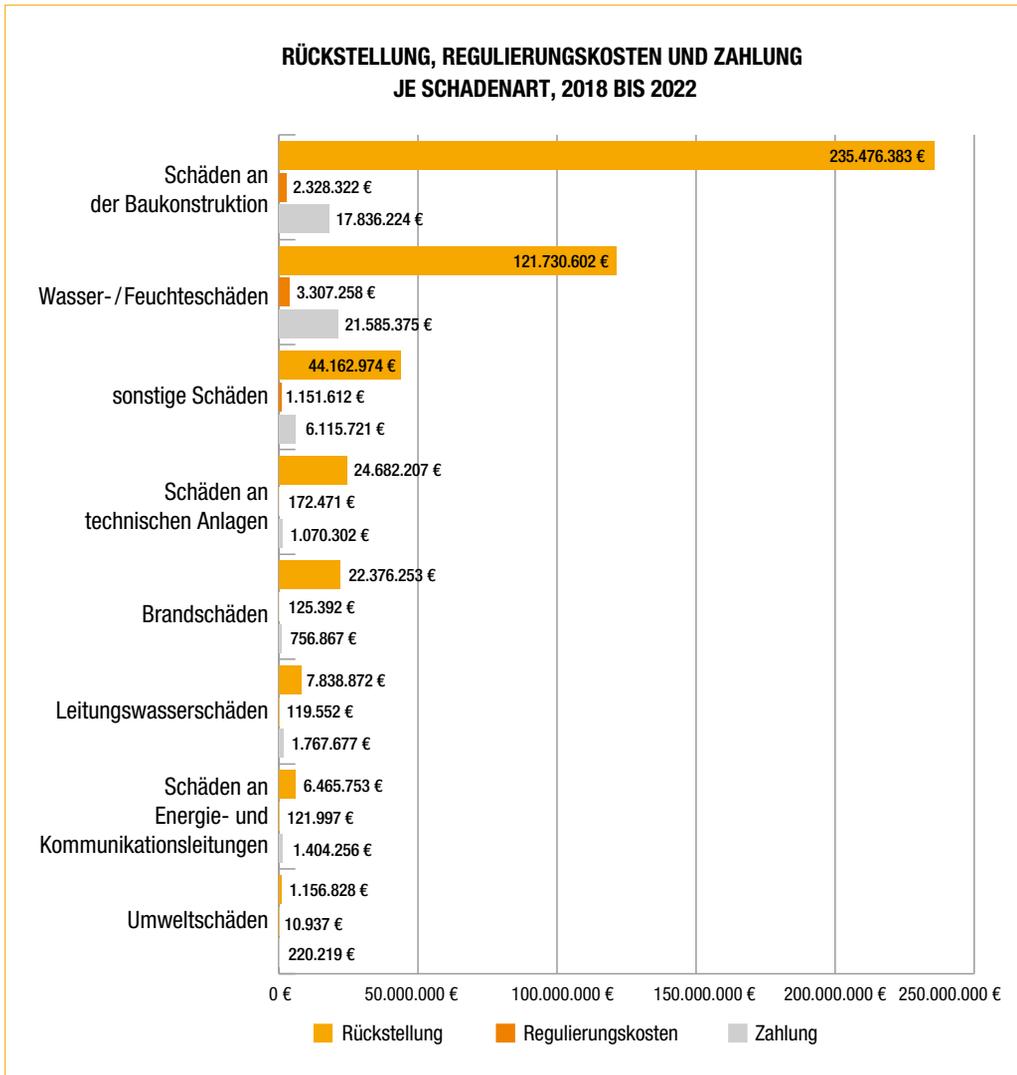
**Abb. 15:** Die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Aufwendungen je Schadenart, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Während mit der Grafik in Abb. 15 das relative Verhältnis der einzelnen Kostenkomponenten zueinander dokumentiert wird, sollen im Folgenden diese Daten zusätzlich mit absoluten Zahlen – also mit konkreten Summen – hinterlegt werden. Wie die Grafik in Abb. 16 zeigt, lässt sich so die Relevanz der einzelnen Schadenarten anschaulich darstellen. Mit dem Hintergrundwissen, dass die Höhe einer Rückstellung immer auf einer Risikoabschätzung beruht, können zumindest vorsichtige Rückschlüsse auf die erwarteten Schadenbeseitigungskosten gezogen werden. So wird auch eher nachvollziehbar, warum die Rückstellungen für Schäden an der Baukonstruktion mittlerweile die beträchtliche Höhe von rund 235.000.000 Euro aufweisen. Damit ist diese Summe nicht nur im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen der letzten Auswertung<sup>5</sup> um mehr als 10 Prozent gestiegen. Auch im Vergleich zu den weiteren aktuellen Zahlen fällt auf, dass die Rückstellungen für Schäden an der Baukonstruktion deutlich

<sup>5</sup> VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2022

höher ausfallen als die Rückstellungen aller weiteren Schadenarten zusammen ( $\Sigma$  = rund 206.000.000 Euro).

Bei Schäden an der Baukonstruktion handelt es sich häufig um Beeinträchtigungen der Standsicherheit und damit der Gebrauchstauglichkeit. Charakteristisch für die Schadenbehebung ist, dass im Rahmen der Sanierung nicht nur der eigentliche Schaden beseitigt wird, sondern meist auch noch flankierende Maßnahmen erforderlich sind. So wird zum Beispiel bei einem Setzungsris in einer tragenden Außenwand nicht nur der Riss an sich geschlossen. Darüber hinaus sind die Tragfähigkeit des Baugrunds und der Gründung zu prüfen, im schlimmsten Fall muss die Standsicherheit des gesamten Gebäudes nachgewiesen werden. Aufgrund dieser und ähnlich umfangreicher Schadenbehebungsmaßnahmen werden gerade bei Schäden an der Baukonstruktion vergleichsweise große Reserven gebildet. Auch für Wasser- und Feuchteschäden sind hohe Rückstellungen zu verzeichnen, wobei korrekterweise die Leitungswasserschäden noch hinzugezählt werden müssen. Mit rund 130.000.000 Euro stellen diese beiden Schadenarten den zweitgrößten Part bei den Rückstellungen, denn auch hier erfordert die Schadenbehebung meist umfangreiche Maßnahmen.



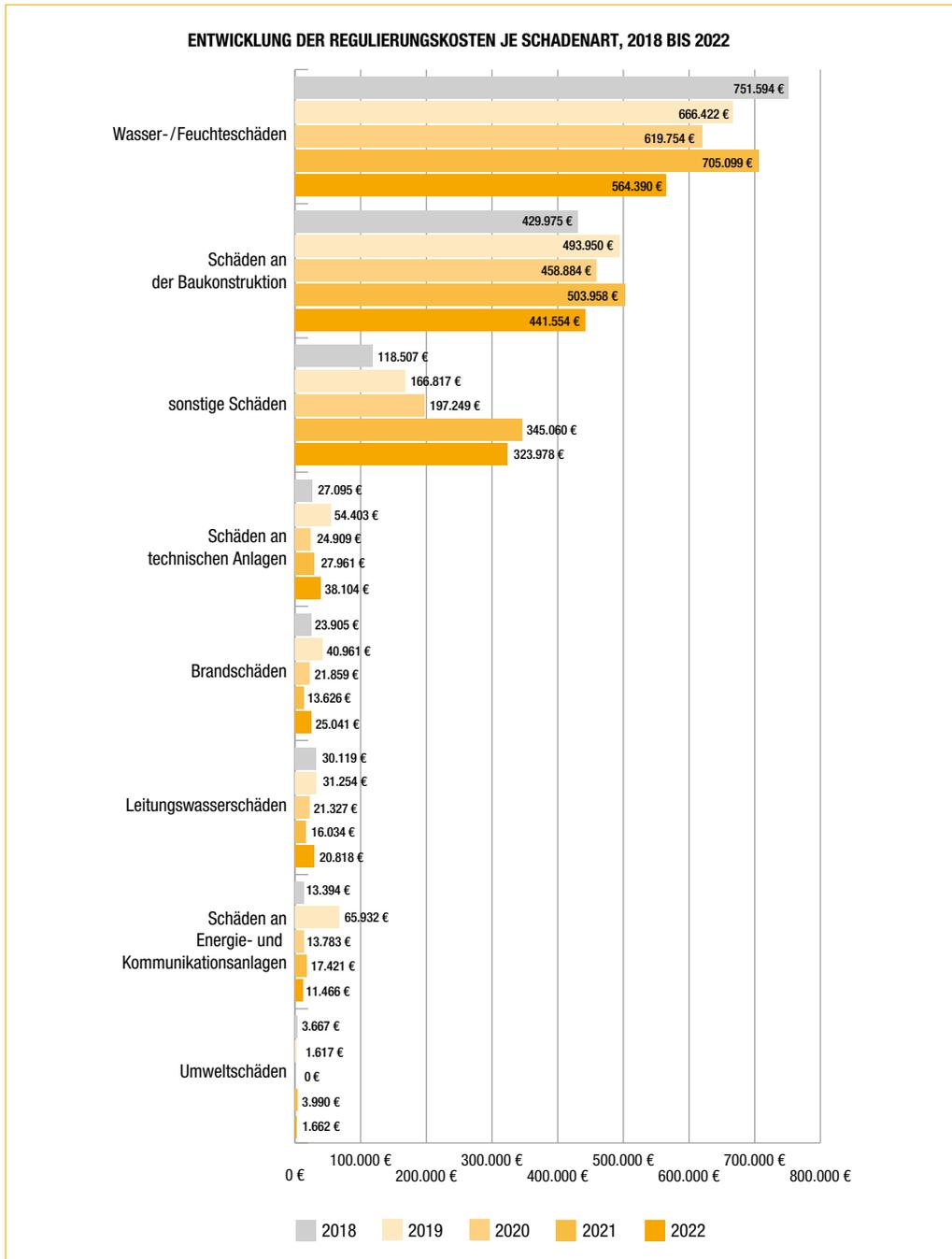
**Abb. 16:** Rückstellung, Regulierungskosten und Zahlung je Schadenart, 2018 bis 2022  
[Grafik: IFB, Daten: VHV]

Etwas genauer sollen die Regulierungskosten und die Zahlungen betrachtet werden. Von den am Bau Beteiligten wird immer wieder die Vermutung geäußert, dass die Schadenbehebungen von Jahr zu Jahr mehr Kosten verursachen. Um diese Annahme zu überprüfen, werden die Entwicklung der Regulierungskosten und die Entwicklung der Zahlungen über die letzten fünf Jahre unter die Lupe genommen.

Wie der Grafik in Abb. 17 zu entnehmen ist, gibt es bei den Regulierungskosten keine einheitliche Tendenz. Demnach zeigt sich bei Schäden an technischen Anlagen ein Anstieg von rund 41 Prozent, bei den sonstigen Schäden ist mit einem Anstieg von mehr als 270 Prozent sogar nahezu eine Verdreifachung festzustellen. Diese deutlich erhöhten Regulierungskosten lassen sich möglicherweise mit einem verstärkten Einsatz von Gutachtern, Prüfern und Vor-Ort-Terminen erklären, um hier die tatsächliche Schadenart zu identifizieren.

Demgegenüber kann für die Entwicklung bei Schäden an der Baukonstruktion, bei Brandschäden und bei Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen keine klare Prognose gegeben werden. Wie die Grafik in Abb. 17 zeigt, sind hier für die Regulierungskosten keine Tendenzen zu erkennen, die Kosten steigen bzw. fallen im Jahresrhythmus. Vereinzelt »Ausreißer« sorgen durch besonders hohe Regulierungskosten für die auffälligen Ausschläge in der grafischen Auswertung.

Rückläufige Regulierungskosten sind bei Wasser- und Feuchteschäden, bei Leitungswasserschäden und bei Umweltschäden zu verzeichnen. Den größten Rückgang gibt es bei Umweltschäden, hier haben sich die Regulierungskosten zwischen 2018 und 2022 mehr als halbiert. Im gleichen Zeitraum sind die Regulierungskosten für Leitungswasserschäden um rund ein Drittel und bei Wasser- und Feuchteschäden um rund ein Viertel gesunken. Der Rückgang steht vor allem mit den immer besser werdenden technischen Detektionsmöglichkeiten in Zusammenhang, die die Bearbeitungsdauer verkürzen und damit die resultierenden Kosten spürbar reduzieren.



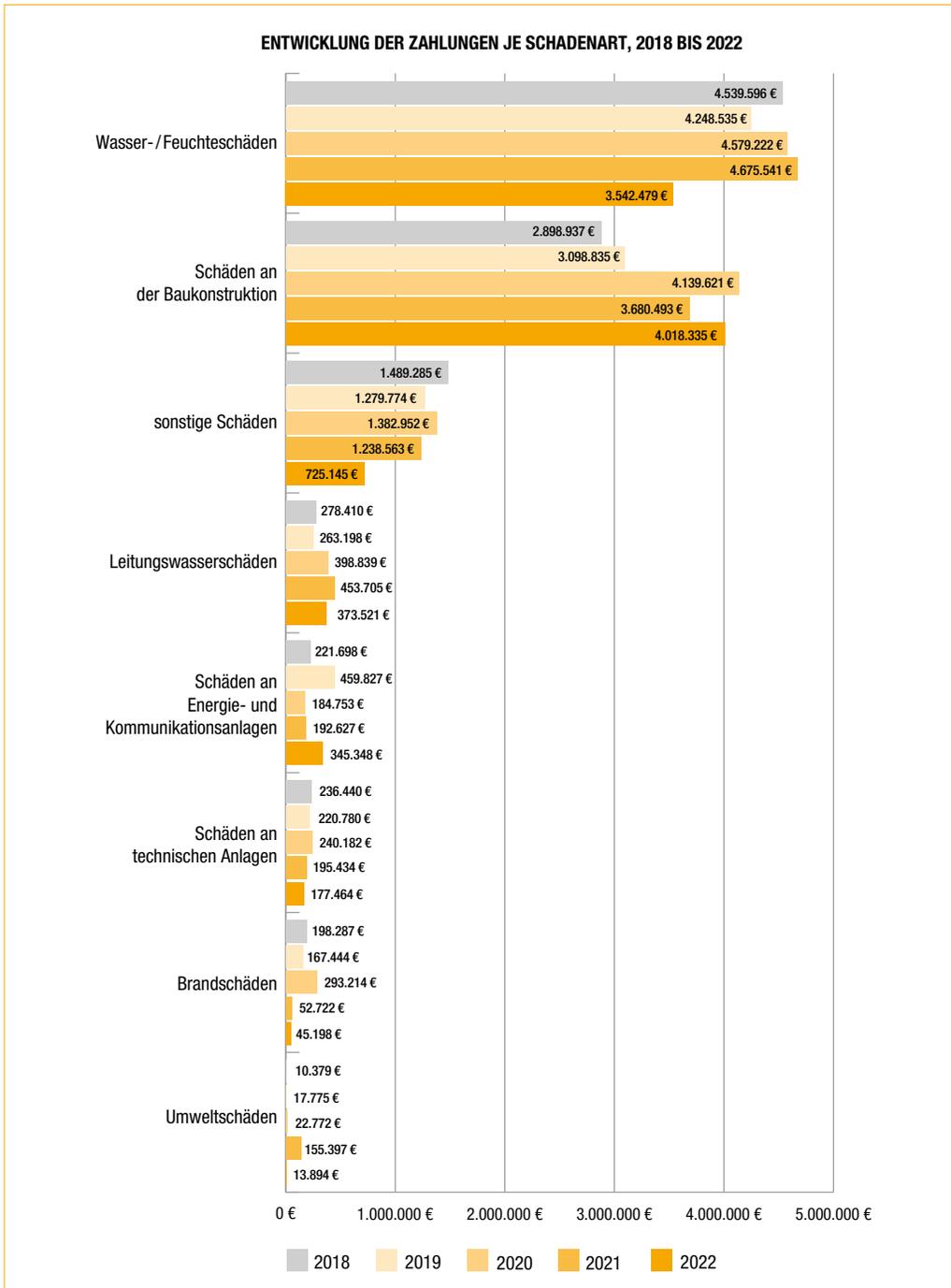
**Abb. 17:** Die Entwicklung der Regulierungskosten je Schadenart, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Auch bei der Entwicklung der Zahlungen, also der ermittelten und ausbezahlten Schadenbeträge, gibt es keinen einheitlichen Trend. Wie bei den Regulierungskosten sind sowohl Anstiege als auch Rückgänge zu verzeichnen. Den größten Rückgang mit einem Minus von rund 77 Prozent gibt es bei den Zahlungen für Brandschäden, wobei die Anzahl der Schadenfälle über den Betrachtungszeitraum um rund 21 Prozent zurückgeht. Auch bei Wasser- und Feuchteschäden, Schäden an technischen Anlagen und sonstigen Schäden sind zum Teil deutlich rückläufige Zahlungen bei überwiegend gleichbleibenden Schadenzahlen zu verzeichnen.

Relativ stabil zeigen sich die Zahlungen für Umweltschäden, auch wenn das Jahr 2021 mit einer extrem hohen Gesamtzahlung heraussticht. Diese Summe ist auf einige wenige Schadenfälle mit vergleichsweise hohen Schadenbeträgen zurückzuführen. Insgesamt bewegen sich die Schadenbeträge auf einem im Wesentlichen gleichbleibenden Niveau.

Grundlegend anders ist die Situation bei den Zahlungen für Energie- und Kommunikationsleitungen, Schäden an der Baukonstruktion und Leitungswasserschäden, wo zum Teil erhebliche Anstiege zu verzeichnen sind. Den quantitativ höchsten Anstieg gibt es bei Energie- und Kommunikationsleitungen. Hier haben die Zahlungen zwischen 2018 und 2022 um mehr als die Hälfte zugenommen, wobei die Anzahl der Schadenfälle in etwa gleichgeblieben ist. Diese Entwicklung ist mit einiger Sicherheit (auch) auf den Ausbau des Glasfasernetzes (»Breitbandausbau«) zurückzuführen, der seit mehreren Jahren verstärkt betrieben wird. Da dieser Ausbau noch lange nicht abgeschlossen ist, wird in diesem Bereich sowohl bei den Regulierungskosten als auch bei den Zahlungen weiterhin mit einem Anstieg zu rechnen sein. Etwas anders ist die Situation bei Schäden an der Baukonstruktion. Obwohl die Anzahl der Schadenfälle leicht rückläufig ist, steigen die Zahlungen um rund 39 Prozent. Bei genauerer Betrachtung der vorliegenden Daten ist festzustellen, dass sowohl die durchschnittlichen jährlichen Zahlungen als auch die vereinzelt auftretenden besonders hohen Schadenbeträge erheblich angestiegen sind. Eine Erklärung für diese Entwicklung liegt vor allem in der fortschreitenden Komplexität des Bauens, die häufig umfangreiche und kostenintensive Schadenbehebungsmaßnahmen erfordert. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Leitungswasserschäden. Hier ist eine Zunahme von rund 34 Prozent zu verzeichnen, wobei die Anzahl der Schadenfälle über den Betrachtungszeitraum leicht sinkt.

Zusammengefasst lässt sich anhand der vorliegenden Zahlen die Annahme der steigenden Kosten für die Behebung von Bauschäden nicht uneingeschränkt bestätigen.

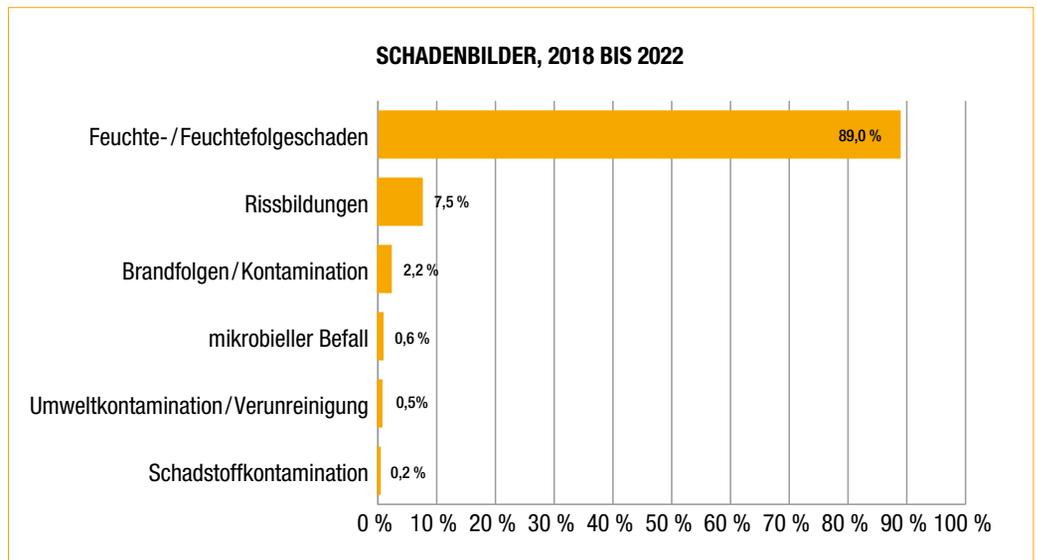


**Abb. 18:** Die Entwicklung der Zahlungen je Schadenart, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Bauschäden treten in den unterschiedlichsten Ausprägungen auf. Mithilfe des Kriteriums Schadenbild wird die visuelle Erscheinungsform eines Schadens beschrieben, also das, was der Betrachter auf den ersten Blick sieht. Anhand der für diesen Bericht vorliegenden Daten können allerdings nur rund ein Drittel aller Schadenarten einem »Schadenbildkomplex« zugeordnet werden, und aus diesem Datenpool lassen sich dann auch nur wenige unterschiedliche Schadenbilder herausfiltern. Wie die Grafik in Abb. 19 zeigt, entfällt mit rund 90 Prozent der weitaus größte Anteil sogar nur auf ein einziges Schadenbild.

Der Schwerpunkt liegt demnach ganz eindeutig bei Feuchte- und Feuchtefolgeschäden. Gerade in diesem Bereich gibt es die unterschiedlichsten Erscheinungsformen, da die Schäden praktisch an jedem Bauteil auftreten können. Klassische Feuchte- und Feuchtefolgeschäden äußern sich zum Beispiel durch Verfärbungen des Untergrunds und ausgeprägte Wasserränder, teilweise auch mit Salzausblühungen, sowie Farb- und Putzablösungen. Weitere typische Schadenbilder sind Wasserablaufspuren, Schimmelpilzbefall und beschädigte/zerstörte Holzbauteile durch holzerstörende Pilze wie zum Beispiel den Braunen Kellerschwamm oder den Echten Hausschwamm.

Mit ganz erheblichem Abstand folgt das Schadenbild Rissbildungen mit einem Anteil von rund 8 Prozent. Unter Rissbildungen fallen so unterschiedliche Schadenbilder wie zum Beispiel abgetreppte Risse im Mauerwerk, Diagonalrisse an Fensterecken und netzartige Risse auf der Oberfläche von Estrich- oder Putzschichten.



**Abb. 19:** Die festgestellten Schadenbilder, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Rund zwei Drittel aller Schadenarten sind in der Auswertung in Abb. 19 nicht enthalten. Die jeweiligen Schadenbilder sind so vielfältig, dass sie im Rahmen des vorliegenden Berichts nicht aufgelistet bzw. dargestellt werden können. Es handelt sich dabei überwiegend um Schadenbilder, die nicht sofort zu erkennen sind, beispielsweise perforierte Dachabdichtungen, falsch abgedichtete Tiefgaragendecken, ungenügend gedämmte Bodenplatten, defekte Abwasserleitungen, undichte Trinkwasserleitungen und ungenügend abgedichtete Fenster.

### 4.3 Entwicklung der Schadenursachen

Um das Thema Bauschäden vollumfänglich zu untersuchen, müssen neben den Schadenarten auch die Schadenursachen – also die Auslöser für das Auftreten eines Bauschadens – betrachtet werden. Anderenfalls ist es kaum möglich, die richtigen Schlüsse aus den Auswertungen zu ziehen, die im besten Fall zu einem insgesamt geringeren Schadenaufkommen führen sollen.

Wie die Grafik in Abb. 20 zeigt, sind die ermittelten Schadenursachen ausgesprochen vielfältig. Es ist aber auch deutlich zu erkennen, dass für die Gesamtheit der aufgetretenen Schäden nur einige wenige Auslöser schadenursächlich sind. So lassen sich rund 90 Prozent der Schadenfälle auf gerade einmal fünf unterschiedliche Schadenursachen zurückzuführen. Hierbei handelt es sich vor allem um:

- Ausführungs-/Montagefehler (zum Beispiel Verwendung ungeeigneter Dämmstoffe zum Erreichen der Effizienzhaus-Stufe 55, nicht luftdicht eingebaute Fenster),
- Schnittstellenproblematik/Kommunikation (zum Beispiel keine klare Leistungsabgrenzung unter den beteiligten Gewerken bei der Herstellung von luft- und winddichten Dachdurchdringungen, keine konsequente Weitergabe von Planungsänderungen an alle Baubeteiligten),

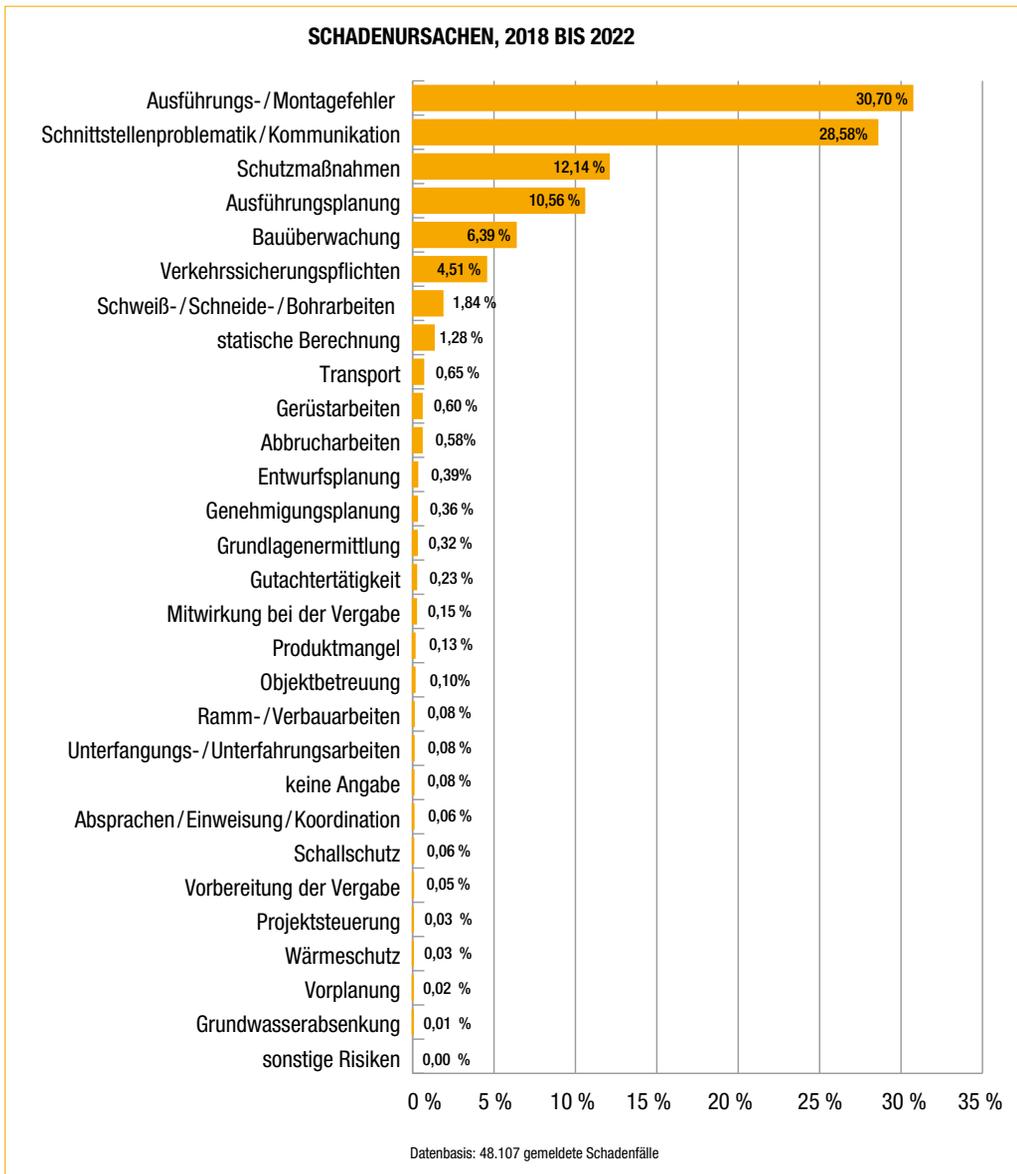
die mit einem Anteil von jeweils rund 30 Prozent die insgesamt häufigsten Ursachen darstellen.

Weitere Schadenursachen sind mangelhafte Schutzmaßnahmen (zum Beispiel Vernachlässigung der nötigen Brandschutzmaßnahmen beim Schweißen, kein Abdecken von frisch erstelltem Mauerwerk mit Folien als Witterungsschutz), Ausführungsplanung (zum Beispiel unvollständige Planungsleistung) und Bauüberwachung (mangelhafte »Bauleitung« bzw. Objektüberwachung gemäß LPH 8 HOAI). Die weiteren Schäden gehen auf zahlreiche andere, eher selten auftretende Ursachen zurück.

Werden die relevanten Schadenursachen themenbezogen zusammengefasst, zeigt sich, dass ein Großteil der gemeldeten Schäden auf eine mangelhafte Überwachung vor Ort zurückzuführen ist. Hierzu zählen »Schnittstellenproblematik/Kommunikation«, »Schutzmaßnahmen«, »Bauüberwachung«, »Verkehrssicherungspflichten« und »Absprachen/Einweisung/Koordination«, die mit einem Anteil von rund 52 Prozent mehr als die Hälfte aller gemeldeten Schadenursachen ausmachen.

Etwas geringer fällt der Anteil der Schadenfälle durch mangelhafte Arbeitsorgfalt aus. Unter diesem Oberbegriff werden die Schadenursachen »Ausführungs-/Montagefehler«, »Schweiß-/Schneide-/Bohrarbeiten«, »Gerüstarbeiten«, »Abbrucharbeiten«, »Ramm-/Verbauarbeiten« und »Unterfangungs-/Unterfahrungsarbeiten« zusammengefasst, die für rund 34 Prozent und damit für mehr als ein Drittel der gemeldeten Schäden verantwortlich sind.

Einen weiteren Themenkomplex stellt die mangelhafte Planung dar. Hierzu zählen »Ausführungsplanung«, »statische Berechnung«, »Entwurfsplanung«, »Genehmigungsplanung«, »Grundlagenermittlung«, »Mitwirkung bei der Vergabe«, »Vorbereitung der Vergabe« und »Vorplanung«. Der entsprechende Anteil an den gesamten Schadenursachen beträgt allerdings nur rund 13 Prozent und hat daher eine eher untergeordnete Bedeutung.

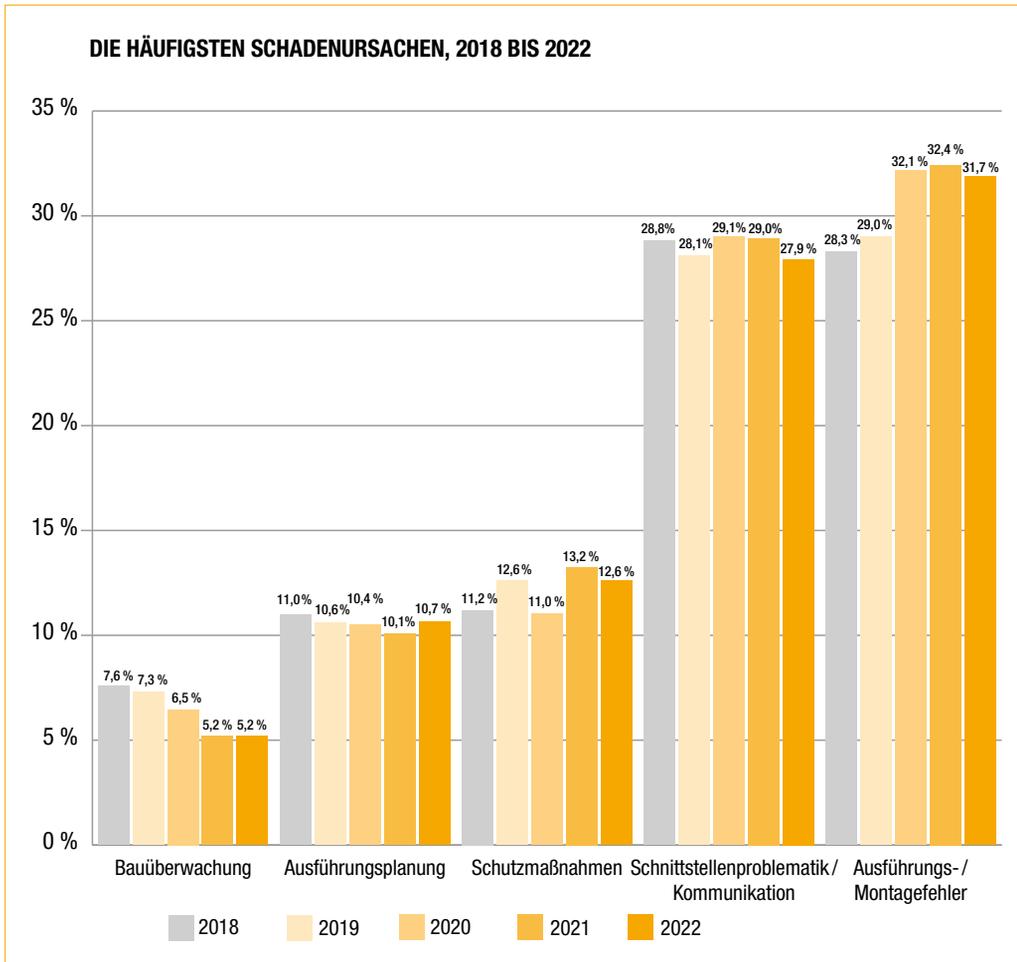


**Abb. 20:** Die festgestellten Schadenursachen, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine genauere Betrachtung ist der Grafik in Abb. 21 zu entnehmen. Hier wird der jeweilige prozentuale Anteil der fünf häufigsten Schadenursachen an der Gesamtschadenzahl über den gesamten Untersuchungszeitraum dargestellt. Demnach nimmt der Anteil der Schadenfälle durch mangelhafte Bauüberwachung von rund 8 Prozent im Jahr 2018 auf rund 5 Prozent im Jahr 2022 ab, was einem Rückgang von rund 32 Prozent entspricht.

Im Wesentlichen gleichbleibend bzw. nur minimal abnehmend ist die Schadenhäufigkeit im Bereich mangelhafter Ausführungsplanung und Schnittstellenproblematik/Kommunikation, die über den Betrachtungszeitraum von 11,0 Prozent auf 10,7 Prozent bzw. von rund 29 Prozent auf rund 28 Prozent sinkt.

Die Grafik zeigt jedoch auch Schadenursachen auf, deren Häufigkeit über den Betrachtungszeitraum zugenommen hat. So hat sich der Anteil der Schadenfälle aufgrund mangelhafter Schutzmaßnahmen von rund 11 Prozent im Jahr 2018 auf rund 13 Prozent im Jahr 2022 um rund 13 Prozent erhöht. Bei Ausführungs-/Montagefehlern steigt der Anteil der Schadenfälle von rund 28 Prozent im Jahr 2018 auf rund 32 Prozent im Jahr 2022, womit der Anstieg über den Betrachtungszeitraum bei rund 12 Prozent liegt und damit ähnlich hoch ist wie bei den mangelhaften Schutzmaßnahmen.



**Abb. 21:** Die häufigsten festgestellten Schadenursachen, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

## 4.4 Entwicklung der Schadenstellen

Zu der ganzheitlichen Betrachtung eines Bauschadens gehört neben der Beschäftigung mit den Schadenkosten, dem Schadenbild und der Schadenursache auch die Untersuchung der Schadenstelle, also des beschädigten Bauteils. Wie der Grafik in Abb. 22 zu entnehmen ist, verteilen sich 87 Prozent der Schadenfälle auf gerade einmal fünf Schadenstellen bzw. Bauteile. Hierbei handelt es sich um Elektroleitungen und -anlagen (zum Beispiel Elektroinstallationen, Kabelnetze für die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik), Fußbodenaufbauten (zum Beispiel Abdichtung von Bodenflächen in häuslichen Badezimmern, Dämmschicht zwischen aufgehender Wand und Estrich), Dach und (Geschoss-) Decken (zum Beispiel Luftdichtheitsschicht im ausgebauten Dach, feuerbeständige Ausführung von Geschossdecken), Anlagen im Bereich Sanitär/Heizung/Klima (SHK) (zum Beispiel Ummantelung der Warmwasser führenden Rohrleitungen, Ventilatoren und Luftfilter in Raumluftechnischen Anlagen) sowie Fassaden und Fenster (zum Beispiel Mineralwolle-Brandriegel in Wärmedämm-Verbundsystemen aus Polystyrol-Hartschaum, Fußpunkt bodentiefer Fenster), die mit rund 41 Prozent den mit Abstand größten Anteil an den Schadenstellen aufweisen.

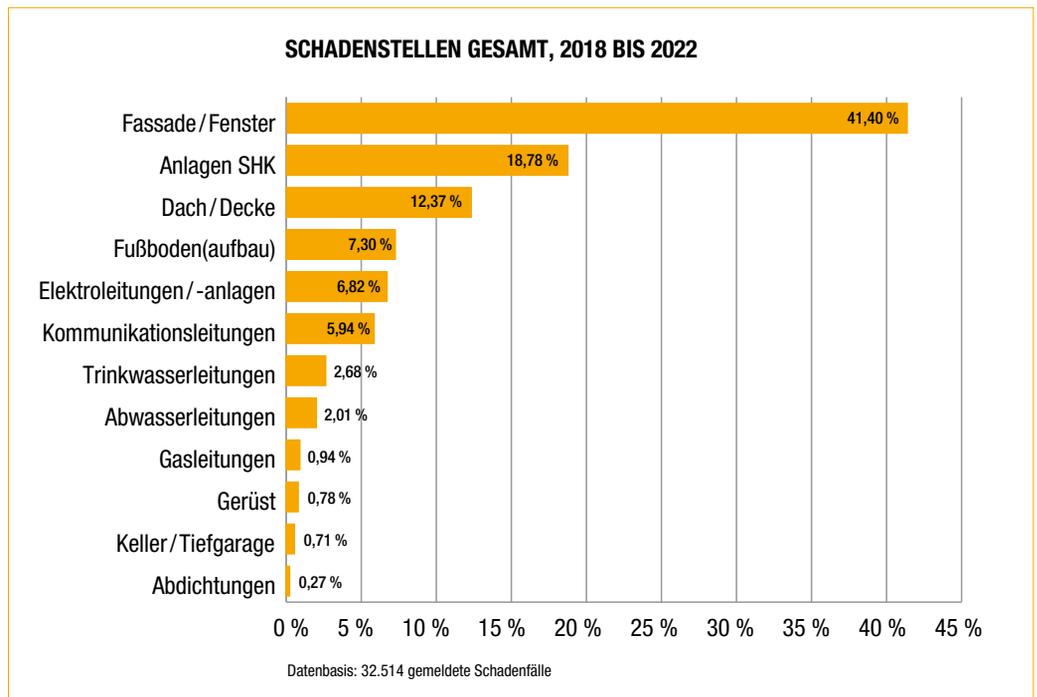


Abb. 22: Festgestellte Schadenstellen, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Die übrigen 13 Prozent der Schadenfälle finden sich an diversen weiteren Schadenstellen wie zum Beispiel Kommunikationsleitungen (zum Beispiel Glasfasertrassen), Trink- und Abwasserleitungen (zum Beispiel Fittings/Muffen) und Keller/Tiefgaragen (zum Beispiel Abdichtung der erdberührten Bauteile).

Eine genauere Auswertung ist der Grafik in Abb. 23 zu entnehmen, die sich auf die fünf häufigsten Schadenstellen fokussiert. Demnach ist bei der Entwicklung dieser Schadenstellen über den Betrachtungszeitraum keine einheitliche Tendenz festzustellen, denn es sind neben (leichten) Rückgängen auch (geringfügige) Zunahmen zu erkennen. So erhöht sich der Anteil der beschädigten Elektroleitungen/-anlagen von rund 6 Prozent im Jahr 2018 auf rund 7 Prozent im Jahr 2022, während der Anteil der mangelhaften Dächer/Decken im gleichen Zeitraum von rund 12 Prozent auf rund 14 Prozent ansteigt. Es bleibt abzuwarten, ob sich dieser Aufwärtstrend in den kommenden Jahren fortsetzt.

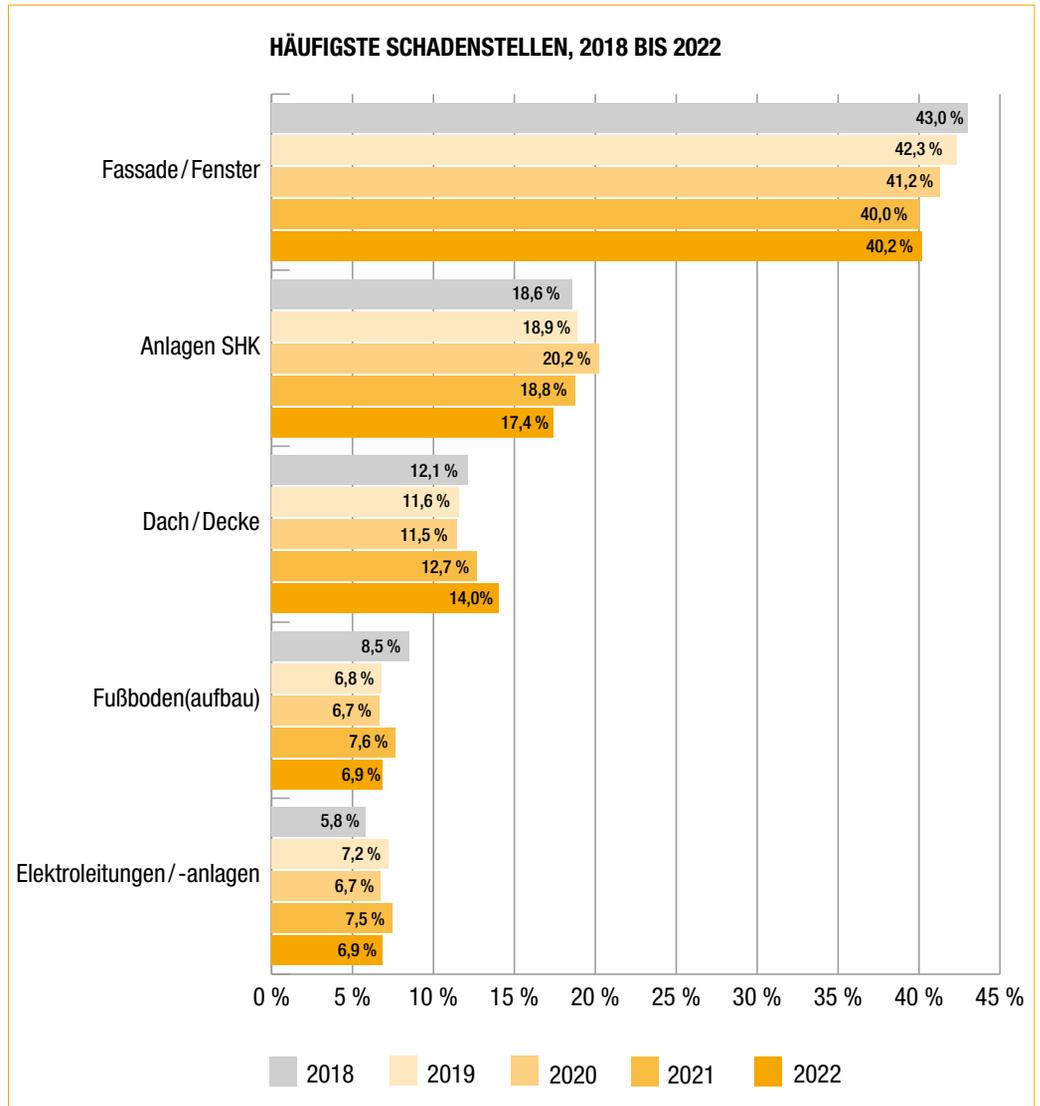
Rückgänge sind bei den Schadenstellen Fußboden(aufbau), Anlagen SHK und Fassade/Fenster festzustellen. So sinkt der Anteil der beschädigten Fußböden/Fußbodenaufbauten über den Betrachtungszeitraum von rund 9 Prozent auf rund 7 Prozent, während bei den Anlagen SHK von 2018 bis 2020 erst steigende Zahlen zu erkennen sind. Ab 2021 sinken die Zahlen dann wieder, so dass hier insgesamt ein Rückgang von rund 19 Prozent im Jahr 2018 auf rund 17 Prozent im Jahr 2022 zu verzeichnen ist. Bei der kombinierten Schadenstelle Fassade/Fenster verläuft der Rückgang deutlich gleichmäßiger. So ist seit dem Jahr 2018 ein kontinuierlicher Rückgang von 43 Prozent auf 40 Prozent im Jahr 2022 zu erkennen. Im Durchschnitt liegt der Anteil der Schadenstelle Fassade/Fenster bei rund 41 Prozent und stellt damit das mit Abstand am häufigsten von Schäden betroffene Bauteil dar. Zwar ist auch hier anhand der vorliegenden Auswertung nicht absehbar, ob es sich dabei um einen dauerhaften Trend handelt. Unter Berücksichtigung der Daten aus dem zweiten Hochbaubericht<sup>6</sup> lässt sich zumindest festhalten, dass der Anteil der Schadenstelle Fassade/Fenster an der Gesamtheit der festgestellten Schadenstellen seit dem Jahr 2016 eindeutig rückläufig ist.

In diesem Zusammenhang wurden bereits im ersten Hochbaubericht<sup>7</sup> sinkende Zahlen festgestellt. Da hier allerdings im Detail andere Suchkriterien verwendet worden sind, können die absoluten Zahlen nicht uneingeschränkt miteinander verglichen werden.

---

6 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2022

7 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2019/20. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020



**Abb. 23:** Die häufigsten festgestellten Schadenstellen, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

## 4.5 Entwicklung der Schwerpunktschäden und Perspektiven zur Schadenprävention

Die aktuelle Schadenanalyse zeigt, dass wir es im Bereich der Hochbauschäden hauptsächlich mit wiederkehrenden Schadenarten und Schadenursachen zu tun haben. Wie schon frühere Studien zu diesem Thema kommt auch die jetzige Ausarbeitung zu dem Ergebnis, dass in diesen Punkten keine wesentlichen Veränderungen zu verzeichnen sind.<sup>8,9</sup> Nachfolgend wird genauer auf die Entwicklung dieser sogenannten Schwerpunktschäden eingegangen.

Außerdem betrachten wir Maßnahmen zur Schadenprävention. Dabei stehen vor allem die Qualität der Ausbildung und die Schnittstellenkoordination im Bauprozess im Fokus.

### Schwerpunktschäden

Die vorhergehenden Untersuchungen haben gezeigt, dass es sich bei den im Betrachtungszeitraum am häufigsten gemeldeten Schäden um bekannte Klassiker handelt, nämlich um Schäden an der Baukonstruktion und Wasser-/Feuchteschäden. Zählt man noch die Leitungswasserschäden hinzu, bei denen es sich selbstverständlich ebenfalls um Wasserschäden handelt, so stellen diese drei Schadenarten mit einem Anteil von rund 71 Prozent fast drei Viertel aller im Betrachtungszeitraum gemeldeten Schadenarten.

Diese Ergebnisse decken sich mit den Feststellungen der bisherigen Bauschadenberichte, in denen entsprechende Schadendaten aus den Jahren 2013 bis 2020 analysiert worden sind.<sup>10,11</sup> Damit stehen uns vergleichbare Zahlen als Erweiterung der aktuellen Daten (vgl. Kap. 4.2) zur Verfügung, die in der Grafik in Abb. 24 zusammengeführt werden. Hier zeigt sich, dass der Anteil der Schäden an der Baukonstruktion über den gesamten Untersuchungszeitraum eine leicht rückläufige Tendenz aufweist, während bei den Wasser-/Feuchteschäden (einschließlich Leitungswasserschäden) tendenziell ein leichter Anstieg der Zahlen zu verzeichnen ist. Insgesamt gesehen sind aber bei den Schwerpunktschäden in den vergangenen 10 Jahren keine wesentlichen Veränderungen festzustellen, weder bei der Art der Schäden noch bei der Größenordnung.

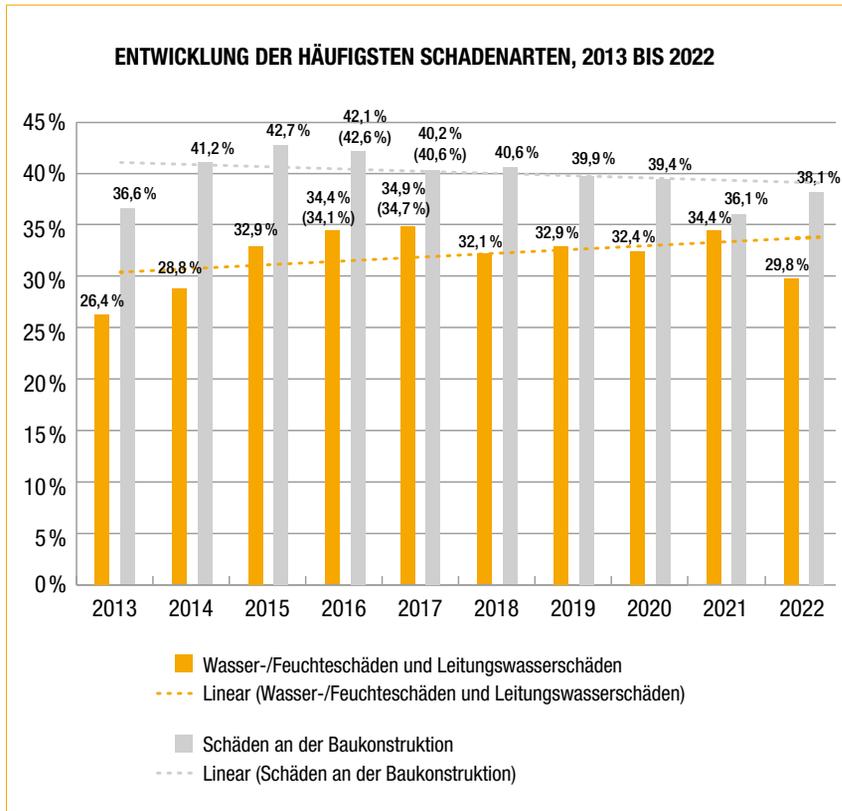
---

8 Institut für Bauforschung e.V.: Analyse der Entwicklung der Bauschäden und der Bauschadenskosten – Update 2022. Gemeinschaftsprojekt vom Bauherren-Schutzbund e.V., der AIA AG und dem Institut für Bauforschung e.V. Hannover: Selbstverlag, 2022

9 Institut für Bauforschung e.V.: Kurzstudie – Die 10 häufigsten Mängel bei der Errichtung von Ein- und Zweifamilienhäusern. Gemeinschaftsprojekt vom Bauherren-Schutzbund e.V. und dem Institut für Bauforschung e.V. Hannover: Selbstverlag, 2020

10 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2019/20. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020

11 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2022



**Abb. 24:** Die Entwicklung der häufigsten Schadenarten, 2013 bis 2022<sup>12</sup> [Grafik: IFB, Daten: VHV]

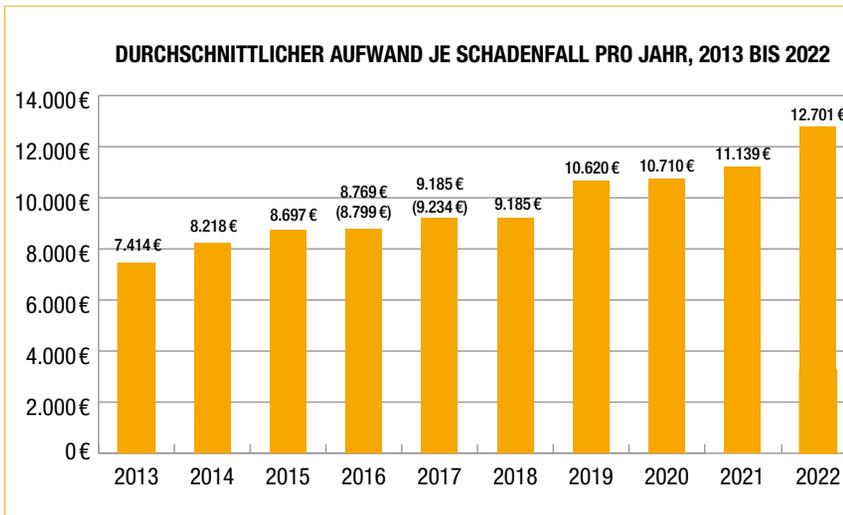
Aus der Gesamtbetrachtung der zugrunde liegenden Datenbasis<sup>13</sup> wissen wir zudem, dass die Schwerpunktschäden nicht nur in Bezug auf die reine Anzahl, sondern auch auf die Schadenhöhe die mit Abstand höchsten Anteile verzeichnen.

Wie in Kap. 4.1 ausführlich dargelegt wurde, ist bei der Entwicklung der Schadenkosten ein langsamer, aber stetiger Anstieg der Zahlen zu verzeichnen. So erhöhte sich der durchschnittliche Aufwand je Schadenfall und Jahr zwischen 2018 und 2022 um rund 38 Prozent und setzt damit die in den Vorgängerstudien festgestellten Entwicklungen fort. Eine detaillierte Betrachtung der durchschnittlichen Schadenkosten pro Fall und Jahr zeigt die Grafik in Abb. 25. Hier werden die Daten aus den Jahren 2013 bis 2022 zusammengeführt, um den Anstieg der Aufwendungen grafisch darzustellen. Demnach

<sup>12</sup> Die minimalen Differenzen zwischen den Schadenzahlen aus den Bauschadenberichten 2019/20 und 2021/22 beruhen auf einer Anpassung der Suchkriterien im aktuellen Werk; inhaltlich gibt es keine Änderungen (betrifft die Zahlen aus 2016 und 2017).

<sup>13</sup> Rund 48.000 Datensätze (vgl. Einführung Kap. 4)

ist für die untersuchten 10 Jahre eine erhebliche Steigerung der durchschnittlichen Schadenkosten pro Fall und Jahr in Höhe von rund 7.400 Euro im Jahr 2013 auf rund 12.700 Euro im Jahr 2022 zu verzeichnen, was einem Anstieg von rund 71 Prozent entspricht.



**Abb. 25:** Die Entwicklung der Schadenkosten, 2013 bis 2022<sup>14</sup> [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Als wesentliche Ursachen für diese Entwicklung sind zu nennen:

- anhaltender Fachkräftemangel in der gesamten Baubranche,
- mangelhafte Kommunikation und Koordination der Baubeteiligten,
- kontinuierlich wachsender Zeit- und Kostendruck bei der Erstellung von Bauvorhaben,
- steigende Preise für Baumaterialien, vor allem bei energieintensiv hergestellten Baustoffen wie Stahl, Stahlerzeugnissen und Glas<sup>15</sup>,
- zunehmende Komplexität des Bauens, vor allem im Bereich der Anlagentechnik und der Baukonstruktion,
- steigende Anforderungen an Gebäude durch höhere energetische Standards zum Erreichen der Klimaschutzziele und gesteigerte Erwartungen der Bauherren an die Qualität.

<sup>14</sup> Für den vorliegenden Bericht wurden die jeweils aktuellen Schadenkosten verwendet. Im Laufe einer Fallbearbeitung kommt es zu Änderungen bzw. Anpassungen der veranschlagten Kosten. Daher gibt es minimale Differenzen zwischen den Schadenkosten aus den Bauschadenberichten 2019/20 und 2021/22 (betrifft die Zahlen aus 2016 und 2017).

<sup>15</sup> Quelle: Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung vom 1. Februar 2023, [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23\\_N006\\_61.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23_N006_61.html) [abgerufen am: 12.04.2024]

In diesem Zusammenhang wurde festgestellt, dass die schwersten Schäden mit einem erheblichen Schadenbeseitigungsaufwand vor allem durch die Themenkomplexe mangelhafte Ausführung / Montage und Schnittstellenproblematik / mangelhafte Kommunikation verursacht worden sind, gefolgt von mangelhaften Schutzmaßnahmen und mangelhafter Ausführungsplanung. Insofern haben wir es nicht nur bei den Schadenarten, sondern auch bei den Schadenursachen überwiegend mit klassischen, immer wiederkehrenden Ursachen zu tun. Diese sollen nachfolgend noch etwas genauer dargestellt werden.

Die wesentlichen erfassten Ursachen für Schäden an der Baukonstruktion sind:

- Flüchtigkeitsfehler aufgrund des hohen Zeitdrucks bei der Fertigstellung von Bauvorhaben,
- mangelndes (bau-)technisches Verständnis der Ausführenden,
- mangelhafte Kommunikation,
- fehlende oder unzureichende Kontrollen während und nach der Fertigstellung von betreffenden Bauleistungen.

Die wesentlichen erfassten Ursachen für Wasser-/Feuchteschäden (einschließlich Leitungswasserschäden) sind:

- Flüchtigkeitsfehler aufgrund des hohen Zeitdrucks bei der Fertigstellung von Bauvorhaben,
- keine oder mangelhafte Berücksichtigung von Grundwasserverhältnissen bzw. Verzicht auf die Erstellung eines Baugrundgutachtens,
- unzureichende Schutzmaßnahmen,
- fehlerhafte Gebäudeabdichtungen oder mangelhaft geplante und/oder ausgeführte Anschlüsse von Gebäudeteilen.

Eine der Hauptfehlerquellen ist demnach der mittlerweile übliche Zeitdruck auf Baustellen, der häufig zu einer mangelhaften Sorgfalt in der Ausführung und der Bauüberwachung führt. Qualitätsverluste bei den Bauleistungen sind die direkte Folge dieser Entwicklung.

Erschwerend kommt der allgegenwärtige Fachkräftemangel hinzu. Parallel wird das Bauen immer komplexer, unter anderem bedingt durch den verstärkten Einsatz von Hightech-Materialien. Bei unzureichenden bautechnischen Vorkenntnissen besteht die Gefahr, dass chemische und bauphysikalische Abläufe nicht richtig eingeschätzt werden.

Aber auch Mängel in der Ausführungsplanung, die als konkrete Grundlage für das Bauen vor Ort dient, sind immer häufiger zu beobachten, ebenso wie unzureichende Kontrollen während und nach der Fertigstellung von Bauleistungen.

Vor allem aber sind viele der auftretenden Bauschäden auf eine mangelhafte Schnittstellenkoordination zurückzuführen. Diese äußert sich viel zu häufig darin, dass parallel ablaufende Arbeiten unterschiedlicher Gewerke an einem Bauteil zu Unklarheiten über die Zuständigkeiten führen. Zusätzlich nachteilig wirkt sich aus, dass die gängige Praxis der Weitergabe von Teilgewerken an verschiedene Subunternehmer und Sub-Subunternehmer zu einer mangelnden Transparenz in Bezug auf die tatsächlich am Bau beteiligten Personen führt. Die mangelhafte Kommunikation der Baubeteiligten zählt mittlerweile zu den häufigsten Fehlerquellen überhaupt (vgl. auch Kap. 4.3).

### **Schadenprävention**

Vor allem mit Blick auf die Entwicklung der Bauqualität können die Untersuchungsergebnisse nicht zufriedenstellen. Um Bauschäden weitestgehend zu vermeiden oder zumindest die Anzahl deutlich zu reduzieren, sind insbesondere bei der Qualität der Ausbildung und Koordination der Schnittstellen Veränderungen notwendig.

So ist gerade eine gute und praxisnahe Qualifikation von Fachkräften entscheidend bei der Prävention von Bauschäden. Fachkräfte, die im Rahmen ihrer Ausbildung umfangreiche entsprechende Kompetenzen erlangt haben, können mit den immer komplexer werdenden Bauaufgaben sicher und selbstverantwortlich umgehen. Wichtig sind in diesem Zusammenhang moderne und bedarfsgerechte Ausbildungen, gute und möglichst bundeslandübergreifend einheitliche Ausbildungsstandards sowie gezielte Weiterbildungsmöglichkeiten zur Anpassung und Fortentwicklung der erworbenen Kompetenzen.

Ein weiterer wesentlicher Faktor bei der Schadenprävention ist die Koordination der fachlichen und kommunikativen Schnittstellen im Baubetrieb. Gerade in diesem Bereich kann es aufgrund der Komplexität der Bauaufgaben und der zahlreichen Baubeteiligten zum Verlust von Informationen, zu Missverständnissen und Fehlern kommen, was am Ende häufig zu Verzögerungen im Bauablauf und zu Qualitätsmängeln führt. Die vorausschauende Organisation einer Baustelle und die integrierende Koordination aller am Bau Beteiligten stellen aber die Grundlage jedes Bauvorhabens dar. Dazu zählen die Erarbeitung eindeutiger Leistungsverzeichnisse und Bauzeitenpläne sowie das Durchsetzen eines regelmäßigen Dialogs der beteiligten Gewerke mit dem Ziel einer engen Abstimmung der jeweiligen Arbeiten.

Neben der Qualifikation und Kommunikationsfähigkeit von Fachkräften stellt eine fachgerechte Gebäudeplanung einen weiteren relevanten Aspekt im Hinblick auf die Schadenprävention dar. In diesem Zusammenhang gewinnt vor allem das klimaangepasste Bauen an Bedeutung, bei dem es sich um (bauliche) Anpassungsmaßnahmen gegen die zunehmenden potenziellen Gefährdungen von Gebäuden durch Extremwetterereignisse handelt. Wie aktuelle Untersuchungen zeigen, können extreme Wetterereignisse zu schweren Schäden an Gebäuden und technischen Anlagen führen.<sup>16</sup> Demnach sollten Gebäude zukünftig einfacher und robuster gebaut werden, damit sie auch Extremwetterlagen standhalten und Schäden vermieden oder zumindest reduziert werden.

Insgesamt kann die Anwendung der genannten Maßnahmen dazu beitragen, das jährliche Schadenaufkommen und die damit verbundenen Schadenkosten nachhaltig zu senken.

---

<sup>16</sup> Vgl. auch Institut für Bauforschung e. V.: Studie Klimawandel und Extremwetterereignisse, Schadenentwicklungen und Anforderungen an Wohngebäude. Gemeinschaftsprojekt vom Bauherren Schutzbund e. V., der VHV Allgemeine Versicherung AG und dem Institut für Bauforschung. Hannover: Selbstverlag, 2023

## 4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit

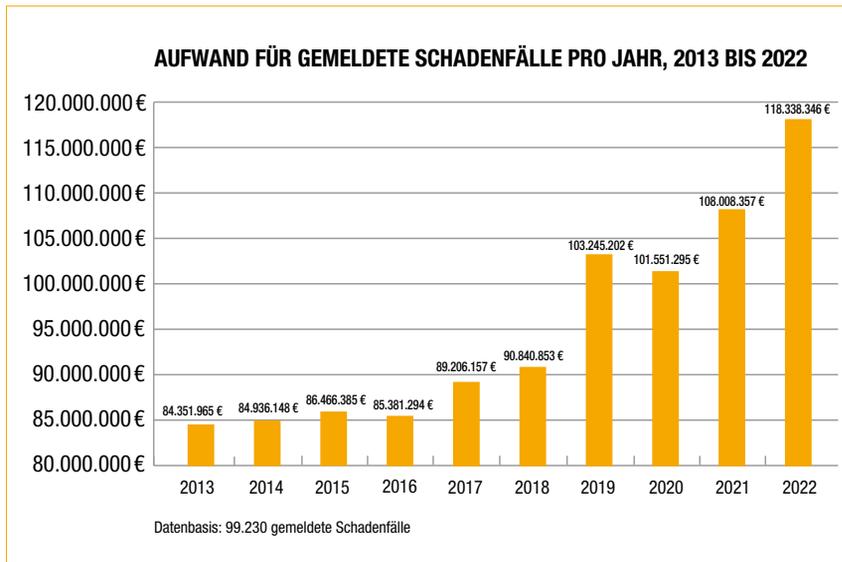
Die Untersuchung zur Entwicklung der Bauschäden im Hochbau hat im Hinblick auf die Schadenzahlen wieder einmal zu überraschenden Ergebnissen geführt. Obwohl in den ersten beiden VHV-Hochbauberichten ein kontinuierlicher Rückgang festgestellt worden war, wurde eine Fortsetzung dieser Entwicklung nicht unbedingt erwartet. Wie nun die aktuelle Auswertung zeigt, hat sich der Trend der abnehmenden Schadenzahlen aber weiter verfestigt (vgl. Kap. 4.1). Für die Schadenbeseitigungskosten (die sogenannten Aufwendungen) lässt sich aufgrund des kontinuierlichen Anstiegs dagegen eine grundsätzlich steigende Tendenz bestätigen (vgl. Kap. 4.1).

Darüber hinaus hat die Schadenanalyse im Wesentlichen zu Ergebnissen geführt, die so oder ähnlich erwartet worden waren. So war es für die Autoren nicht überraschend, dass es sich bei der mit Abstand häufigsten Schadenart um Schäden an der Baukonstruktion und um Wasser- bzw. Feuchteschäden handelt, die dementsprechend vor allem in Form von Rissbildungen sowie Feuchte- und Feuchtefolgeerscheinungen auftreten (vgl. Kap. 4.2) – bei diesen Ergebnissen sind über den erweiterten Betrachtungszeitraum von 10 Jahren keine Veränderungen festzustellen. Ähnliches gilt für die übrigen Untersuchungsergebnisse: Als mit Abstand häufigste Schadenursachen wurden Ausführungs- bzw. Montagefehler sowie unzureichende Schnittstellenkoordination und mangelhafte Kommunikation ermittelt (vgl. Kap. 4.3). Auch bei den Schadenstellen gibt es keine Überraschungen, hier ist die Bauteilkombination Fassade/Fenster am weitaus häufigsten betroffen. Mit großem Abstand folgen die Anlagen im Bereich Sanitär/Heizung/Klima (SHK) und der Bereich Dach/Decke (vgl. Kap. 4.4).

Die herausgearbeiteten Schwerpunktschäden lassen sich auf einige wenige grundlegende Ursachen zurückführen, die im Wesentlichen durch stetig wachsenden Zeit- und Kostendruck und fehlende Fachkräfte bei parallel steigenden (technischen) Anforderungen an Gebäude und einer zunehmend erschwerten Kommunikation der Baubeteiligten zu erklären sind (vgl. Kap. 4.5). Diese Umstände führen in ihrer Gesamtheit zu einem gefühlten bzw. wahrgenommenen Qualitätsverlust bei den Bauausführungen, wobei sich diese Wahrnehmung durchaus mit konkreten Zahlen untermauern lässt. Werden die Daten aus der aktuellen Studie zugrunde gelegt, ergibt sich bei der verwendeten Datenbasis von rund 48.000 Schadenfällen in fünf aufeinanderfolgenden Kalenderjahren bei einer etwa gleichbleibenden Anzahl von Versicherungsverträgen ein Schadenaufwand von insgesamt rund 522 Millionen Euro (vgl. Abb. 07).

Mit den Daten aus den ersten beiden VHV-Bauschadenberichten stehen zudem vergleichbare Zahlen als Erweiterung der aktuellen Betrachtung zur Verfügung, die in der Grafik in Abb. 26 zusammengeführt werden. Hier ist die Entwicklung der Schadenaufwendungen zwischen 2013 und 2022 dargestellt, wobei ein stetiger Anstieg der Zahlen

zu erkennen ist, der sich vor allem ab dem Jahr 2019 deutlich beschleunigt. Insgesamt ist für die untersuchten 10 Jahre eine erhebliche Steigerung der durchschnittlichen Aufwendungen pro Jahr in Höhe von rund 84 Millionen Euro im Jahr 2013 auf rund 118 Millionen Euro im Jahr 2022 zu verzeichnen, was einem Anstieg von rund 40 Prozent entspricht. Alles in allem belaufen sich die Schadenaufwendungen für die Jahre 2013 bis 2022 auf rund 952 Millionen Euro.<sup>17</sup>



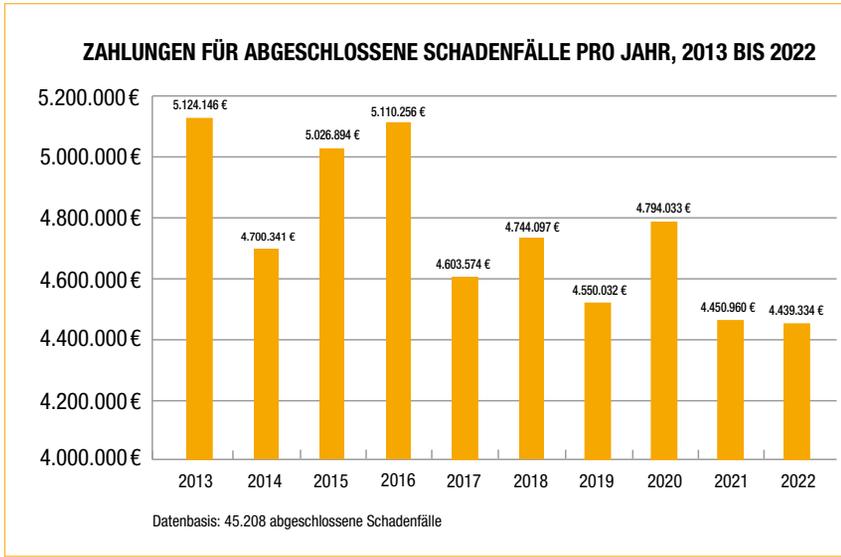
**Abb. 26:** Der Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle pro Jahr, 2013 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der genannten Summe um die Gesamtheit aller Kosten handelt, die mit der (versicherungstechnischen) Schadenbeseitigung verbunden sind. Im Einzelnen setzen sich diese Kosten zusammen aus der Rückstellung, den Regulierungskosten und der eigentlichen Zahlung (vgl. Kap. 4.1).

Bei der Zahlung handelt es sich um die ermittelte Geldleistung, die am Ende einer Fallbearbeitung zur Schadenbehebung ausgezahlt wird. Insofern ermöglicht der Blick auf die Zahlungssummen einen realistischeren Blick auf die für den Versicherer tatsächlich angefallenen Schadenbeseitigungskosten. Einen entsprechenden Überblick gibt die Grafik in Abb. 27, in der die Zahlungen für abgeschlossene Schadenfälle zwischen 2013 und 2022 dargestellt werden. Im Gegensatz zu den Schadenaufwendungen ist hier ein leichter Abwärtstrend zu erkennen. So sinken die Zahlungen in Höhe von rund 5,1 Mil-

<sup>17</sup> Stand der Datenbasis: 05.06.2023

tionen Euro im Jahr 2013 auf rund 4,4 Millionen Euro im Jahr 2022, was einem Rückgang von rund 13 Prozent entspricht. Insgesamt belaufen sich die Zahlungen für den Betrachtungszeitraum auf rund 47,5 Millionen Euro.<sup>18</sup>



**Abb. 27:** Die Zahlungen für abgeschlossene Schadenfälle pro Jahr, 2013 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Aber auch bei den Versicherungsnehmern fallen zusätzliche Kosten an, zum Beispiel interne Kosten für Schadenabwicklung, Organisation und Dokumentation. Diese konnten trotz einer Stichprobenabfrage bei Bauunternehmen nicht im Detail beziffert werden. Oftmals werden sie nicht einmal im Detail erfasst. In Schätzungen einzelner bauausführender Unternehmen wurde ein Eigenanteil von etwa 20 Prozent der Schadensumme am häufigsten genannt.

Darüber hinaus ist von den Versicherungsnehmern der Selbstbehalt zu tragen. Unter der Annahme, dass (wie bei bauausführenden Unternehmen üblich) ein Selbstbehalt von 500 Euro vereinbart ist, würden sich die Schadenbeseitigungskosten um viele Millionen Euro erhöhen. Da aber die Selbstbehalte bei Planenden mit durchschnittlich 3.000 Euro nochmals deutlich darüber liegen, dürften die tatsächlich anfallenden Schadenbeseitigungskosten noch weitaus höher sein als bisher ermittelt.

<sup>18</sup> Stand der Datenbasis: 05.06.2023

Bei der Einordnung dieser Summen ist zu berücksichtigen, dass ausschließlich bei der VHV gemeldete Schadenfälle betrachtet werden und sich damit kein repräsentatives Gesamtbild sämtlicher bei allen Versicherungen gemeldeten Schadenfälle darstellt. Schätzungen auf der Basis von Befragungen in der Baubranche gehen davon aus, dass im Jahr 2022 die Kosten zur Behebung der Fehler (»Fehlerkostenanteile«) bei der Errichtung von Gebäuden bei durchschnittlich 8,1 Prozent des gesamten Branchenumsatzes liegen.<sup>19</sup> Bei einem im selben Jahr erwirtschafteten Gesamtumsatz von 160,3 Milliarden Euro nur im Bauhauptgewerbe<sup>20</sup> würden sich die tatsächlichen Schadenbeseitigungskosten für das Jahr 2022 auf rund 13 Milliarden Euro belaufen.

Um zu überprüfen, ob der im Rahmen dieser Studie festgestellte leichte Abwärtstrend bei den tatsächlichen Schadenbeseitigungskosten auch branchenweit wahrzunehmen ist, werden die Fehlerkostenanteile der Jahre 2018 bis 2021 betrachtet und mit den Daten aus dem Jahr 2022 in der Grafik in Abb. 28 zusammengefasst. Demnach liegt der Fehlerkostenanteil im Jahr 2018 noch bei 14 Prozent<sup>21</sup> und steigt im darauffolgenden Jahr auf über 15 Prozent<sup>22</sup> an. Ab dem Jahr 2020 ist dann ein kontinuierlicher Rückgang der Werte bis auf 8,1 Prozent im Jahr 2022 zu erkennen. Zusätzlich sollen diese Daten mithilfe der jährlichen Branchenumsätze<sup>23, 24, 25, 26</sup> und der daraus abzuleitenden Schadenbeseitigungskosten veranschaulicht werden. Wie der Grafik in Abb. 28 zu entnehmen ist, liegt das Maximum der Schadenbeseitigungskosten im Jahr 2019 bei rund 21 Milliarden Euro und sinkt bis zum Jahr 2022 auf rund 13 Milliarden Euro.

Damit decken sich die in dieser Studie festgestellten Entwicklungen hinsichtlich der rückläufigen Schadenbeseitigungskosten im Wesentlichen mit den Einschätzungen aus der Baubranche.

---

19 Vgl. BauInfoConsult, 17. BauInfoConsult-Fehlerkosteneinschätzung vom 18. September 2023, <https://bauinfoconsult.de/baubranche-fehlerkosten-betrugen-2022-mindestens-13-milliarden-euro/> [abgerufen am: 24.05.2024]

20 Vgl. BAUINDUSTRIE, Bauwirtschaft im Zahlenbild, Ausgabe April 2023, <https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/publikationen/bauwirtschaft-im-zahlenbild/umsaetze-im-bauhauptgewerbe-nach-sparten> [abgerufen am: 27.05.2024]

21 Vgl. BauInfoConsult, Pressemitteilung vom 13. Januar 2022, <https://bauinfoconsult.de/presse-fehlerkostenbilanz-2020-rund-18-milliarden-euro-verbauter-schaden/> [abgerufen am: 27.05.2024]

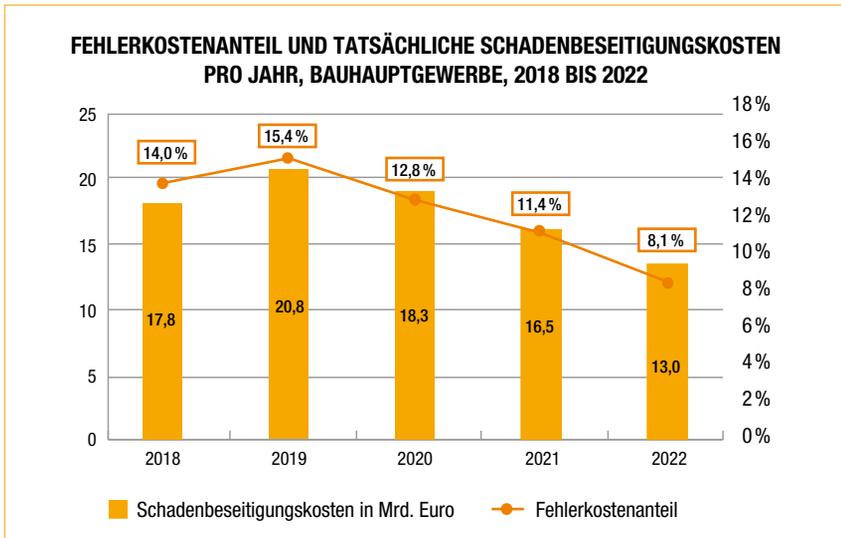
22 Vgl. ebd.

23 Vgl. BAUINDUSTRIE, Bauwirtschaft im Zahlenbild, Ausgabe 2019, [https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen\\_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/Bauwirtschaft\\_im\\_Zahlenbild\\_2019-A5-final.pdf](https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/Bauwirtschaft_im_Zahlenbild_2019-A5-final.pdf) [abgerufen am: 29.05.2024]

24 Vgl. BAUINDUSTRIE, Bauwirtschaft im Zahlenbild, Ausgabe 2020, [https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen\\_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/Bauwirtschaft\\_im\\_Zahlenbild\\_2020\\_final\\_inhalt\\_verlinkt.pdf](https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/Bauwirtschaft_im_Zahlenbild_2020_final_inhalt_verlinkt.pdf) [abgerufen am: 29.05.2024]

25 Vgl. BAUINDUSTRIE, Bauwirtschaft im Zahlenbild, Ausgabe 2021, [https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen\\_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/Bauwirtschaft\\_im\\_Zahlenbild\\_2021\\_final.pdf](https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/Bauwirtschaft_im_Zahlenbild_2021_final.pdf) [abgerufen am: 29.05.2024]

26 Vgl. Zentralverband Deutsches Baugewerbe, Konjunkturbericht vom 02.03.2022, <https://www.zdb.de/baukonjunktur/konjunkturberichte/bauhauptgewerbe-baukonjunktur-2021-1> [abgerufen am: 29.05.2024]



**Abb. 28:** Die Fehlerkostenanteile und tatsächlichen Schadenbeseitigungskosten pro Jahr, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

### Fazit

Der Blick auf den üblichen Handlungs-/Prozessablauf zeigt, dass bereits die Planungsphase entscheidend ist für den erfolgreichen Abschluss eines Bauvorhabens. Die Verantwortung dafür beginnt also schon beim Planer, der mit dem erforderlichen Wissen und unter Beachtung der geltenden Regeln und der örtlichen Gegebenheiten die Planung erarbeitet. Die Verantwortung für die Ausführung liegt dann bei den Fachkräften vor Ort. Um alle Baubeteiligten gleichermaßen in die Bauaufgabe einzubinden, ist ein frühzeitiger und umfassender Informationsaustausch sinnvoll. Beispielsweise können regelmäßige Baubesprechungen helfen, bestimmte Ausführungsschritte – oder deren Änderung – transparent darzustellen. An den Besprechungen sollten daher neben den verantwortlichen Planern und den Vertretern des Auftraggebers immer auch die auf der Baustelle aufsichtführenden Personen teilnehmen.

Eine der entscheidenden Voraussetzungen für einen erfolgreichen Bauablauf ist, dass sich alle Baubeteiligten über die eigenen Verantwortlichkeiten im Klaren sind. Auch das Wissen über die Prozessabläufe sowie die technischen und logistischen Zusammenhänge können dazu beitragen, die Qualität der Bauausführung anzuheben. Darüber hinaus kann eine unabhängige Qualitätssicherung dazu beitragen, die Qualität der Bauleistung zu verbessern. Externe qualifizierte (Ingenieur-)Büros kontrollieren die Bauausführung ergänzend zur üblichen Bauüberwachung und garantieren dadurch, dass Mängel und/oder Schäden frühzeitig erkannt und alle geforderten Vorgaben eingehalten werden. Dadurch wird das Schadenrisiko weiter gesenkt.

Aus der Gesamtheit der genannten Erkenntnisse lassen sich Maßnahmen ableiten, die entscheidend zu einem Rückgang der Bauschäden beitragen können. Damit wäre auch eine spürbare Senkung der tatsächlichen Schadenbeseitigungskosten verbunden. Folgende Maßnahmen zur Schadenverringerung können demnach formuliert werden:

- sachkundige Vorbereitung und Planung der Baumaßnahme,
- gewissenhafte Ausführung der Bauarbeiten,
- Einsatz von entsprechend qualifizierten Fachkräften,
- verbessertes Koordinations- und Kommunikationsverhalten der Akteure,
- systematische Qualitätskontrollen durch unabhängige Prüfer.

Wenn die genannten Punkte auf die wesentlichen Aussagen reduziert werden, konkretisiert sich hier ganz deutlich die Forderung nach einer Intensivierung der Qualifikation der Fachkräfte und einer Verbesserung der Kommunikation zwischen den Baubeteiligten.

Um die Bauqualität in Deutschland nachhaltig zu verbessern und der Entwicklung steigender Schadenkosten entgegenzuwirken, sind insbesondere im Bereich der Qualifikation Veränderungen notwendig. Nur ein grundsätzliches Umdenken und die Sensibilisierung des Koordinations- und Kommunikationsverhaltens der Akteure, ergänzt um die Anpassung im Rahmen des Kompetenzerwerbs und der Qualifikation, können dazu beitragen, das jährliche Schadenaufkommen und die damit verbundenen Schadenkosten nachhaltig zu senken.

In diesem Zusammenhang kann die Digitalisierung der Baubranche (das sogenannte Bauen 4.0) einen substanziellen Beitrag leisten, unter anderem durch Produktivitäts- und Effizienzsteigerungen mithilfe optimierter (Bau-)Prozesse sowie eine verbesserte Zusammenarbeit der Baubeteiligten aufgrund schnelleren Datenaustauschs in Echtzeit.

Durch Anwendungen wie BIM-basierte Planungsprozesse, Kollisionsmanagement und Echtzeit-Reporting werden Projektinformationen ständig aktualisiert. Alle Akteure können jederzeit und von überall auf die gleichen Daten zugreifen, wodurch unter anderem das Arbeiten mit veralteten Informationen oder Plänen unterbunden wird. Auch Kollisionen zwischen unterschiedlichen Fachplanungen fallen frühzeitig vor der Ausführung auf, und werden nicht erst auf der Baustelle entdeckt. Neben digitalen Bausoftware-Lösungen kann auch der Einsatz von Robotik zu Effizienzsteigerungen auf der Baustelle führen, etwa durch schnellere Arbeitsabläufe und geringere Personalkosten. Zukunftspotenzial haben zudem unter anderem Drohnen für Inspektions- und Vermessungsarbeiten sowie der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) zur Verbesserung des Arbeitsschutzes. Zusammengefasst stellt die Digitalisierung der Planungs- und Arbeitsprozesse einen zusätzlichen Baustein zur Erhöhung der Bauqualität sowie zur Senkung des Schadenaufkommens und der damit verbundenen Schadenkosten dar.



# 5 SCHADENBEISPIELE

## 5.1 FALLBEISPIEL

### HOHER HEIZWÄRMEBEDARF EINES WOHNGEBÄUDES AUFGRUND FALSCHER PLANUNGSGRUNDLAGE FÜR DIE WÄRMEPUMPE

Bei der Planung einer Wärmepumpe für ein bestehendes Wohnhaus lagen dem Planer falsche Angaben zum energetischen Stand des Gebäudes vor. Die Wärmepumpe war für ein vollständig saniertes Gebäude ausgelegt, wurde aber in ein unsaniertes Gebäude eingebaut.

---

Was ist passiert? 

---

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

Ein Einfamilienhaus aus den 1930er-Jahren wurde im Jahr 2020 von neuen Eigentümern erworben. Das freistehende, dreigeschossige Gebäude befand sich in einem weitgehend originalen Zustand (vgl. Abb. 01), lediglich das Walmdach war im Jahr 2004 durch den Einbau einer Zwischen- und Untersparrendämmung energetisch saniert worden. Die zum Zeitpunkt des Eigentümerwechsels vorhandene Heizungsanlage stammte aus den späten 1970er-Jahren; hierbei handelte es sich um eine Ölheizung mit Konstanttemperaturkessel (vgl. Abb. 02).

---

Wie kam es dazu? 

---



**Abb. 01:** Das Einfamilienhaus im unsanierten Zustand

Da sich aus den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes<sup>1</sup> ergab, dass alle Heizkessel, »die mit einem flüssigen oder gasförmigen Brennstoff beschickt werden und vor dem 1. Januar 1991 eingebaut oder aufgestellt worden sind«<sup>2</sup>, nicht weiter betrieben werden durften, musste eine neue, effizientere Heizungsanlage eingebaut werden.



**Abb. 02:** Bestehende Heizungsanlage mit Konstanttemperaturkessel

1 Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)

2 Vgl. GEG § 72 Abs. 1

Vor dem Austausch der Heizungsanlage entschieden sich die Eigentümer für eine umfassende Energieberatung, die die Energieeffizienz des gesamten Wohngebäudes im Fokus hatte. Der eingebundene Energieeffizienz-Experte erfasste dazu erst den energetischen Istzustand des Gebäudes und erstellte auf dieser Grundlage einen individuellen Sanierungsfahrplan, der eine Sanierung in drei aufeinanderfolgenden Schritten vorsah: Fenster und Außenwände – Heizungsanlage – Kellerdecke. Auf Wunsch der Eigentümer wurde der Austausch der Heizungsanlage vorgezogen, die Sanierung der wärmeübertragenden Außenhülle sollte ein halbes Jahr später, aber noch vor Beginn der Heizperiode folgen.

Bei der Heizungsanlage entschieden sich die Eigentümer für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe, die im Heizungskeller des Gebäudes aufgestellt werden sollte. Aufgrund des Rückbaus der alten Heizungsanlage bot sich hier ausreichend Platz für die Innenaufstellung. Ausschlaggebend für die Wahl einer Luft/Wasser-Wärmepumpe waren vor allem die vergleichsweise geringen aufzuwendenden Anschaffungskosten für diese Anlagenart. Luft/Wasser-Wärmepumpen nutzen als Energiequelle für die Wärmeerzeugung die Umgebungsluft, es sind also weder Erdarbeiten noch Genehmigungen oder Grundwasseranalysen vor dem Aufstellen und der Inbetriebnahme erforderlich, wie zum Beispiel bei Wasser/Wasser-Wärmepumpen.

Die Planung und Installation der neuen wärmepumpenbasierten Heizungsanlage wurden von einem Heizungsinstallateur durchgeführt. Als Planungsgrundlage diente der mehrstufige Sanierungsfahrplan des Energieeffizienz-Experten. Während der Planungsphase entschieden sich die Eigentümer, die Sanierungsmaßnahmen an der Außenhülle des Gebäudes (Fenster, Außenwände) auf unbestimmte Zeit zu verschieben. Diesbezüglich gab es keine Rückmeldung an den Planer der Wärmepumpe.

Weitergehende energetische Sanierungsmaßnahmen am Gebäude wurden demzufolge nicht unternommen, auch die vorhandenen Heizkörper blieben bestehen (vgl. Abb. 03). Hierbei handelte es sich um rund 80 Jahre alte Gussradiatoren in den Wohnräumen und Röhrenheizkörper jüngeren Datums in den Bädern.



**Abb. 03:** Bestehender Heizkörper (Gussradiator)

Während der ersten Heizperiode nach dem Einbau der Wärmepumpe stellten die Eigentümer fest, dass die Innenräume nicht ausreichend warm wurden. Darüber hinaus war der Energieverbrauch wesentlich höher als erwartet bzw. als berechnet.

Nach Rücksprache mit dem Planer ergab sich, dass die beschriebenen Umstände unter anderem mit dem Verbleib der alten Heizkörper zu erklären waren, die überwiegend sehr hohe Vorlauftemperaturen von bis zu 85 °C benötigen. Wärmepumpen hingegen arbeiten besonders effizient bei Vorlauftemperaturen von rund 35 °C, wie sie bei Flächenheizungen (zum Beispiel Fußbodenheizungen) üblich sind.

Der hauptsächliche Grund bestand jedoch darin, dass die eingebaute Wärmepumpe für den Einsatz in einem vollständig sanierten Gebäude ausgelegt war, wie laut Sanierungsfahrplan vorgesehen. Insofern fiel der Heizwärmebedarf für das unsanierte Gebäude erheblich höher aus als berechnet, und auch die Vorlauftemperaturen der alten Heizkörper entsprachen nicht den zugrunde gelegten Parametern. Die Leistungsgröße der Wärmepumpe passte demnach nicht zum energetischen Istzustand des Gebäudes, sodass ein effizienter Betrieb der Anlage nicht möglich war.

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Für den optimalen Betrieb der Wärmepumpe kamen zwei Sanierungsmöglichkeiten infrage, die sich sowohl im Umfang als auch in der zu erzielenden Energieeffizienz deutlich voneinander unterschieden.

Die komplexere Sanierungslösung beinhaltete neben der vollständigen Dämmung der wärmeübertragenden Außenwandflächen auch die unterseitige Dämmung der Kellerdecke sowie den Austausch der Fenster und der Heizkörper. Da der nachträgliche Einbau einer Fußbodenheizung aus technischen Gründen nicht möglich war, wurde der Einsatz spezieller Wärmepumpenheizkörper vorgeschlagen. Diese arbeiten mit geringeren Vorlauftemperaturen und geben durch einen erhöhten Strahlungsanteil mehr Wärme ab als konventionelle Heizkörper gleicher Baugröße.

Die einfachere Variante konzentrierte sich ausschließlich auf den Austausch der bestehenden Heizkörper gegen neue Wärmepumpenheizkörper. Mit dieser Maßnahme werden zwar »nur« die Vorlauftemperaturen reduziert, während der Heizwärmebedarf relativ hoch bleibt, aber die Effizienz der Wärmepumpe erhöht sich deutlich.

Die Eigentümer entschieden sich für die umfassendere Lösung, wie sie auch schon im Sanierungsfahrplan dargestellt war. Mithilfe dieser Sanierungsmaßnahmen war es möglich, den Heizwärmebedarf des Gebäudes erheblich zu senken.

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit bei den Eigentümern des Gebäudes. Diese hatten versäumt, den Planer der Wärmepumpe über die grundlegend geänderten energetischen Rahmenbedingungen zu informieren.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 16.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für die Demontage der alten Heizkörper, die neuen Wärmepumpenheizkörper und deren Montage sowie den hydraulischen Abgleich der gesamten Anlage. Diese Kosten, wie auch alle weiteren Sanierungsmaßnahmen am Gebäude, sind von den Gebäudeeigentümern selbst zu tragen.

---

Was wurde unternommen?



---

Wer ist wofür verantwortlich?



## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze



Wie geht es richtig?

Bei der Planung einer Wärmepumpe für ein Bestandsgebäude ging der Planer aufgrund falscher Informationen von einem vollständig sanierten Gebäude aus. Da die Sanierungsmaßnahmen zum Zeitpunkt des Einbaus noch nicht durchgeführt worden waren, war ein effizienter Betrieb der Wärmepumpe nicht möglich.

Damit Wärmepumpen möglichst effizient arbeiten, sollten der Wärmebedarf des Gebäudes und die erforderlichen Vorlauftemperaturen möglichst gering sein. Die Vorlauftemperatur gibt dabei an, welche Temperatur das vom Wärmeerzeuger zur Heizfläche fließende Heizwasser aufweist. Eine sorgfältige Planung der Anlage unter Berücksichtigung des energetischen Zustands des Bestandsgebäudes ist daher unerlässlich. Auch wenn ein vollständig saniertes Gebäude grundsätzlich bessere Voraussetzungen für einen effizienten Wärmepumpenbetrieb bietet, können auch mit zielgerichteten »kleineren« Maßnahmen, wie dem Austausch der konventionellen Heizkörper, spürbare Erfolge erreicht werden.

Grundsätzlich können Wärmepumpen also auch mit Heizkörpern effizient arbeiten. Dabei spielt allerdings die Art des Heizkörpers eine wichtige Rolle, denn »moderne« Plattenheizkörper sind eher geeignet als zum Beispiel Gliederheizkörper. Hier ist die Art der Wärmeabgabe entscheidend. Während Plattenheizkörper die Wärme über Strahlung abgeben, funktioniert die Wärmeabgabe bei Gliederheizkörpern über Konvektion. Dieses Prinzip der Wärmeübertragung ist eher ungeeignet für den Betrieb einer Wärmepumpe.

Am effizientesten arbeiten Wärmepumpen mit Flächenheizungen, also mit Fußboden-, Wand- oder Deckenheizungen. Da im Bestand die Installation einer Flächenheizung aber meist nicht möglich ist, stellt die Umrüstung auf spezielle Wärmepumpenheizkörper eine gute Alternative dar, da diese mit relativ geringen Vorlauftemperaturen auskommen.

## 5.2 FALLBEISPIEL

### DURCHFUCHTUNG EINES WU-KELLERS NACH EINEM STARKREGENEREIGNIS AUFGRUND MANGELHAFTER ABDICHTUNG EINER WANDDURCHDRINGUNG

In den Kellerräumen eines neu erstellten Einfamilienhauses kam es nach einem Starkregenereignis zu einem Wassereinbruch. Hier war eine Wanddurchdringung in der WU-Betonkonstruktion nicht druckwasserdicht abgedichtet worden.

Was ist passiert? 

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

Der Neubau eines Einfamilienhauses sollte noch vor Jahresende bezugsfertig sein. Im Dezember waren die Ausbauarbeiten fast fertiggestellt, lediglich im Kellergeschoss fehlten noch die Bodenbeläge und die Türen. Kurz vor dem Einzug der Eigentümer in das Gebäude gab es starke, unwetterartige Regenfälle, die mehrere Tage anhielten. Infolge der großen Wassermassen konnte das anfallende Niederschlagswasser nicht ausreichend schnell versickern oder anderweitig abfließen, sodass es zu großflächigen Pfützenbildungen und schließlich zu einer Überschwemmung des gesamten Baugrundstücks kam. Da der vollständig im Erdreich liegende Keller des Gebäudes als wasserundurchlässige (WU-)Betonkonstruktion ausgeführt worden ist, wurden keine besonderen Maßnahmen zum Schutz der Kellerräume vor eindringendem Wasser getroffen.

Wie kam es dazu? 

Wasserundurchlässige Betonkonstruktionen werden aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (»WU-Beton«) nach DIN EN 206<sup>3</sup> und DIN 1045-2<sup>4</sup> hergestellt. Handelt es sich bei den Konstruktionen um teilweise oder vollständig erdberührte Bauwerke, so werden diese auch »Weiße Wannen« genannt. Das Besondere an diesen Konstruktionen ist, dass hier die Außenbauteile nicht nur die Lastabtragung übernehmen, sondern

3 DIN EN 206 Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

4 DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton

gleichzeitig auch die Bauwerksabdichtung. Dazu müssen Bodenplatte und Außenwände als geschlossenes System bzw. »Wanne« ausgebildet werden. Technische Grundlage für die Herstellung dieser Bauwerke ist die DAFStb<sup>5</sup>-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« (WU-Richtlinie).

Gemäß vorliegendem Bodengutachten wäre die Ausführung als »Weiße Wanne« nicht zwangsläufig erforderlich gewesen. Wie aus der Baugrunduntersuchung hervorgeht, ergibt sich aus der Art der vor Ort vorliegenden Wassereinwirkung »Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser« die Wassereinwirkungsklasse W1-E nach DIN 18533-1<sup>6</sup>. Meist werden für diesen Anwendungsfall Außenabdichtungen mit bahnenförmigen oder flüssig aufzubringenden Abdichtungsmitteln verwendet, während »Weiße Wannen« vor allem bei (von außen) drückendem Wasser zur Anwendung kommen. Trotzdem wurde auf Wunsch des Bauherrn eine Ausführung als WU-Konstruktion realisiert. Da für die Kellerräume eine hochwertige Wohnnutzung vorgesehen war, wurde ein Estrich auf Dämmschicht eingebaut und auf der Außenseite zusätzlich eine Perimeterdämmung (mit Bitumendickbeschichtung) angebracht.

Im Rahmen der letzten Baubegehung vor der Übergabe des Gebäudes wurden an der Innenfläche einer Kelleraußenwand Wasserablaufspuren unterhalb einer Wanddurchdringung sowie stehendes Wasser auf dem Fußboden entdeckt (vgl. Abb. 01). Auch die angrenzenden Räume standen teilweise mehrere Zentimeter unter Wasser und an den Fußpunkten der Wände waren deutliche Durchfeuchtungsspuren zu erkennen.

---

5 Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V. (DAFStb)

6 DIN 18533-1 Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze



**Abb. 01:** Kelleraußenwand mit Wasserablaufspuren unterhalb einer Wanddurchdringung

Die Wasserablaufspuren an und unterhalb der Wanddurchdringung ließen vermuten, dass das angefallene Wasser über dieses Bauteil in das Kellergeschoss eingedrungen ist. Alle anderen Wanddurchdringungen wiesen keine Ablaufspuren auf. Eine genauere Untersuchung der augenscheinlich undichten Wanddurchdringung ergab, dass das Wanddurchdringungselement nicht korrekt eingebaut war.

Verwendet wurden spezielle Dichteinsätze, die (unter anderem) Rohrdurchführungen in Kernbohrungen von WU-Wänden druckwasserdicht abdichten. Die Montage erfolgt über den Innenraum. Dazu wird der Dichteinsatz über das durchzuführende Rohr gezogen und so weit durch die Kernbohrung geschoben, bis er außen bündig zur Kelleraußenwand positioniert ist. Für die endgültige Befestigung wird der Dichteinsatz über spezielle Schraubenmuttern fixiert. Dadurch ist das Element fest und druckwasserdicht mit dem WU-Wandbauteil verbunden.

Im vorliegenden Fall war die Fixierung jedoch mangelhaft. Wie sich herausstellte, waren die Schraubenmuttern nur unzureichend bzw. teilweise gar nicht angezogen. Der Dichteinsatz war daher nicht (druck-)wasserdicht angeschlossen und damit nicht funktions-tüchtig.

In der Folge konnte das im Erdreich aufgestaute Niederschlagswasser über den undichten Dichteinsatz in den ersten Kellerraum gelangen, von wo aus es sich in die angrenzenden Räume ausbreiten konnte. Nach Angabe wurden in den meisten Kellerräumen auf dem belagsfertigen Estrich stehendes Wasser und an den aufgehenden Wänden Durchfeuchtungserscheinungen durch aufsteigende Feuchtigkeit festgestellt (vgl. Abb. 02 und Abb. 03). Messungen ergaben zudem hohe relative Luftfeuchten zwischen 67 und 72 Prozent bei Innenraumtemperaturen von ca. 14 °C.



**Abb. 02:** Durchfeuchtung am Fußpunkt einer Kellerinnenwand



**Abb. 03:** wie Abb. 02

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Zur Behebung der Schäden wurde ein Sanierungskonzept erarbeitet. In diesem Rahmen sollte neben der Trocknung der Kellerböden und -wände eine Raumlufttrocknung sowie eine mikrobiologische Untersuchung der durchfeuchteten Estrichdämmung durchgeführt werden.

Um ein weiteres Eindringen von zum Beispiel Stau- oder Sickerwasser zu vermeiden, wurde als erstes der mangelhaft eingebaute Dichteinsatz fachgerecht angeschlossen bzw. fixiert. Im nächsten Schritt wurden das in den Räumen stehende Wasser durch Abpumpen entfernt und Trocknungsgeräte für die Raumlufttrocknung aufgestellt. Vor einer Trocknung des Fußbodenaufbaus wurden Materialproben der durchnässten Estrichdämmung entnommen und auf das Vorkommen von Schimmelpilzen und Bakterien untersucht. Für die Probenahme wurden in den Kellerräumen mehrere Bohrungen im Fußbodenaufbau vorgenommen (vgl. Abb. 04). Da die baubiologischen Untersuchungen der Material-/Dämmschichtproben keine Auffälligkeiten ergaben, konnte der Fußbodenaufbau erhalten bleiben; bei einem Befall mit Schimmelpilzen, Bakterien und/oder Fäkalkeimen hätte der gesamte Aufbau rückgebaut und neu hergestellt werden müssen.

Für die Trocknung des Estrichs und der unter dem Estrich liegenden Dämmschichten wurden spezielle Trocknungsaggregate eingesetzt. Diese saugen über flexible Schläuche und Luftansaugöffnungen (Bohrungen) im Estrich die Luft aus den durchfeuchteten Dämmschichten (vgl. Abb. 05 und Abb. 06), entziehen der Luft die Feuchtigkeit und schicken sie über die Estrich-Randfugen wieder in den Fußbodenaufbau. Die trockene Luft durchströmt die Dämmschichtebene und nimmt dabei die überschüssige Feuchtigkeit auf. Durch regelmäßige Kontrollmessungen wurde der Fortschritt des Trocknungsprozesses überprüft.

Was wurde  
unternommen?





**Abb. 04:** Bohrung im Fußbodenaufbau für Probenahme



**Abb. 05:** Trocknungsanlage in einem Kellerraum



**Abb. 06:** wie Abb. 05

Parallel zu der Fußbodentrocknung erfolgte die Trocknung der Raumluft, wodurch sich sukzessive auch der Feuchtegehalt der durchfeuchteten Wände reduzierte. Mit fortschreitender Trocknung waren auf den betroffenen Wänden stark ausgeprägte Wasserränder und Salzausblühungen zu erkennen (vgl. Abb. 07). Durch regelmäßige Kontrollmessungen wurde auch hier der Fortschritt des Trocknungsprozesses überprüft (vgl. Abb. 08).



**Abb. 07:** Kellerwand mit Wasserrändern und Salzausblühungen



**Abb. 08:** Kellerwand mit Messpunkten für die Feuchtemessung

Nachdem die Trocknung aller durchfeuchteten Bauteile abgeschlossen war, erfolgte die Sanierung der betroffenen Wände. Dazu wurden der beschädigte Innenputz entfernt, die Fehlstellen angeputzt und die Wandflächen malermäßig überarbeitet. Weiterhin wurden der Fußbodenbelag verlegt und die Zimmertüren eingebaut.

Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten erfolgte zusätzlich eine Freimessung zur Kontrolle der Raumluft. Dabei wurde keine Belastung der Raumluft mit Schimmelpilzsporen festgestellt.

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit beim ausführenden Bauunternehmen, das im Rahmen der Bauüberwachung den nicht fachgerechten bzw. (druck-)wasserdichten Anschluss eines Dichteinsatzes übersehen hatte.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 11.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem aus den Sanierungskosten und sonstigen im Zusammenhang mit der Schadenbeseitigung entstandenen Aufwendungen zusammen. Hierbei handelt es sich unter anderem um die Kosten für die Begutachtung der Schadenbereiche, das Aufstellen und den Betrieb der Trocknungsgeräte, die Luft- und Materialmessungen, die Begleitung und Koordination des Trocknungs- und Sanierungsprozesses, die Laboruntersuchungen der entnommenen Proben und die Freimessung (Luftmessung) sowie die Sanierung des Innenputzes.



Wer ist wofür  
verantwortlich?

Der Einbau des Fußbodenbelags und der Innentüren gehörte dagegen nicht zu den Sanierungsmaßnahmen, da diese Bauteile zum Zeitpunkt des Schadeneintritts noch nicht vorhanden waren.

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Ein Dichteinsatz in einer WU-Wandkonstruktion ist nicht (druck-)wasserdicht abgedichtet worden. Nach einem Starkregenereignis staute sich Niederschlagswasser, das aufgrund der großen Wassermassen nicht abfließen konnte, vor den Kellerwänden und konnte durch die nicht fachgerecht abgedichtete Wanddurchdringung in die Kellerräume eindringen.

Bauwerke, deren Gebrauchstauglichkeit auf ihrer Wasserundurchlässigkeit beruhen, werden häufig aus WU-Betonen hergestellt. Bei diesem Baumaterial handelt es sich um (nahezu) wasserundurchlässige Betone, die unter anderem einen hohen Wassereindringwiderstand aufweisen. Durchdringungen, wie zum Beispiel Rohrdurchführungen in wasserundurchlässigen Betonbauwerken/-bauteilen, stellen daher im Grundsatz eine Schwächung der WU-Konstruktion dar und erfordern den Einsatz speziell abgedichteter Einbauteile. Diese Einbauteile müssen sorgfältig ausgeführt werden, wobei besonderes Augenmerk auf den druckwasserdichten Anschluss an die zu durchdringenden WU-Bauteile zu legen ist.

Wie geht  
es richtig?



## 5.3 FALLBEISPIEL

### **SCHIMMELPILZBILDUNG AUF NICHT GEDÄMMTEN AUßENWÄNDEN IM BEREICH NEU EINGEBAUTER FENSTER ALS FOLGE EINES FEHLENDEN LÜFTUNGSKONZEPTS**



#### Was ist passiert?

In einer bestehenden Wohnung wurden neue, hochwärmedämmte Fenster eingebaut, während die Außenwände auf dem ursprünglichen energetischen Stand belassen wurden. Auf den Innenflächen der Außenwände trat daraufhin Schimmelpilzbewuchs auf, der vor allem auf das Fehlen eines angepassten Lüftungskonzepts zurückzuführen ist.

#### **SCHADENQUELLE**

##### **Vom Suchen und Finden der Ursache**



#### Wie kam es dazu?

In einer bestehenden Eigentumswohnung sollten die alten Fenster gegen neue ausgetauscht werden. Bei der dazugehörigen Wohnanlage handelt es sich um ein Mehrfamilienhaus, das im Jahr 1977 erbaut und bisher nicht energetisch saniert worden ist. Die Außenwände sind massiv aus Hochlochziegeln mit (mittlerweile verputzter) Vormauerschale ohne Luftschicht erstellt; bei den bestehenden Fenstern handelt es sich um wärmedämmende Fenster mit einer Zweischeiben-Isolierverglasung.

Aufgrund von beginnenden Eintrübungen an mehreren Fenstern (auch »Erblindung« genannt) entschlossen sich die Eigentümer für den Austausch. Eintrübungen werden durch defekte Dichtungen am Randverbund ausgelöst, über die Luftfeuchtigkeit in den Scheibenzwischenraum gelangt und dort kondensiert. Zusammen mit ebenfalls eingedrungenem Staub können sich daraus über einen längeren Zeitraum Eintrübungen in Form von Grauschleiern und Schlieren auf der Scheibeninnenseite entwickeln.

Da gemäß Wohnungseigentumsgesetz<sup>7</sup> Fenster zum Gemeinschaftseigentum zählen<sup>8</sup>, sind alle Wohnungseigentümer gemeinschaftlich verpflichtet, für die Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung zu sorgen. In einer besonderen Vereinbarung wurde allerdings beschlossen, dass sich die betreffenden Wohnungseigentümer selbst um die Auswahl und den Einbau der neuen Fenster kümmern und zudem die dafür anfallenden Kosten alleine tragen. Da es sich bei den ausgewählten Produkten um hochwärmege- dämmte Fenster mit Dreifachverglasung handelte, sollte der Fensteraustausch als ener- getisches »Sanierungspilotprojekt« für das gesamte Wohnhaus dienen.

Die Montage der neuen Fenster erfolgte durch einen Fachbetrieb für Fensterbau (vgl. Abb. 01). Vor dem Einbau wurde kein Lüftungskonzept erstellt, wie es die in diesem Zusammenhang relevante DIN 1946-6<sup>9</sup> vorsieht. Neben dem Fensteraustausch wurden keine weiteren (energetischen) Sanierungsmaßnahmen am Gebäude durchgeführt.

Nach rund einem Jahr war in fast allen Räumen, die über Fenster verfügen, eine Schim- melpilzbildung auf den Innenflächen der Außenwände zu erkennen (vgl. beispielhaft Abb. 02 bis Abb. 04). Bei den betroffenen Räumen handelte es sich um das Wohn- und das Schlafzimmer sowie um die beiden Kinderzimmer. Daraufhin beauftragte die Woh- nungseigentümergeinschaft einen Sachverständigen für Schäden an Gebäuden mit der Begutachtung der Situation vor Ort.



**Abb. 01:** Neu eingebautes Fenster mit Dreifachverglasung

<sup>7</sup> Gesetz über das Wohnungseigentum und das Dauerwohnrecht (Wohnungseigentumsgesetz – WEG)

<sup>8</sup> Vgl. WEG § 5 Abs. 2

<sup>9</sup> DIN 1946-6 Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Ausle- gung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung



**Abb. 02:** Innenfläche einer Außenwand mit Schimmelpilzbefall



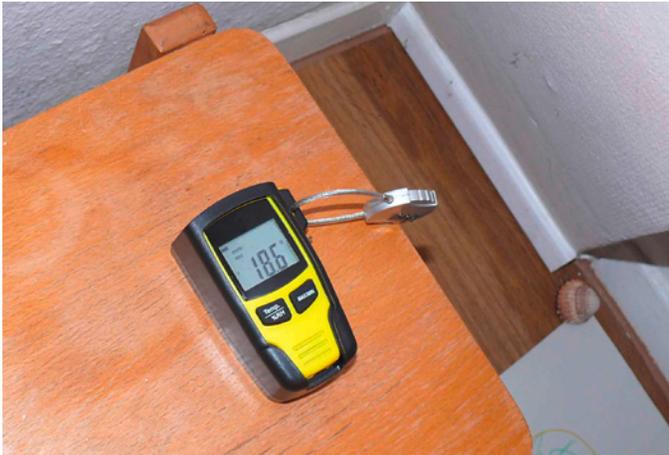
**Abb. 03:** wie Abb. 02



**Abb. 04:** wie Abb. 02

Die Wohnung war zum Zeitpunkt des Ortstermins von vier Personen (zwei Erwachsene, zwei Kinder) bewohnt. Die Bewohner sind im Vorfeld des Termins gebeten worden, die Wohnung am Morgen nicht zu lüften, damit ein Vergleich der Raumluftbedingungen »vor dem Lüften nach der Nacht« und »nach dem Lüften« sowie das Temperatur- und Luftfeuchte-Verhalten während des Lüftens bewertet werden konnte. Bei der Untersuchung der ungelüfteten Räume wurden Innenlufttemperaturen von etwa 18 °C bei einer relativen Luftfeuchte von 68 bis 70 Prozent gemessen (Lufttemperatur außen ca. 8 °C / relative Luftfeuchte ca. 75 Prozent). Nach zehnmütigem Lüften der Räume waren nur geringe Änderungen der Messwerte zu erkennen, lediglich die Innenlufttemperaturen sanken auf rund 14 °C ab. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die an die Fenster grenzenden Innenwandflächen leichte Durchfeuchtungsspuren aufwiesen. Im Anschluss an die (Sicht-)Prüfungen wurden im Wohnzimmer und in den Kinderzimmern jeweils ein Klimadatenlogger zur Langzeitaufzeichnung der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchte installiert.

Über den gesamten Prüfzeitraum von 28 Tagen zeigten die aufgezeichneten Daten eine relativ geringe Innenlufttemperatur von durchschnittlich etwa 18 °C (vgl. beispielhaft Abb. 05). Weiterhin wurde anhand der protokollierten Daten deutlich, dass die Räume maximal einmal am Tag gelüftet wurden, an mehreren Tagen überhaupt nicht.



**Abb. 05:** Datenlogger in einem der Kinderzimmer

Die beschriebene Schimmelpilzproblematik lässt sich primär auf den Einbau der neuen Fenster zurückführen. Eingesetzt wurden sogenannte Passivhausfenster, die mit einem U-Wert<sup>10</sup> von maximal 0,8 [W/m<sup>2</sup>K] nur geringe Wärmeverluste zulassen. Die angrenzenden Außenwände sind dagegen nicht gedämmt worden und befanden sich auf einem nach heutigen Maßstäben energetisch schlechten Stand (U-Wert = 1,3 [W/m<sup>2</sup>K]). Damit wurden in den betreffenden Wandbauteilen energetische Schwachstellen erzeugt. Um Wärmeverluste weiter zu reduzieren, werden moderne Fenster (im Neubau wie auch bei Sanierungen) zudem luftdicht eingebaut. Ziel dieser Maßnahme ist es, einen luftdichten Abschluss zwischen Innen- und Außenbereich zu gewährleisten. Aus diesem Grund wiesen im vorliegenden Fall die neu eingebauten Fenster eine wesentlich höhere Luftdichtheit auf als die alten. Parallel dazu haben die Bewohner ihr gewohntes Lüftungs- und Heizverhalten beibehalten bzw. nicht an die geänderten baulichen und bauphysikalischen Gegebenheiten angepasst.

Innenraumluft mit einem niedrigen Temperaturniveau kann weniger Wasser binden als Luft mit einem hohen Temperaturniveau. Da im vorliegenden Fall die Räumlichkeiten nicht nur unzureichend beheizt, sondern auch zu wenig gelüftet wurden, stieg die relative Luftfeuchte sukzessive an. Im Übergangsbereich zu den kühlen Wandoberflächen erhöhte sich die relative Luftfeuchte auf 100 Prozent und es kam zu einem Ausfall von Tauwasser.

---

<sup>10</sup> Der Wärmedurchgangskoeffizient, auch U-Wert (W/m<sup>2</sup>K) genannt, ist ein spezifischer bauphysikalischer Kennwert eines Bauteils.

Zusammengefasst hat die Kombination aus bestehenden nicht gedämmten Außenwänden mit neuen hochwärmegeprägten Fenstern zu der Ausbildung von Wärmebrücken geführt, die eine Schimmelpilzbildung begünstigt haben. Bei einer Wärmebrücke handelt es sich um einen örtlich begrenzten Bereich in der Gebäudehülle, über den mehr Wärme von innen nach außen abfließt als durch angrenzende Bauteile. Daher weisen diese Bereiche auch deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen auf, was zu einem Niederschlag von Tauwasser führen kann. Dabei kondensiert der in der Raumluft vorhandene Wasserdampf an der kalten Oberfläche und schlägt sich in flüssiger Form als Wasser nieder. Durch fehlende, lüftungstechnische Maßnahmen kam es zudem zu einer sukzessiven Erhöhung der relativen Luftfeuchte, sodass auch die Tauwasserbildung nach und nach anstieg. Als Folge der dauerhaften Beaufschlagung der Wandbauteile entwickelten sich schließlich Feuchtefolgeschäden wie die Schimmelpilzbildung.

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Zur Behebung der Schäden war es unerlässlich, ein angepasstes Lüftungskonzept zu erstellen mit dem Ziel, die relative Luftfeuchte in den Innenräumen zu senken und die wärmeübertragenden Wandbauteile dauerhaft trocken zu halten.

Im ersten Schritt erfolgte die Sanierung der von Schimmelpilzbildung betroffenen Wandbauteile. Dazu wurden der beschädigte Innenputz entfernt, die Fehlstellen angeputzt und die Wandflächen malermäßig überarbeitet. Im zweiten Schritt folgten die lüftungstechnischen Maßnahmen. Hier wurde zunächst eine mechanische Lüftung in Form von dezentralen Lüftungsgeräten installiert, die in den einzelnen Räumen für eine bedarfsgerechte Lüftung sorgten. Die Überwachung der relevanten Parameter (Lufttemperatur, relative Luftfeuchte) erfolgte über ein technisches Monitoring.

Perspektivisch sieht das Sanierungskonzept vor, den wärmeschutztechnischen Standard des gesamten Gebäudes zu erhöhen. Im Rahmen einer umfassenden energetischen Sanierung sollen alle Bestandsfenster ausgetauscht und die Außenwände entsprechend gedämmt werden.

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit beim Fachbetrieb für Fensterbau. Dieser hatte versäumt, für die Wohnung ein geeignetes Lüftungskonzept zu erstellen.

Was wurde unternommen?



Wer ist wofür verantwortlich?



Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 20.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich aus den Sanierungskosten und sonstigen im Zusammenhang mit der Schadenbeseitigung entstandenen Aufwendungen zusammen. Hierbei handelt es sich unter anderem um die Kosten für die Begutachtung der Schadenbereiche, die Sanierung des Innenputzes, das Erstellen des Lüftungskonzepts, den Einbau der Lüftungsgeräte und das Installieren der Sensoren für die Datenerfassung.

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Die Schimmelpilzbildung an den Außenwänden einer bestehenden Wohnung nach dem Einbau von hochwärmegeprägten Fenstern ist vor allem auf das Fehlen eines angepassten Lüftungskonzepts zurückzuführen.



Wie geht es richtig?

Grundsätzlich ist bei Sanierungen, die »lüftungstechnisch relevante Änderungen« zur Folge haben, ein Lüftungskonzept zu erstellen (vgl. DIN 1946-6, Pkt. 4.1). Darin wird zunächst der lüftungsbezogene Istzustand erfasst und geprüft, ob dieser ausreichend ist, um den unter hygienischen und feuchteschutztechnischen Aspekten erforderlichen Luftwechsel zu ermöglichen. Dieser erforderliche Luftwechsel muss vorher ermittelt werden. Darauf aufbauend werden jeweils angepasste lüftungstechnische Maßnahmen erarbeitet. Darüber hinaus ist die Entstehung von Wärmebrücken zu vermeiden. Wärmebrücken in der Gebäudehülle haben erhöhte Wärmeverluste zur Folge und können zu Tauwasserausfall und Schimmelpilzbildung führen.

## 5.4 FALLBEISPIEL

### GERINGE STROMERTRÄGE EINER PHOTOVOLTAIK-ANLAGE AUFGRUND UNVOLLSTÄNDIGER PLANUNGSGRUNDLAGEN

Die Planung einer Photovoltaik-Anlage für ein bestehendes Einfamilienhaus erfolgte ohne Ortstermin. Von dem beauftragten Planer wurde eine Baumreihe nicht berücksichtigt, die eine erhebliche Verschattung der Anlage und damit geringere Stromerträge als vorab berechnet zur Folge hatte.

Was ist passiert? 

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

Ein bestehendes Einfamilienhaus sollte nachträglich mit einer Aufdach-Photovoltaikanlage (PV-Anlage) ausgerüstet werden, um den so produzierten Strom unter anderem für den Betrieb einer Wärmepumpe zu nutzen. Für die Planung wurde ein für Solartechnik qualifizierter Elektroinstallateur beauftragt. Die Vorplanung erfolgte ohne Ortstermin, die erforderlichen Eckdaten zur Ausrichtung und Umgebung des Gebäudes wurden anhand eines Online-Kartendienstes eingeholt. Weitere Angaben, wie die für die PV-Anlage zur Verfügung stehenden Dachflächen, die jeweilige Art der Dacheindeckung und die Ausführung der Dachabdichtung, wurden vom Auftraggeber in Form von Fotos und (Detail-) Plänen geliefert.

Wie kam es dazu? 

Mithilfe der vorliegenden Daten ermittelte der Planer unter anderem die erforderliche Leistung der PV-Anlage, die bei 6 kWp<sup>11</sup> liegen sollte. Die Anlage wurde entsprechend geplant und von einem Dachdeckerbetrieb installiert. Genutzt wurden das Haupt- und ein Nebendach des Wohnhauses sowie das Garagendach, wobei Glas-Glas-Module zum Einsatz kamen (vgl. Abb. 01 bis Abb. 03).

<sup>11</sup> Die Einheit Kilowatt-Peak (kWp) beschreibt die maximale Leistung, die eine Photovoltaik-Anlage unter bestimmten Bedingungen erbringen kann.

In den ersten Betriebsmonaten deckten sich der ermittelte und der tatsächliche Stromertrag weitgehend. Im Winter stellte der Eigentümer allerdings fest, dass für den Betrieb der Wärmepumpe deutlich mehr Strom benötigt wurde als ursprünglich geplant. Der zusätzlich benötigte Strom musste daher zugekauft werden.



**Abb. 01:** Teil der PV-Anlage auf dem Hauptdach



**Abb. 02:** PV-Anlage auf einem Nebendach



**Abb. 03:** PV-Anlage auf dem Garagendach

Nach Rücksprache mit dem Planer ergab sich, dass er bei der Planung nicht berücksichtigt hatte, dass an der südlichen Grundstücksgrenze eine ca. 12 Meter hohe Baumreihe steht. Diese Bäume verursachen über den Tagesverlauf eine zum Teil erhebliche Verschattung der PV-Module, die vor allem in den Monaten mit tiefem Sonnenstand zu einer geringen Sonneneinstrahlung führt (vgl. Abb. 04 und Abb. 05). Als Folge fielen die Stromerträge deutlich niedriger aus als vom Fachplaner ermittelt.



**Abb. 04:** Verschattete PV-Module



Abb. 05: wie Abb. 04

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Damit die PV-Anlage unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen die erforderliche Leistung erzeugen konnte, wurde ein Sanierungskonzept erarbeitet, das die zusätzliche Installation weiterer PV-Module vorsah.

Diese Ergänzung war unter technischen Gesichtspunkten problemlos möglich, da der erforderliche Wechselrichter<sup>12</sup> infolge der ursprünglichen Berechnung ohnehin für eine höhere Leistung ausgelegt war. Darüber hinaus stand auf dem Hauptdach des Wohnhauses noch eine ausreichend große Dachfläche zur Verfügung. Mithilfe dieser Sanierungsmaßnahme war es möglich, die vorab berechneten bzw. die erforderlichen Stromerträge zu erzeugen.

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit beim Fachplaner/Elektroinstallateur. Dieser hatte bei der Planung der PV-Anlage relevante Daten nicht berücksichtigt.

<sup>12</sup> Wechselrichter wandeln den in den Solarzellen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um. Dieser Vorgang ist notwendig, da die überwiegende Mehrheit aller elektrisch betriebenen Geräte (zum Beispiel Haushaltsgeräte) Wechselstrom benötigt.



Was wurde  
unternommen?



Wer ist wofür  
verantwortlich?

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 2.500 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für die zusätzlichen Solarmodule und deren Montage.

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Die Planung einer PV-Anlage erfolgte ohne Besichtigung des Grundstücks bzw. der näheren Umgebung. Dabei wurde eine Baumreihe nicht berücksichtigt, die zu einer erheblichen Verschattung und damit zu einer reduzierten Leistung der Anlage führte.

Damit PV-Anlagen möglichst effizient arbeiten, sollten großflächige Verschattungen der Module nach Möglichkeit vermieden oder so gering wie möglich gehalten werden. Ein Vorort-Termin zur Sichtung der Umgebung des Standorts ist daher unerlässlich. Können potenzielle Schattengeber nicht entfernt werden, wie zum Beispiel Nachbargebäude, Schornsteine oder Strommasten, müssen die verschatteten Dachbereiche bei der Belegung mit PV-Modulen ausgespart werden.

---

Wie geht  
es richtig?



## 5.5 FALLBEISPIEL

### ABGELÖSTE PERIMETERDÄMMPLATTEN AN EINER KELLERAUSSENWAND AUFGRUND UNZUREICHENDER BEFESTIGUNG DURCH PUNKTWEISES VERKLEBEN



#### Was ist passiert?

Beim Verfüllen der Baugrube haben sich mehrere Perimeterdämmplatten von der Keller- außenwand eines im Bau befindlichen Verwaltungsgebäudes gelöst und sind verrutscht. Hier war die Fixierung an der Kelleraußenwand durch punktwises Verkleben nicht ausreichend.

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

Der Neubau eines Verwaltungsgebäudes für ein Logistikunternehmen sollte in Massivbauweise erstellt werden. Ausgeführt wurde eine Betonkonstruktion, wobei die tragenden Wände der oberirdischen Geschosse aus Betonfertigteilen und die Außenwände des Kellergeschosses als WU-Konstruktion aus Elementwänden hergestellt wurden (vgl. Abb. 01). Für die Wärmedämmung der erdberührten Bauteile, die sogenannte Perimeterdämmung, wurden Dämmplatten aus extrudiertem Polystyrol (XPS) verwendet.



#### Wie kam es dazu?



**Abb. 01:** Blick auf den Rohbau mit verfüllter Baugrube und teilweise sichtbarer Perimeterdämmung

Wie aus der Baugrunduntersuchung hervorgeht, ergab sich aus der Art der vor Ort vorliegenden Bodenverhältnisse und Wasserbelastung die Wassereinwirkungsklasse W1-E »Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden« nach DIN 18533-1<sup>13</sup>. Demnach wäre die Ausführung der erdberührten Bauteile als WU-Konstruktion nicht erforderlich gewesen und erfolgte ausschließlich auf Wunsch des Bauherrn. Dieser hatte für das Kellergeschoss eine hochwertige Nutzung als Aufenthalts- und Pausenbereich für die Belegschaft vorgesehen.

Die Befestigung der Perimeterdämmung erfolgte direkt auf der WU-Wandkonstruktion durch punktweises Verkleben mit einem bituminösen Kleber (Bitumendickbeschichtung). Die Fixierung dient grundsätzlich als Sicherung der Dämmplatten gegen Verschieben oder Verrutschen bis zum Verfüllen der Baugrube sowie während des Verfüllens selbst. Im vorliegenden Fall wurden die Dämmplatten einlagig und mit jeweils fünf Klebepunkten an den Kelleraußenwänden befestigt (vgl. Abb. 02).

<sup>13</sup> DIN 18533-1 Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze



**Abb. 02:** Punktweise verklebte Perimeterdämmung

Noch während der Arbeiten zum Anbringen der Perimeterdämmung lösten sich einige Platten bereits wieder von den Kelleraußenwänden, ohne dass eine außergewöhnliche mechanische Beanspruchung aufgetreten war (vgl. Abb. 03). Die betreffenden Platten wurden daraufhin erneut punktweise angeklebt und die Dämmarbeiten fertiggestellt. Während des Verfüllens der Baugrube kam es dann an mehreren Stellen zum Verrutschen der Dämmplatten. Die Arbeiten wurden daraufhin gestoppt.



**Abb. 03:** Punktweise verklebte und von der Kelleraußenwand abgelöste Perimeterdämmung

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Damit das Kellergeschoss (bzw. das gesamte Gebäude) dauerhaft schadenfrei blieb, musste die lückenlose Dämmung der Kelleraußenwände sichergestellt sein. Wären die verrutschten Dämmplatten so belassen worden, wären energetische Schwachstellen, sogenannte Wärmebrücken, in den betreffenden Kelleraußenwänden entstanden. Die Ausbildung von Wärmebrücken ist allerdings unbedingt zu vermeiden. Wärmebrücken in der Gebäudehülle haben erhöhte Wärmeverluste zur Folge und können zu Tauwasseranfall und Schimmelpilzbildung führen. Dies hätte insbesondere im Zusammenhang mit der geplanten hochwertigen Nutzung des Kellergeschosses umfangreiche und kostenträchtige Sanierungsmaßnahmen zur Folge gehabt.

Nach Rücksprache der Bauleitung des ausführenden Rohbauunternehmens mit dem Bauherrn wurde beschlossen, dass die gesamte Perimeterdämmung rückgebaut und im Anschluss neu angebracht werden sollte; dies betraf auch die bereits fertiggestellten und angeschütteten Bereiche.

Die neue Verklebung der Perimeterdämmplatten erfolgte vollflächig im sogenannten Buttering-Floating-Verfahren, bei dem die Klebermasse sowohl auf dem Untergrund als auch auf der Dämmplatte aufgetragen wird (vgl. Abb. 04 bis Abb. 06). Diese Art der Verarbeitung ist zwar zeitaufwendiger als die punktweise Verklebung, aber sie gewährleistet eine dauerhafte Haftung der Perimeterdämmplatten auf den Kelleraußenwänden. Nach Abschluss der Dämmarbeiten wurde die Baugrube (wieder) verfüllt.



**Abb. 04:** Vollflächig aufgebrachte Klebermasse auf der Kelleraußenwand

Was wurde  
unternommen?





**Abb. 05:** Ansetzen einer rückseitig mit Klebermasse versehenen Dämmplatte



**Abb. 06:** Neu hergestellte, vollflächige Verklebung der Perimeterdämmung

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit bei dem ausführenden Rohbauunternehmen, das im Rahmen der Dämmarbeiten eine im Grundsatz zulässige, aber im vorliegenden Fall ungeeignete Fixierung der Dämmplatten durchgeführt hatte.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 50.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für den Rückbau der bereits angebrachten und das Verkleben der neuen Perimeterdämmplatten sowie die Erdarbeiten.

---

Wer ist wofür  
verantwortlich?



## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Noch während der Arbeiten zum Anbringen einer Perimeterdämmung lösten sich einige Platten von den zu dämmenden Kelleraußenwänden. Auch beim späteren Verfüllen der Baugrube kam es an mehreren Stellen zu Ablösungen und zum Verrutschen von Dämmplatten. Wie sich herausstellte, war die Perimeterdämmung nicht ausreichend mit dem Untergrund verklebt.

Bei der Wassereinwirkung durch Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser ist eine einfache Fixierung der Perimeterdämmung durch punktweises Verkleben im Allgemeinen zulässig. Allerdings sollte für die gesicherte Lagestabilität der Dämmplatten eine ausreichende Klebermenge aufgebracht werden, beispielsweise durch die sogenannte Wulst-Punkt-Methode. Dabei werden an der äußeren Plattenfläche rundum eine Wulst aus Klebemörtel und in der Mitte der Platte zusätzlich einzelne Kleberpunkte aufgebracht. Entscheidend für eine sichere Fixierung ist, dass der Flächenanteil der Verklebung mindestens 40 Prozent beträgt. Darüber hinaus sind beim Anbringen von Perimeterdämmplatten grundsätzlich immer die Herstellerrichtlinien zu beachten.

---

Wie geht  
es richtig?



## 5.6 FALLBEISPIEL

### CYBERANGRIFF AUF DAS IT-NETZWERK EINES UNTERNEHMENS DURCH VERSCHLÜSSELUNG DER GESAMTEN DATEN



#### Was ist passiert?

Bei einem mittelständischen Bauunternehmen kam es zu einem Cyberangriff auf das IT-Netzwerk. Dabei wurden gespeicherte Unternehmensdaten verschlüsselt, um ein Lösegeld für die Entschlüsselung zu erpressen.

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache



#### Wie kam es dazu?

Bei einem mittelständischen Bauunternehmen ging die E-Mail eines Geschäftspartners ein, in der auf eine fehlerhafte Rechnung aufmerksam gemacht wurde. Da der – vorgebliche – Absender bekannt war, wurde die E-Mail von einem Mitarbeiter aus der Rechnungsabteilung geöffnet, um auf den Vorwurf zu reagieren. Da aber das Öffnen der angehängten betreffenden Rechnung nicht funktionierte, schrieb der Mitarbeiter den Geschäftspartner an mit der Bitte, die Datei erneut zu verschicken. Auf diese Anfrage wurde jedoch nicht reagiert. Drei Tage später wurde die Geschäftsführung des Bauunternehmens von einer Mitarbeiterin darüber informiert, dass keiner der rund 20 Computer des firmeninternen IT-Netzwerks mehr funktionierte.

Im Rahmen der Ursachenermittlung wurde das Netzwerk noch am gleichen Tag durch einen IT-Forensiker überprüft. Demnach verfügte das Netzwerk sowohl über eine aktive Firewall als auch über eine aktuelle Antiviren-Software. Wie sich herausstellte, war die scheinbar nicht zu öffnende Rechnung im Anhang der E-Mail der Ursprung für den späteren Angriff auf das gesamte IT-Netzwerk. Dabei nutzten die Angreifer die Zeit nach dem Öffnen der E-Mail, um die Kontrolle über das gesamte System zu erhalten. Dabei blieben sie für die Mitarbeiter völlig unsichtbar. Auch das IT-Netzwerk arbeitete unauffällig bis zu dem Moment, als die gesamten Daten verschlüsselt wurden.

Von diesem Cyberangriff war das gesamte IT-Netzwerk betroffen, was dazu führte, dass keine Daten und Programme mehr geöffnet werden konnten. Stattdessen erschien auf den Bildschirmen aller Computer ein Hinweisenfenster mit einem »Erpresserbrief«. Darin forderten die Angreifer die Zahlung von rund 100.000 Euro für die Entschlüsselung des Systems. Darüber hinaus wurde damit gedroht, sensible Unternehmensdaten zu veröffentlichen.

Wie sich außerdem herausstellte, hatte der angebliche Absender bzw. Geschäftspartner die betreffende E-Mail nicht wissentlich verschickt. Wie die Angreifer Zugriff auf die E-Mail des Geschäftspartners erlangt hatten, konnte nicht endgültig geklärt werden. Der Geschäftspartner versicherte, dass seine IT-Systeme nicht betroffen seien. Dies konnte von den beauftragten IT-Forensikern allerdings nicht untersucht und damit auch nicht bestätigt werden.

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Unmittelbar nach Entdeckung des erfolgten Cyberangriffs meldete sich das betroffene Unternehmen bei der Notfall-Hotline seiner Cyberversicherung, die noch am gleichen Tag einen erfahrenen Cyberexperten schickte.

Dessen erste Bestandsaufnahme ergab, dass das gesamte IT-Netzwerk von dem Cyberangriff betroffen war, die Backup-Dateien aber noch intakt waren. Es war allerdings davon auszugehen, dass die Cyberkriminellen an detaillierte Kenntnisse über das IT-System einschließlich der Passwörter aller Mitarbeiter und Administratoren gelangt waren, die für einen weiteren Angriff hätten genutzt werden können. Daher wurde gemeinsam mit der Geschäftsführung des Unternehmens entschieden, das gesamte IT-System vollständig neu aufzubauen. Übergangsweise wurde ein IT-Notbetrieb mit gemieteten Servern eingerichtet. Dadurch blieb das Unternehmen für seine Kunden/Auftraggeber erreichbar und konnte alle laufenden Bauvorhaben auch weiterhin betreuen.

Für die vollständige Wiederherstellung des IT-Netzwerks wurden 10 Tage benötigt, wobei sich nicht alle Daten rekonstruieren ließen. Auf die Lösegeldforderungen der Cyberkriminellen wurde nicht eingegangen.

---

Was wurde  
unternommen?



## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens werden üblicherweise die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt. Im konkreten Fall war diese Frage nicht relevant, da der Schaden durch die Cyberversicherung des Bauunternehmens gedeckt war.

Die Schadenbeseitigungskosten beliefen sich auf rund 190.000 Euro (netto). Diese Summe setzt sich unter anderem zusammen aus den Kosten für die forensische Untersuchung und Wiederherstellung des IT-Systems sowie die manuelle Wiederherstellung der Daten. Ein möglicherweise existenzbedrohender Umsatzausfall in Millionenhöhe konnte durch die umgehende Schadenmeldung des betroffenen Bauunternehmens und das schnelle Eingreifen der IT-Forensiker abgewendet werden.

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Die Zahl der Angriffe auf Unternehmensnetzwerke durch Schadsoftware nimmt stetig zu. Um illegale Zugriffe auf das Netzwerk bzw. auf die Unternehmensdaten zu unterbinden, sollten einige grundsätzliche Sicherheitsrichtlinien beachtet werden.

An erster Stelle steht die Einrichtung einer sogenannten Firewall. Dabei handelt es sich um eine Sicherheitsvorrichtung, die den Datenfluss zwischen dem Unternehmensnetzwerk (intern) und dem Internet (extern) überwacht und nur die Daten »einlässt«, die als vertrauenswürdig eingestuft werden. Zusätzlich sollte jeder einzelne Computer durch die Installation eines Antivirenprogramms geschützt werden. Dabei ist dringend zu beachten, dass diese Programme auch kontinuierlich aktualisiert werden. Die Updates können entweder manuell oder automatisch über das Internet geladen werden. Um Sicherheitslücken in einzelnen Programmen oder anderen Anwendungen zu schließen, werden von den Herstellern spezielle Updates, sogenannte Sicherheitspatches zur Verfügung gestellt. Für alle Updates gilt, dass sie so schnell wie möglich installiert werden sollten.

Vor allem ist die regelmäßige Datensicherung ein wichtiger Aspekt bei der Schadenvermeidung durch Cyberangriffe. Nur auf der Festplatte gespeicherte Daten können bei Verlust (zum Beispiel durch Löschen oder Verschlüsselung) meist nicht vollständig wiederhergestellt werden. Daher sollten zumindest die wichtigsten Daten mindestens einmal pro Woche, besser aber häufiger, auf externen Medien (zum Beispiel Festplatten, DVD, Cloud) abgespeichert werden. Um sicherzugehen, dass die Sicherungskopien im Notfall auch tatsächlich zu verwenden sind, sollte die Datenwiederherstellung als »Trockenübung« hin und wieder getestet werden.



Wer ist wofür verantwortlich?



Wie geht es richtig?

Spezielle Cyberrisikoversicherungen bieten zudem besonderen Versicherungsschutz, unter anderem vor Schäden durch Computerkriminalität und Hackerangriffe. Am Beispiel der VHV Cyberprotect werden folgende Schutzmaßnahmen empfohlen:

- Passworrichtlinie verbindlich für alle im Unternehmen einrichten,
- keine Administratorenrechte für normale Benutzer und Tätigkeiten,
- Schutz gegen unberechtigte Zugriffe (zum Beispiel durch Firewall, Verschlüsselung),
- Schutz gegen Schadsoftware (zum Beispiel durch Antivirenprogramme),
- regelmäßige Sicherheitsupdates für IT-Systeme und Software.

Darüber hinaus bestehen besondere Empfehlungen zum Thema Datensicherung:

- Datensicherung (Backups) professionell einrichten lassen und testen,
- tagesaktuellen Rhythmus für die Datensicherungen implementieren,
- Wiederherstellung der angefertigten Datensicherungen testen,
- Zuständigkeiten innerhalb des Unternehmens und im Zusammenspiel mit dem IT-Dienstleister eindeutig regeln und bei allen Beteiligten bekannt machen.



# 6 NEUE UND ALTE QUALITÄTEN (WIEDER-)ERKENNEN

Das Thema »Bauen neu denken« wird in diesem Kapitel mit dem Fokus auf neue Materialien und Techniken beleuchtet. Auch scheinbar in Vergessenheit geratene Materialien und Techniken, die in neuen Anwendungsgebieten zum Einsatz kommen und dazu beitragen können, auf künftige Herausforderungen zu reagieren, werden hier beschrieben. Dabei werden sowohl einzelne Gebäude betrachtet, als auch – weitaus größer gedacht – die Entwicklung von Quartieren und Städten in den Blick genommen. Das letzte Unterkapitel ist dem Bereich Infrastruktur und Ingenieurbauwerke gewidmet, das vertieft und fokussiert im jeweiligen VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur betrachtet wird, jedoch im Zusammenhang mit dem Thema »Bauen neu denken« derart viele Schnittstelle zum Hochbau aufweist, dass es in diesem Bericht ein separates Kapitel erhält.

## 6.1 Materialwerte nutzen

Unsere Ressourcen sind endlich, diese Gewissheit spielt eine immer größere Rolle im Bereich Planen und Bauen. In den folgenden Beiträgen werden Möglichkeiten beschrieben, auf die Situation der immer knapper werdenden Baumaterialien zu reagieren. Das Ziel, kreislaufgerecht zu bauen und Materialien oder Bauteile nach Ende des Lebenszyklus eines Bauwerks zu entnehmen und in einem »neuen« Bauwerk wiederzuverwenden bzw. zu recyceln, ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit, der es innovativ zu begegnen gilt. Im Folgenden werden verschiedene Möglichkeiten, Projekte und Szenarien aufgezeigt, die belegen, dass kreislaufgerechtes Planen und Bauen möglich ist und dies zum Teil in der Praxis bereits erfolgreich umgesetzt wird.

## 6.1.1 Neubau aus Rückbau – Der Urban Mining Index und das Rathaus Korbach

INTERVIEW – PROF. DR.-ING. ANJA ROSEN, MARC MATZKEN



FOTO: WILFRIED GERHARZ



Prof. Dr.-Ing. Anja Rosen, Architektin

Marc Matzken, Architekt

Chance und Gelegenheit zur Umsetzung einer innovativen Idee, als zwei wesentliche Entwicklungen zusammenzutragen: Zum einen der Urban Mining Index<sup>1</sup>, ein Instrument, das im Rahmen einer Promotion an der Universität Wuppertal entwickelt wurde, und zum anderen der Wunsch der Stadt Korbach, einen neuen Rathausanbau zu errichten, der sich besser als sein abzubrechender Vorgänger aus den 1970er Jahren in die historische Bebauung einfügen und vorbildhaft im Sinne von Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit funktionieren sollte.

Die Gewinner des entsprechenden Realisierungswettbewerbs überzeugten die Jury und den Bauherrn mit ihrem architektonischen Entwurf, der im anschließenden VGV-Verfahren mit der Entwicklung eines innovativen Urban-Mining-Konzepts ergänzt wurde. Dafür sollte der Urban Mining Index aus der Promotion erstmals in der Entwurfsphase des Projekts angewendet werden. Grundidee dabei: die Nutzung des abzubrechenden Rathausanbaus als Rohstofflager mit dem Ziel, so viel verwertbares Material wie möglich als Rezyklat wiederzuverwenden. So sollte das beim Rückbau gewonnene mineralische Abbruchmaterial ortsnahe recycelt und in den Neubau an gleicher Stelle eingebaut werden. Gesamtziel: Die konsequente Umsetzung des »Urban Mining« bei Rückbau und Neubau.

Seit 2022 ist der Neubau des Rathauses in Korbach in Nutzung, das Projekt erfolgreich abgeschlossen. Zeit und Gelegenheit, mit zwei der wesentlichen Planungs- und Baubeteiligten einen Blick zurück zu wagen und auf dieser Basis Erkenntnisse und Erfahrungen, Weiterentwicklungen und Ausblicke zu formulieren. Gesprächspartner sind Prof. Dr.-Ing. Anja Rosen, Architektin, DGNB-Auditorin und Sachverständige für Nachhaltiges Bauen (SHB), C5 GmbH Münster, sowie Marc Matzken, Architekt, Gründer und Partner von heimspiel architekten Münster.

**Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB:** Vielen stellt sich sicher die Frage, wie die Idee der Stadt Korbach, den Rathausanbau abzubrechen und einen Neubau zu errichten, mit Nachhaltigkeit zusammengeht. Entstand so die Idee, das bestehende Gebäude als Rohstofflager zu nutzen?

<sup>1</sup> Vgl. <https://urban-mining-index.de/> [abgerufen am: 06.08.2024]

Prof. Dr.-Ing. Anja Rosen: Ja, denn es wird zu Recht nicht unkritisch bewertet, ein Gebäude nach einer Lebensdauer von nur 50 Jahren abubrechen. In einer Masterarbeit waren im Vorfeld bereits weitere Optionen untersucht worden. Bei der Strategie der geplanten Materialnutzung spielten aber vor allem auch die Kompetenz der beteiligten Planer (ARGE agn heimspiel architekten) sowie die Innovationsoffenheit der Bauherren eine entscheidende Rolle. Vorteilhafte Randbedingungen: agn war im Bereich ressourcenschonendes Bauen durchaus erfahren. Ich war bei agn tätig und forschte zeitgleich zu dem Thema an der Universität Wuppertal. Mein Urban Mining Index war entwickelt, in dieser Form jedoch noch nie angewandt worden. Diese Konstellation bot beste Voraussetzungen, den Gewinnerentwurf im Rahmen des Urban Mining umzusetzen. Das entwickelte Konzept war für alle Beteiligten des Projekts neu, also durchaus mit einem gewissen Risiko verbunden. Fragen zur tatsächlichen Verwendbarkeit des bestehenden Materials, zu Firmen, die ortsnahe das Recycling und die Herstellung des ressourcenschonenden Betons (R-Betons) übernehmen könnten sowie zu notwendigen Qualitäten des R-Materials im Neubau waren zu klären und erforderten von Beginn an eine interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Beteiligten.

Marc Matzken: In der Planungsphase wurde unsere ARGE zusätzlich von der Bimolab gGmbH bei der Erstellung des ganzheitlichen Urban-Mining-Konzepts unterstützt, deren Kompetenz in Beratung, Forschung und Entwicklung bei der Verwertung von mineralischen Sekundärbaustoffen, insbesondere zu R-Beton, essenziell war. Die Prozesse lebten von der Kompetenz und Erfahrung, dem Engagement und der Zusammenarbeit der Beteiligten. Nicht zuletzt entstand daraus auch ein Modellprojekt, bei dem die Universität Kassel den Rückbau des Bestandsgebäudes, das Recycling der mineralischen Materialien und den Wiedereinsatz im R-Beton des Neubaus im Tragwerk und in der Fassade begleitete.

Rosen: Im Rahmen dieser Forschung wurde nur ein Ausschnitt des Gesamtprozesses betrachtet. Der angewandte Urban Mining Index beleuchtet auch den Folgeprozess im Sinne von »wie baue ich den Neubau, damit er später auch leicht rückzubauen ist«, also in Bezug auf die Recyclingfähigkeit für die Zukunft. Auch das war ein Anspruch des Bauherrn beim Neubau des Rathausesbaus.

**Böhmer: Der Anspruch des Bauherrn, die Umsetzung eines architektonischen Entwurfs und die Umsetzung eines neuen zirkulären Prozesses, der institutionell und personell breit aufgestellt war, begleitet und erforscht wurde – gibt es daraus Erkenntnisse, die sich auch auf andere Bauvorhaben und das Planen und Bauen allgemein übertragen lassen?**

Matzken: Über allem stehen Anspruch und Zielsetzung des Bauherrn und dahingehend die Frage, wie erreichen wir sie. Eine der wesentlichen Erkenntnisse ist, dass die Nutzung des Urban Mining Index<sup>1</sup> als anwenderfreundliches Planungs- und Bewertungstool und die grundsätzliche Anwendung des Urban Mining Designs der richtige Weg ist, mit dem Planungs- und Baubeteiligte zukünftig an Bauaufgaben herangehen müssen.

Rosen: Planungshilfen sind besonders relevant, solange das Wissen zum zirkulären Bauen in der Praxis noch nicht verbreitet ist. Derzeit ist das Mitdenken des Lebensendes eines Bauwerks für viele aktive Planer noch Neuland. Instrumente wie der Urban Mining Index können bei quantitativen Bewertungen helfen. Fort- und Weiterbildung zur Aneignung entsprechenden Wissens werden zunehmend Grundvoraussetzung. In der Ausbildung, in Hochschulen, ist das zirkuläre Bauen ein fester Bestandteil der Wissensvermittlung, in der täglichen Planungs- und Baupraxis beginnt es erst, zum Beispiel mit Modellprojekten wie in Korbach. Aber: Das heißt nicht, dass das Urban Mining Design die kreative Leistung der Architekten überflüssig macht. Im Gegenteil. Eine gute Architektur muss zusätzlich den Anforderungen des zirkulären Bauens entsprechen.

**Böhmer: Dazu passt der Untertitel des Bau-schadenberichts »Bauen neu denken«...**

Rosen: Bei einem Modellprojekt ist ja ohnehin alles neu und innovativ. Im Grunde wurde bei diesem Projekt fast nichts so gemacht wie sonst üblich. Und beim Herangehen an eine solche Aufgabe ist es wichtig, dass sich innovative Köpfe mit »alten Hasen« zusammentun. Das mutige Arbeiten der Innovativen braucht das Wissen der Erfahrenen, und das ist beim Rathaus Korbach als interdisziplinäres Projekt wirklich gut gelungen, weil alle an einem Strang gezogen haben. Wir hatten die Bimolab gGmbH, die sich mit Recycling gut auskannte. Deren Erfahrung mit der Herstellung von Rezyklaten, die gute Vernetzung zu Recyclingfirmen und die Forschung im Bereich R-Beton waren eine gute Basis, auch bei der Wahl der regionalen Firmen.

**Böhmer: Gab es denn ausreichend viele erfahrene und interessierte R-Beton-Hersteller in der Region?**

Wir haben das Projekt gestartet, ohne zu wissen, ob in der Region Recyclingfirmen in der Lage sind, unser Konzept umzusetzen. Deshalb war die Vernetzung und Unterstützung durch die erfahrenen Partner wichtig. Wir sind bei der Vorstellung unserer Idee sowohl Firmen begegnet, die als Bedenken-träger nicht infrage kamen, als auch innovativen, aufgeschlossenen Firmen, die zwar keine erfahrenen Hersteller waren, aber das Potenzial dieses Themas erkannt und gern mitgemacht haben. Ihnen war klar, dass die Thematik ohnehin kommen wird und das Modellprojekt die Gelegenheit des Lernens bietet. Forschungsmittel bekamen sie dafür nicht.

**Böhmer: Forschungsmittel wurden aber akquiriert?**

Rosen: Unterstützung durch das Land Hessen gab es schwerpunktmäßig für ein Gutachten als Dokumentation des Prozesses zur Wiederverwendung der Materialien aus dem Bestandsgebäude<sup>2</sup>.

**Böhmer: Gab es Hindernisse und Schwierigkeiten, die den Prozess gestört haben? Was würden Sie nach der Erfahrung aus dem Modellprojekt anders machen?**

Rosen: Der Rückbauprozess des Bestandsgebäudes lief nicht optimal, sowohl seitens des Unternehmens als auch seitens der Bauleitung. Unsere Erkenntnis: Es braucht in einem derartigen Prozess einen erfahrenen Bauleiter, der bereits über umfangreiches Wissen zum Urban Mining verfügt. Die gibt es derzeit noch sehr wenig, und wir können allen Rückbauunternehmen und deren Bauleitern empfehlen, sich bezüglich Recycling umfassend fortzubilden. Die Zeiten des »Das Gelände muss frei sein und das Material kommt weg.« sind vorbei.

Matzken: Die Kompetenz aus beiden Disziplinen in diesem Rückbauprozess ist tatsächlich wesentlich: Die Kombination aus dem Fachwissen zu den Rohstoffen und dem Bewusstsein für diese Wertstoffe sowie das Wissen zu einer Abbruchbauleitung und -logistik, bei der es um einen neu zu denkenden Prozess des Rückbaus geht, die braucht man. Der Erwerb dieser Kompetenzen bedarf einer umfassenden Sensibilisierung und einer grundlegenden Ausbildung, weil diese beiden Welten so komplex und nicht einfach zu vereinen sind. Im Prozess entstehen hier die meisten Fehler, indem zum Beispiel Bauteile nicht fachgerecht getrennt oder falsch gelagert und so verunreinigt werden. Dafür sind unter anderem handwerkliche Prozesse notwendig, die die Ausführenden beherrschen und vor Ort durchführen müssen.

<sup>2</sup> Vgl. [https://landwirtschaft.hessen.de/sites/landwirtschaft.hessen.de/files/2022-08/rhk\\_gutachten\\_ressourcenschonendes\\_bauen.pdf](https://landwirtschaft.hessen.de/sites/landwirtschaft.hessen.de/files/2022-08/rhk_gutachten_ressourcenschonendes_bauen.pdf) [abgerufen am: 13.08.2024]

Rosen: Es braucht gute Rückbauunternehmen, die das Thema Recycling als Schwerpunkt und relevantes Zukunftsthema verstehen und umsetzen. Es bedarf also auch einer anderen Wertschätzung für diese Berufe und die gesamte Branche.

**Böhmer: Das heißt, man kann schon feststellen, dass sich der Prozess des Umgangs mit bestehenden Bauwerken verändert, und das sicher nicht nur beim vollständigen Rückbau, denn das Vorgehen lässt sich auch in Modernisierungs- und Sanierungsprozesse übertragen?**

Matzken: Es entstehen Veränderungen in dem Prozess, der bei den Planern mit der Bewertung der vorhandenen Dokumentation und den vorhandenen Plänen beginnt. Diese zeigen selten die gebaute Realität, also braucht man die Einschätzung vor Ort. So werden – wie in Korbach auch – mit geschärftem Bewusstsein und manchmal auch durch Zufälle im Prozess wirkliche Potenziale entdeckt, die genutzt werden müssen. Dabei geht es aber nicht mehr um ein Recycling mit einer qualitativ geringeren Nachnutzung, wie sie bisher üblicherweise erfolgte, sondern es geht um Wiederverwendung, um hochwertiges Recycling und auch um das Schaffen gestalterischer Instrumente. Dabei hat jedes Rückbauvorhaben individuelle Potenziale, muss individuell bewertet und beplant werden. Die Qualitäten und Werte mit oder schon vor dem Ausbau zu erkennen, muss das Ziel sein. Bewusstsein und Kompetenz hierfür muss also bei allen Beteiligten geschärft werden.

Rosen: Die Qualitäten und Werte der Bauteile vor dem Ausbau zu erkennen, um frühzeitig festzulegen, was gerettet werden kann, das ist das Ziel. Vorrangig sogar: Was kann ich ausbauen, aufarbeiten und woanders wieder einbauen (im Sinne des Concular-Prinzips<sup>3</sup>).

Hier kommt dann auch die DIN SPEC 91484<sup>4</sup> zum Tragen, die als Basis jedes Rückbauprojektes Anwendung finden sollte, aber noch zu wenig bekannt ist.

Matzken: Und relevant ist in dem Zusammenhang einmal mehr die Zusammenarbeit in derartigen Projekten zwischen erfahrenen Praktikern und jungen Absolventen, um zu sensibilisieren.

**Böhmer: Meine Erfahrungen beim Umgang und Einsatz von Recyclingprodukten sind oft negativ, weil das Thema der Zulassungen Schwierigkeiten macht. Wie waren hier Ihre Erfahrungen?**

Rosen: Wir sind grundsätzlich nicht von den geltenden Regularien und Normen abgewichen, was Zulassungen im Einzelfall nicht erforderlich machte. Das wäre erforderlich gewesen, wenn wir zum Beispiel den Anteil des Rezyklats im R-Beton erhöht hätten mit den entsprechenden Folgen bezüglich Prozessverzögerung, Fremdüberwachung usw. Das wollte einerseits der Bauherr vermeiden, wäre andererseits aber auch nicht möglich gewesen, weil der Bestand das nicht ermöglicht hätte und wir sogar noch mehr Rezyklat gebraucht hätten. Wir haben etwa die Hälfte des Betons des neuen Tragwerks aus dem alten Gebäude generieren können. Die andere Hälfte ist konventioneller Beton. Das Bestandsgebäude war eben keine geplante urbane Mine, wie wir sie gebraucht hätten, so hatten wir durchaus viele Verluste beim Material durch Verunreinigungen aufgrund nicht sortenreiner Trennung. Dementsprechend spielte das Thema der Zulassungen bei diesem Projekt keine Rolle.

**Böhmer: Gab es eigentlich einen »Plan B«, wenn die geplante Umsetzung nicht funktioniert hätte?**

<sup>3</sup> Vgl. <https://concular.de/> [abgerufen am: 30.07.2024]

<sup>4</sup> DIN SPEC 91484:2023-09 Verfahren zur Erfassung von Bauprodukten als Grundlage für Bewertungen des Anschlussnutzungspotentials vor Abbruch- und Renovierungsarbeiten (Pre-Demolition-Audit)

Matzken: Es ging um ein Bauvorhaben für die öffentliche Hand, insofern hatte der Bauherr – so sehr er von der Idee und dem Konzept überzeugt war – entsprechende Rückfalloptionen in den Planungen und Detaillierungen vereinbart. Das heißt, wenn keine Angebote zu den Ausschreibungen gekommen wären oder der Markt es nicht »hergegeben hätte«, hätte die Baustelle nicht stillstehen dürfen. Dann hätte es eine andere Planungslösung gegeben. Wir haben also immer ein wenig parallel gearbeitet, haben Details oft in der Variante A und B gehabt. Für das innovative Herangehen oder neue Denken kam uns zugute, dass wir als damals junges Büro noch gar nicht so sehr im »das haben wir schon immer so gemacht« festgesteckt haben. Parallel haben wir sehr von Instrumenten profitiert, wie dem Urban Mining Index und dem Recycling-Atlas<sup>5</sup>, der entsprechende Beispiele beleuchtet und detailliert zeigt, wie man solche Projekte angehen kann.

Rosen: Diese Rückfalloption war zu dem damaligen Zeitpunkt insofern wichtig, da man aufgrund mangelnder Erfahrung eine Art »Sicherheitsnetz« brauchte, um das Risiko einer entstehenden Bau ruine ausschließen zu können. Mit den heutigen Erfahrungen würde man schon anders denken und auch handeln können bzw. müssen: Wenn die vollständige Bewertung des Objekts im Rahmen der Planung ergeben würde, dass ein Rückbau im Rahmen des Urban Mining nicht möglich ist, würde man nicht zurückbauen. Das wäre die folgerichtige Konsequenz, wenn man die Ziele des Klima- und Ressourcenschutzes ernst nimmt, was die vollumfängliche Bewertung und Planung vor dem Abriss voraussetzt, um zu verhindern, dass Projekte in der Umsetzung gestoppt werden müssten.

Matzken: Das Ziel: Projekte vom Ende her zu denken.

Rosen: Genau, aber dafür sind Modellprojekte so wichtig und wertvoll und werden gefördert, weil man genau hier Erfahrungen sammeln kann. In Korbach haben wir probiert und gelernt, konnten noch nicht alle Dinge vorhersehen und haben dafür den Plan B im Hintergrund gehabt. Und wir nehmen unsere Erfahrungen in zukünftige Projekte mit, denn wir würden heute sicher schon einiges anders und besser machen.

**Böhmer: Ich habe in unserem Interview ja bewusst die Prozesse des Modellvorhabens thematisiert, weil es umfangreiche Veröffentlichungen<sup>6,7,8</sup> zum Wettbewerb und zu der Umsetzung des Modellvorhabens gibt. Wissen möchte ich aber abschließend noch, wie das Feedback des Bauherrn und der Beteiligten während der Umsetzung und zum Ergebnis war.**

Matzken: Gut war in jedem Fall, dass wir einen Bauherrn hatten, der mit fachlichem Hintergrund einen planerischen und gestalterischen Anspruch hatte, aktiv in Planungs- und Entscheidungsprozesse involviert war und Details mitentwickelt hat. So waren sich alle Beteiligten einig, dass Materialien und Bauteile bewusst ausgewählt und werthaltig sein müssen. Beispielhaft seien die Holz-Aluminium-Fenster genannt, die aus lasiertem Eichenholz, geschraubt und gesteckt, zu 100 Prozent dem Urban Mining Gedanken folgen.

Es gab während des Prozesses durchaus Diskussionen zur ausgeführten Qualität des R-Betons auf der Baustelle. Es waren bewusst keine besonderen

5 Hillebrandt, A. et al.: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource. München: Detail, 2018

6 Rosen, A.; Matzken, M.: Urban Mining Design in der Praxis. Detail, 2022

7 Rosen, A.: Ressourcen schonen – aber wie? Rathaus Korbach als Modellprojekt. In: Bauverlag BV GmbH (Hrsg.): Beton Bauteile. Gütersloh: Bauverlag, 2022

8 Grebe, R.; Matzken, M.: Nachhaltiger Sichtbeton. Recycling-Beton-Fassade, Neues Rathaus Korbach. In: Bauverlag BV GmbH (Hrsg.): Beton Bauteile. Gütersloh: Bauverlag, 2022

Sichtbetonqualitäten ausgeschrieben, um das Budget nicht zu beanspruchen, dennoch war es in bestimmten Projektphasen schon ein Bild, das zu sorgenvollem Nachfragen, zum Beispiel der späteren Nutzer, führte. Hier war die Kommunikation zum Urban Mining Design ganz wesentlich: Die Erinnerung an die klare Zielsetzung, eben zukünftig sauber trennbare Konstruktionen zu schaffen, ohne zu kleben, zu verputzen usw. und die Fehler des Bestandsgebäudes nicht zu wiederholen, das war im Prozess nicht immer einfach. Nach der Fertigstellung war dann alles in Ordnung, weil verschiedene Materialien zusammenwirken. Nachfragen kamen auch bei Führungen auf, wie während des Tags der Architektur. Da wurde zum Beispiel gefragt, ob denn bewusst so viel sichtbarer Beton eingesetzt wurde. Auch hier war die Schärfung des Bewusstseins ein ganz wesentlicher Punkt, indem ganz klar vermittelt wurde, dass der sortenreine Beton nicht versteckt, sondern ganz authentisch und sichtbar bleibt und so den nachfolgenden Generationen wieder zur Verfügung gestellt werden kann. Und hier merkte man deutlich, wie die Menschen nachdenken und Beton anders sehen.

Rosen: Und um noch einmal an den Anfang des Prozesses zurückzukommen: Die wichtigste Voraussetzung für die Akzeptanz dieses Gebäudes war die Berücksichtigung der Baukultur und die Durchführung des zweiphasigen offenen Wettbewerbs, mit dessen Ergebnis wirklich alle Akteure glücklich waren. So steht dieses Gebäude sicher – anders als sein ungeliebter Vorgänger – mehrere Jahrhunderte und fungiert dann als geplante urbane Mine.

Matzken: Gut gestaltete Architektur mit einer langen Lebensdauer, einem langen Lebenszyklus mit entsprechender Akzeptanz ist eben auch nachhaltig. Dieser Zusammenhang muss auch wieder gestärkt werden. Das war eine ganze Zeit hinter Rendite- und Abschreibungsmodellen verloren gegangen. Und jetzt ist ein neues Denken dazu (wieder-)entstanden.

Rosen: Eine gute Aussage, die ich dazu vor mehr als zehn Jahren gehört habe, ist: »Damit es nachhaltige Architektur sein kann, muss es in erster Linie mal Architektur sein.« Sonst ist es nur ein Gebäude, nur eine Immobilie.

### **Böhmer: Ein schöner Schlusspunkt. Ich danke Ihnen sehr für das Gespräch!**

Anja Rosen ist seit 2023 Professorin für Circular Construction an der MSA Münster School of Architecture. Zuvor lehrte sie als Honorarprofessorin an der Bergischen Universität Wuppertal, wo sie 2021 mit dem »Urban Mining Index« promovierte. Seit ihrem Studium der Architektur kombiniert Anja Rosen ihre Lehr- und Forschungstätigkeit mit ihrer praktischen Arbeit. 2022 gründete sie mit Frauke Kaven in Münster die C5 GmbH als Fachplanungsbüro für nachhaltiges Bauen. Zuvor verantwortete sie als Co-Geschäftsführerin der energum zehn Jahre den Bereich Nachhaltiges Bauen in der agn-Gruppe. Im Ausschuss Lebenszyklus und zirkuläres Bauen der DGNB setzt sich Anja Rosen für eine Klima- und Ressourcenwende in der Bauwirtschaft ein. Für ihre Arbeit wurde sie mehrfach ausgezeichnet.

Marc Matzken ist Architekt, Gründer und Partner von heimspiel architekten in Münster. Das 2012 gegründete Architekturbüro konzentriert sich auf Architektur und Städtebau in unterschiedlichster Art und Größe und entwickelt innovative Lösungen, die Ausdruck einer intensiven Auseinandersetzung mit der Aufgabe sind: Je komplexer die Aufgabe, desto simpler muss die Lösung sein. Marc Matzken war nach seinem Studium an der MSA Münster School of Architecture in der Praxis, aber auch wissenschaftlich tätig, zum Beispiel an der Universität Kassel, später auch als Vertretungsprofessor an der MSA. Er ist Mitglied der Architektenkammer Nordrhein-Westfalen (AKNW) und seit 2023 Mitglied im Gestaltungsbeirat der Stadt Münster.

## 6.1.2 Urban Mining: Das neue Normal



Dominik Campanella

In Deutschland und Europa ist ein klarer Trend zum kreislaufgerechten Bauen zu erkennen. Seitens der politischen Gesetzgeber spricht sich nicht nur die Regierung deutlich für das kreislaufgerechte Bauen aus. Der Grund: 40 Prozent des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und 60 Prozent des Abfalls stammen aus der Baubranche. Nur ein Bruchteil aller Materialien werden nach dem Rückbau aktuell wiederverwendet, weshalb diese umsatzstarke Branche der größte Umweltverschmutzer weltweit ist. Sämtliche Akteure der Baubranche stehen unter gesellschaftlichem und politischem Druck, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Abfälle zu reduzieren und ihre Nachhaltigkeitsaktivitäten zu dokumentieren. Erste konkrete

Gesetzgebungen wie jene des Bundeslands Berlin, das mit seiner Verwaltungsvorschrift die Prüfung des Wiederverwendungspotenzials aller öffentlichen Gebäude vorschreibt, sind nur der Anfang. Auch übt die EU-Kommission mittels EU-Taxonomie Druck aus, indem sie Bauherren empfiehlt, bis zu 90 Prozent der beim Abriss verwendeten Materialien zu recyceln und wiederzuverwenden, und Projektentwicklern nahelegt, bis zu 50 Prozent der beim Neubau verwendeten Materialien aus wiedergewonnen Quellen zu beziehen.

Für Unternehmen mit Gebäudeeigentum wird Nachhaltigkeit somit immer mehr zu einem Thema und die verschiedenen Akteure der Branche werden sich zunehmend ihres Einflusses auf den Klimawandel und der damit einhergehenden Verantwortung bewusst. Ersparnisse müssen verstärkt in den Nachhaltigkeitsberichten ausgewiesen werden. Hersteller von Bauprodukten und Materialien sind aufgrund von Vorschriften und der erweiterten Herstellerverantwortung (ERP) zunehmend verpflichtet, ihre eigenen Materialien zurückzunehmen und wieder aufzubereiten. Und immer mehr Architektur- und Ingenieurbüros schreiben sich nachhaltiges Bauen auf ihre Fahnen.

Aber auch außerhalb von Nachhaltigkeitstrends gibt es eine immer größer werdende Notwendigkeit für wiederverwendbare Baumaterialien. Die Ressourcenknappheit ist ein Thema, das die Baubranche langfristig beschäftigen wird. Die sinkende Verfügbarkeit von Materialien und Baustoffen sowie aktuell zu beobachtende Preissteigerungen verlangen einen Umbruch hin zu einem nachhaltigen System, das synergetisch mit seiner Umwelt umgeht. Die Erfassung und Bewertung von Materialien und Bauteilen im Bestand sowie für neue Gebäude sind dabei ein zentraler Baustein eines kreislauffähigen Systems.

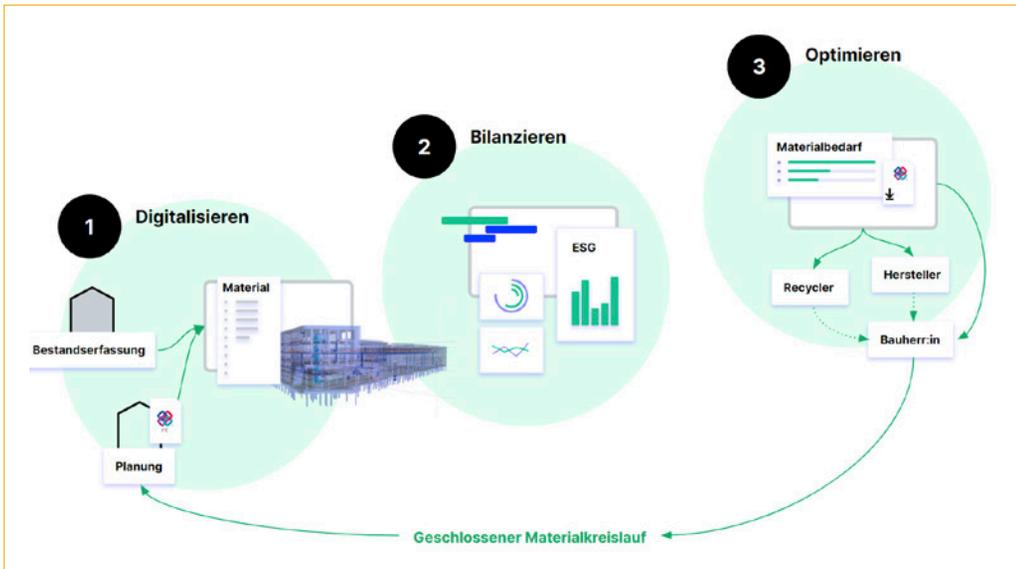
### **Vom einfachen Marktplatz bis zum Ökosystem: Die Reise von restado zu Concular**

Concular ist Marktführerin im Bereich des zirkulären Bauens und hat bereits bei mehr als 350 Projekten unterstützt und somit 10.000.000 Materialien wieder in den Kreislauf eingebracht. Bereits seit 2012 beschäftigt sich das Team hinter Concular mit diesem Thema.

Gestartet sind die Entwickler mit der Erkenntnis, dass das Angebot nicht mit der Nachfrage zusammengebracht wird. Auf der einen Seite werden viele Gebäude rückgebaut und die Materialien zum größten Teil entweder deponiert oder minderwertig recycled. Auf der anderen Seite werden neue Gebäude gebaut, bei denen diese Materialien eingesetzt werden könnten. Doch anstatt diese hochwertigen wiedergewonnenen Materialien einzubringen, werden neue Materialien gekauft und eingebaut.

Um das Angebot mit der Nachfrage zusammenzubringen, wurde der Online-Marktplatz restado mit einem einfachen Prinzip gegründet: Materialien aus dem Rückbau können gekauft und verkauft werden. Das Konzept ist erfolgreich: Mit mehreren Millionen wiedereingebrachten Materialien ist restado der größte Marktplatz für wiedergewonnene Materialien in Europa. Nutzer sind jedoch vor allem private Personen oder kleinere Handwerksunternehmen. Der große Impact liegt aber bei den professionellen Akteuren und großen Bauprojekten. Dafür ist der Marktplatz nicht ausreichend. Die professionellen Akteure benötigen eine bestimmte Menge an Materialien an einem bestimmten Ort, zu einer bestimmten Zeit, mit einer bestimmten Qualität und mit Gewährleistung. Daher wurde Concular gegründet: Ein System für zirkuläres Bauen, das den gesamten Prozess von der Planung eines Gebäudes über den Umbau bis zum Rückbau abbildet und so die Anforderungen erfüllen kann.

Das Ziel ist es, alle Akteure der Baubranche dabei zu unterstützen, Produkte und Materialien so oft wie möglich wiederzuverwenden. Die Ambition liegt hierbei in der 1:1-Substitution. Jedes Material, das wiederverwendet wird, muss nicht neu produziert werden und vermindert so Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen. Daneben wird auch das Thema des hochwertigen Recyclings betrachtet, sollte eine 1:1-Substitution nicht möglich sein. Concular konnte bereits mehr als 350 Projekte in Deutschland, Österreich und der Schweiz durchführen und bringt mit seinem »Circularity Partner Program« führende Hersteller, Projektentwickler und Architekturbüros zusammen.



**Abb. 01:** Erst ein geschlossener Kreislauf, der alle am Bau Beteiligten einschließt, ermöglicht echte Kreislaufwirtschaft. [Grafik: Concular GmbH]

Im ersten Schritt müssen Materialien in Gebäuden digitalisiert werden. Egal ob Neubau oder Bestandsgebäude, zum aktuellen Zeitpunkt wird nicht systematisch erfasst, welche Materialien wie verbaut wurden. Ohne diese Informationen ist es eine große Herausforderung, diese Materialien wieder in den Kreislauf zu bringen. Für Neubauten kann dies über den sogenannten Gebäuderessourcenpass geschehen, der von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V. und dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) entwickelt wurde und perspektivisch verpflichtend in Deutschland eingeführt werden soll. Die große Herausforderung sind jedoch die Bestandsgebäude, die nicht digital geplant wurden und bei denen keine Dokumentation mehr vorhanden ist.

Im zweiten Schritt können die Daten bilanziert bzw. gemessen werden. Die Materialien werden mit Datenbanken, die zum Beispiel EPDs (Environmental Product Declaration) enthalten, verknüpft, um so beispielsweise zu berechnen, wie hoch die graue Energie ist. Im Neubau geschieht dies durch eine zirkuläre Ökobilanzierung, das heißt eine Ökobilanz mit zirkulären Kennwerten wie etwa dem Circularity Performance Index (CPX) oder dem Material Residual Value (MRV). Bei einem Bestandsgebäude kann zum Beispiel durch eine Ökobilanz argumentiert werden, dass dies bestehen bleiben oder zumindest ein großer Teil der Materialien wieder in den Kreislauf gebracht werden sollte. Auch kann das Potenzial der Wiederverwendung aus ökonomischer und ökologischer Sicht ermittelt werden.

Im dritten Schritt geht es um die Optimierung. Bei einem Neubau geschieht dies zum Beispiel durch den Einsatz von zirkulären Materialien. Dies können wiedergewonnene Materialien oder auch Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen wie beispielsweise Holz sein. Aber auch andere Faktoren, wie etwa die Fügungstechnik ist dabei entscheidend. Durch die Integration der Optimierungsmöglichkeiten in die Software der Planer können diese die Schritte schnell und einfach durchführen. Bei Bestandsgebäuden gelingt die Optimierung durch die Wiedereinbringung von Materialien. So vermittelt Concular die Materialien bereits vor dem Rückbau an Hersteller, Großabnehmer oder direkt in neue Bauprojekte.

### **Digitalisierung von Materialien in neuen und bestehenden Gebäuden**

Die große Herausforderung um Materialien wieder einzubringen ist, dass wir nicht wissen, was in Gebäuden verbaut ist. Egal ob Neubau oder Bestandsgebäude, zum aktuellen Zeitpunkt wird nicht systematisch erfasst, welches Material wie verbaut wurde. Ohne diese Informationen ist es eine große Herausforderung, diese Materialien wieder in den Kreislauf zu bringen. Die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft bedarf einer ganzheitlichen Datenerfassung von Bestand, Um- und Neubauten.

Für neue Gebäude sind Gebäuderessourcenpässe die entsprechende Grundlage, um zirkuläres Bauen umzusetzen, denn sie erlauben es, Materialien über die gesamte Lebensdauer nachzuverfolgen und Ressourcen effizient zu nutzen. Der digitale Gebäuderessourcenpass ist im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vom Jahr 2021 festgeschrieben. Die DGNB hat im Jahr 2022 die Entwicklung eines Gebäuderessourcenpasses begonnen und diesen im Februar 2023 veröffentlicht. Im Jahr 2023 hat das BBSR eine Arbeitsgruppe gestartet, um eine weitere Version des Gebäuderessourcenpasses zu entwickeln. Dieser wird voraussichtlich Mitte 2024 veröffentlicht und ab 2025 verpflichtend.

Der Gebäuderessourcenpass dient als Dokumentation aller verbauten Materialien in einem Gebäude und gibt Auskunft über die Herkunft, Zusammensetzung, Fügung aber auch das Potenzial der Weiternutzung. Weitere Faktoren wie etwa die Zirkularität oder auch der Materialrestwert können hier angegeben werden. Dabei ist nicht nur der Gebäuderessourcenpass wichtig, sondern vor allem der Prozess um einen solchen zu generieren. Die Planenden sind angewiesen, die BIM-Modelle entsprechend aufzubereiten, sodass alle verbauten Materialien dokumentiert sind. Diese Dokumentation ist vor allem bei Um- und Rückbauarbeiten wichtig, da dadurch keine weitere Aufnahme vor den Rückbauarbeiten durchgeführt werden muss.

Concular war das erste Unternehmen, das den Gebäuderessourcenpass automatisch generiert hat. So ist es mit dem Upload eines BIM-Modells in nur wenigen Minuten möglich, den Gebäuderessourcenpass zu erstellen. Dabei werden die Informationen gespeichert und stehen noch Jahre später zur Verfügung, um diese bei Um- und Rückbauarbeiten zu nutzen. Durch die große Erfahrung aus dem Rückbau werden die Daten bereits so aufgenommen, dass ein möglichst großer Anteil der Materialien wieder in den Kreislauf eingebracht werden kann.

Die Grundlage zur Bewertung der Kreislauffähigkeit von Baustoffen im Bestandsbau ist eine umfassende Datenerfassung vor Ort. Nach einer Ersteinschätzung über das Wiederverwendungspotenzial der Baumaterialien werden die Bauteile und Baumaterialien im Rahmen eines »Circularity Assessments« aufgenommen und digital inventarisiert. Dies geschieht systematisch mittels 3-D-Scans sowie Computer-Vision-Algorithmen. Alle Materialien werden so vor Ort präzise vermessen, gezählt, nach allen augenscheinlichen Eigenschaften beschrieben sowie fotografiert und mit Produkt- und Herstellerangaben ergänzt. Um diese Aufgabe zu vereinfachen, wurde eine Softwarelösung entwickelt, die die Aufnahme vor Ort stark vereinfacht. So können innerhalb eines Tages ca. 10.000 Quadratmeter Gebäudefläche digitalisiert werden. Mithilfe der Software wurden bereits rund 5 Millionen Quadratmeter aufgenommen, dies entspricht ungefähr 25 Prozent der Fläche von New York. Die dabei entstandenen Erfahrungen haben zur Optimierung der Software, aber auch zur Schaffung eines eigenen Standards, der DIN SPEC 91484, geführt.

### **DIN SPEC 91484: der erste Industriestandard für zirkuläres Bauen**

In Konsequenz des Status quo müssen die Rahmenbedingungen – insbesondere Normierungen – aktualisiert und neu angelegt werden. Deshalb hat sich Concular mit verschiedenen Akteuren der Baubranche zusammengetan und eine DIN SPEC entwickelt, die die Circular Economy im Bausektor maßgeblich vorantreiben wird. Die DIN SPEC 91484 legt ein Verfahren zur Erfassung von Bauprodukten als Grundlage für Bewertungen des Anschlussnutzungspotenzials vor Abbruch- und Renovierungsarbeiten fest, sodass alle Marktteilnehmer über eine ausreichende und einheitliche Datentiefe an allen Stellen der Wertschöpfungskette verfügen. Der Anwendungsbereich bezieht sich dabei auf bauliche Anlagen gemäß § 2 MBO Abs. 1. Es werden Anforderungen für die Informationsaufnahme, das Zieldokument, den Prozess, die beteiligten Akteure sowie Tools definiert. Diese ausgearbeiteten Informationen werden als Leitfaden zur Erstellung von »Pre-Demolition-Audits« (PDA) zur Verfügung gestellt. Hinsichtlich des Datenaustauschs der Ergebnisse wird ein einheitliches Datenformat angestrebt und so die Kompatibilität mit anderen Formaten gewährleistet. Die Entwicklung wurde im Oktober 2022 gestartet, im September 2023 wurde die DIN SPEC 91484 veröffentlicht. Sie wird von zahlreichen namhaften Akteuren aus der Baubranche getragen und ist über die zentrale

Publikationsplattform des Beuth Verlags<sup>1</sup> abrufbar. Die Norm wurde sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch veröffentlicht und das Ziel ist, diese verpflichtend vor Rückbauvorarbeiten einzuführen. Dafür müssen die Bundesländer dies in die Gesetzgebung einbringen. Erste Initiativen existieren bereits in Berlin, Hamburg, Baden-Württemberg und Bayern. Aber auch über Deutschland hinaus hat die DIN SPEC 91484 Aufmerksamkeit erregt: So ist sie in den Schweizer Standard SIA 430 eingeflossen und wird auch in Dänemark, Norwegen und Frankreich eingeführt. Darüber hinaus ist geplant, die DIN SPEC in eine europäische Norm zu übertragen.

### **Gebäuderessourcenpass: Disziplinaufgabe zur Schaffung einer Datengrundlage**

Obwohl der Gebäuderessourcenpass sowohl für den Neubau als auch für den Bestand entwickelt wird, fokussiert sich die Einführung nur auf den Neubau. Es gibt derzeit keine öffentlichen Bestrebungen, auch den Bestand systematisch zu erfassen, obwohl dieser den größten Teil ausmacht. Dies liegt unter anderem daran, dass der Aufwand höher ist, da beim Bestand meistens kein BIM-Modell vorliegt und somit eine manuelle Aufnahme notwendig ist. Hier kann jedoch die DIN SPEC 91484 genutzt werden, die die Datengrundlage schafft, um eine Bestandsdokumentation durchzuführen. Eine Verknüpfung der DIN SPEC 91484 mit dem Gebäuderessourcenpass ist demnach sinnvoll. Das Ergebnis der Durchführung der DIN SPEC 91484 kann ein Gebäuderessourcenpass für den Bestand sein, der bei Um- und Rückbauarbeiten sehr nützlich sein kann.

### **Zirkuläre Ökobilanzierung: Zirkularität messbar machen**

Nachdem die Daten über die verbauten Materialien von Neu- und Bestandsgebäuden aufgenommen wurden, können diese systematisch ausgewertet werden. Ein zentrales Instrument dafür ist die Ökobilanzierung. In der Vergangenheit wurde eine Ökobilanzierung vor allem für die Betriebsphase eines Gebäudes angefertigt. Da jedoch über die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Herstellungsphase entsteht, wird damit ein großer Teil der Emissionen nicht beachtet. Dies hat sich in den letzten Jahren verändert, sodass sich eine Gesamtökobilanzierung immer mehr etabliert. So wird die Ökobilanz für den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes berechnet – also für die Bau- und Betriebsphase.

Die Aspekte der Zirkularität werden jedoch bei einer Ökobilanz nicht ausreichend abgedeckt. So fokussiert sich die Ökobilanz auf die reine CO<sub>2</sub>-Berechnung. Die Zirkularität beinhaltet jedoch mehr wie etwa den Ressourcenverbrauch, aber auch wie Materialien verbaut sind und ob diese bereits aus nachwachsenden oder wiedergewonnen Quellen stammen. Damit die Zirkularität beachtet wird, muss die Ökobilanz erweitert werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91484/371235753> [abgerufen am: 12.03.2024]

Das Konzept nennt sich »zirkuläre Ökobilanz«, die Zirkularitätskennwerte zu der eigentlichen Gesamtökobilanzierung hinzufügt. Um die Zirkularität zu messen, hat Concular den Circularity Performance Index (CPX) entwickelt. Der CPX bewertet Bauteile und Gebäude quantitativ in Bezug auf Zirkularität und Nachhaltigkeit. Pre-Use- und Post-Use-Faktoren werden berücksichtigt, zum Beispiel die Wiederverwendung von Materialien. Der CPX ist für Bestandsgebäude und Neubauprojekte anwendbar und setzt sich zusammen aus Informationen zur Herkunft bzw. vorherigen Nutzung, der Trenn- und Demontagefähigkeit sowie Recycling- und Wiederverwendungspotenzial.

Ein weiterer Zirkularitätskennwert ist der Material Residual Value (MRV) bzw. Materialrestwert. Die grundsätzliche Idee besteht darin, jenen Umsatz zu ermitteln, der durch die hochwertige Weiterverwendung eines Materials erzielt werden kann abzüglich der Kosten, die die selektive Behandlung erzeugt. Davor wurden diese Materialien kostenpflichtig entsorgt, nun können diese verkauft und dadurch ein Umsatz erzielt werden. Concular hat dafür eine große Datenbank gebaut, in der alle Transaktionsdaten von verkauften Materialien der letzten 14 Jahre, sowie Rückbaukosten und Börsendaten enthalten sind. Die Idee, den Bauherren eine Motivation zu geben, dass damit das zirkuläre Bauen nicht nur ökologisch sinnvoll ist, sondern auch ökonomisch. So können diese Restwerte in die Bilanz eines Gebäudes aufgenommen und damit wertvoller gemacht werden. Diese Zirkularitätskennwerte können die Planung von Gebäuden in allen Phasen unterstützen. So sind zum Beispiel Variantenvergleiche oder eine gezielte Optimierung der Werte möglich. Um eine bestmögliche Verbreitung zu erhalten, müssen diese in das normale Werkzeugset von Planenden integriert werden.

### **Integration in gängige Planungssoftware**

Um die Zirkularität zum Standard zu machen, ist es notwendig, diese in den bestehenden Prozess von Planern und Beratungsunternehmen zu integrieren. Dafür ist eine Integration in die Planungssoftware von gängigen Softwareanbietern notwendig. Die Integration ermöglicht, dass den Softwarenutzern eine Ökobilanzierung und die Zirkularitätskennwerte angezeigt werden. Diese »Live-Ökobilanzierung« ermöglicht es, bei jeder Veränderung die Auswirkung auf die graue Energie und die Zirkularität zu beurteilen. Dadurch ist der erste und zweite Schritt (Digitalisierung und Bilanzierung) des Schaubilds am Anfang dieses Buchkapitels abgedeckt. Darüber hinaus ermöglicht eine Integration, dass der Entwurf gezielt optimiert werden kann. So können etwa Optimierungsvorschläge für Fügungen, Aufbauten oder alternative Materialien zur Verfügung gestellt werden, um einen bestimmten CPX oder CO<sub>2</sub>-Grenzwert pro Quadratmeter zu erreichen. Seit August 2023 steht eine Integration der Concular-Software inklusive Plugin für die Architektursoftware Revit zur Verfügung, sodass eine zirkuläre Planung in allen Leistungsphasen durchgeführt werden kann. Diese wird bereits von führenden Büros genutzt, um entsprechende CO<sub>2</sub>-Limits und Regulatorik zu erfüllen.

### **Urban Mining Hubs: Wiederverwendung flächenweit und zeitunabhängig ermöglichen**

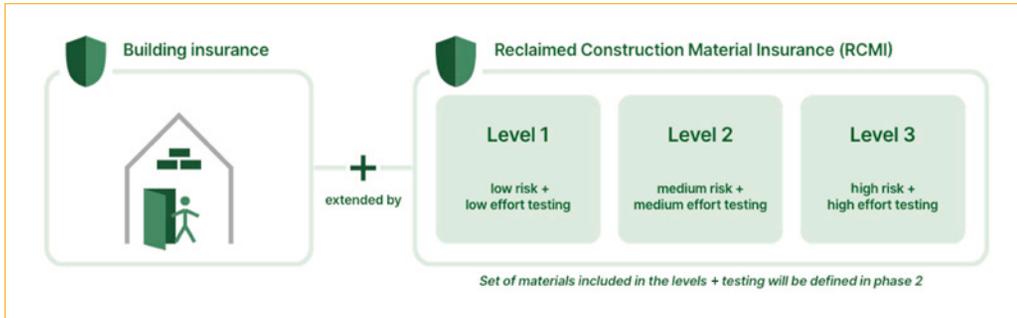
Um Urban Mining, also die Gewinnung und erneute Nutzung vorhandener verbauter Ressourcen, effektiv umsetzen zu können, werden lokale Lagermöglichkeiten für wiedergewonnenes Material in Städten und Gemeinden benötigt. Concular zielt auf eine direkte Vermittlung von der Rückbau- zur Umbau- bzw. Neubaustelle ab. Oft ist dies jedoch durch zeitliche oder örtliche Gegebenheiten schwer umzusetzen, weshalb Lagermöglichkeiten geschaffen werden müssen.

Im Juli 2023 wurde in Berlin der erste Urban Mining Hub mit Unterstützung der Berliner Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, der Firma ALBA und Concular eröffnet. Er soll eine Blaupause für weitere Urban Mining Hubs werden und ist ein Baustein in der Wertschöpfungskette für eine professionelle Wiederverwendung. Denn so können Zeiträume überbrückt werden, die nach einem Rückbau und vor einer Nachnutzung entstehen und es wird verhindert, dass Bauteile vorzeitig ungenutzt zu Abfall werden. Der »Urban Mining Hub« ist eine 1.000 Quadratmeter große Lagerhalle, in der Material, das nicht direkt in ein neues Projekt überführt werden kann, digital erfasst, katalogisiert und bis zum neuen Einbau gelagert wird. Die Wahrscheinlichkeit für eine Weitervermittlung der Bauteile wird durch die gewonnene zeitliche Flexibilität deutlich erhöht. In den ersten sechs Monaten seit Eröffnung konnten so Zehntausende Tonnen Materialien zusätzlich eingebracht werden, weil keine Just-in-time-Vermittlung mehr notwendig ist. Städte und Gemeinden müssen die Voraussetzungen für die Kreislaufwirtschaft und damit den Umgang mit den gewaltigen Stoffströmen aus dem Bauwesen schaffen. Flächen für Urban Mining Hubs müssen mit Blick auf den Trend sowie die Notwendigkeit von Urban Mining in der Stadtplanung mitgedacht werden. Dazu müssen gesamtstädtische zirkuläre Strategien entwickelt und ortsnahe Flächen verfügbar gemacht werden. Dieses Konzept soll auf jede größere Stadt in Deutschland skaliert werden – so sind im Jahr 2024 weitere Urban Mining Hubs an vier weiteren Standorten geplant.

### **Versicherung für wiedergewonnene Bauprodukte: mehr Sicherheit bei der Wiederverwendung**

Die Gewährleistung von Bauprodukten ist bisher eine große Herausforderung. Um Bauteile effektiv wiederverwenden zu können, müssen sie zerstörungsfrei ausbaubar sowie schadstofffrei sein. Die damit entstehende Marktängigkeit erhöht zudem die Vermittlungswahrscheinlichkeit. Besonders gut lassen sich Bauprodukte aus dem Innenausbau wie Türen, Systemtrennwände und Doppelböden wiederverwenden, denn sie benötigen keine statischen oder bauphysikalischen Nachweise. Bei Teilen der Gebäudehülle, wie etwa Fenstern, oder bei tragenden Bauteilen ist die Wiederverwendung auf Grund von Normen und Regularien bisher nur erschwert umsetzbar, da meistens eine Zulassung im Einzelfall nötig ist.

Dafür entwickelt Concular in Zusammenarbeit mit der VHV Versicherung und MOCEDI eine Versicherung für wiedergewonnene Bauteile. Diese Versicherung soll eine Gebäudeversicherung ergänzen und verschiedene Abstufungen haben.



**Abb. 02:** Darstellung der Ergänzung einer Gebäudeversicherung um die RCMI  
[Grafik: Concular GmbH]

In der ersten Abstufung sollen Materialien versichert werden, die ein geringes Risiko und wenig Testaufwand mit sich bringen. Das wären zum Beispiel viele Materialien aus dem Innenausbau, wie Möbel oder Doppelbodenplatten. Im zweiten Level sind Materialien enthalten, die ein mittleres Risiko aufweisen, wie beispielsweise Leuchten oder Ziegel. Das dritte Level fokussiert sich auf Bauprodukte mit einem höheren Risiko, das heißt statisch und brandschutzrelevante Materialien, wie etwa Brandschutztüren. Für jede dieser Abstufungen werden Kriterien erarbeitet, um diese zu versichern. Die ersten Projekte sollen im Laufe des Jahres 2024 versichert werden.

### **Beschaffung von zirkulären Materialien: Form folgt Verfügbarkeit**

Bei der Planung von Um- und Neubauten muss der Lebenszyklus der Gebäude holistisch betrachtet werden. Mit einer Gesamtlösung für zirkuläres Bauen werden schon in frühen Planungsphasen graue Energien zur Einhaltung von Regularien digital und automatisiert bilanziert und aktiv bei der Nutzung wiederverwendeter Materialien unterstützt. Bei der Ökobilanzierung entfallen die Emissionen aus Ressourcenabbau und Herstellung der Bauteile. Der Einsatz hat also großes Potenzial, den CO<sub>2</sub>-Impact von Projekten deutlich zu reduzieren. Für das Einbinden von hochwertigen wiederverwendbaren Materialien in Neu- und Umbauprojekte müssen Planer ihre Art zu planen ein Stück weit »verlernen«, um die Form – also das Design – der Verfügbarkeit von Materialien folgen zu lassen und nicht, wie bisher, umgekehrt. Zusätzlich ist das Konzept »Design for Deconstruction« für zirkuläres Bauen unumgänglich und muss bei der Planung mitgedacht werden. Concular steht Planern deshalb auch während der Planungsprozesse beratend zur Seite.

Grundsätzlich braucht es planerisch und architektonisch dringend neue Narrative, denn wiederverwendete Bauteile können nicht nur eine ganz besondere Ästhetik mitbringen, sondern auch eigene Geschichten erzählen. Dabei ist nicht die Wiederverwendung von Bauteilen, sondern die Wegwerfmentalität etwas Neues. Vor nur hundert Jahren wäre es kaum denkbar gewesen, wertvolle Materialien zu entsorgen und Ressourcen, die endlich sind zu verschwenden. Vorurteile gegenüber dem Einsatz von wiedergewonnenen Materialien beruhen zumeist auf Skepsis oder Unwissenheit. Die Bauwende wird jedoch nur gelingen, wenn auch die politischen, regulatorischen und haftungsbezogenen Weichen richtig gestellt werden.

### **Case Study 1: Behrens-/Väthbau in Düsseldorf**

#### **Projektbeschreibung**

Der 18.000 Quadratmeter Brutto-Grundfläche (BGF) umfassende Verwaltungsbau in Düsseldorf wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts errichtet und steht seit 1982 unter Denkmalschutz. Nach diversen Nutzungen, Um- und Einbauten steht das Ensemble seit 2017 leer und soll nun für seine zukünftige Nutzung – als Haus der Geschichte Nordrhein-Westfalens – saniert und revitalisiert werden. Dazu gehören neben der vollständigen Erneuerung der Haustechnik eine Schadstoffbereinigung und der Rückbau des Innenausbaus. Concular wurde mit einem Circularity Assessment und der Vermittlung der Bauelemente beauftragt. Die gesamte Fläche wurde innerhalb weniger Tage digitalisiert und in die Concular-Software übertragen. Nach Sichtung aller Unterlagen sowie des Schadstoffgutachtens hat Concular ein Circularity Assessment durchgeführt und ein digitales Inventar erstellt. Dabei wurden unter anderem eine große Zahl an hochwertigen Systemtrennwänden der Firma Lindner sowie mehr als 800 Leuchten der Firma Zumtobel inventarisiert und mit beiden Firmen eine Zusammenarbeit sowie eine Rezertifizierung (Herstellergarantie) der Produkte realisiert. Auch viele weitere Materialien wurden wieder eingebracht, sodass über 70 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zum konventionellen Rückbau eingespart wurden.

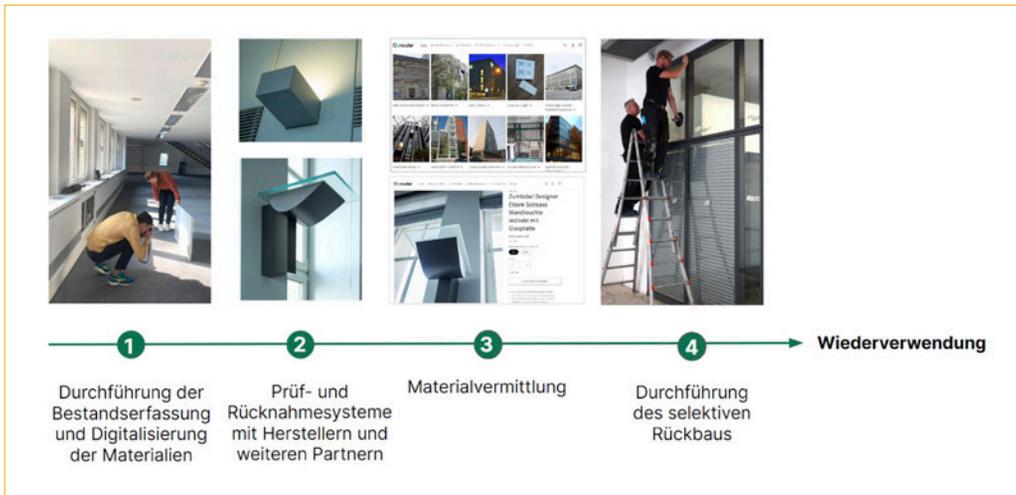


Abb. 03: Ablauf eines Circular Assessments [Grafik: Concular GmbH]

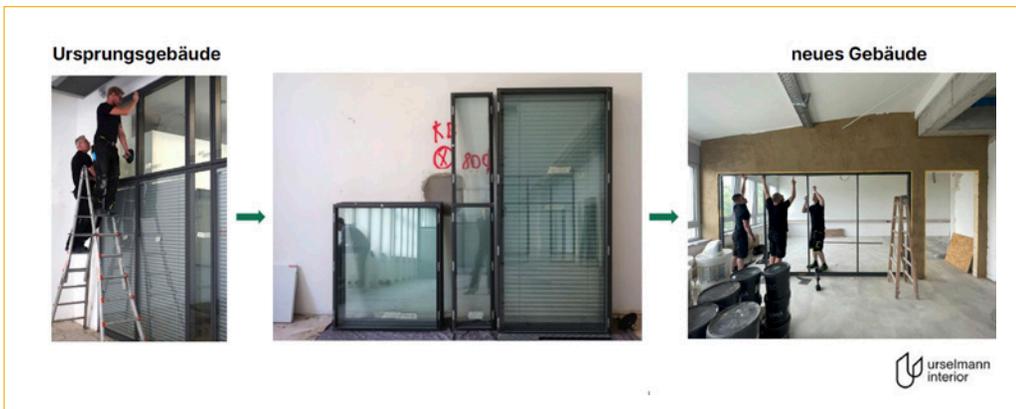


Abb. 04: Für den nahtlosen Aus- und Wiedereinbau sind Glastrennwände besonders geeignet. [Foto: Urselmann Interior, Düsseldorf]

### Case Study 2: Urban-Mining-Strategie der Deutschen Bahn: Kreislaufwirtschaft auf der Schiene

Die Deutsche Bahn ist einer der größten Immobilienbesitzer Deutschlands. Ziel des Unternehmens ist, bis 2040 klimaneutral zu sein. Der Gebäudebestand spielt für das Erreichen dieses Ziels eine zentrale Rolle. Concular hat mit der Deutschen Bahn deren Urban-Mining-Strategie entwickelt. Diese kombiniert Vor-Ort-Besuche, digitale Datenerfassung und präzise Match-Identifikation, um das Potenzial für Urban Mining in Bahnhö-

fen zu maximieren. Beim Besuch von ausgewählten Bahnhöfen vor Ort sammeln Experten relevante Daten und Informationen über die vorhandenen Materialien und deren Zustand, um den Urban-Mining-Ansatz zu optimieren. Mithilfe digitaler Tools werden die erfassten Materialien in den Bahnhöfen detailliert dokumentiert. Die Circular-Assessment-App erfasst Materialien, wie beispielsweise Metalle, Beton, Glas und Kunststoffe, und integriert diese in digitale Datenbanken. Das Team nutzt fortschrittliche Algorithmen und Analysen, um potenzielle Übereinstimmungen zwischen den erfassten Materialien und geplanten Projektanforderungen zu identifizieren. Diese Match-Identifikation ermöglicht es, gezielt die besten Optionen für das Urban Mining und die Materialwiederverwendung zu ermitteln.

Dominik Campanella ist Mitgründer von restado und Concular. Das Unternehmen restado bietet den größten Marktplatz für wiedergewonnene Baustoffe in Europa. Concular baut darauf auf und ist das führende System für zirkuläres Bauen, das sich an professionelle Akteure der Baubranche richtet. In Deutschland, Österreich und der Schweiz wurden bereits mehr als 350 Projekte realisiert – zum Beispiel das Karstadt-Kaufhaus am Hermannplatz in Berlin oder der Hauptsitz der Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) in Frankfurt. Campanella ist unter anderem Mitglied im Fachbeirat für Zirkuläres Bauen des DGNB und BREEAM, der Leadership Group for Circular Construction der EU-Kommission und Mitinitiator des ZGNB-Gebäuderessourcenpasses sowie der DIN SPEC 91484 – der ersten Norm, die die digitale Dokumentation von Materialien in Gebäuden vor Rück- oder Umbaumaßnahmen standardisiert. Daneben engagiert er sich politisch in der Mitgestaltung der regulatorischen Wende für den Wiedereinsatz von Baustoffen.

### 6.1.3 Ein experimentelles Wohnhaus in Recyclingbauweise

FOTO: © CITYFÖRSTER



Dipl.-Ing. Nils Nolting

#### Das Recyclinghaus am Kronsberg in Hannover

An der Endlichkeit der Ressourcen gibt es seit mehr als drei Jahrzehnten keinen Zweifel. Ebenso lange werden Lösungsvorschläge für die Probleme des Klimawandels auf nachfolgende Generationen verschoben. Auf das Konto des Gebäudesektors gehen EU-weit rund 50 Prozent des Ressourcenverbrauchs, 33 Prozent des Müllaufkommens, 50 Prozent des Energieverbrauchs und 33 Prozent des Wasserverbrauchs.<sup>1,2</sup> Bestrebungen, die negativen Umweltauswirkungen des Bauens zu verringern, beschränkten sich in der jüngeren Vergangenheit

vor allem auf die Reduzierung der Verbrauchenergie von Gebäuden in deren Betrieb durch verschiedene Strategien der Effizienzsteigerungen bei Gebäudehülle und Haustechnik. Zugleich gehen diese zumeist mit Reboundeffekten<sup>3</sup> einher, die die Erfolge der Effizienzsteigerungen egalalisieren, beispielsweise durch höhere Komfortansprüche und eine Steigerung des Flächenbedarfs pro Kopf.

Die Energie- und Ressourcenaufwendungen für die Gebäudeherstellung stehen hingegen noch selten im Fokus, obwohl der Anteil der »grauen Energie« bei Neubauten in Bezug auf den Gesamtenergiebedarf mit ca. 40 bis 60 Prozent erheblich ist.<sup>4</sup> Neben einer generellen Reduktion von Bautätigkeit und Flächenversiegelung ist eine Strategie zur Verringerung des Ressourcen- und Energieverbrauchs das Herstellen von geschlossenen Stoffkreisläufen bei der Gebäudeproduktion. Hierzu zählt sowohl das Wiederverwenden und Recyceln von Bauteilen und Baustoffen als auch der Einsatz von recyclingfähigen Produkten und eine recyclinggerechte Bauweise. Die Möglichkeiten und Grenzen wurden im Pilotprojekt Recyclinghaus umfassend praktisch erprobt und dokumentiert.

1 Europäische Kommission: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen zum effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor. <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/DE/1-2014-445-DE-F1-1.pdf> [abgerufen am: 13.10.2020]

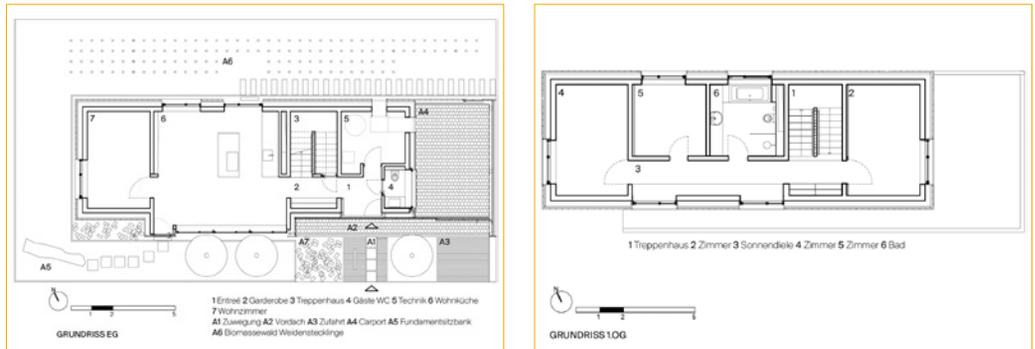
2 Hillebrandt, A.; Riegler-Floors, P.; Rosen, A.; Seggewies, J.-K.: Recycling Atlas. München: Detail, 2018

3 Umweltbundesamt: Rebound-Effekte. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/oekonomische-rechtliche-aspekte-der/rebound-effekte> [abgerufen am: 20.08.2024]

4 Mahler, B.; Idler, S.; Gantner, J.: Graue Energie im Ordnungsrecht. Abschlussbericht Forschungsprogramm Zukunft Bau. [https://egs-plan.de/web/images/magazin/PDF-Dateien/190206-Endbericht-Graue-Energie-im-Ordnungsrecht\\_Final.pdf](https://egs-plan.de/web/images/magazin/PDF-Dateien/190206-Endbericht-Graue-Energie-im-Ordnungsrecht_Final.pdf) [abgerufen am: 13.08.2024]

### Projektziel: Wie viel Recycling ist möglich?

Zielvorgabe des 2015 vom hannoverschen Bau- und Wohnungsunternehmen Gundlach ausgelobten Wettbewerbs war der Bau eines Hauses unter hundertprozentigem Einsatz von Recyclingbaustoffen. Als Ergebnis sollte nicht ein temporäres Gebäude entstehen, sondern ein dauerhaftes Wohnhaus, auch effizient in Bezug auf die Verbrauchsenergie.



**Abb. 01:** Grundrisse EG und 1. OG [Grafik: © Cityförster]

Das Büro Cityförster konnte den Wettbewerb für sich entscheiden. Mit der Durcharbeitung des Konzepts wurden die anzuwendenden Recyclingstrategien genauer definiert und vertiefend als Projektziele vereinbart:

Mit höchster Priorität sollten gebrauchte Bauteile wiederverwendet werden. Diese sollten möglichst aus den eigenen Gebäudebeständen der Bauherrin stammen, auch mit der Überlegung firmeneigene Stoffströme zukünftig kreislaufgerechter zu organisieren. In gestaffelter Prioritätenabfolge sollten weitere Gebrauchtmaterialien aus lokalen, regionalen oder nationalen Materialquellen bezogen werden, um den Transportaufwand gering zu halten. Darüber hinaus sollten Materialien und Produkte zum Einsatz kommen, die recycelt sind, also bereits weiterverarbeitete, auf dem Baustoffmarkt verfügbare Recyclingprodukte.

Die eingesetzten Bauteile, Materialien und Produkte sollten recyclingfähig sein und recyclinggerecht verbaut werden. Das heißt, Materialien sollten einstofflich verwendet, auf Verbundwerkstoffe sollte verzichtet und die Bauteile sollten dekomponierbar, also möglichst schadenfrei lösbar gefügt werden. Schlussendlich sollte auch während des Bauprozesses im Sinne einer »Zero-Waste-Baustelle« im Hinblick auf Bauabfälle und Zwischenprodukte in Materialkreisläufen gedacht und gehandelt werden.

**Entwurf**

Das Recyclinghaus wurde auf dem letzten freien Restgrundstück der EXPO-Siedlung am Kronsberg in Hannover errichtet. Die unter ökologischen Gesichtspunkten gebaute Siedlung entstand Ende der 1990er-Jahre im Zusammenhang mit der EXPO 2000. Damals wurde erstmals in Deutschland eine Wohnsiedlung mit über 70 Hektar Größe flächendeckend in Niedrigenergiehaus-Bauweise errichtet. Insofern steht das Haus mit seinem Innovationscharakter in der ökologischen Tradition des Standorts.

Das Wohnkonzept des Hauses sieht die Nutzung durch eine Familie oder Wohngemeinschaft vor. Das Gebäude verfügt über eine Wohnfläche von 156 Quadratmetern zuzüglich eines Carports mit einer Nutzfläche von 20 Quadratmetern. Das Gebäude umfasst bei einer BGF (R) von 275 Quadratmetern zwei Vollgeschosse und ein Staffelgeschoss mit großer Dachterrasse. Das Grundrisskonzept sieht fünf kleine Individualräume zugunsten größerer gemeinschaftlich nutzbarer Flächen vor. Alle Türen und Fenster wurden ohne Stürze ausgebildet, sodass der Raum ununterbrochen zwischen innen und außen sowie zwischen den einzelnen Räumen »fließt«. So entsteht trotz kompakter Grundrissorganisation ein großzügiges Raumgefühl.

Das Recyclinghaus wurde als leimfreier Massivholzrohbau auf einer Gründung aus Recyclingbeton ausgeführt. Das Dach wurde als Warmdach ausgebildet. Die Fassaden wurden als vorgehängte, hinterlüftete Fassaden mit verschiedenen Bekleidungen aus Gebrauchtmaterialien erstellt. Im Innenausbau und im Freiraum kamen ebenfalls fast ausschließlich gebrauchte Bauteile und Recyclingbaustoffe zum Einsatz.

Das Haus erreicht den lokal geforderten Klimaschutzstandard »Kronsberg-Standard«, der neben dem Ausschluss umweltschädlicher Baumaterialien einen energetischen Standard von mindestens dem des KfW-Effizienzhauses 55 bedeutet. Haustechnisch wurde dies durch eine Beheizung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe mit solarthermischer Unterstützung (Warmwasser) sowie einer kontrollierten Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG 96 Prozent) umgesetzt. Baulich wurde eine durchgehend gut gedämmte thermische Hülle ausgebildet (U-Werte opake Bauteile 0,11-0,17 W/(m<sup>2</sup>K), transparente Bauteile  $U_w = 0,94-1,01$  W/(m<sup>2</sup>K)), deren Fügung mithilfe von detaillierten Wärmebrückenberechnungen überprüft und optimiert wurden. Die gute Luftdichtheit des Gebäudes dokumentiert das Blower-Door-Messergebnis von  $n_{50} = 1,37$  1/h. Besonders hervorzuheben ist, dass der Energiestandard trotz der umfassenden Verwendung von gebrauchten Bauteilen und Recyclingmaterialien erreicht werden konnte.

**SPIELARTEN VON RECYCLING**

Im Bauvorhaben Recyclinghaus wurde entsprechend der vereinbarten Projektziele eine Vielzahl verschiedener Spielarten von Recycling erprobt. Hierbei kamen sowohl auf dem Markt verfügbare industrielle Recyclingbaustoffe als auch individuell für das Bauvorha-

ben recycelte und beschaffte Materialien und gebrauchte Bauteile zum Einsatz. Zudem wurde auf recyclingfähige Bauprodukte und eine recyclinggerechte Bauweise geachtet und während des Planungs- und Bauprozesses wurde in Materialkreisläufen gedacht.

### **Bauteilernte, Bauteilrecycling und Bauteiltransformationen**

Gebrauchte Bauteile wurden im Ganzen aus verschiedenen Abbruch- oder Umbauvorhaben »geerntet«, überarbeitet und im Recyclinghaus verbaut. Die Bauteile stammen weitgehend aus dem Stadtgebiet Hannover und zu einem großen Teil sogar aus dem firmeninternen Materialkreislauf der Bauherrin; also von eigenen Umbau- und Abbruchvorhaben.

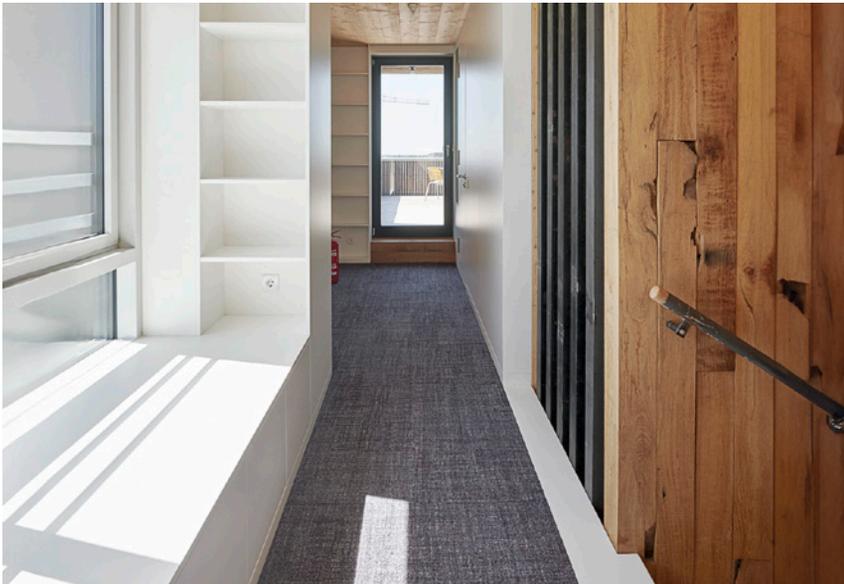


**Abb. 02:** Fassade aus gebrauchten Bauteilen [Foto: © Olaf Mahlstedt]

So wurden 90 Prozent der Fassadenbekleidungen und alle Fensterelemente aus gebrauchten Bauteilen hergestellt. Die als Bekleidung für die hinterlüftete Fassade verbauten Profilbaugläser stammen von einer Abbruchbaustelle in Hannover-Döhren. Faserzementplatten und Wellbleche wurden aus dem ehemaligen Haus der Jugend in Hannover-Linden ausgebaut: Das Gebäude hatte die Bauherrin erworben, um es zu einem gemeinnützigen Wohnprojekt umzubauen. Durch die Nutzungsänderung und Veränderung der Erschließungssituation mit Laubengängen wurde die erst 2007 errichtete Fassade obsolet und für das Bauvorhaben verfügbar. Auch sämtliche Aluminium-Fensterelemente des Recyclinghauses stammen aus dieser Materialquelle. Allerdings konnten diese trotz des jungen Baujahrs die U-Wert-Anforderungen nicht erfüllen, weshalb die Rahmen mit Isolatoren energetisch ertüchtigt und die Scheiben durch neue Dreischeiben-Isolierverglasung ersetzt werden mussten.

Im Bereich des Eingangs wurde als Fassadenbekleidung und Deckenabhängung eine Lückenschalung aus Holzleisten verbaut, die von ehemaligen Saunabänken aus einem im Bestand der Bauherrin befindlichen, in die Jahre gekommenen Fitnesscenter stammen. Insgesamt wurden unter Rückgriff von relativ wenigen, lokal verorteten Materialquellen rund 250 Quadratmeter Fassade mit gebrauchten Bauteilen bekleidet.

Auch im Innenausbau wurde weitgehend auf gebrauchte Bauteile zurückgegriffen. Aufgrund der räumlichen Nähe des Baugrundstücks zum Messegelände war der Einsatz von gebrauchten Messebaumaterialien naheliegend – zumal diese trotz guter Materialqualitäten oftmals nur einen sehr kurzen primären Einsatzzeitraum von der Dauer einer ein- bis zweiwöchigen Messe haben. Begünstigend kam hinzu, dass ein von uns im Zuge der Recherchen kontaktierter Messebauer pünktlich zu Beginn der Ausbauarbeiten sein Lager verkleinern wollte, sodass in großem Maßstab verschiedene Plattenwerkstoffe zur Verfügung standen. Obsolet gewordene Wandplatten, Rahmenwände, Verlegespanplatten, Acrylglasplatten, großformatige Spiegelplatten sowie diverse Vollholzbauteile wurden im Innenausbau für die Erstellung von Fußbodenaufbauten, Wänden, Bekleidungen, Laibungen, Einbaumöbeln und Innentüren eingesetzt. Insgesamt wurden rund 12 Kubikmeter gebrauchte Plattenwerkstoffe aus dem Messebau im Recyclinghaus verbaut. Im Erdgeschoss wurde zudem eine Gipskarton-Brettstapelwand aus rund 80 Quadratmetern gebrochenen Gipskarton-Plattenresten – Verschnittreste einer anderen Baustelle – erstellt.



**Abb. 03:** Innenausbau mit gebrauchten Messebaumaterialien [Foto: © Olaf Mahlstedt]

Beim Innenausbau wurde auch historisches Bauteilrecycling betrieben: Bei einem Abbruchvorhaben der Bauherrin wurden historische Ziegelsteine von einer Scheune geborgen, sortiert und gereinigt. Die Steine wurden als nichttragende Sichtmauerwerkswände und Schachtverkleidungen im Erdgeschoss des Recyclinghauses eingebaut. In die Sichtmauerwerkswände wurden zwei raumhohe Türen integriert, die ihren ursprünglichen Einsatzzweck als doppelflügelige Eingangstür des Bauernhauses derselben Materialquelle hatten.

Im Treppenauge wurde eine 8,60 m hohe Brettstapelwand aus jahrhundertealten, historischen Eichenholzbalken errichtet. Als Materialquelle wurde hier auf einen Baustoffhändler aus dem Umland zurückgegriffen, der auf den Vertrieb von historischen Baustoffen spezialisiert ist. Der Handel mit historischen Baustoffen und Bauteilen kann, im Gegensatz zum Handel mit moderneren gebrauchten Baustoffen, als bereits etabliert und professionalisiert bezeichnet werden. Die Eichenbalken wurden nach einer Auswahl aus vorsortierten Güteklassen vom Händler mit einer Gattersäge mittels Sägefeinschnitt auf Maß gebracht. Die Eichenholz-Brettstapelwand wurde daraufhin vom Zimmermann auf seinem Werkplatz vorgefertigt und im Zuge der Errichtung des Rohbaus in einem Stück mit dem Kran in das Haus gehoben.



**Abb. 04:** Innenwände aus Abbruchziegeln  
[Foto: © Olaf Mahlstedt]



**Abb. 05:** Wand aus historischen Eichenholzbalken, Treppenkonstruktion aus gebrauchten Stahlteilen  
[Foto: © Olaf Mahlstedt]

Die im Treppenhaus zwischen den Holzwänden freispannende Treppe des Recyclinghauses wurde aus gebrauchten feuerverzinkten Rechteck-Rohrprofilen hergestellt. Diese dienten ursprünglich als Auflagerkonsolen der im Recyclinghaus verbauten gebrauchten Fensterelemente. Es kamen aber auch noch weitere, aus Abbruchvorhaben gewonnene gebrauchte Stahlteile zum Einsatz. Beim Abriss des Freizeitheims Hannover-Stöcken wurden aus Geländerkonstruktionen verschiedene Rohrprofile und U-Profile gesichert. Im Recyclinghaus wurden daraus auf den neuen Einsatzzweck abgestimmte Podestkonstruktionen, Handläufe und Absturzsicherungen entworfen. Selbst die Türzargen der beiden raumhohen Innentüren im Erdgeschoss wurden aus gebrauchten Stahlprofilen konstruiert.

Für die Herstellung der Fußbodenaufbauten in den Obergeschossen wurden zuerst gebrauchte Betongehwegplatten auf einem Hanffilz auf die Brettstapeldecken aufgelegt, um Speichermasse in das Gebäude zu bringen und um den Schallschutz zu verbessern. Den Abschluss des Fußbodens bilden auf einer Kreuzlattung aufgeschraubte, gebrauchte Verlegespanplatten aus dem Messebau und ein Teppichboden aus Recyclinggarn. Sanitärobjekte, Türgriffe, Leuchten und weitere Ausstattungsmaterialien wurde zum Teil aus dem Materialfundus der in Hannover ansässigen Bauteilbörse erworben. Auch auf den »Erntebaustellen« konnten einige besondere Einzelstücke gesichert werden. So wurde beispielsweise ein Saunaaufgussbecken aus Edelstahl aus dem erwähnten Fitnesscenter ausgebaut und zu einem Aufsatzwaschbecken in einem der Bäder umgebaut.

In den Bädern wurden einige Wandbeläge mit einem Kronkorkenmosaik gestaltet, dieses wurde konventionell mit Fliesenkleber befestigt und verfugt. Die gebrauchten Kronkorken wurden von einem hannoverschen Gastronomiebetrieb für das Recyclinghaus gesammelt. Die haustechnischen Anlagen und Ausstattungen wurden weitgehend mit neuwertigen Produkten ausgeführt. Allerdings stammen die Heizkörper in den Obergeschossen von Fehlbestellungen des ausführenden Sanitärunternehmers, die Schalterprogramme aus Restposten des Elektroinstallateurs und bei den Küchengeräten handelt es sich um Ausstellungsstücke. In der Außenraumgestaltung kamen mit Großkopfpflastersteinen, Betongehwegplatten, Betonblockstufen und einem gebrauchten Fahrradbügel ebenfalls gebrauchte Bauteile zum Einsatz, die von verschiedenen Ausbauorten im Stadtgebiet stammen.

Bei der Bewertung der Eignung der gebrauchten Baumaterialien wurden Fehlstellen und Kratzer nicht als Mängel begriffen. Vielmehr können die ablesbaren Geschichten der Bauteile, ihre Patina, auch als nicht reproduzierbarer Mehrwert verstanden werden. Die Aufwendungen an natürlichen Ressourcen und an Herstellungsenergie, die für die Produktion neuer Bauteile erforderlich wären, entfallen bei der Verwendung gebrauchter Bauteile vollständig. Da nahezu alle Bauteile lokal beschafft wurden, war der Einfluss des Transports auf die Umwelt ebenfalls gering. In erster Linie besteht der Mehraufwand beim Bauen mit gebrauchten Bauteilen in einer aufwendigeren entwerferischen, planerischen und handwerklichen Realisierung.

### Baustoff- und Materialrecycling

Neben gebrauchten Bauteilen wurden industriell recycelte Materialien eingesetzt. Diese stammen beispielsweise aus Abbrüchen oder sind Nebenprodukte aus der Baustoffherstellung. Die Grundstoffe werden zumeist gewerblich durch Abbruchunternehmer gewonnen, verarbeitet und wieder zu neuen Baustoffen zusammengesetzt. Es können aber auch Recyclingmaterialien aus baufremden Industrien zu Bauprodukten rezykliert werden.



**Abb. 06:** Kronkorkenmosaik und gebrauchte Badobjekte [Foto: © Olaf Mahlstedt]

Die Fundamente und Bodenplatte des Recyclinghauses wurden aus Recyclingbeton (RC-Beton) hergestellt. Hierfür wurde durch das Betonwerk explizit für das Bauvorhaben eine dauerhafte bauaufsichtliche Zulassung erwirkt, sodass die allgemeine Verfügbarkeit von RC-Beton in Niedersachsen verbessert werden konnte. Bei RC-Beton wird der sonst in der Regel aus Flusskies bestehende Zuschlag des Betons zu einem Anteil von ca. 42 Prozent durch geschreddertes Recyclingmaterial ersetzt. Dies hat zwar weniger einen Effekt auf eine Energie- und CO<sub>2</sub>-Reduktion, schont aber natürliche Ressourcen.

Es kamen weitere, frei auf dem Baustoffmarkt verfügbare Recyclingbaustoffe zum Einsatz: Die Bodenplatte wurde unterseitig mit Schaumglasschotter gedämmt, oberhalb der Bodenplatte wurde eine mineralisch gebundene Schüttung aus Schaumglasgranulat als Dämmstoff eingebaut – beides Produkte aus dem Glasrecycling. Feuchtesensible Bereiche wie Dach und Sockel wurden mit Schaumglasplatten aus rezykliertem Glas gedämmt.

Im Erdgeschoss wurde nach römischem Vorbild ein Terrazzo »Opus Signium« als Heizterrazzo verbaut, dessen ziegelroter Zuschlag neben einigen Mauerwerksfragmenten hauptsächlich aus Ziegelsplitt besteht, einem Nebenprodukt aus der Dachziegelherstellung. Ziegelsplitt wurde auch in der Freiraumgestaltung für Zierflächen und den um das Haus laufenden Spritzschutzstreifen eingesetzt. Für die Tragschichten im Freiraum kamen RC-Mineralgemische zum Einsatz.



**Abb. 07:** Terrazzo »Opus Signium« aus Nebenprodukten der Dachziegelherstellung  
[Foto: © Olaf Mahlstedt]

Die Außenwanddämmung der Massivholzwände erfolgte mit gefilterter Jutedämmung, die aus alten Kakaobohnensäcken hergestellt wurde und als Recyclingprodukt auf dem Baustoffmarkt verfügbar ist. Die Dämmung wurde als Klemmfilz zwischen einer Holzunterkonstruktion verbaut. Als Bodenbelag ist in den Obergeschossen ein Teppichboden verlegt mit Garnen, die zu 100 Prozent aus Post-Consumer-Abfällen wie Fischernetzen, Flor (Oberseite von Teppichen und Teppichböden) und starren Geweben recycelt wurden.

### Recyclingfähige Bauprodukte und recyclinggerechte Bauweise

Es wurden weitgehend recyclingfähige Bauprodukte eingesetzt, wobei der beschriebene Einsatz von Gebrauchtbauteilen bereits deren Recyclingfähigkeit bzw. Wiederverwendbarkeit unter Beweis stellen konnte. Durch recyclinggerechte Fügungsmethoden, also beispielsweise Stapeln, Schütten und Verschrauben anstelle von Verkleben, wird die Wiederverwendbarkeit von Bauteilen nach Ablauf ihrer Lebensdauer ohne Qualitätsverlust ermöglicht.

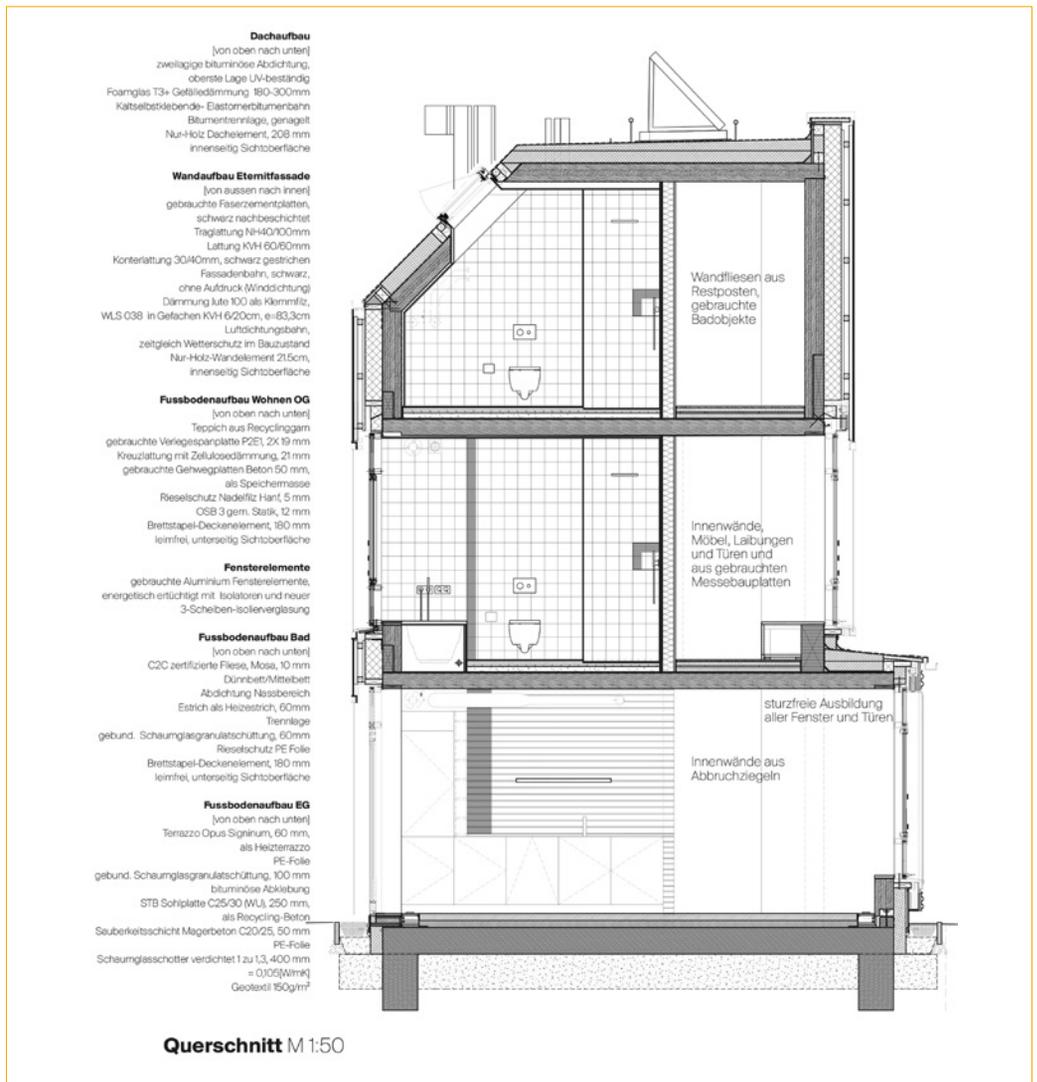


Abb. 08: Detailschnitt [Grafik: © Cityförster]

So ist beispielsweise die mit Gebrauchtbauteilen bekleidete vorgehängte, hinterlüftete Fassade (VHF) wieder in ihre Bestandteile Unterkonstruktion, Dämmung und Fassadenbekleidung trennbar. Auch bei den beschriebenen Deckenaufbauten der Obergeschosse wurden Verbindungen lösbar ausgebildet, da sie auf die Decken aufgestapelt und verschraubt wurden. Im Außenraum wurden die gebrauchten Bauteile ebenfalls dekomponierbar gefügt, beispielsweise wurde das Kopfsteinpflaster nebeneinander gestapelt und die Splittflächen wurden geschüttet.

Beim Einsatz der neuen Bauprodukte wurde ebenfalls auf Kreislaufgerechtigkeit im Sinne des technischen oder biologischen Kreislaufs geachtet. Der Rohbau wurde aus leimfreien Massivholzelementen hergestellt. Im Gegensatz zu anderen Massivholzbauweisen (beispielsweise Cross-Laminated-Timber) sind die einzelnen Brettlagen der 18 bis 24 Zentimeter starken Wand-, Decken- und Dachelemente nicht miteinander verklebt, sondern durch Buchenholzschrauben untereinander verbunden. Hierdurch ist der Rohbau nach Ende seiner Lebensdauer ohne Qualitätsverlust rezyklierbar oder im biologischen Kreislauf kompostierbar. Darüber hinaus ist das Holz der Bauelemente als nachwachsender Rohstoff klimaneutral: Im Massivholzrohbau sind rund 100 Tonnen CO<sub>2</sub> gespeichert, die erst im Falle einer thermischen Verwertung oder Kompostierung nach dem Ablauf seiner Lebensdauer wieder an die Umwelt abgegeben werden.

### **Materialkreisläufe im Bauprozess**

Durch einen bis zur Fertigstellung des Recyclinghauses nicht endgültig abgeschlossenen Entwurfsprozess konnte der Bau im Sinne einer »Zero-Waste-Baustelle« organisiert werden. Das bedeutet, dass nahezu sämtliche während des Bauens »übrig gebliebenen« Materialien aufgrund der im endgültigen Ergebnis offenen Gestaltung restlos verbaut werden konnten. Der Begriff »Müll« wurde auch während der Bauphase selbst konsequent durch »Rohstoff« ersetzt. So konnten Abfall und Transportwege vermieden und der Entsorgungsaufwand minimiert werden.

In den Freianlagen wurden sämtliche mineralischen Überreste aus dem Innenausbau verarbeitet. Aus den Mehrmengen der im Innenausbau verwendeten, gebrauchten Betongehwegplatten wurden Mauer- und Spritzschutzstreifenbegrenzungen, Zufahrtsflächen und »Rasensteine« gebaut. Mit dem aus der Terrazzoherstellung verbliebenen Ziegelsplitt wurden Schotterflächen erstellt und der Spritzschutzstreifen befüllt. Mauerwerksschutt, der von der Herstellung der Innenwände stammte, wurde zu einem Reptilienbeet. Die Musterplatten für die Terrazzobemusterung wurden als Trittstufen im Bereich der Eingangszuwegung verbaut.

Selbst ein im Zuge der Erd- und Gründungsarbeiten gefundenes, 2,5 Tonnen schweres Altfundament aus Beton wurde nicht entsorgt, sondern zu einer Sitzbankskulptur im Garten umfunktioniert. Aus übrig gebliebenen Holzresten wurde noch ein Tisch für das Einweihungsfest gebaut.

Weitere Restmaterialien, von denen bereits vor Beginn der Bauphase klar war, dass sie nicht im Recyclinghaus selbst verbaut werden konnten, wurden an andere Bauvorhaben weitergegeben und dort verwendet. Die für das Recyclinghaus aufgrund des geforderten Energiestandards ungeeigneten Zwei-Scheiben-Isoliergläser aus dem Haus der Jugend wurden nicht entsorgt, sondern an das gemeinnützige »Platz Projekt« in Hannover-Linden geliefert, wo die Scheiben in einem temporären Veranstaltungsgebäude mit geringeren thermischen Anforderungen eingebaut wurden. Von den gebrauchten Fensterelementen aus dem Haus der Jugend waren zudem größere Mengen verfügbar, als für das Recyclinghaus benötigt wurden. Einige davon wurden dem hannoverschen Skatehallenprojekt »Gleis D« gespendet; aus ihnen wurde ein Einbau für den Kassen- und Wartebereich der Skatehalle gebaut.

Für das Gelingen eines müllarmen, kreislaufgerechten Bauprozesses war der kreative Umgang mit Mehr- und Mindermengen von Baumaterialien und die Offenheit gegenüber dem finalen Ergebnis von großer Bedeutung. Es galt, beim Entwerfen noch Raum zu lassen für Unbekanntes; durch die Resteverwertung entstanden unerwartete gestalterische und auch funktionale Mehrwerte.

## **PLANUNGS- UND BAUPROZESS**

### **Günstige Rahmenbedingungen: Bauherrin = Materiallieferantin**

Das Projekt entstand in enger und kooperativer Zusammenarbeit mit der Bauherrin, die als lokales Bau- und Wohnungsunternehmen zu einem großen Teil die gebrauchten Bauteile aus eigenen Immobilienbeständen, Abriss- oder Umbauprojekten liefern konnte. Dass die Bauherrin gleichzeitig Materiallieferantin ist, war aus verschiedenen Gründen günstig. Zum einen gab es einen direkten Zugriff auf gebrauchte Baumaterialien mit Kenntnissen zur zeitlichen und quantitativen Verfügbarkeit. Zum anderen konnten aufgrund der vorliegenden Dokumentationen zu den eigenen Gebäudebeständen auch die Materialeigenschaften der gebrauchten Bauteile nachgewiesen werden. Die Datenlage zu gebrauchten Bauteilen spielt eine wichtige Rolle. Erstens muss mit den gebrauchten Bauteilen geplant werden können, hierfür ist es hilfreich oder sogar notwendig, dass Dimensionen, Konstruktionszeichnungen, U-Werte etc. bekannt oder beschaffbar sind. Und zweitens müssen alle Bauteile zugelassen und in ihren Produkteigenschaften nachweisbar sein, zum Beispiel durch Übereinstimmungszeichen, Lieferscheine und Datenblätter.

Um zukünftig auf breiterer Basis das Wiederverwenden von Bauteilen zu ermöglichen, braucht es also Zugang zu Informationen über die Eigenschaften und (rechtzeitige) Verfügbarkeiten. Potenziale könnten in der zentralen Speicherung von Bauteilinformationen liegen, beispielsweise über BIM (Building Information Modeling). Bauteilinformationen könnten im Zuge einer Abbruchanzeige bekannt gegeben werden. So könnten Bauteile auch in einem größeren Maßstab für kreislaufgerechte Wiederverwendungen verfügbar werden.

### **Neue Leistungsbilder**

Für die Planer entstanden gerade im Umgang mit Gebrauchtbauteilen neue, zusätzliche Leistungsbilder, die die Grundleistungen »normaler« Objektplanung nicht abbilden. Hierzu zählen neben umfassenden Recherchen zu Materialien und Materialquellen die Mitwirkung bei der Eignungsprüfung von Materialien, Bestandsaufnahmen und ein erhöhter Aufwand in der entwerferischen und planerischen Integration von Gebrauchtbauteilen. Auch die Leistungsbeschreibungen für die Ausschreibungsphase mussten im Vergleich zu konventionellen Bauvorhaben deutlich erweitert werden: Sind sonst lediglich der Einbau von Materialien ihr Bestandteil, mussten die Leistungen zu Ausbau, Lagerung, Prüfung und Überarbeitung konzipiert und beschrieben werden. Die einzelnen Positionen wurden recht umfassend beschrieben – auch mit möglichen Alternativen –, da bei einigen Bauteilen vor deren Ausbau und Prüfung deren tatsächliche Eignung noch ungewiss war. Der Umgang mit vorhandenen Mengen von Bauteilen war sowohl für das Entwerfen herausfordernd als auch für die Durcharbeitung der Planung. Die Mengen mussten sowohl für den Ausbau als auch für den Einbau ermittelt und kalkuliert werden. Darüber hinaus liegt es natürlich im Wesen eines Experiments, dass auch einige sich als untauglich herausstellende Ideen verworfen und Entwurfsleistungen entsprechend wiederholt werden mussten. Es mussten einige Extrarunden gedreht werden.

### **Design by Availability**

Das Reagieren der Planung auf die Eigenschaften gefundener Baumaterialien bot einmalige Ausgangslagen für das Entwerfen, bei der der Zufall der verfügbaren Baumaterialien in gezielte Gestaltung gelenkt werden musste. Die Planung mit gebrauchten Bauteilen und ihren durch die Bestandssituationen der »Rohstoffquellen« festgelegten Dimensionen und Mengen erforderte einen agilen, teilweise »umgekehrten« Planungsansatz.

So musste beispielsweise die Elementplanung der Massivholzwandelemente frühzeitig auf Grundlage der vorhandenen, unveränderbaren Dimensionen der gebrauchten Fensterelemente erfolgen. Die Fassadengestaltung musste auf die bestehenden Abmessungen und vorhandenen Mengen der gebrauchten Fensterelemente, Faserzementplatten und Profilbaugläser reagieren.

Die Bauarbeiten wurden begonnen, nachdem der erweiterte Rohbau (Rohbau, Fassaden, Dach) planerisch weitgehend festgelegt war und Sicherheit bezüglich der Verfügbarkeit

und Eignung der hierfür zu verwendenden Materialien bestand. Viele weitere Entwurfsentscheidungen, zum Beispiel bezogen auf den Innenausbau, wurden noch während der Bauphase getroffen und mussten teilweise auch auf sich verändernde Abrufbarkeit von Baumaterialien reagieren. Auch das beschriebene Verbauen von Restmaterialien in der Freiraumgestaltung erforderte eine Offenheit der Planung bis kurz vor Fertigstellung des Bauvorhabens. Das Gebäude wurde also noch während des Bauprozesses durchgängig weiter entworfen. Die Materialakquisition, -eignungsprüfung und -einplanung benötigte entsprechende Vorlaufzeit, sodass das Recyclinghaus nach ca. zweieinhalbjähriger Planungszeit schließlich im Sommer 2019 fertiggestellt werden konnte.

Beteiligte	
Das Recyclinghaus wurde für den Niedersächsischen Staatspreis 2020, den Deutschen Fassadenpreis 2020 und den DAM-Preis 2020 nominiert und zur Einreichung für den Mies Van der Rohe Award 2020 vorgeschlagen.	
Bauherr:	Gundlach GmbH & Co. KG Wohnungsunternehmen
Architekt:	CITYFÖRSTER architecture + urbanism PartGmbH
Tragwerksplanung:	Drewes + Speth
Bauphysik:	H2A – v. Heeren Habibi
Haustechnik:	TGW GmbH
Vermessung:	ahb Vermessung
Baugrund:	Dr.-Ing. Meihorst und Partner
Qualitätssicherung:	IFB – Institut für Bauforschung e.V.
Erdarbeiten:	Tessmer & Sohn Straßenbaugesellschaft mbH
Beton und Maurerarbeiten:	Gundlach GmbH & Co. KG - Bauunternehmen
Recyclingbeton:	GP Papenburg Betonwerke GmbH
Massivholzelemente:	Rombach Bauholz + Abbund GmbH
Zimmermann:	Dach & Fachwerk – G. Schneider & J. Depenbrock GbR
Fassaden- und Metallbau:	Adolf Schwonberg GmbH & Co.KG
Trockenbau:	Kühne Bauten – Mark Kühne
Tischler:	Tischlerei Hass
Elektroinstallationen:	Elektro Rieger
HLS:	Jung & Söhne
Bauteilernte:	Molle – Thorsten Moldenhauer
Galabau:	G. Dobbert GmbH

**ZUSAMMENFASSUNG**

Das Recyclinghaus zeigt anhand vielfältiger Praxisbeispiele auf, wie der Umgang mit Rohstoffen im Baugewerbe optimiert werden kann und wie Stoffkreisläufe künftig geschlossen werden könnten. Zukünftig sollte bei der energetischen Betrachtung nicht mehr nur der Energieverbrauch von Gebäuden im Betrieb berücksichtigt werden, sondern der gesamte Gebäudelebenszyklus einschließlich der Gebäudeherstellung. Neben dem heute bereits möglichen Einsatz von Recyclingbaustoffen werden die Rückbaubarkeit – »Design for Disassembly« – und die Kreislauffähigkeit eine wichtige Rolle für zukünftige Konstruktionen spielen. Es bedarf aber auch einer Veränderung in der Wertschätzung von Vorhandenem. Wenn wir begreifen, dass alles wertvoll ist, können wir unsere Gebäudebestände als gigantische nutzbare Ressource begreifen.<sup>5</sup>

Dipl.-Ing. Architekt Nils Nolting ist Gründungspartner von CITYFÖRSTER architecture + urbanism, einer interdisziplinär besetzten Partnerschaftsgesellschaft aus Architekten, Ingenieuren und Stadtplanern. Er ist geschäftsführender Partner des Büros in Hannover. Experimentelles Planen und Bauen, einfache Bauweisen, Holzbau und das Bauen im Bestand sind seine Schwerpunkte.

<sup>5</sup> Der Originaltext wurde erstmals in folgendem Beitrag veröffentlicht: Nolting, Nils: Das Recyclinghaus am Kronsberg in Hannover. Ein experimentelles Wohnhaus in Recyclingbauweise, Bauen+ (2020), Nr. 6, S. 31-38.

## 6.1.4 Sustainable Precast – Nachhaltigkeitszertifizierung für Betonbauteile

Die nachhaltige Transformation der Wirtschaft ist ein zentrales Thema unserer Zeit. Die Vereinten Nationen haben 17 einzelne Nachhaltigkeitsziele definiert (Abb. 01), von denen der überwiegende Teil unmittelbar oder mittelbar durch die gebaute Umwelt beeinflusst wird. Gerade bei Bauwerken ist das Thema Nachhaltigkeit daher von großer Bedeutung. Im Fokus stehen bei der Nachhaltigkeit soziale, ökologische und ökonomische Aspekte, die möglichst in Einklang zu bringen sind. Dabei ist nicht nur die Erstellung der Bauwerke relevant, sondern auch deren Nutzungsphase und Lebensende. Für die Planung nachhaltiger Bauwerke reicht es also nicht, sich nur den baubedingten Aspekten der Nachhaltigkeit, zum Beispiel den Ökobilanzdaten der Baustoffe oder den Arbeitsbedingungen auf der Baustelle zu widmen. Oftmals führt die lange Lebensdauer von Bauwerken dazu, dass bei der Bewertung bestimmter Nachhaltigkeitsparameter Nutzungs-, Rückbau- und Verwertungsszenarien gegenüber der Erstellung sogar dominierend werden. Das heißt aber nicht, dass die verwendeten Bauprodukte deshalb hinsichtlich der Nachhaltigkeit vernachlässigbar würden. Vielmehr stehen die Hersteller in der Verantwortung, schon heute Szenarien für den gesamten Lebenszyklus ihrer Bauprodukte zu entwickeln, auf deren Basis zusätzliche nachhaltigkeitsrelevante Informationen zu den verwendeten Bauprodukten vorgelegt werden können. Sowohl die Bauwerke als auch die darin verwendeten Bauprodukte und die jeweiligen Dokumentationen müssen also im Hinblick auf die Nachhaltigkeit optimiert werden.



Dr.-Ing. Jens Uwe Pott



**Abb. 01:** Die von den Vereinten Nationen definierten 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung [Grafik: <https://17ziele.de/downloads.html>, abgerufen am: 21.02.2024]

**Beton ist besser als sein Ruf, aber noch nicht gut genug für die Zukunft**

Gerade Beton als mineralischer Baustoff und besonders vorgefertigte Betonbauteile können Ansprüchen an die Nachhaltigkeit schon heute in hohem Maße gerecht werden. Sie sind überwiegend aus regionalen Ausgangsstoffen hergestellt und werden in einem regionalen Markt vertrieben. Damit geht einher, dass sowohl bei der Gewinnung der Roh- und Ausgangsstoffe als auch bei der Herstellung der Betonbauteile die vergleichsweise hohen europäischen und deutschen Umwelt- und Sozialstandards zur Anwendung kommen. Die Lieferketten für die Hauptstoffströme sind überschaubar und bergen in der Regel keine Risiken von zum Beispiel Sklaven-, Zwangs- oder Kinderarbeit. Die ökologischen Auswirkungen der Produktion in Deutschland und Europa müssen sicher noch optimiert werden, sind aber im internationalen Vergleich bereits auf einem relativ guten Niveau. Gleichzeitig weisen Betonbauteile ein großes Eigenschaftsportfolio und vielfältige Anwendungsmöglichkeiten auf. Vorgefertigte Betonbauteile werden in allen Bereichen des Bauwesens angewendet, etwa Betonrohre im Tiefbau, Pflastersteine oder Bordsteine im Straßenbau sowie Stützen, Deckenplatten oder Betondachsteine im Hochbau. Betonbauteile können einerseits ein auf den konkreten Anwendungsfall ausgerichtetes optimiertes Produktdesign aufweisen, andererseits kann aber auch ein Produktdesign angestrebt werden, das in der Nutzungsphase eine hohe Flexibilität gewährleistet und so Umnutzungen und ressourcenschonende bauliche Anpassungen ermöglicht. Letzteres ist vielfach mit etwas ungünstigeren ökologischen Kennzahlen in der Erstellungsphase verbunden, erhöht jedoch die Lebensdauer des Bauwerks und führt so über die Zeit gesehen zu einer besseren ökologischen Bilanz. Ist dann irgendwann das Ende der Lebensdauer von Betonbauteilen erreicht, können diese fast vollständig stofflich verwertet oder sogar als Bauteile rückgebaut und wiederverwendet werden.

Natürlich ist auch beim Beton nicht alles gut. Insbesondere der hohe CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Zements wird seit Jahren in der Öffentlichkeit thematisiert. Die Zementindustrie reagiert bereits darauf und hat in Deutschland in den zurückliegenden Jahren schon erhebliche Verbesserungen erreicht. So werden dem Zement neben Zementklinker, der als Hauptbestandteil primär für die Festigkeitsentwicklung verantwortlich ist, zunehmend andere Stoffe beigemischt, die nur einen geringeren oder keinen Beitrag zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen, aber ungünstigerweise auch einen geringeren Beitrag zur Festigkeitsentwicklung leisten. Folglich sind hier Grenzen gesetzt, da der Zement am Ende eine für die Bauaufgabe ausreichende Festigkeit sicherstellen muss. Da der Prozess der Zementklinkerherstellung darauf beruht, dass der Rohstoff Kalkstein im Brennprozess entsäuert wird, also im Gestein gebundenes CO<sub>2</sub> ausgetrieben wird, kann ein erheblicher Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen de facto nicht vermieden werden. Für die Zukunft ist daher vorgesehen, das ausgetriebene CO<sub>2</sub> aus dem Abgasstrom abzuscheiden und entweder einer industriellen Nutzung zuzuführen (Carbon Capture and Utilization, CCU) oder wieder im Untergrund zu verpressen (Carbon Capture and Storage, CCS). Die dafür erforderlichen technischen, logistischen und rechtlichen Voraussetzungen müssen in den kommenden

Jahren geschaffen werden und sind zentraler Punkt der Dekarbonisierungsstrategie für die Betonbauweise.

Unabhängig von der Zementherstellung gibt es aber weitere Stellschrauben, mit denen die Nachhaltigkeit und insbesondere die Klimaverträglichkeit von Betonbauteilen verbessert werden kann. Das geht mit dem eigentlichen Produktionsprozess los, umfasst die Verwendung von Betonen mit geringem Zementklinkeranteil sowie die Auswahl geeigneter Roh- und Ausgangsstoffe insgesamt. Neben diesen stofflichen Möglichkeiten kann durch die Optimierung der Konstruktion der Bauteile oft ein günstigeres Verhältnis zwischen Materialeinsatz und Leistungsfähigkeit erreicht werden, was sich ebenfalls positiv auswirkt. Schlussendlich leistet auch eine von Anfang an geplante einfache Wiederverwendbarkeit oder -verwertbarkeit, zum Beispiel durch die Möglichkeit eines einfachen Rückbaus und einer einfachen sortenreinen Trennung der Stoffe, einen Beitrag zur Nachhaltigkeit.

Gerade im Hochbau liegt die Verantwortung für die Nachhaltigkeit der Betonbauteile jedoch nicht allein beim Hersteller. Bereits in frühen Planungsphasen für ein Bauwerk werden Festlegungen getroffen, die von zentraler Bedeutung für die Konstruktion und damit die Nachhaltigkeit der Bauteile und Gebäude sind. Dazu gehören etwa Deckensysteme, Stützweiten und Deckendicken, die Geschoss- und Bauwerkshöhen beeinflussen. Schon der Gebäudeentwurf muss also die Möglichkeit eröffnen, auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Konstruktionen und Betonbauteile einsetzen zu können.

Bei der Herstellung und Verwendung nachhaltiger Betonbauteile kommt es letztlich auf die Beiträge und die Anstrengungen aller Beteiligten entlang der Lieferketten an. Dazu zählen die Rohstoffe und Ausgangsmaterialien, die Betonherstellung, die Herstellung der Betonbauteile und gegebenenfalls auch die Montage der Betonbauteile auf der Baustelle.

### **Wie erkennt man, ob Hersteller oder Montagefirmen von Betonbauteilen ihren Fokus auf Nachhaltigkeit legen?**

Hier setzt das Sustainable Precast-System an. Seit Januar 2024 können Hersteller und Montagefirmen eine Bewertung und Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Betonfertigteilen und Montagearbeiten nach dem Sustainable Precast-System<sup>1</sup> beantragen. Der Bund Güteschutz Beton und Stahlbetonfertigteile e. V. hat als Systemträger das neue Sustainable Precast-System ins Leben gerufen und Anfang Januar die ersten beiden Zertifizierungsstellen anerkannt. Diese können seitdem eine Sustainable Precast-Zertifizierung anbieten.

<sup>1</sup> Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e. V.: Sustainable Precast-Zertifizierungssystem. [https://sustainable-precast.de/wp-content/uploads/2023/12/SPC\\_Zert-System-20231117.pdf](https://sustainable-precast.de/wp-content/uploads/2023/12/SPC_Zert-System-20231117.pdf) [abgerufen am: 17.11.2023]

Im Rahmen der Zertifizierung wird anhand eines umfangreichen Anforderungskatalogs geprüft, was ein Unternehmen in Bezug auf Nachhaltigkeit bereits erreicht hat, auch in Bezug auf seine Lieferketten und Vorprodukte, und wo noch Defizite bestehen.

Ziel der Zertifizierung ist der Nachweis, dass bei der Herstellung der Betonbauteile und ihrer Ausgangsstoffe und -materialien

- verbindliche Mindestanforderungen an die Nachhaltigkeit eingehalten werden und
- der Hersteller darüber hinaus einen überdurchschnittlichen Beitrag zur Erreichung der nationalen und europäischen Nachhaltigkeitsziele, speziell im ökologischen und sozialen Bereich, leistet.

Auch für Firmen, die Betonbauteile montieren, besteht die Möglichkeit, ihre Voraussetzungen, Vorgaben und Vorgehensweisen im Hinblick auf die Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele bewerten und zertifizieren zu lassen.

Die Sustainable Precast-Zertifizierung ist an der Wertschöpfungskette der Betonfertigteilindustrie ausgerichtet und umfasst Zertifizierungen in den drei Kategorien

- Herstellung von Beton,
- Herstellung von Betonbauteilen sowie
- Montage von Betonbauteilen.

Firmen, die ein Sustainable Precast-Zertifikat erhalten haben, dürfen ihre Produkte oder Dienstleistungen mit einem Sustainable Precast-Gütezeichen der jeweiligen Kategorie kennzeichnen (vgl. Abb. 02).



**Abb. 02:** Muster eines Sustainable Precast-Gütezeichens in der Kategorie Betonbauteile [Grafik: Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.]

Die Voraussetzungen für eine Zertifizierung in der jeweiligen Kategorie ergeben sich aus dem Zertifizierungsprogramm. Hier sind die relevanten Anforderungen in fünf Module und diese nochmals in verschiedene Themenfelder gegliedert (vgl. Abb. 03). Je nach angestrebter Kategorie sind die relevanten Module Gegenstand des Zertifizierungsver-

fahrens. Für eine erfolgreiche Zertifizierung in einer Kategorie müssen für alle relevanten Module und Themenfelder jeweils alle verbindlichen Mindestanforderungen eingehalten sowie ausreichende Punktzahlen erreicht werden. Zur Einhaltung der (Mindest-) Anforderungen für eine Zertifizierung der Herstellung von Beton oder Betonbauteilen sind in jedem Fall ausreichende und zuverlässige Nachweise in Bezug auf die Nachhaltigkeit der Ausgangsstoffe und Ausgangsmaterialien vorzulegen, zum Beispiel geeignete Nachhaltigkeitszertifizierungen für Zement und Gestein oder valide Umweltprodukt-daten und Bestätigungen über die Einhaltung sozialer Mindeststandards für Produkte ohne spezielle Nachhaltigkeitszertifizierung.

Modul	Themenfelder	Gilt für Kategorie		
		Beton	Betonbauteile	Montage
Unternehmensführung	Compliance	×	×	×
	Arbeitsbedingungen			
Produktionsstandort	Betriebsgenehmigungen, Infrastruktur	×	×	
	Arbeitssicherheit			
Betonherstellung	Ausgangsstoffe	×	×	
	Emissionen			
	Beton			
Betonbauteilherstellung	Ausgangsmaterialien, Betriebsmittel, Einbauteile		×	
	Emissionen			
	Betonbauteil			
Fertigteilmontage	Betrieb, Infrastruktur			×
	Arbeitssicherheit			
	Materialien			
	Emissionen			

**Abb. 03:** Module und Themenfelder, die für Zertifizierungen in den verschiedenen Kategorien relevant sind [Grafik: Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.]

### Das Ziel ist klar, der Weg dahin dynamisch

Das Zertifizierungsprogramm ist so ausgerichtet, dass es Unternehmen nicht nur ermöglicht, ihre bereits erbrachten Leistungen im Bereich Nachhaltigkeit zu dokumentieren und

unabhängig bestätigen zu lassen, sondern ihnen auch Hinweise gibt, wo Defizite oder Potenziale für weitere Verbesserungen bestehen. Das Programm orientiert sich einerseits an den gesellschaftlichen Nachhaltigkeitszielen, etwa der Dekarbonisierung der Industrie bis zum Jahr 2045, andererseits aber auch am aktuellen Stand der Technik. Nicht alles, was theoretisch denkbar ist, ist auch heute schon technisch, rechtlich und wirtschaftlich umsetzbar. Auch Zielkonflikte zwischen verschiedenen Nachhaltigkeitszielen müssen berücksichtigt werden und erfordern eine regelmäßige Neubewertung. So gehört zur nachhaltigen Entwicklung von Städten und Gemeinden, dass diese den Klimawandel nicht weiter fördern, dass sie resilient gegenüber den Folgen des Klimawandels werden, aber auch ausreichend kostengünstigen Wohnraum bereitstellen. Daher sind die Sustainable Precast-Anforderungen so ausgerichtet, dass sie aktuelle Möglichkeiten für Unternehmen beinhalten bzw. aufzeigen, wie diese sich den langfristigen Nachhaltigkeitszielen annähern können. In regelmäßigen Abständen sollen daher die Anforderungen inhaltlich an die fortschreitende Entwicklung angepasst, entsprechend ergänzt und nachgeschärft werden. So wird sichergestellt, dass eine Zertifizierung für engagierte Firmen erreichbar ist, diese aber auch in Zukunft in ihrem Transformationsprozess kontinuierlich gefordert werden und Stillstand in der Entwicklung vermieden wird.

Die Betonfertigteilebranche ist sehr stark mittelständisch geprägt. Ein großer Teil der Unternehmen fällt daher nicht unter das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz<sup>2</sup> oder die europäische Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)<sup>3</sup>. Mit der Sustainable Precast-Zertifizierung können auch die kleinen und mittelständischen Firmen gegenüber ihren Auftraggebern zuverlässig verbindliche Mindestanforderungen und insgesamt überdurchschnittliche Leistungen im Bereich Nachhaltigkeit nachweisen. In Bezug auf Gebäudezertifizierungen wird eine zeitnahe Anerkennung der Sustainable Precast-Zertifikate in den Kategorien Beton und Betonbauteile als Produktlabel durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e. V. angestrebt.

Dr.-Ing. Jens Uwe Pott ist Geschäftsführer beim Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteilewerke e. V. und weiteren Verbänden der Beton- und Fertigteileindustrie. Beim Bund Güteschutz hat er in den zurückliegenden Jahren maßgeblich die Entwicklung des Sustainable Precast-Systems einschließlich des Zertifizierungsprogramms verantwortet. Dr. Pott ist Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen Gremien und Regelwerksausschüssen sowie Dozent an Hochschulen, anderen Bildungseinrichtungen und bei Seminarveranstaltungen.

2 Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten in Lieferketten vom 16. Juli 2021, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 46, ausgegeben zu Bonn am 22. Juli 2021

3 Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen. Amtsblatt der Europäischen Union, L 322/15 vom 16.12.2022

## 6.1.5 Einsatz von Karbonisaten in mineralisch gebundenen Werkstoffen

### Eine Symbiose aus Ressourcen- und Klimaschutz

Der Klimawandel stellt eine der größten Herausforderungen unserer Zeit dar und erfordert innovative Lösungen auf den verschiedensten Ebenen. In den letzten Jahren haben sich so eine Vielzahl von Forschungsprojekten mit innovativen Lösungen etabliert. Die Erhebungen und Analysen der Wissenschaft zeigen jedoch, dass der Klimawandel allein mit der CO<sub>2</sub>-Reduktion durch Einsparungen nicht aufgehalten werden kann und das ausgelobte **1,5-Grad-Celsius-Ziel** so nicht erreicht wird.<sup>1</sup>



Mark Füger

Es hat sich aktuell die wissenschaftliche Meinung gefestigt, dass eine bloße Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht ausreichend ist, um die definierten Klimaziele zu erreichen. So ist auf internationaler Ebene geplant, mithilfe der CCS-Technik (Carbon Capture and Storage) der Atmosphäre CO<sub>2</sub> im Gigatonnenbereich zu entziehen. Jedoch konnte festgestellt werden, dass diese Möglichkeit technisch zwar machbar, jedoch mit immensen Kosten und einem sehr hohen Energieeinsatz verbunden ist, was diverse Zweifel an der Effizienz dieses Verfahrens aufwirft.<sup>2</sup>



Dr. André Stang

In der Baustoffindustrie wird diese Technologie in Kombination mit neuartigen Betonen, den sogenannten Recyclingbetonen (RC-Betone) eingesetzt. Bei diesen Betonen werden recycelte Zuschlagstoffe, die unter anderem durch Abbruch von Gebäuden gewonnen werden, eingesetzt. Diese Zuschlagstoffe werden im Zuge des Prozesses der Aufbereitung mit CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre begast, sodass auf der Oberfläche eine chemische Karbonatisierung einsetzt und so CO<sub>2</sub> an der Oberfläche der Zuschlagstoffe gebunden wird. Der Aufwand ist jedoch sehr hoch und die Umsetzung ist nicht für alle Betone und alle Regionen möglich, sodass die Baubranche nach weiteren Wegen sucht, den enormen CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren.

1 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK und New York, USA: Cambridge University Press, 2022.

2 Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#grundlegende-informationen> [abgerufen am: 20.02.2024]

Im Gegensatz zur CCS-Technologie ist das Verfahren zur pyrolytischen bzw. pyrogenen Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (PyCCS) technisch weniger aufwendig und problematisch. Diese rückt durch die Entwicklung weiterer Nutzungs- bzw. Verwertungspfade als ein sinnvolles Instrument zur Mitigation der anthropogen freigesetzten CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Fokus unserer Gesellschaft.<sup>3</sup>

Eine konsequente pyrolytische Verwertung von organischen Reststoffen kann einen Beitrag dazu leisten, der Atmosphäre dauerhaft CO<sub>2</sub> zu entziehen und in Form von Kohlenstoff zu fixieren. Die entstehenden Stoffe können als Wertstoffe in den industriellen Alltag eingebunden werden. Dieses Vorgehen entspricht den Zielen eines nachhaltigen Umwelt- und Ressourcenschutzes und erfüllt die Forderungen an eine klimaeffiziente Verwertung von organischen Reststoffen. In den letzten Jahren hat diese Technologie insbesondere primär zur Wärmegewinnung und Stromerzeugung an Bedeutung gewonnen. Dies wandelt sich jedoch aktuell und die Pyrolyse, auch Karbonisierung genannt, gewinnt mehr und mehr an Bedeutung für die Kohlenstoffsequestrierung und Kohlenstofffixierung.

### **Die Pyrolyse – altes Verfahren im modernen Gewand**

Der einstige Meiler zur Kohleherstellung der Köhler wurde in moderne Reaktoren im industriellen Maßstab überführt. Die Karbonisierung oder Pyrolyse kennt heute die verschiedensten Verfahrenstechniken. Die Reaktoren, in denen der Pyrolyseprozess abläuft, weisen die verschiedensten Bauformen auf. So gibt es zum Beispiel stehende Behälter, in denen die Biomasse von oben aufgegeben wird und so den Pyrolyseprozess durchläuft. Andere Verfahren arbeiten mit Drehrohrtechnik oder auch, und das ist wohl das häufigste Verfahren, Reaktoren, durch deren Innenraum die Biomasse mittels einer Schnecke hindurchtransportiert wird. Im Rahmen dieses allothermen Verfahrens wird das zu verarbeitende Gut nicht direkt erhitzt, sondern die Temperatur wirkt durch den Kontakt zur Reaktorwand lediglich indirekt auf diese Stoffe. Im Gegensatz dazu wird mittels des autothermen Verfahrens der zu karbonisierende Rohstoff direkt mit dem heißen Medium beaufschlagt.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Vgl. <https://german-biochar.org/pflanzenkohle/faq-fragen-und-antworten-zur-pflanzenkohle/> [abgerufen am: 21.02.2024]

<sup>4</sup> Vgl. <https://www.biomacon.com/technologie> [abgerufen am: 21.02.2024]



**Abb. 01:** BioMACON Pyrolyseanlage [Foto: Zindel United]

In allen Fällen wird der Reaktor derart verschlossen, dass keine Luft und somit kein Sauerstoff in den Prozess gelangen kann. Sowohl der Temperaturverlauf als auch die Verweildauer des Pyrolyseguts im Prozess bestimmen die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Karbonisate, was sowohl Pflanzenkohlen als auch Kohlen aus anderem Inputmaterial beschreibt.<sup>5</sup>

Die organischen Substrate wie zum Beispiel Biomasse, organische Abfälle wie Biomüll, Altholz, Klärschlamm und Kunststoffe etc. werden so in nahezu reinen Kohlenstoff überführt und Pyrolysegas und Abwärme etwa für Industrie und Kommunen nutzbar gemacht.

Neben dem Kohlenstoff, der in Form von Karbonisaten vorliegt, entstehen über die Zeit auch Schlacken, die als feste Substanzen aus Mineralien in den Behältern anfallen und als störendes Restmaterial im Pyrolyseprozess übrigbleiben. Zu welchen Anteilen dies passiert, hängt neben den eingesetzten Rohstoffen auch von der Reaktionstemperatur, der Reaktionsdauer und den vorherrschenden Druckverhältnissen ab.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Vgl. [https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d9094-2/\\*\\*/Pyrolyse.html?op=Wiki.getwiki](https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d9094-2/**/Pyrolyse.html?op=Wiki.getwiki) [abgerufen am 13.02.2024]

<sup>6</sup> Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP: [https://www.ibp.fraunhofer.de/de/presse-medien/presseinformationen/pi\\_2016-07\\_elexsa.html](https://www.ibp.fraunhofer.de/de/presse-medien/presseinformationen/pi_2016-07_elexsa.html) [abgerufen am: 13.02.2024]

### **PyCCS in der Baustoffindustrie und die aktuelle Forschung**

Die verschiedenen, nach der Pyrolyse entstehenden Rohstoffe haben in den letzten Jahren bereits ein enormes Potenzial für die Baustoffindustrie aufgezeigt. Verschiedenste Forschungsprojekte laufen aktuell mit dem Ziel, das PyCCS in der Baustoffindustrie zu nutzen, um die Herausforderungen der Zement- und Betonindustrie zu bewältigen. Da der resultierende Kohlenstoff und die zugehörigen Restbestandteile der Karbonisate (zum Beispiel Mineralien) stark durch das Inputmaterial und den Pyrolyseprozess bestimmt werden, kommen die unterschiedlichen Karbonisate in verschiedensten Anwendungsgebieten zum Einsatz. Während die Karbonisate aus teuren und hochwertigen Substraten, weitläufig unter dem Begriff Pflanzenkohle bekannt, meist in Anwendungen mit sehr hohen rechtlichen Anforderungen ihren Einsatz finden, wie beispielsweise in der Landwirtschaft als Zusatz in der Tierfütterung oder Biogasanlagen und im Boden, haben Karbonisate aus organischen Reststoffen, sogenannte Synthesekohlen, eher in Bereichen mit geringeren rechtlichen Anforderungen oder Normierungen, wie zum Beispiel in der Baustoffindustrie, Einzug gehalten.

Diese Entwicklung ist insbesondere damit zu begründen, dass die Baustoffindustrie bereits jetzt mit gewaltigen Herausforderungen zu kämpfen hat. So verursacht die Zementherstellung einen enormen CO<sub>2</sub>-Ausstoß: Je Tonne Zement entstehen ca. 600 bis 900 Kilogramm CO<sub>2</sub>. Bei einer Jahresproduktion von mehr als 35 Millionen Tonnen Zement pro Jahr allein in Deutschland entsteht so ohne Betrachtung der weiteren Einflüsse durch Transport, Zuschlagstoffe etc. und Reduktion durch klimafreundliche Maßnahmen ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von mehr als 24,5 Millionen Tonnen.<sup>7</sup> Das Umweltbundesamt bezifferte den Gesamtausstoß an CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie für das Jahr 2021 mit ca. 21 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent.<sup>8</sup>

Daher ist die Zementindustrie bereits seit Jahren auf der Suche nach Lösungen, die den Baustoff Beton klimaverträglicher machen und einen weniger starken Einfluss auf die Klimaerwärmung ausüben. Dies wird insbesondere durch die aktuelle Diskussion in Bezug auf die CCS-Technologie deutlich. In den letzten Jahren ist die CO<sub>2</sub>-Ausschleusung aus der Atmosphäre durch die Verwendung von in Karbonisaten gebundenem Kohlenstoff und mineralischen Reststoffen wie Schlacken verstärkt in den Fokus von Forschung und Baustoffindustrie gerückt. Dies liegt daran, dass der Bausektor zunehmend nach ressourcenschonenden Stoffkreisläufen suchen muss, um zukünftige Herausforderungen, wie den drohenden Mangel an Zuschlagstoffen und die Klimaerwärmung durch CO<sub>2</sub>-Emissionen, zu bewältigen.

---

7 Vgl. <https://vdz-online.de/wissensportal/publikationen/zementindustrie-im-ueberblick-2022-2023> [abgerufen am 05.03.2024]

8 Vgl. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/07\\_2024\\_cc\\_dekarblind\\_tb3.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/07_2024_cc_dekarblind_tb3.pdf) [abgerufen am 15.03.2024]



**Abb. 02:** Betonfertigteil der Firma Wilhelm Siemsen GmbH u. Co. KG, das durch den Einsatz von Karbonisaten  $\text{CO}_2$ -negativ ist [Foto: Wilhelm Siemsen GmbH u. Co. KG – Betonfertigteilwerk]

Diese Herausforderungen werden durch mehrere Forschungsprojekte und Firmen untersucht und mit innovativen Lösungen angegangen. Einer der ersten getesteten Anwendungsbereiche von Karbonisaten ist die Beimischung in Asphalt. Das Tiefbauamt Basel-Stadt hat dies 2022 auf einem Recyclingbaustoff-Umschlagplatz in der Praxis erprobt. Eine Versuchsfläche von 450 Quadratmetern erhielt eine Asphalttragschicht aus 50 Prozent Recyclingasphalt und 2 Prozent Karbonisaten.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Vgl. <https://www.baunetzwerk.biz/pflanzenkohle-ersetzt-bitumen-im-asphalt> [abgerufen am: 06.03.2024]



**Abb. 03:** Asphalt mit Zusatz von Pflanzenkohle in der St.-Alban-Vorstadt in Basel (Schweiz)  
[Foto: Baunetzwerk.biz]

Mehrere Studien belegen, dass Karbonisate die Leistungsfähigkeit (Steifigkeit und Viskosität) von Asphaltbindemitteln tendenziell verbessern und umgekehrt bei niedrigen Temperaturen verschlechtern.<sup>10</sup> Zudem scheinen die Karbonisate die Alterung des Asphaltgemisches zu verlangsamen, jedoch ist die Studienlage hierzu noch recht dürtig.<sup>11</sup>

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Forschungsprojekt »ASHCON«<sup>12</sup> beschäftigt sich daher mit der Frage, ob aufbereitete Müllverbrennungsasche als Ausgangstoff bei der Betonherstellung dienen kann. Müllverbrennungsaschen (MV-Aschen) sind ein heterogenes Stoffgemisch, das hauptsächlich aus Aschen sowie mineralischen oder metallischen Schmelzprodukten besteht. Nun wurde ein Verfahren entwickelt, um die enthaltenen Schwermetalle aus MV-Aschen zu extrahieren und die mineralischen oder metallischen Schmelzprodukte für die Betonindustrie nutzbar zu machen. Die metallarmen Anteile eignen sich aufgrund ihrer Eigenschaften als Ersatz für natürliche Gesteinskörnung bei der Herstellung von Beton. Als zweiter Stoffstrom entstehen bei den MV-Aschen auch Karbonisate, die jedoch weniger einfach in den Baustoffen eingesetzt werden können. Denn beim Einsatz alternativer Komponenten im Beton ist zu beachten, dass sich der Baustoff mittlerweile zu einem Mehrstoffsystem entwickelt hat, das empfindlich auf Veränderungen in den Eigenschaften der Ausgangsstoffe reagieren kann, was für die erforderlichen frischen und festen Betoneigenschaften in der Baupraxis relevant ist.

<sup>10</sup> Shen, Y.; Forrester, S.; Koval, J.; Urgun-Demirtas, M.: Yearlong semi-continuous operation of thermophilic two-stage anaerobic digesters amended with biochar for enhanced biomethane production. *Journal of Cleaner Production* 167 (2017), S. 863–874

<sup>11</sup> Rondón-Quintana, H.; Reyes-Lizcano, F.; Chaves-Pabón, S.; Bastidas-Martínez, J.; Zafra-Mejía, C.: Use of Biochar in Asphalts: Review. *Sustainability* 14 (2022), Nr. 4745, S. 1–12

<sup>12</sup> Vgl. <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/ashcon.html> [abgerufen am: 06.03.2024]

Betrachtet man den Bedarf der Bauindustrie von weltweit rund 10 bis 15 Milliarden Tonnen pro Jahr an Bausanden<sup>13</sup>, erscheint das Forschungsprojekt ASHCON noch in einem viel helleren Licht, und die Notwendigkeit einen Weg zum Sandersatz zu finden, zeichnet sich klar ab, da eine Bauindustrie ohne Sande aktuell noch undenkbar ist.

Jedoch entstehen neben den mineralischen Bestandteilen auch reine Kohlenstoffe in Form der Karbonisate. Für diesen Rohstoff muss ebenfalls ein sinnvoller Einsatz gefunden werden, da es dem Klima nicht nutzen würde, wenn man diesen der Verbrennung zuführte. Daher hat die Firma Team Nachhaltigkeit Consulting GmbH in der letzten Dekade bereits Erfahrungen mit dem Einsatz dieser Karbonisate aus Rest- und Schadholz, Klärschlämmen oder organischen Reststoffen in der Bauindustrie gesammelt. Da Karbonisate aus der pyrolytischen Karbonisierung in der Baustoffindustrie nur bedingt eingesetzt werden können, hat das Unternehmen ein Verfahren entwickelt, das dies ermöglicht. Hieraus resultierte im Jahr 2021 eine Kooperation mit der Firma Sili-Tec, die in einem Verfahren mündete, das die Karbonisate für die Baustoffindustrie nutzbar macht.

Mark Füger nutzte in seinem bisherigen Schaffenskreis als Agraringenieur (M. Sc.) die Möglichkeiten, sich erfolgreich in verschiedenen leitenden Positionen im Bereich der Karbonisate zu bewähren. So gehörten die Aufgaben der Betriebsleitung ebenso zu seinem Wirkungskreis wie die Vertriebsleitung, das Qualitätsmanagement und die Entwicklung von Marketingstrategien. So hat er in den vergangenen Jahren die Beurteilung und Bewertung der zum Einsatz kommenden Pyrolysetechnik und der daraus resultierenden Bewertung der Karbonisate zu einem Grundsatz für den verantwortungsvollen Vertrieb gemacht.

Die Entwicklung von Innovationen um die Umwelt zu schützen stehen seit dem Studium der Naturwissenschaften im Fokus von Dr. André Stang. In den letzten Jahren fokussierte er sich auf die Entwicklung von umweltfreundlichen Baustoffen durch Zementreduktion und Einsatz von sekundären Rohstoffen. In seiner jetzigen Schaffensperiode entwickelte er gemeinsam mit Mark Füger ein Verfahren zur Etablierung von Karbonisaten in der Beton- und Baustoffindustrie. Dieses Verfahren, bekannt unter dem Namen »CarbonAra«, ermöglicht den Einsatz von hohen prozentualen Anteilen in der Betonindustrie.

<sup>13</sup> Vgl. [www.at-minerals.com/de/artikel/at\\_Rohstoff\\_Sand\\_eine\\_Mangelware\\_-3494943.html](http://www.at-minerals.com/de/artikel/at_Rohstoff_Sand_eine_Mangelware_-3494943.html) [abgerufen am: 06.03.2024]

## 6.2 Städte, Quartiere und Gebäude nachhaltig entwickeln

Die Entwicklung neuer Quartierskonzepte ist das Thema des folgenden Kapitels. Der Fokus liegt unter anderem auf Chancen und Konzepten, die zeigen, wie auf einen wachsenden Wohnungsbedarf und sich ändernde Ansprüche von Nutzern reagiert werden kann. Zu diesem Thema werden verschiedene lösungsorientierte Projekte aus Österreich und Deutschland vorgestellt.

### 6.2.1 Bauen neu denken – Die Neunutzung von Gebäudem



FOTO: LISI ZEININGER

Thematisieren wir Neues Denken beim Bauen, reicht nicht die Fixierung auf das Objekt, sondern es erfordert nachdrücklich den umfassenden Einbezug unserer gebauten Umwelt in einer ebenfalls neuen Dimension für planerisches Handeln. Die immer drängenderen globalen Probleme des Zusammenlebens in zunehmender Dichte bei gleichzeitiger Entleerung weiter Räume des Planeten beschleunigen sich rasant. Die Konsequenzen werden immer deutlicher spürbar.

#### Johannes und Angelika Zeininger

Wie kann der Vorgang vom Bauen neu gedacht werden?

In der entwickelten Welt gilt die provokative Feststellung: *Es ist genug gebaut!* Was wir dringend brauchen, ist eine grundlegend und damit gesellschaftlich, bautechnisch, ökologisch und ökonomisch neu gedachte Nutzung von Gebäudem. Damit rückt auch die Forderung weg von der Neubauordnung hin zu einer mit einem Paradigmenwechsel versehenen Umbauordnung in den Fokus.

Die Bemühungen unseres Ateliers umkreisen in Lehre und Praxis seit drei Jahrzehnten diesen Denkansatz. Anhand von drei Beispielen möchten wir hier den Faden aufnehmen und drei Themen darlegen: das städtische Wohnen im dichten Bestand, die Restrukturierung von Gewerbegebieten und den städtebaulichen Ansatz der schrittweisen Transformation dichter städtischer Blockstrukturen hin zur lebenswerten Stadt der kurzen Wege.

### **1 Das Projekt Smart Block Geblergasse – ein Lagebericht aus Wien**

Die Energiewende ist im Wiener Althausbestand angekommen. Am Hernalser Gürtel entsteht das erste Anergienetz in einem gründerzeitlichen Häuserblock. Erstmals wird in Wien eine nachhaltige, auf Solar- und Geothermie basierende Energieversorgung schrittweise für einen Gründerzeitblock im 17. Bezirk realisiert. Ziel ist es, schrittweise ein dezentrales Anergienetz für einen Häuserblock mit 18 Liegenschaften aufzubauen.

Die Starteinheit bilden zwei nebeneinanderliegende typische Bestandsgebäude der Wiener Vorstadt, die um 1865 errichtet wurden. Im Zuge eines »Sockelsanierungsverfahrens«, einer für Wien spezifischen Wohnbauförderungsschiene für bewohnte Bestandsgebäude, wird zusätzlich als Pilotprojekt die weitgehende Dekarbonisierung einer blockweisen Energieversorgung gestartet.

#### **Das Weiterbauen an der Stadt**

Gründerzeitliche Behausungen waren die Antwort auf das Stadtwachstum des 19. Jahrhunderts. Zinshäuser mit Bassena und Gangklo, extreme Überbelegung, Lichtmangel sowie hygienische und soziale Missstände waren in den Massenquartieren der Vorstadt der Lebensalltag. Die beginnende Moderne, im Roten Wien geprägt vom Leitgedanken der Wohnung für den Mindeststandard und der solidarischen Großform, setzte als Gegenmodell neue Maßstäbe und stigmatisierte die Arbeiterquartiere als Wohnraum zweiter Klasse. Heute kommt ein Viertel des Wiener Wohnungsbestands noch aus dieser Zeit. Kleinteilige Parzellenstrukturen, der Friedenszins und eine zumeist auf Eigeninitiative der Mietparteien erfolgte unterschwellige Komfortanhebung von Zimmer-Küche-Wohnungen prägen kostengünstige Wohnverhältnisse. Der abgenutzte, über 100 Jahre alte Hausbestand mit seiner anpassungsfähigen Baustruktur hat sich dadurch soziale Attraktivität erhalten, und sein Potenzial für eine Aufwertung der Lebensqualität in der dichten Stadt des 21. Jahrhunderts ist längst erkannt. Leben im nachhaltig transformierten Altbestand ist zu einem Leitziel auch für die Klimawende geworden.

Die in einer vorangestellten Studie ermittelten Rahmenbedingungen führten zur Umsetzung des Pilotprojekts. Im August 2018 erfolgte der Spatenstich für das Projekt »Smart Block Geblergasse«. Dabei wird für einen Wiener Althausbestand eine auf Solarenergie und Geothermie basierende Wärme-, Kälte- und teilweise Stromversorgung schrittweise für einen gesamten Häuserblock umgesetzt. Geothermisch wird durch einen ausgeklügelten saisonalen Energieshift die Sonnenenergie des Sommers im Erdreich in bis zu 110 Metern Tiefe vor Ort eingelagert und im Winter für Heizen sowie ganzjährig für Warmwasser über Wärmepumpen und Speicher mit großer Energieeffizienz wiederverwendet. Wir nennen diese Kreislaufnutzung »Geothermie 2.0«.



**Abb. 01:** Der Smart Block in der Wiener Geblergasse [Foto: Kurt Hoerbst]

Als Zusatznutzen kann im Sommer der Rücklauf aus dem Boden zur sanften und fast kostenfreien Kühlung der Wohnungen über die Fußbodenheizungen ohne jegliche CO<sub>2</sub>-Produktion genutzt werden. Einzelne Räume wurden auf Kundenwunsch in den Dachgeschossen zusätzlich mit einem in den Trockenausbau integrierten, handelsüblichen Deckenkühlsystem ausgestattet. Damit wird die Kühlleistung partiell nochmals erhöht. Die Regelung erfolgt ohne Mehraufwand über konventionelle Raumthermostate, die manuell von Winter- auf Sommerbetrieb umstellbar sind. Aufstockungen und Dachausbau sind bei der von der Stadt Wien geförderten sanften Nachverdichtung von großer Bedeutung. Das Konzept des Weiterbauens statt Abriss und Neubau wirkt bewusst negativen Gentrifizierungsprozessen entgegen und hilft, die problematisch steigenden Abbruchmassen zu reduzieren. Aus Lastabtragungsgründen und zwecks Materialreduktion wird dieses Weiterbauen an der Stadt größtenteils in Leichtbauweise umgesetzt, was im Gegensatz zum massiven Bestand geringe Speichermassen und bei nachgefragten großen Glasflächen die Gefahr der Überwärmung nach sich zieht. Energiefressende Klimaanlage und Hitzeglocken fördernde freigesetzte Abwärme nehmen daher auch in mitteleuropäischen Zonen zu. Die Strategie der Nutzung der Kühlleistung des sommerlichen Rücklaufs aus der Tiefe kann diesem Trend entgegenwirken.

In einem umfangreichen Sondierungs- und Verhandlungsprozess wurde aus vier Anbietern ein Wiener Energie-Contractor, der auf Geothermienutzung im Neubaubereich bereits spezialisiert war, als Partner für das Projekt Smart Block Geblergasse an Bord geholt. Die Firma Beyond Carbon Energy hat für ihre unternehmerische Ambition, in den Bestandsektor der Stadt einzusteigen, den Zuschlag erhalten. Ziel ist es, das Anergie-

netz über die nächsten Jahre Schritt für Schritt in mühevoller Kleinarbeit mit den Anrainern auszubauen. Der Aufbau der Startzelle des Energiesystems erfolgte parallel zu den Sanierungs- und Ausbaumaßnahmen.

Der erste Teilabschnitt, das Haus Geblergasse 11, wurde im Oktober 2019 besiedelt, und die Energieversorgung konnte planmäßig starten. Am 1. Juli 2020 wurde das System zum ersten Mal auf Kühlung umgestellt, und die Bewohner waren sofort begeistert. Anders als beim Einsatz von herkömmlichen Klimaanlageanlagen, bei denen aus Kosten- und Effizienzgründen alle Fassadenöffnungen geschlossen bleiben müssen und überwiegend im Umluftbetrieb – mit den bekannten hygienischen Nachteilen – betrieben werden, sind der Boden und zum Teil auch die Decken der Wohnungen hier kühl temperiert. Zudem besteht eine direkte Verbindung zu den vorgelagerten Außenbereichen über geöffnete, beschattete Fenster- und Türöffnungen – ein neuartiges angenehmes Wohngefühl. Nur bei extremen Hitzeperioden ist es naheliegend, die Öffnungen weitgehend geschlossen zu halten.

Der mittlerweile spürbare Klimawandel verschärft die Rahmenbedingungen des Wohnklimas. Die Temperierung durch die Umleitung des sommerlichen, kühlen Rückflusses (ca. 20 °C) über die Fußbodenheizung beim Ladevorgang des Geothermiespeichers hat das Potenzial eines zukünftigen, ökologisch sinnvollen Standards zur Steigerung der Wohnqualität in unseren Städten. Durch die Vernetzung mehrerer Mietshäuser im Block mittels eines im Baukastenprinzip ausbaubaren Energienetzes werden die Energiekosten zusätzlich gesenkt. Das Energienetz verbindet die einzelnen Liegenschaften im Block, verteilt die energetischen Ernten der Häuser und steuert den Verbrauch nach einem Effizienzalgorithmus. Durch digitale Steuerungs- und Sensortechnik können so der künftige Energiehaushalt und die Kosten vom gesamten Block bis zur einzelnen Wohnung erfasst und geregelt werden. Mittelfristiges Ziel für eine Dekarbonisierung des Wohnens wird in der Gebäudeverwaltung (FM) die »Warmmiete« sein. Damit wird das komplexe Spiel zwischen Nutzer – Raum – Energie in schlüssigen Zusammenhang gebracht und wir kommen dem Gemeinwohl-verpflichteten Ziel der Klimaneutralität ein Stück entgegen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen der zunehmenden Zahl an Eigentumswohnungen, mittlerweile auch im Altbestand, bedürfen dabei einer besonderen Fürsorge bei der Eingliederung in diese Zielsetzung. Das Pilotprojekt orientiert sich bei der Kalibrierung der Heiz- und Warmwasserkosten an der Fernwärme. Die zusätzliche sommerliche Temperierung ist als Mehrwert für die Bewohnerschaft als Flatrate enthalten. Das Pilotprojekt erhielt eine öffentliche Bezuschussung, die in Wien bei lokalen Netzen bis zu 30 Prozent der Anlagenkosten ausmacht. Mit Serienreife und größerem städtebaulichem Maßstab kann der Förderbetrag wirtschaftlich ausgeglichen und die Kosten für die Nutzerschaft weiter gesenkt werden.



**Abb. 02:** Haustechnikzentrale im Bestandskeller [Foto: Kurt Hoerbst]

Die Warmwasserbereitung erfolgt als von der Heizung/Kühlung getrennter Kreislauf. In den Wohnungen sind an zentraler Verbraucherstelle, im Regelfall im Bad, Speicher mit Wärmetauscher untergebracht, die die Wärmeenergie von der Heiztechnik-Zentrale zu den Verbrauchern übertragen. Die Speicher selbst werden ausschließlich mit Frischwasser versorgt. Zusätzlich können die Nutzer die Temperatur bei Bedarf über einen E-Heizstab im Speicher (im Sommer aus dem Stromüberschuss der PV-Anlage gespeist) individuell anheben. Dies fördert das systemreflektierende Nutzungsverhalten, was einen wichtigen Teilaspekt in der Gesamtkonzeption für das Gebrauchs- und Verbrauchsbewusstsein der Bewohnerschaft darstellt.

Die Frischluftzufuhr in der kalten Jahreszeit wird über ein Unterdrucksystem mit gesteuerten Zentralventilatoren am Dach aufgebaut. Sämtliche Aufenthaltsräume haben geregelte Zuluftöffnungen in den Fensterkonstruktionen eingebaut. In den zentral gelegenen Nassräumen der Wohnungen wird über luftfeuchtegesteuerte Ventile der erforderliche Frischluftstrom hergestellt und die Fortluft über das Dach abgeführt. Ein Wärmetauscher wurde bei diesem Projekt aufgrund der Projektdimension eingespart. Die Gefahr der Schimmelbildung durch zu hohe Luftfeuchtigkeit bei dicht verschlossenen Fenstern, ein Problem, das besonders in Altbauten nach Sanierungsmaßnahmen auftritt, ist so ausgeschaltet.

Eine Herausforderung für die Errichtung von Geothermieanlagen in Baublocks mit geschlossener Bauweise ist die Erreichbarkeit der Hofflächen. Das Geothermiefeld im Hof der Geblergasse 11 konnte nur über einen 1,60 mal 2,80 Meter großen Durchgang erreicht werden. Die geologischen Verhältnisse ließen nach einer Probebohrung und einem Thermal-Response-Test eine bis zu 120 Meter tiefe Mergelschicht erwarten. Für die geothermische Nutzung ist sie aufgrund der Leitfähigkeit gut geeignet. 18 Bohrungen wurden mit einem relativ engen Abstand von 5 bis 6 Metern gesetzt, da durch die sommerliche Aufladung die Sondenbatterie als ein gemeinsam wirkender Massespeicher bereits für weitere Liegenschaften vorausschauend angelegt wurde. Im Bereich der Hofbebauung wurden die Bohrachsen leicht geneigt, um auch den Geländekörper unter den Gebäuden zu aktivieren.

Mit der Umsetzung des Pilotprojekts Smart Block Geblergasse wurde gezeigt, dass die zeitgemäße Nutzung von Geothermie einen wesentlichen Anteil an den gesetzten Zielen der Dekarbonisierung unserer Städte spielen wird und muss. Zukünftig erfordern dichte Stadträume, die nicht über ein leistungsstarkes Fernwärmenetz verfügen, deren großmaßstäblichen und städtebaulich koordinierten Einsatz. Kommende und in Entwicklung befindliche Energieraumpläne haben das zu berücksichtigen. Geothermie 2.0 nutzt durch die Überlagerung von saisonaler Wärmespeicherung und dabei anfallender Kühlenergie des Rücklaufs das Potenzial des Stadtkörpers auf zweifache Weise. Was zur Bewältigung der zunehmenden sommerlichen Überwärmung unserer Städte eine noch viel zu wenig beachtete Chance darstellt.

### **Einschätzung der sozialen Qualität**

Das Projekt Smart Block Geblergasse geht über das bisher übliche Konzept der geförderten Althausanierung hinaus. Es versucht auf architektonischer Ebene durch eine weitreichende Restrukturierung des Hausbestands eine räumliche Umgebung zu schaffen, die die Weiternutzung von zwei abgewohnten Häusern, deren Bausubstanz von Bombentreffern und spartanischen Kriegs- und Nachkriegsreparaturen gezeichnet war, für gutes Leben in der dichten Stadt vorbereitet.

Bei beiden Häusern wurden großzügige Außenbereiche für die Mietwohnungen angebaut, die entspanntes langfristiges Wohnen am Standort begünstigen sollen. Die Bestandsmieter haben zum Teil auf dieses Angebot verzichtet, sodass nur Vorkehrungen für einen späteren Ausbau geschaffen wurden. Im Haus Geblergasse 11 ist durch seine große Hof- und Gartenfläche und die überbreiten Pawlatschengänge, die eine Mehrfachnutzung begünstigen, architektonisch der bauliche Hintergrund für ein lebendiges Miteinander im Alltag geschaffen worden. Als Vorbereitung und Hilfestellung für das Zusammenleben in den beiden Häusern wurde eine Hausordnung konzipiert, die weg von der üblichen Verbotsordnung den Weg hin zu einer gemeinschaftlichen Gebots-

ordnung für das Miteinander weisen soll. Anregung dazu war die Betriebsanleitung der Frankfurter Küche von Margarethe Schütte-Lihotzky aus den 1920er-Jahren des Roten Frankfurt um Ernst May. Bewohnerversammlungen werden nach ersten Wohnertourneen gemeinsam mit den Liegenschaftseigentümern erforderliche Anpassungen durchführen. Seit 2020 hat sich rasch eine aktive Nachbarschaft gebildet, die durch gemeinsame alltägliche Interessen und Rücksichtnahmen jeweils einen hauseigenen Spirit geschaffen hat. Besonders erfreulich ist, dass der auf Blickbeziehungen aufgebaute räumliche Entwurf immer mehr von Kindern und gemeinsamen Aktivitäten belebt wird.

### **Wie geht es weiter?**

Mittlerweile gibt es erste breiter angelegte Grundlagenforschungen zur Erlangung von Kennzahlen des energetischen Potenzials des Stadtkörpers. Dazu formierte sich aus den Erfahrungen mit dem Smart Block Geblergasse die Forschungsgruppe »Anergie Urban«. Es wurden schrittweise systemische Ansätze zur dezentral organisierten nachhaltigen Wärme- und Kälteversorgung von Städten untersucht und entwickelt. Das Projekt »Anergie\_Urban 1« zeigt mit ersten Ergebnissen auf, dass diese ressourcenschonende Energietechnik auch im Maßstab der gebauten Stadt reale Entwicklungschancen hat. Wichtig wird es nun in einer Stadt wie Wien sein, nächste Schritte zu veranlassen. Es gilt weitere praktische Erfahrungen mit CO<sub>2</sub>-neutraler Energieversorgung direkt am Ort der Nutzung unter Vermeidung erheblicher Netzverluste zu machen und einige festgezurzte Hürden von am Markt agierenden CO<sub>2</sub>-affinen Stakeholdern zu nehmen – ein sicherlich schwieriges Unterfangen. Aber nur so kommt der allseits geforderte Wandel im Bereich Klima und Energie in unseren bestehenden Städten in Bewegung.

## **2 Restrukturierungsbedarf in Gewerbegebieten**

Gewerbegebiete sind durch die Einnahmen aus der Gewerbesteuer eine wichtige Einnahmequelle für Österreichs Gemeinden. Der Wettlauf um Betriebe wird mit großzügigen Bodenwidmungen und Ansiedlungsförderungen betrieben. Ein enormer Landverbrauch ist die Folge und eine Strategiewende am Weg zur Klimaneutralität ist unverzichtbar, aber politisch schwer zu realisieren. Es braucht positive Beispiele. Im Gewerbe- und Industrieareal Scheydgasse im 21. Bezirk Wiens wurde die Druckerei Jentzsch architektonisch, statisch sowie energetisch restrukturiert und das Arbeitsambiente verbessert. Eine alltägliche Aufgabe, sollte man meinen. Doch die bundesweite Realität sieht aktuell noch anders aus. Erst zögerlich werden Bestandsanlagen der Produktion am Weg zur Klimaneutralität, Ressourcenschonung und Anpassung der Arbeitsbedingungen an die Herausforderungen von heute tatkräftig umgesetzt.

### Die Fallstudie Druckerei Jentzsch

Eine neue große Druckmaschine soll angeschafft werden – die Druckerei wächst. Was tun? In dieser Situation wird normalerweise der Standort »on the Job« in eine neue Halle auf der grünen Wiese gewechselt. Das Konzept ist eingespielt, mit wenig Überraschungen und Unvorhergesehenem ist zu rechnen. Es kann stabil kalkuliert werden. Billiger Boden setzt ein Überangebot voraus. Der Wechsel erfolgt in der Regel auf unbebautes, oft erst kürzlich umgewidmetes Grünland, und die alte Liegenschaft wird aufgegeben. Viele dieser leer werdenden Betriebsgebäude werden durch wirtschaftliches Downgrading noch nachgenutzt oder stehen in Folge leer. Endstation ist der Abbruch und die Deponie. 71 Millionen Tonnen Abfallaufkommen wurden 2019 in Österreich registriert, ein Großteil dem Bauwesen geschuldet – Tendenz weiter steigend. Und beim Grünlandverbrauch bildet Österreich das flächenfressende Schlusslicht in der EU, verschärft durch erhebliche, dünn besiedelte Bergregionen. In der Scheydgasse 31 war es anders! Die Druckerei wollte den Standort nicht wechseln. Das Betriebsgebäude sollte für die wachsenden Aufgaben transformiert werden, um es so erfolgreich und kostengünstig ins 21. Jahrhundert zu führen.



**Abb. 03:** Die Druckerei Jentzsch in Wien [Foto: Kurt Hoerbst]

### **Der Wert des Bestands**

Nach einer gründlichen Analyse des Bestands und der sich betrieblich ändernden Anforderungen wurde gemeinsam mit der Geschäftsleitung die Grundlage für das Entwicklungskonzept gelegt. Das Betriebsgrundstück ist bereits weitgehend ausgenutzt, eine effiziente Raumnutzung und überarbeitete Arbeitsabläufe machten jedoch die Betriebsentwicklung nachhaltig und zukunftsorientiert möglich. Um die Investitionskosten zu vermindern, wurden das Förderungspotenzial geprüft und erfolgreich Förderungen in Anspruch genommen. Ausgangspunkt der Restrukturierung war die Bausubstanz eines Gewerbebetriebs, errichtet vor dem ersten Ölchock in den frühen 1970er-Jahren. Als einfache Hallenkonstruktion weitgehend ungedämmt in Fertigteilmbauweise errichtet, war der Betrieb im Laufe der Zeit mehrfach durch Zu- und Umbauten erweitert worden. Die Anschaffung einer neuen Offset-Druckmaschine, die Ausweitung der Produktion und akute statische Probleme des Fertigteilmbaus waren für die Bauaufgabe ausschlaggebend.

Die Träger hatten sich, bis dahin unbemerkt, in den Endfeldern durch Ausführungsmängel verdreht, die Deckenelemente drohten zu rutschen. Der Energieverbrauch der Gebäudehülle war dem Bauzustand geschuldet miserabel. Die Tageslichtverhältnisse und das Arbeitsambiente waren ebenso verbesserungswürdig und der Produktionsoutput sollte gesteigert werden. Ein Kommunikationsprozess, moderiert durch die Geschäftsführung, war Voraussetzung, um die Restrukturierung bei Vollbetrieb durchführen zu können. Im Bürobereich konnte coronabedingt einiges in den Homeoffice-Bereich ausgelagert werden.

### **Die Komplexität der Transformation**

Die Produktionsbereiche mussten während der Bauarbeiten, wo möglich, am Standort wandern. Nach detaillierten und mit Zeitplan abgestimmten Vorbereitungs- und Sicherungsmaßnahmen konnten die Baumaßnahmen starten. Als erstes wurde ein schwingungsentkoppeltes Fundament für die neue schwere Druckmaschine in den Hallenboden eingeschnitten. Die marode Tragstruktur wurde durch ein ergänzendes Unterstützungskorsett mit Stahlrahmen abgesichert und die Gebäudehülle wesentlich thermisch verbessert. Bei der Fassadenerneuerung kamen vorwiegend Holzwerkstoffe und großzügige Dreifachverglasungen zum Einsatz. Die Nutzung des Tageslichts der Betriebsflächen konnte deutlich verbessert werden. Die zusätzlich gedämmten Dachflächen wurden ressourcenschonend als Duodach ausgeführt und für eine annähernd 150-kWp-PV-Anlage genutzt. So konnte der Energiebedarf eklatant gesenkt werden. Der erzeugte Strom kommt bei einem Zweischichtbetrieb zur Gänze vor Ort zum Einsatz, und die Haustechnikanlage wurde ergänzend modernisiert. Eine weitere Ausbaustufe ist in Vorbereitung. Der Sozialbereich erfuhr eine großzügige Umgestaltung, und der Ein-

gangsbereich wurde mit zusätzlicher Bepflanzung attraktiver gestaltet. Die Infrastruktur für die Weiterführung der Digitalisierung des Betriebs wurde ausgebaut.

Es braucht viele dieser unspektakulären maßgeschneiderten Projekte, um die Klimaneutralität anzugehen. Nur durch die Transformierung der schieren Menge an mangelhaften und CO<sub>2</sub>-belasteten Bestandsbauten kann die Wende in der Klimakrise und in puncto Lebensqualität auch in der Arbeitswelt erreicht, der Landverbrauch wesentlich vermindert und der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der gebauten Umwelt verkleinert werden. Die Druckerei Jentzsch ist ein Baustein in dieser Entwicklung.

### **3 Nachhaltiges Bauen im dichten Baublock**

Auf der Ebene von Stadtentwicklung kann ebenfalls von Sanierung und Reparatur gesprochen werden. In dichten, gründerzeitlichen Blocks bieten Baulücken Gelegenheit, die urbane Situation über die Liegenschaft hinaus wirksam zu verbessern. Bei entsprechender Strategie kann dieser städtebauliche Eingriff auch als wirksame Initialmaßnahme zur Transformation des Stadtkörpers eingesetzt werden. Mit dem Projekt SULM11 an einer Straßenecke eines geschlossenen, dicht überbauten Baublocks in Ottakring wurde dazu ein Versuch gestartet. Der angrenzende Radhighway Hasnerstraße verbindet Wiens Westend auf kurzem Weg mit dem Stadtzentrum.

Stadtumbau braucht diese belebten und geschäftigen Aktivitäten im direkten Austausch mit dem öffentlichen Raum. Wollen wir Bauen neu denken, sind diese Rahmenbedingungen stets mitzudenken und die vielfältigen Voraussetzungen für eine entsprechende Entwicklung zu inkludieren. Nur so kann eine Trendumkehr im Gebrauch von bestehender Stadt schrittweise erreicht werden. Den Bewohnern soll die aktive Teilnahme am angestrebten Systemwandel erleichtert und mit einem Zugewinn an mehr Lebensqualität im Alltag abgegolten werden.

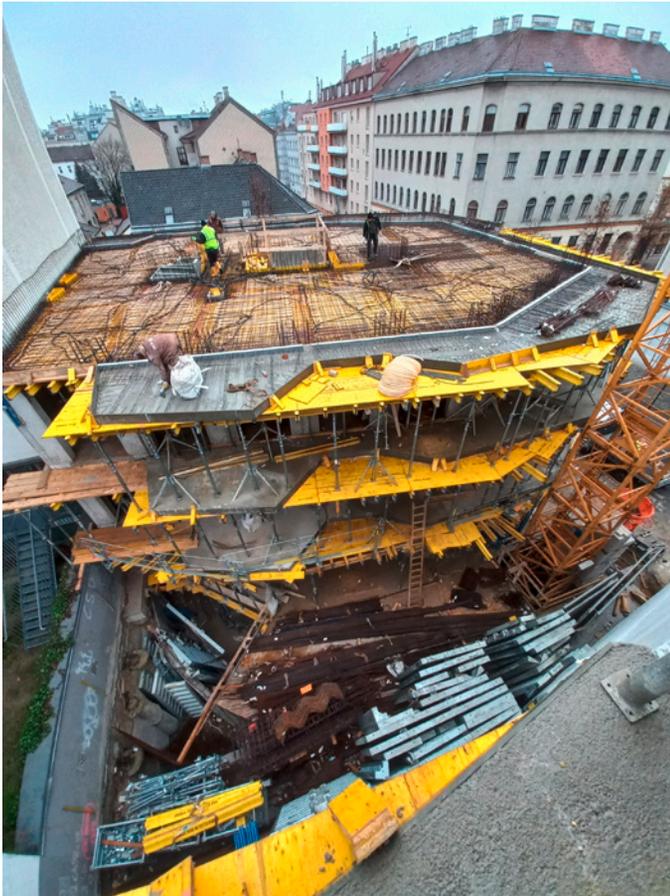


Abb. 04: Verlegung der Bauteilaktivierung im Rohbau [Foto: © zeiningler architekten]

### Zukunftsorientierte Energiegewinnung

Das neu errichtete Gebäude ist im Interesse des Klimaschutzes optimal wärmedämmend und verfügt über eine CO<sub>2</sub>-emissionsfreie Beheizung und Kühlung der Innenräume. Die hauseigene Energieanlage stellt Wärme und Kälte über Bauteilaktivierung bereit. Zusätzlich wird die Wärme ganzjährig zur Warmwasserbereitung genutzt. Auch hier wurde das Prinzip Geothermie 2.0 eingesetzt. Über die solare Ernte am Dach mit Absorptionsmatten, einem Absorptionsgerät und einer PV-Anlage wird der 120 Meter tiefe Erdmassespeicher unter dem Kellergeschoss saisonal aufgeladen und im Winter mit Wärmepumpentechnologie wieder entleert. Damit ist eine Arbeitszahl bis 6 möglich, was einem hohen Wirkungsgrad des Energieeinsatzes entspricht. Die Bauteilaktivierung des Massivbaus regelt den Wärme- und Kältehaushalt des Gebäudes und entzieht den Räumen im Sommer überschüssige Hitze, um sie ebenfalls im Boden einzulagern und nutzbar zu

machen. Das Lüftungssystem führt ganzjährig die Energie der Abluft über einen zentralen Wärmetauscher im Keller ebenfalls dem Massespeicher der Geothermieanlage zu. Mit diesem System wird anders als bei konventionellen Haustechnikanlagen der Stadt im Sommer Hitze entzogen und nicht in die Stadt abgegeben. Das erforderte höhere Investitionskosten, senkt aber zukunftsicher die Energiekosten für die Bewohner auf ein Minimum, unabhängig von der Preisentwicklung fossiler Energieträger. Der benötigte Stromanteil wird zu einem Teil aus der hauseigenen Photovoltaikanlage gewonnen, der zusätzlich benötigte Strom wird als ökologischer Windstrom zugekauft. In Kombination mit der Bauteilaktivierung werden die Strompreistäler an der europäischen Strompreisbörse vorteilhaft genutzt. Für Beheizung, Kühlung und Warmwasserbereitung werden der Mieterschaft lediglich die anfallenden Betriebskosten der hauseigenen Energieanlage anteilig berechnet.



**Abb. 05:** SULM11 Ergänzungsbebauung im dichten Baublock [Foto: Kurt Hoerbst]

**Bauen neu denken**

Mit dieser Baulückenüberbauung wird versucht, das Modell der Neuen Nachbarschaft aktiv unter den Bewohnern zu etablieren. Das vorgeschriebene Instrument der Hausordnung wurde erneut als Anleitung und Empfehlung für die Bewohnerschaft interpretiert und, von digitalen Werkzeugen unterstützt, der Kommunikations- und Informationsfluss der Hausgemeinschaft gefördert. Erste Reaktionen zeigen ermutigende Rückmeldungen. Wir sind überzeugt, dass für den erforderlichen Wandel unserer Lebensweise besonders in den Städten das Neue Denken über das Bauen erst in Verbindung mit dem Verständnis von städtischem Zusammenleben in einer immer stärker multikulturellen Welt der Gleichzeitigkeit inhaltlich an Tiefe gewinnt. Und wir sind überzeugt, auf dem richtigen Weg zu sein.

Die Architekten Johannes und Angelika Zeininger gründeten ihr Architekturbüro © zeininger architekten 1991 in Wien. Das Thema »Weiterbauen an der Stadt« sowie der Komplex »Hinzufügen« in Theorie und Praxis sind Schwerpunkte ihrer Arbeit. Größere Projekte wie die Taubenmarkarkade in Linz, der Unicampus Altes AKH in Wien, die Privatklinik Döbling sowie die Seitenhafenbrücke wurden in Planungsteams bearbeitet. Neben der praktischen Arbeit sammeln die beiden kontinuierlich Erfahrungen als Fachbuchautoren sowie in Lehre und Forschung an der TU München, der TU Wien, der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), dem FH Campus Wien sowie der Wiener Bauschule Camillo Sitte Bautechnikum.

## 6.2.2 Klimaneutralität in Wohngebäuden: Das EU-Projekt GREEN Home im Fokus

Das Erreichen eines klimaneutralen Gebäudebestands ist eine komplexe Aufgabe, die koordinierte Anstrengungen auf struktureller, finanzieller und sozialer Ebene erfordert. Das von der Europäischen Union (EU) finanzierte Projekt »GREEN Home«, koordiniert vom Verband der Immobilienverwalter Deutschland e.V. (VDIV), zielt darauf ab, die Energieeffizienz in Wohnungseigentümergeinschaften (WEG) zu verbessern und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch innovative Finanzierungsansätze und Dialogplattformen zu reduzieren.



Ohle Zyber

Die Energiewende ist eines der Kernthemen unserer Zeit und die Immobilienbranche spielt eine entscheidende Rolle in diesem Wandel. Die Transformation des Immobilienbestands hin zur Energieeffizienz ist ein kritischer Faktor im Rahmen der Klimaschutzbestrebungen der Europäischen Union. Bis zum Jahr 2030 sollen gemäß des Green Deals und der EU-Gebäuderichtlinie etwa 35 Millionen Wohnungen saniert werden, um bis 2045 einen klimaneutralen Gebäudebestand zu ermöglichen. Steigende Energiepreise und CO<sub>2</sub>-Bepreisungen setzen Wohnungseigentümer und Eigentümergeinschaften zunehmend unter Handlungsdruck. Eine GREEN-Home-Umfrage unter Immobilienverwaltungen hat bereits 2021 ergeben, dass bei WEG-Verwaltungen eine hohe Bereitschaft herrscht, sich für Investitionen einzusetzen und Akzeptanz für Kreditaufnahmen zur Durchführung energetischer Sanierungen besteht.<sup>1</sup> Umfrageergebnisse aus dem VDIV-Branchenbarometer (Verband der Immobilienverwalter Deutschland e.V.) verdeutlichen allerdings, dass – neben den erwartbaren Hindernissen – ein signifikanter Informationsmangel über Lösungen, Produkte und Förderungen bei Immobilienverwaltungen und Eigentümern besteht. Mehr als 50 Prozent der Verwaltungsunternehmen fühlen sich nicht ausreichend qualifiziert.

<sup>1</sup> Vgl. [https://www.green-home.org/wp-content/uploads/2022/11/20220128\\_GREEN-Home\\_D2.2.pdf](https://www.green-home.org/wp-content/uploads/2022/11/20220128_GREEN-Home_D2.2.pdf) [abgerufen am: 19.04.2024]

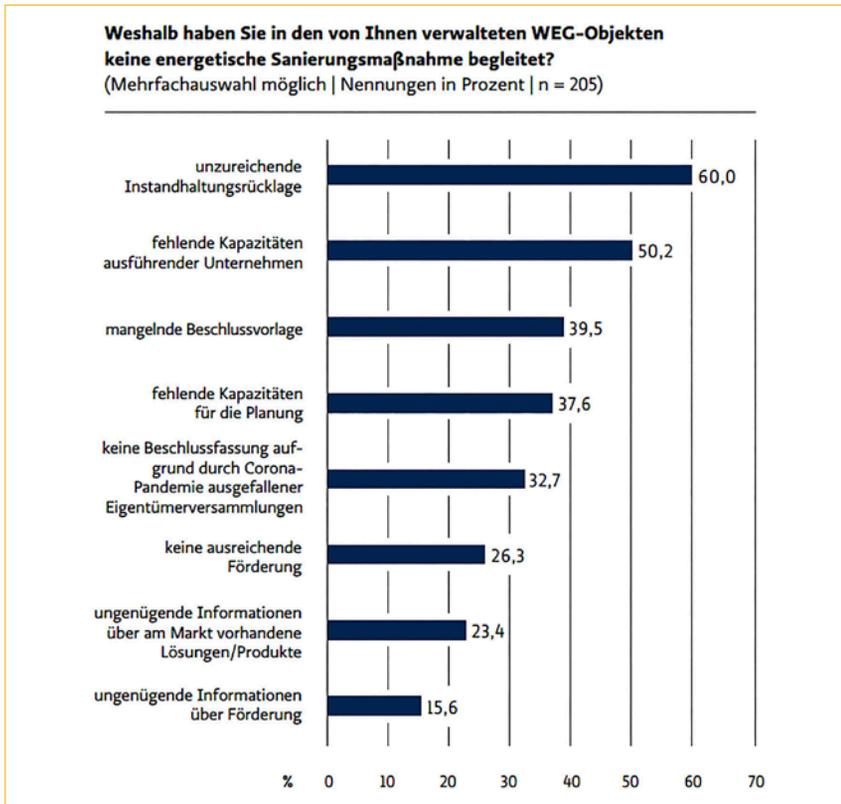


Abb. 01: Umfrageergebnisse aus dem 11. VDIV-Branchenbarometer 2023 [Grafik: VDIV]

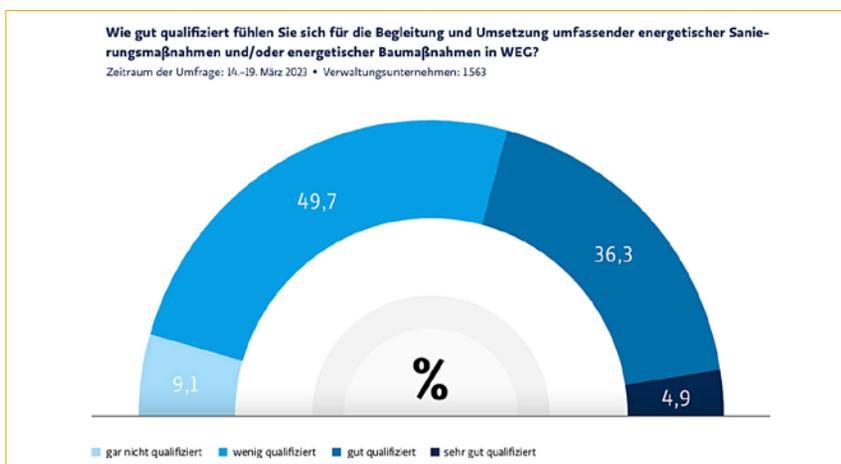


Abb. 02: VDIV-Blitzumfrage 2023 zum Thema energetische Sanierung [Grafik: VDIV]

Die Wohnungseigentümergeinschaften artikulieren klare Bedürfnisse: einfache, langfristig ausgelegte Fördermodelle, Planungssicherheit, geförderte individuelle Sanierungsfahrpläne, umfassende Informationsbereitstellung sowie Unterstützung beim Abbau von Vorbehalten gegenüber Verbandskrediten. Darüber hinaus betonen sie die Notwendigkeit des Ausbaus von Kooperationsnetzwerken und der Bereitstellung qualifizierter Beratungsangebote. Ein Kernanliegen der Projektpartner war daher von Beginn an die Etablierung des individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP), der Transparenz und Struktur in den Sanierungsprozess bringt und die Finanzierungsentscheidungen der Wohnungseigentümergeinschaften fundiert unterstützt. Dieser Ansatz kann zu einer effizienteren Umsetzung von Sanierungsprojekten und somit zu einem nachhaltigeren Gebäudebestand führen.

Um diese Herausforderungen anzugehen, haben sich die Projektpartner, zu denen der VDIV Deutschland, die Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz (DENEFF), der DENEFF EDL\_HUB, die Initiative Wohnungswirtschaft Osteuropa (IWO) und Funding For Future (F3) zählen, verpflichtet, bis zum Projektende am 30. September 2024 praktische Lösungen zu erarbeiten. Durch interaktive Formate und Runde Tische werden die spezifischen Probleme der energetischen Sanierung in WEG thematisiert und gemeinschaftlich Lösungsansätze entwickelt.

### **Wo die Politik tätig werden muss**

Klar ist, dass auf dem Weg zu einem umfassend energetisch sanierten Gebäudebestand die politischen Rahmenbedingungen entscheidend sind. Das Projekt GREEN Home hat bereits essenzielle Bedarfe und Hürden identifiziert, die politische Lösungsansätze erfordern. Um die Effizienz und Durchführung von Sanierungsmaßnahmen in Wohnungseigentümergeinschaften zu verbessern, sind verschiedene politische Maßnahmen nötig:

- Ein fundamentales Hindernis für die Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen ist das mangelnde Wissen darüber. Die Förderprogramme müssen gezielt angepasst werden, insbesondere die Förderung individueller Sanierungsfahrpläne (iSFP), um Sanierungsmaßnahmen sinnvoll zu planen und Entscheidungsprozesse zu beschleunigen.
- Wohnungseigentümergeinschaften benötigen integrierte Sanierungslösungen aus einer Hand. Die Implementierung von One-Stop-Shop-Angeboten in die Förderstrukturen vereinfacht den Sanierungsprozess erheblich.
- Um Sanierungsinitiativen effektiv zu koordinieren, bedarf es finanzieller Hilfen für Immobilienverwaltungen. Spezifische Fördermittel für Verwaltungen, die Sanierungsprojekte initiieren, schaffen hier Abhilfe.
- Die oft langwierigen Entscheidungsfindungsprozesse in Wohnungseigentümergeinschaften müssen optimiert werden. Die Einführung einer gesetzlichen Grund-

lage für virtuelle Eigentümersammlungen als zusätzliche unterjährige Option, um Sanierungsbeschlüsse herbeizuführen, kann die Entscheidungsprozesse beschleunigen und im Ergebnis zu mehr umgesetzten Sanierungsprojekten führen.

- Flexible Finanzierungsmodelle sind erforderlich, um den gemischten Eigentümerstrukturen in Wohnungseigentümergeinschaften gerecht zu werden, die Finanzierung von Sanierung von Beginn an sicherzustellen und kurzfristige finanzielle Ausfälle zu überbrücken. Die Bereitstellung von Zwischenfinanzierungen durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) mit angepassten Rückzahlungsbedingungen könnte hier eine Lösung darstellen.
- Für einkommensschwache Parteien in Wohnungseigentümergeinschaften sind hohe Investitionen in Gebäudesanierung trotz staatlicher Förderung oft nicht machbar. Die Möglichkeiten von zinsverbilligten Darlehen als Ergänzung zu den bestehenden Förderprogrammen helfen ihnen und müssen verstetigt werden.
- Einige bestehende gesetzliche Regelungen, insbesondere die Wärmelieferverordnung, behindern energetische Sanierungen in der Praxis. Eine Überarbeitung der Wärmelieferverordnung, um Heizungssysteme fair und effizient zu bewerten, könnte hier eine Lösung darstellen, die den Umstieg auf klimafreundliche Fernwärme begünstigt.

Insgesamt bedarf es also einer Reihe von politischen Maßnahmen, um die Hürden für Sanierungsmaßnahmen in Wohnungseigentümergeinschaften zu überwinden und die Energiewende im Gebäudesektor voranzutreiben. Die Integration dieser Lösungen in die bestehende Förderlandschaft kann die Sanierungsrate in WEG-Gebäuden signifikant erhöhen und somit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten.

### **Wie wir gemeinsam in eine nachhaltige Zukunft gehen**

In Anbetracht der enormen Herausforderungen und der entscheidenden Rolle der Immobilienbranche auf dem Weg zum Ziel Klimaneutralität ist es unerlässlich, dass gemeinsam innovative Ansätze entwickelt und umgesetzt werden müssen.

Die Ergebnisse der Umfragen und die Arbeit der Projektpartner verdeutlichen, dass die Energieeffizienz in Wohnungseigentümergeinschaften nicht nur eine ökologische, sondern eine wirtschaftliche und soziale Notwendigkeit darstellt. Doch um diesen Wandel zu beschleunigen, werden nicht nur innovative Finanzierungsansätze, sondern auch die politische Unterstützung auf nationaler und europäischer Ebene benötigt. Hier ist noch einiges zu tun! GREEN Home arbeitet weiter daran, politische Lösungsansätze wie die Anpassung von Förderprogrammen, die Implementierung von One-Stop-Shop-Angeboten und die Schaffung flexibler Finanzierungsmodelle, voranzutreiben und letztlich die Hürden für Sanierungsmaßnahmen in Wohnungseigentümergeinschaften abzubauen.

Aktuelle Debatten verdeutlichen auch während des Projektverlaufs die Benachteiligungen, denen Wohnungseigentümergeinschaften gegenüberstehen. Beispielsweise die Diskussionen um die Integration von Balkonkraftwerken in die Liste privilegierter baulicher Veränderungen gemäß § 20 Abs. 2 WEG<sup>2</sup> sowie die Schwierigkeiten beim Zugang zu Fördermitteln, wie sie im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM)<sup>3</sup> existieren, zeigen auf, dass Handlungsbedarf besteht. Häufig scheitert es an notwendigen Beschlüssen, bevor Fördermittel überhaupt beantragt werden können. Angesichts dieser Situation ist es dringend erforderlich, dass wir uns noch stärker für die Interessen von WEG einsetzen und weitere Lösungsansätze erarbeiten. Wir laden dazu ein, sich diesem Engagement anzuschließen und Teil der Bewegung für eine klimaneutrale Zukunft zu werden. Denn nur durch gemeinsame Anstrengungen können wir die Energiewende erfolgreich vorantreiben und einen bedeutenden Beitrag zum Erreichen der Klimaziele leisten.

Ohle Zyber ist Referent der Geschäftsführung beim Verband der Immobilienverwalter Deutschland e.V. (VDIV Deutschland). Seit November 2023 koordiniert er für den Verband das GREEN Home Projekt.



2 Vgl. [www.gesetze-im-internet.de/woeigg/\\_\\_20.html](http://www.gesetze-im-internet.de/woeigg/__20.html) [abgerufen am: 23.04.2024]

3 Vgl. [www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/effiziente\\_gebaeude\\_node.html](http://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/effiziente_gebaeude_node.html) [abgerufen am: 23.04.2024]

### 6.2.3 Rothneusiedl in Wien: Ein Stadtteil für Klimaschutz, Klimawandelanpassung und Kreislaufwirtschaft entsteht



Dipl.-Ing. (FH) Silvia Hofer

Schon lange stellt sich nicht mehr die Frage, ob Wien wächst, sondern wie. Derzeit leben mehr als 2 Millionen Einwohner in der Stadt. Wien steht somit vor der Herausforderung, seine Stadtentwicklung nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ zu gestalten, um den Bedürfnissen einer wachsenden Bevölkerung gerecht zu werden. Die Herausforderungen des Klimawandels, der Urbanisierung und des Bevölkerungswachstum stellen die Stadtplanung vor besonders vielschichtige Aufgaben und setzen einen neuen Denkansatz voraus.



Dipl.-Ing. Araminta Perlinger

Besonders wichtig ist hierbei eine gute und enge Zusammenarbeit der handelnden Akteure. Die Magistratsabteilungen, Unternehmen und Fonds der Stadt Wien sowie die Grundeigentümer verfolgen einen dialogischen Ansatz, um den stetigen Informations- und Wissensaustausch zu gewährleisten.

Das Stadtentwicklungsgebiet Rothneusiedl befindet sich im 10. Wiener Gemeindebezirk (Favoriten) im Süden der Stadt und grenzt direkt an das Bundesland Niederösterreich an. Der Norden bildet den Übergang der bestehenden örtlichen Strukturen. Im Westen angrenzend befindet sich das Güterzentrum Wien Süd der Österreichischen Bundesbahnen. Rund 65 Prozent der Flächen befinden sich im Besitz des wohnfonds\_wien, fonds für wohnbau und stadterneuerung. Die restlichen Flächen wurden von gemeinnützigen und gewerblichen Bauträgern gekauft.

Bereits im Stadtentwicklungsplan 1994 (STEP) wurde das Planungsgebiet im Rahmen des räumlichen Entwicklungskonzepts als geplanter Siedlungsbereich vorgestellt, der einer traditionellen Entwicklung Achse (Favoriten – Rothneusiedl) folgt. Darauf aufbauend wurde der Standort als eines der 13 Zielgebiete im Rahmen des STEP 2005 definiert und damit ein klares Bekenntnis zur Schaffung eines neuen Stadtteils formuliert. Im STEP 2025 wurde das ca. 124 Hektar große Areal konkreter als »Potenzialfläche für Wohnen und Arbeiten« ausgewiesen.

Rothneusiedl ist seit jeher stark von der landwirtschaftlichen Nutzung geprägt und eng mit dieser verknüpft. Bis heute sind die historischen Strukturen im Kontext der Agrarwirtschaft zum Großteil erhalten geblieben und auch stark in der Wahrnehmung der lokalen Bevölkerung verankert.

Im Rahmen der Erstellung des Stadtteilentwicklungskonzepts Südraum Favoriten 2019 (SEK) wurden wesentliche übergeordnete Zielsetzungen für den Süden Favoritens und somit auch für Rothneusiedl und Umgebung festgelegt. Hierzu zählen die Erhaltung und Aufwertung von 90 Prozent des hochwertigen Grünraums im Südraum Favoriten mit seinen vielfältigen Funktionen, die Sicherung und Aufwertung von Qualitäten der Bestandsstadt und die Sicherstellung von leistbarem Wohnraum. Am Standort Rothneusiedl sowie im Umfeld der hochrangigen Verkehrsinfrastruktur U1 soll demnach konzentrierte Stadtentwicklung mit urbaner Dichte stattfinden – ganz im Zeichen der Ressourcenschonung und der Klimaanpassung.

International zeichnet sich der Trend ab, dass Menschen weiterhin und verstärkt in Städte ziehen. Diese gewinnen also weiterhin an Bedeutung als Siedlungsraum. Auch Wien gehört zu jenen erfolgreichen Städten in Europa, die aufgrund der Zukunftsperspektiven, die sie bieten, an Bevölkerung dazugewinnen. Hier können die Daseinsvorsorge, die Versorgungsqualität, die Stadt der kurzen Wege und der hohe Anteil der umweltverträglichen Verkehrsmittel (Umweltverbund) Realität werden. In diesem Zusammenhang zeichnet sich der urbane Lebensraum als klimagerechte flächen- und ressourcenschonende sowie kostensparende Variante aus. Kompakte Strukturen helfen in Summe den Bodenverbrauch zu minimieren.

Diese kompakten Siedlungsstrukturen helfen, den Aufwand für soziale und technische Infrastruktur gering zu halten. Mit Rothneusiedl wird der Zersiedelung entgegengewirkt und ein Beitrag für den Klimaschutz geleistet – auch für zukünftige Generationen. Durch eine Stadt der kurzen Wege wird die Lebensqualität aller 21.000 zukünftigen Bewohner gesichert und ermöglicht eine eigenständige Fortbewegung – bis ins hohe Alter. Es soll ein neues Zentrum im Süden von Wien werden, das viele Bedürfnisse der Daseinsvorsorge auf sehr nachhaltige Weise decken wird.



**Dipl.-Ing. Daniela Allmeier**



**Dipl.-Ing. Ekaterina Winter**

Die infrastrukturellen Gegebenheiten, wie zum Beispiel eine 380-Kilovolt- und eine 110-Kilovolt-Freistromleitung oder auch eine Hauptwasserleitung eignen sich optimal für die Herstellung einer Infrastrukturzone, um die Versorgungssicherheit des Südens von Wien zu gewährleisten. Geplant ist ebenso, die U-Bahn sowie weitere öffentliche Verkehrsmittel in das Gebiet zu integrieren.

Zur optimalen Versorgung der Wiener Bevölkerung ist auch die Wirtschaft ein bedeutender Faktor. In Rothneusiedl ist die Schaffung eines Wirtschafts- und Businessclusters und von Betrieben mit dem Potenzial, rund 8.000 Arbeitsplätze zu generieren, in Planung. Durch die Entwicklung wird erwartet, dass Rothneusiedl zu einem wichtigen innovativen Standort für Unternehmen wird, die von den Vorteilen eines gut vernetzten Wirtschaftsstandorts profitieren möchten.

In Rothneusiedl wird auf erneuerbare Energieträger und umfassendes Regenwassermanagement gesetzt. Intensive Dach- und Fassadenbegrünungen tragen mit einem ausgeklügelten Regenwassermanagement und einem Drittel der Fläche als klimawirksame Grün- und Freiflächen ebenso zur Klimawandelanpassung bei wie auch unversiegelte Flächen im Straßenraum. Das konsequente Anwenden des Kreislaufprinzips in allen Bereichen hilft, das Wachstum vom Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe zu entkoppeln. Die Materialien und Stoffe werden so eingesetzt, dass sie so lange wie möglich als Produkte verwendet werden und auch für zukünftige Produktionsprozesse zurückgewonnen werden können.

Mittlerweile weisen Städte eine große Artenvielfalt auf. Pflanzen und Wildtiere finden in städtischen Räumen immer häufiger die geeigneten Lebensbedingungen – in Parks, auf Grünflächen und in Bäumen. An und in Häusern und auf Brachen gibt es viele Nischen für Wildtiere und Pflanzen, die für viele Bürger einen wichtigen Kontakt zur Natur darstellen. Durch eine naturnahe Gestaltung von Grünanlagen, die Begrünung vom öffentlichen Raum, kann viel für den Naturraum und Artenvielfalt als Lebensraum für Wildtiere und Pflanzen getan werden.

Wien zeichnet sich besonders durch seinen qualitativen, leistbaren und geförderten Wohnbau aus. Die Stadtentwicklung und -planung kann das stete Bevölkerungswachstum, das durchaus mit der attraktiven Lebensqualität dieser Stadt zusammenhängt, und die damit einhergehende Nachfrage nach leistbarem Wohnraum in einer Weltmetropole wie Wien nicht außer Acht lassen. Der wohnfonds\_wien wird auch in diesem Gebiet seine qualitätssichernden Instrumente einsetzen, um den Standard im geförderten Wohnbau weiterhin zu gewährleisten.

In Rothneusiedl entsteht ein Stadtteil der zum Vorbild für Klimaschutz, Klimaanpassung und Kreislaufwirtschaft werden soll. In der Rothneusiedl Charta (Stadt Wien 2021) wurden neun Prinzipien festgeschrieben, die den Stadtteil in einem breiten Themenfeld – von der Energie über das Regenwassermanagement bis hin zur Integration lokaler Prägnungen – klimagerecht und inklusiv machen sollen.

Die in der Rothneusiedl Charta festgeschriebenen Prinzipien enthalten durchaus kontroverse Maßnahmen: Die innere Erschließung des Quartiers soll weitestgehend ohne Auto auskommen und das Betriebsgebiet im Stadtteil wird im Kontext des Klimaschutzes und der Klimawandelanpassung vermarktet. Damit aus den Zielen der Charta ein neues urbanes Miteinander von Leben, Wohnen und Wirtschaften entstehen kann, brauchen die künftigen Bewohner und Betriebe des Stadtteils sowie die bauenden und planenden Akteure ein gemeinsames Fundament.

Derartige Stadtteile stellen Planung, Verwaltung und Immobilienentwicklung vor neue Herausforderungen:

- Wie kann die Entwicklung des neuen Quartiers mit den Anforderungen für Klimaschutz, Klimawandelanpassung und Ressourcenschutz von Anfang an, also schon zum Zeitpunkt des Baus, vereint werden und was bedeutet dies für sich teilweise widersprechende Ziele?
- Wie sehen neue Stadtteile aus, wenn ihre Grün- und Freiräume nicht nur soziale Aufgaben sowie Erholungs- und Freizeitfunktionen übernehmen, sondern auch maßgeblich für das Regenwassermanagement und das lokale Mikroklima für das gesamte Quartier zuständig sind?
- Klimaneutrale Stadtentwicklung bedeutet, dass öffentliche Verkehrsmittel sowie der Fuß- und Radverkehr die vorrangigen Fortbewegungsmittel sind. Das Rückgrat im öffentlichen Verkehr bilden die neue U-Bahn, eine neue Regiotram und mehrere Busverbindungen. Aber was bedeutet das für das Straßen- und Wegenetz innerhalb des Stadtteils?
- Die Landwirtschaft spielt in der Stadtentwicklung eine immer wichtigere Rolle, nicht zuletzt, weil hochwertige Ackerflächen zugunsten einer bodenschonenden Stadtteilentwicklung weichen müssen, um eine stark wachsende Stadt kompakter zu gestalten. Wie geht Rothneusiedl als zukünftiger urbaner Stadtteil mit der Stadtlandwirtschaft um?
- Nachhaltiges Bauen bedeutet meist auch höhere Kosten. Wie kann es gelingen, mit den oben angeführten Anforderungen an Klimaschutz und Klimaanpassung auch weiterhin leistbaren und qualitätsvollen Wohnraum für alle zu schaffen?

### Dialogischer Wettbewerb als Plattform des Lernens von- und miteinander

Um Antworten auf diese Fragen zu finden, wurde im Jahr 2023 ein städtebaulicher und freiraumplanerischer Wettbewerb gestartet. Der dialogische Ansatz sollte auch in dieser Phase beibehalten und weitergeführt werden. Vergaberechtlich hat man sich für einen wettbewerblichen Dialog entschieden – eine für Österreich relativ junge Vergabeart. Sie ist für öffentliche Auftraggeber und besonders komplexe Vorhaben vorgesehen und wird zunehmend in der Europäischen Union (EU) für integrierte stadtplanerische Fragestellungen eingesetzt. In Wien kam diese mit dem Stadtentwicklungsprojekt Rothneusiedl zum ersten Mal in diesem Sinne zur Anwendung. Das Verfahren basiert auf einem ganzheitlichen und prozessualen Ansatz. So ermöglicht es der wettbewerbliche Dialog, städtebauliche Projekte integriert zu betrachten, indem verschiedene Zielsetzungen zu- und miteinander diskutiert werden, wie etwa bauliche Dichte, städtebauliche und architektonische Qualität, Grün- und Freiraum, Verkehr und Mobilität, öffentlicher Raum, technische wie grün-blaue Infrastruktur (strategisches Netzwerk aus natürlichen und naturnahen Flächen mit unterschiedlicher naturräumlicher Ausstattung auf verschiedenen Maßstabsebenen), Klimaschutz, Klimaanpassung und Kreislaufwirtschaft.

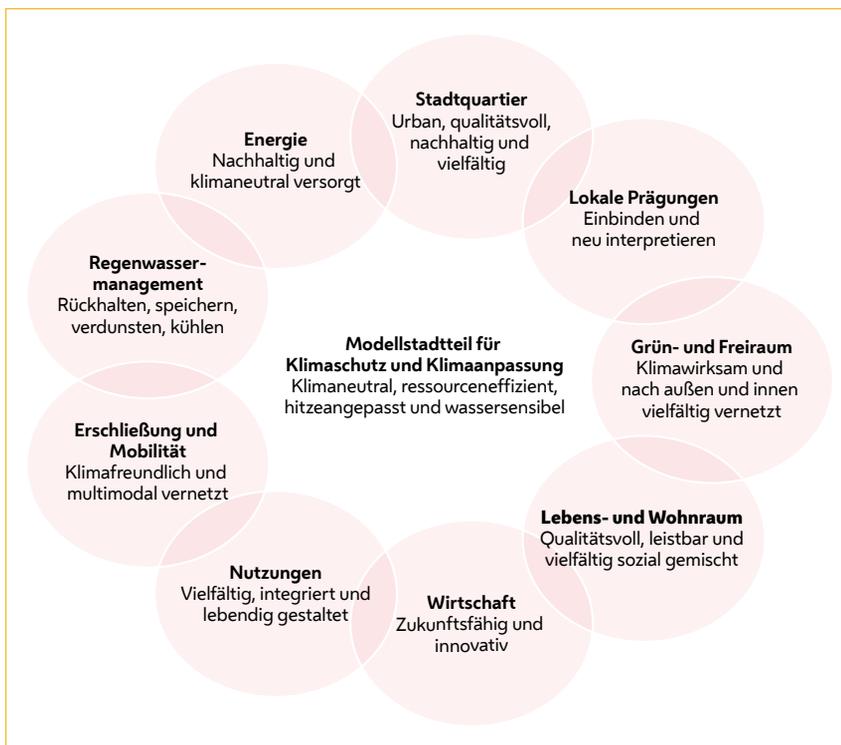


Abb. 01: Rothneusiedl Charta [Grafik: Raumposition OG/MA 21]

Wesentlicher Unterschied zwischen dem wettbewerblichen Dialog und einem »klassischen« Wettbewerb ist, dass das Bundesvergabegesetz hierbei keine Verpflichtung zur Anonymität der Teilnehmer bzw. der Wettbewerbsbeiträge vorsieht. Dadurch wird ein offener Dialog und das gemeinsame Lernen von- und miteinander für alle Verfahrensbeteiligten – Planungsteams, Auslober, Jurymitglieder, Fachberater und Öffentlichkeit – möglich.

Bei der Wahl des wettbewerblichen Dialogs für Rothneusiedl waren unter anderem folgende Überlegungen maßgebend:

- Steigende Komplexität der Planung: Räumliche Entwicklungsprojekte haben stark an Komplexität gewonnen und erfordern ein breites Spektrum an Fachwissen und Erfahrung – von »klassischen« Fachgebieten wie Stadt-, Landschafts- und Verkehrsplanung hin zu Gender Planning, Regenwassermanagement, Stadtklimatologie, Kreislaufwirtschaft und vielem mehr. Der wettbewerbliche Dialog ermöglicht es, verschiedene Kompetenzen frühzeitig einzubinden, um umfassende und integrierte Lösungen zu entwickeln.
- Starke Einbindung der Öffentlichkeit: Städtebauliche Projekte betreffen die Lebensweise und Lebensqualität der Bürger direkt. Der wettbewerbliche Dialog ermöglicht es, Anregungen, Bedürfnisse und Ideen der interessierten Bevölkerung zu berücksichtigen und dadurch die Akzeptanz und Legitimität des Projekts zu erhöhen.
- Förderung von innovativen Lösungen: Der offene und iterative Charakter des wettbewerblichen Dialogs bietet Raum für die Entwicklung und Erprobung innovativer Konzepte und Technologien, inklusive sozialer Innovationen. Dies kann dazu beitragen, neue Ansätze zur Lösung räumlich funktionaler und sozialer Herausforderungen zu identifizieren und umzusetzen.
- Risikomanagement: Städtebauliche Projekte sind nicht selten Gegenstand von Kontroversen und Zielkonflikten (zum Beispiel städtebauliche Dichte versus Flächenverbrauch). Dies zeigt sich im Bereich der klimaresilienten Stadtentwicklung in einem besonderen Maße. Durch den Dialog können potenzielle Risiken und Konflikte frühzeitig erkannt und adressiert werden. Dies trägt zur Vermeidung von Verzögerungen bei.

### **Planung und Beteiligung gehen Hand in Hand**

Das Innovative an diesem dialogischen Planungsverfahren ist, dass vor jedem wesentlichen planerischen Schritt die Bevölkerung eingebunden wurde und wird, um Anregungen für die weitere Bearbeitung zu geben. Auch die Endabgaben wurden vor der finalen Jurysitzung den Bürgern vorgestellt und mit ihnen diskutiert. Zusätzlich zu Beteiligungsformen wie Veranstaltungen oder Onlinebefragungen wurde ein Zukunftsteam Rothneusiedl als innovatives Format gegründet. Insgesamt 21 Personen bilden dieses Team,

darunter 14 geloste Bürger aus der unmittelbaren Nachbarschaft und dem gesamten Stadtgebiet sowie sieben gesetzte Vertreter aus Bürgerinitiativen, Landwirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft. Die Mitglieder setzen sich umfassend mit den Themen der Stadtentwicklung auseinander und erreichen somit ein tieferes Verständnis dafür.

Drei Vertreter aus dem Zukunftsteam nahmen als Berater an allen Jurysitzungen und Kolloquien teil. Sie fungieren als Schnittstelle zwischen der Bevölkerung und den Planern und bringen wertvolle Inputs im Rahmen des Planungsprozesses ein. Sie tragen die Inputs des Zukunftsteams und der Öffentlichkeit in das Gremium hinein und nehmen aktiv an den Diskussionen teil. Neben der Einbindung der interessierten Öffentlichkeit fand während des Prozesses ein intensiver Austausch- und Erkenntnisprozess zwischen Experten und teilnehmenden Planungsteams statt. So wurden die Entwürfe schrittweise weiterentwickelt und vertieft, und gleichzeitig die Fragestellungen konkretisiert und weiterentwickelt. Somit war dies ein Lernprozess für alle Beteiligten, insbesondere auch für die unterschiedlichen Verwaltungsabteilungen und den wohnfonds\_wien sowie die übrigen Grundstückseigentümer, die das Verfahren mitbegleitet haben und auch weiterhin daran mitarbeiten werden.



**Abb. 02:** Infowochenende am Zukunftshof, Rothneusiedl im September 2023: Bei mehreren Veranstaltungen gab es für die interessierte Bürgerschaft die Möglichkeit, sich aktiv in den Planungsprozess einzubringen. [Foto: C. Fürthner/MA21]



**Abb. 03:** Infoausstellung am Zukunftshof im Oktober 2023: Die Bürger wurden auch nach ihrer Einschätzung der einzelnen Projekte gefragt. [Foto: C. Fürthner/MA21]



**Abb. 04:** Auftaktkolloquium, Rothneusiedl im September 2024: Im Rahmen von dialogischen Formaten kommen alle Projektbeteiligten zusammen und entwickeln die Planungsansätze weiter. [Foto: C. Fürthner/MA21]

**Das Projekt »Der Grüne Ring« der Berliner Büros O&O Baukunst und capattistaubach urbane Landschaften\* zeigt, wie ein nachhaltiger Stadtteil zukünftig aussehen kann**

Das dialogische Wettbewerbsverfahren für Rothneusiedl führte zu vier innovativen Entwürfen, aus denen eine hochkarätige, international besetzte Jury im März das Siegerprojekt »Der Grüne Ring« vom Team »O&O Baukunst« und »capattistaubach urbane Landschaften« auswählte. Die charakteristische Grundidee des Siegerentwurfs ist eine kompakte Stadt, die von einem großzügigen, umschließenden und vielfältig nutzbaren Ring aus Parklandschaften, Wäldern und Stadtwildnis umgeben ist. Im Entwurf arbeitet das Planungsteam mit erprobten und bekannten Bausteinen, programmiert jedoch ihre Bestandteile – Gebäude, Dächer, Höfe und öffentliche Räume sowie die sehr großzügigen angebotenen Freiräume – konsequent neu. So werden hier sehr ambitionierte Vorschläge für einen innovativen Ansatz hin zu einem Klimavorzeigestadtteil gemacht.

**\*Das Planungsteam setzt sich aus folgenden Büros zusammen:**

Architektur | Städtebau: O&O Baukunst, Wien/Berlin

Landschaft | Freiraum: capattistaubach urbane Landschaften, Berlin

Mobilität: Rosinak & Partner, Wien

Energie: Transsolar Energietechnik, Stuttgart

Regenwassermanagement: Sieker Ingenieurgesellschaft, Hoppegarten

Zirkuläres Bauen: Concular, Berlin



**Abb. 05:** Siegerentwurf: Lageplan [Quelle: O&O Baukunst, capattistaubach urbane landschaften]



**Abb. 06:** Visualisierung: Blick in den grünen Innenhof [Quelle: O&O Baukunst, cappatistaubach urbane landschaften]



**Abb. 07:** Visualisierung: Blick in Richtung Feldpark [Quelle: O&O Baukunst, cappatistaubach urbane landschaften]

Im Frühsommer 2024 wird das Siegerprojekt öffentlich vorgestellt, was den Start für den Leitbildprozess markiert, der etwa ein Jahr dauern wird. Das städtebauliche Leitbild bildet in einem nächsten Schritt die Grundlage für den Flächenwidmungs- und Bebauungsplan. Erst danach können die Detailplanungen beginnen. Die ersten Umsetzungsschritte werden frühestens im Jahr 2030 erwartet.

### **Lessons learned: Erkenntnisse für die weiteren Schritte**

Das innovative dialogische Verfahren erlaubte, dass vor jedem wesentlichen planerischen Schritt die Bevölkerung aktiv eingebunden wurde. Die regelmäßigen öffentlichen Veranstaltungen zeigten, dass der Diskurs mit den Anrainern ein wesentlicher Faktor ist, um die Planungen voranzutreiben. Das lokale Wissen stellte die Akteure immer vor die Aufgabe, ihre Denkansätze und auch Lösungsansätze zu hinterfragen und neu zu interpretieren, um einen Stadtteil mit der Bevölkerung für die Bevölkerung zu planen.

Zur Entwicklung des Gebiets wurde 2023 vom wohnfonds\_wien, fonds für wohnbau und stadterneuerung sowie der Wiener Stadtwerke Vermögensverwaltung die »Wohnfonds – Wiener Stadtwerke Entwicklungs GmbH« (WWEG) gegründet. Zu ihren Aufgaben zählt unter anderem die Projektplanung, die Mitwirkung an der Planung und Entwicklung der Planungsakte der Stadt Wien sowie die Durchführung erforderlicher Bewilligungs- und Genehmigungsverfahren. Im Fokus steht die Zusammenarbeit mit den Magistratsabteilungen der Stadt Wien sowie den Grundeigentümern.

Projektwebsite: <https://rothneusiedl.wienwirdwow.at>

Projektleitung: Stadt Wien, MA 21 Stadtteilplanung und Flächenwidmung Innen-Südwest

Projektentwicklung: WWEG – Wohnfonds – Wiener Stadtwerke Entwicklungs GmbH

Verfahrensbegleitung: Raumposition mit Schramm Öhler Rechtsanwältinnen

Dipl.-Ing. (FH) Silvia Hofer studierte »Bauplanung und Baumanagement« an der FH JOANNEUM in Graz. Ab 2000 war sie Projektleiterin bei »KS Ingenieure« in Wien und wechselte im Oktober 2002 als Projektleiterin zum wohnfonds\_wien, fonds für wohnbau und stadterneuerung, wo sie von April 2008 bis Ende 2023 Gruppenleiterin war. Seit 2024 ist Silvia Hofer stellvertretende Bereichsleiterin für Liegenschaftsmanagement und Qualitätssicherung im wohnfonds\_wien. Sie ist regelmäßig als Referentin und Jurorin tätig und Mitglied im Grundstücksbeirat des wohnfonds\_wien. Seit August 2023 ist sie zudem Geschäftsführerin der Wohnfonds – Wiener Stadtwerke Entwicklungs GmbH, eine Gesellschaft zur Entwicklung von 10., von Rothneusiedl zu einem Modellstadtteil für Klimaschutz und Klimaanpassung.

Dipl.-Ing. Araminta Perlinger studierte Raumplanung und Raumordnung an der TU Wien. 2016 begann sie im wohnfonds\_wien, fonds für wohnbau und stadterneuerung als Projektleiterin im Bereich Liegenschaftsmanagement. In ihrer Tätigkeit für den wohnfonds\_wien hat sie sich auf die Projektentwicklung in Stadterneuerungsgebieten spezialisiert. Im August 2023 übernahm sie die Prokura in der Wohnfonds – Wiener Stadtwerke Entwicklungs GmbH.

Dipl.-Ing. Daniela Allmeier ist Stadtplanerin und Partnerin des Planungsbüros »Raumposition« mit Standorten in Wien und Innsbruck. Das Büro ist spezialisiert auf die räumliche und strategische Planung von Städten, Gemeinden und Stadtteilen. Mit einem Schwerpunkt auf komplexe Planungs-, Beteiligungs- und Kommunikationsprozesse begleitet Raumposition unterschiedliche Städte in Österreich und Deutschland. Bis zum Jahr 2020 lehrte Daniela Allmeier im Bereich Stadtentwicklung an der Technischen Universität Wien. Sie ist regelmäßig als Referentin und Jurorin tätig und moderiert verschiedene Veranstaltungen im Kontext der Stadtplanung. Ihre Expertise und ihre Leidenschaft für eine nachhaltige und lebenswerte Stadtgestaltung machen sie zu einer geschätzten Persönlichkeit in ihrem Fachgebiet.

Dipl.-Ing. Ekaterina Winter absolvierte ihr Studium der Architektur mit dem Schwerpunkt Städtebau in Moskau und erweiterte ihr Fachwissen durch ein Studium der Raumplanung in Wien. Seit 2015 ist sie im Planungsbüro »Raumposition« tätig und leitet seit 2023 den Wiener Standort. Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen in der integrierten Stadtentwicklung und Stadtplanung sowie in der Durchführung und Begleitung dialogorientierter Planungsverfahren.

## 6.2.4 Soziales Quartiersmanagement am Beispiel der Sennestadt in Bielefeld

### Die Geschichte

Die Sennestadt im Süden von Bielefeld wurde als prominente Modellstadt der Nachkriegsmoderne im Jahr 1956 vom Stadtplaner Hans-Bernhard Reichow entworfen. Für die Umsetzung wurde, ebenfalls im Jahr 1956, durch den Landschaftsverband Westfalen-Lippe, den Landkreis Bielefeld und die Gemeinde Senne II die Sennestadt GmbH gegründet, die bis heute besteht. Als Zielgruppe für das Quartier sollten insbesondere Familien angesprochen werden. Die Sennestadt wurde so konzipiert, dass in der polyzentrischen organischen Stadtlandschaft Hoch-, Reihen- und Mehrfamilienhäuser für eine soziale Durchmischung sorgen. Das Konzept ist aufgegangen und funktioniert bis heute.



Abb. 01: Quartier Sennestadt heute [Foto: Peter Wehowsky]

### Die Idee/die Wandlung

Allerdings war das Quartier »in die Jahre gekommen«. Neue Konzepte mussten her, um die Sennestadt zukunftsfähig zu machen und auch weiterhin als attraktives Wohnprojekt für die rund 21.000 Bewohner zu erhalten. Bereits 2008 wurde im Rahmen der Städtebauförderung das Städtebauliche Entwicklungskonzept (INSEK) und damit das

Soziale Stadtgebiet für die Sennestadt aufgestellt und von der Politik beschlossen. Im Jahr 2012 entstand die Idee zu einer umfassenden energetischen Quartierssanierung als Kooperationsprojekt zwischen der Sennestadt GmbH, der Stadt Bielefeld (Bauamt und Umweltamt) und den Stadtwerken Bielefeld. Die Idee und das Konzept zur Umsetzung im Quartier, gefördert durch das KfW-Programm 432 »Energetische Stadtsanierung«, entwickelte Armin Jung, Büro Jung Stadtkonzepte, Köln. Im Jahr 2014 wurde die Arbeitsgemeinschaft Sanierungsmanagement gegründet, gebildet durch das Institut für Bauforschung e.V. (IFB) in Hannover und dem Büro für Soziale Architektur/Alberts Architekten BDA in Bielefeld. Das Projektteam setzt sich aktuell aus den folgenden Akteuren zusammen:

- das Büro alberts.architekten ist spezialisiert auf die partizipative Entwicklung und Implementierung sozialer Architektur;
- das Institut für Bauforschung e.V. (IFB), bundesweit agierende Institution im Bereich Qualität und Nachhaltigkeit am Bau, seit 1962 mit der Sennestadt als Ideengeber verbunden;
- die Sennestadt GmbH, seit 1956 in der Sennestadt aktiv, koordiniert das Projektteam;
- die Stadt Bielefeld, berät interessierte Bürger, verfolgt Klimaschutzziele und verbindet den Stadtumbauprozess mit der energetischen Stadtsanierung;
- die Stadtwerke Bielefeld steuern Expertenwissen als lokaler Energieversorger bei und stehen für den zukunftsfähigen Umbau der Energiesysteme.

Die wichtigsten Akteure waren und sind jedoch die Eigentümer und Nutzer der Wohngebäude. Diese galt es, mit ins Boot zu holen. Denn: Am Ende betreffen die Maßnahmen die Bewohner, sie müssen damit leben. Sei es während der Umsetzung der Maßnahmen; seien es monetäre Auswirkungen – Kosten für die Umsetzung und später Einsparungen zum Beispiel durch geringere Energiekosten –; Komfortverbesserung, wenn die Maßnahme an den Bedarf der jeweiligen Nutzer angepasst wurde; Werterhalt der eigenen Immobilie, Bindung ans Quartier, Beitrag zum Klimaschutz usw.

Beim Projekt Sennestadt wurde auf eine breit angelegte Beratungsstrategie gesetzt, um alle Bewohner, Eigentümer und Nutzer zu erreichen und von den geplanten Maßnahmen zu überzeugen. Die Umsetzung des KfW-Programms 432 »Energetische Stadtsanierung in der Sennestadt« wurde 2020 mit dem KfW Award Leben<sup>1</sup> ausgezeichnet, da es beispielsweise gelungen ist »über das Projekt »Farben der Sennestadt« technische Sanierungsanlässe bei Wohnungsunternehmen in identitätsstiftende Sanierungsqualitäten zu lenken«.

<sup>1</sup> Vgl. <https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/F%C3%B6rderung-auftrag-und-Geschichte/KfW-Awards/KfW-Award-Leben/KfW-Award-Leben-2022> [abgerufen am: 10.06.2024]

**Ein Beratungsprojekt, das die Leute haben wollen oder: Kommunikation ist der Schlüssel**

Eine Innovation ist eine Idee, die sich am Markt bewährt hat. Qualität ist eine Beschaffenheit, die so beschrieben ist, dass alle Beteiligten sie verstehen. Kommunikation ist der Schlüssel für beides: Ohne Qualitätsdebatten entsteht kein Verständnis von Qualität. Bei der zwischenmenschlichen Kommunikation laufen in der Regel nur etwa 20 Prozent über die Sachebene; 80 Prozent spielen sich auf der Beziehungsebene ab. Hier herrscht das Ego. Das kann dazu führen, dass gemeinsame Entscheidungen – etwa bei Wohnungseigentümergeinschaften oder Besitzern einer Reihenhauszeile – an einem Einzelnen scheitern, der dagegen ist. Oft stören Hierarchieebenen zwischen Beteiligten den Prozess, im gleichberechtigten Gespräch konstruktive Lösungen zu finden und umzusetzen. In solchen Situationen können Sanierungsmanager vermitteln.

Innovationen haben im Wohnungsbau oft einen schweren Stand, da das Umfeld der Bauherren, zum Beispiel die Eltern junger Bauherren, gegen ungewöhnliche Lösungen sind, etwa ein Holzhaus oder eine Lösung mit zwei Schlafzimmern. Häufig schwindet die anfängliche Offenheit für solche Lösungen später wieder. Grund ist eine parallele Kommunikation gegen die Innovation, die nur mit geschickter Pro-Kommunikation aufgefangen werden kann. Ist etwas schiefgegangen, geht es im Austausch darüber oft nur darum, wer wofür verantwortlich sei. Wie absurd das ist, bekommen die Deutschen meist erst dann mit, wenn zum Beispiel ein Niederländer sich über das deutsche »Silo-denken« wundert. Wo der oberste Grundsatz lautet »Dafür bin ich nicht zuständig, das geht mich nichts an«, da ist es kaum möglich, eine vernünftige Innovation durchzusetzen, die kooperatives Verhalten der Beteiligten voraussetzt. Viele Beratungs- und Moderationsgespräche zeigen: Innovative Planer haben nur dann eine Chance, wenn sie ein Beratungsprodukt anbieten können, das die Bauherren wirklich haben wollen, das also einen realen Bedarf adressiert. Bauherren wollen nicht über den angeblichen Nutzen von Dingen belehrt werden, die sie gar nicht haben wollten.

Was Bauherren haben wollen, ist ein funktionierendes Haus ohne Fehler. Kann also interdisziplinäre Planung ein solches Beratungsprodukt sein? Hier besteht die Schwierigkeit, dass viele Bauherren aus Angst vor Zusatzkosten zunächst nicht wollen, dass im Vorfeld der Planung schon alle Fachleute beteiligt werden. Das Gute: Bauherren können sich fast immer darauf verlassen, dass alle Fachleute und Firmen ein großes Interesse daran haben, ein mängelfreies Werk abzuliefern, das den Bauherrn mindestens zufriedenstellt. Kommt es trotzdem einmal zu Schwierigkeiten, führt das direkte Gespräch der Beteiligten meist viel schneller weiter als schriftliche Kommunikation; diese Erfahrung haben schon viele Unternehmen gemacht. Im direkten Gespräch sind die Beteiligten eher bereit, eine gemeinsame Lösung zu finden, während schriftliche Botschaften schnell auf die unfruchtbare Ebene der Verantwortungsschieberei und gegenseitiger Schuldzuweisungen abgleiten.

CHECKLISTE »Gute Kommunikation im Bauprojekt«	
✓	Sind die Vereinbarungen klar und verbindlich formuliert? Wer überprüft das?
✓	Sind wichtige Begriffe so geklärt, dass alle Beteiligten das gleiche darunter verstehen?
✓	Sind die E-Mail-Verteiler so definiert, dass die Adressaten möglichst vor überflüssigen Informationen geschützt werden?
✓	Ist gewährleistet, dass die Betreffzeilen aller E-Mails aussagekräftig sind und zum Inhalt der jeweiligen E-Mail passen?
✓	Sind alle Beteiligten bereit, in Problemfällen zum persönlichen Gespräch überzugehen?
✓	Ist geklärt, wer welche Informationskanäle für welche Art von Informationen nutzt?
✓	Wird statt E-Mails ein Projektmanagementsystem verwendet?
✓	Ist gewährleistet, dass komplexe Zusammenhänge visualisiert dargestellt werden? Wer macht es?
✓	Werden wichtige Schnittstellen während des Baus fotografiert oder gefilmt? Wie werden die Fotos und Videos zugänglich gemacht?

**Das Konzept (Quartierskonzept)**

Quartiere als Untereinheiten von Stadtteilen vereinen wichtige gesellschaftliche und soziale Funktionen miteinander, etwa Wohnen, Versorgung, Begegnung und Freizeitgestaltung. Um dies zu erhalten, müssen sich auch Quartiere weiterentwickeln und an die sich wandelnden Bedürfnisse der Bewohner anpassen. Bei der Entwicklung von Quartierskonzepten geht es auch darum, die Lebens- und Arbeitsbedingungen im Quartier zu verbessern. Dies kann geschehen, indem neue Strukturen, Angebote oder Räume entwickelt/geschaffen werden. Die Menschen im Quartier sollen bei dieser Entwicklung mitwirken können und bei Entscheidungen miteinbezogen werden. Die Entwicklung eines Quartierskonzepts ist ein Prozess, der geplant in Gang gesetzt werden muss. Hierfür braucht es Institutionen und Menschen, die den Prozess tragen.

Zu den Erkenntnissen aus diesem Prozess zählt, dass in der Sennestadt ein ausgeprägter Modernisierungsbedarf der Wohnbestände, sowohl in qualitativer als auch energetischer Hinsicht, bestand und besteht. Im Sinne einer gesamtheitlichen und nachhaltigen Entwicklungsstrategie erfolgte die Bewerbung um die Teilnahme am KfW-Programm »Energetisch Sanieren«. Auf Grundlage des Quartierskonzepts »Vitamine für das Wirtschaftswunder« setzt das Sanierungsmanagement seit 2014 die Sanierung in der Sennestadt um. Laut Aussage eines Beteiligten ist das Potenzial riesig, da die Siedlung vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung und damit komplett ohne Wärmedämmung oder ähnliche energieeffiziente Maßnahmen geplant und errichtet wurde. Auch wurden in der Zwischenzeit nur geringfügige energetische Maßnahmen an einzelnen Gebäuden durchgeführt, sodass bei klug geplanten und umgesetzten Sanierungsmaßnahmen neben Komfortsteigerungen auch eine nachhaltige, energieeffiziente und zukunftsorientierte Siedlung entstehen kann. In der Sennestadt wurde das Konzept durch ein Team verschiedener, oben genannter Akteure entwickelt.

### **Das Sanierungsmanagement**

An die Konzeptphase der energetischen Stadtsanierung schloss sich die Phase des Sanierungsmanagements an, in der Sanierungsziele und andere stadtplanerische Ziele formuliert wurden. Für eine nahtlose Umsetzung hat es sich in der Praxis bewährt, dass sich diese beiden Phasen – Konzeptphase und Sanierungsmanagement – überlappen. Sobald die Eckpunkte des Quartierskonzepts feststanden, konnte das Sanierungsmanagement ausgeschrieben werden. Anschließend wurden die verschiedenen Beratungskonzepte an die Eigentümer und Nutzer/Mieter herangetragen. Dabei waren verschiedene Hürden zu überwinden. Nicht zuletzt ging es um Fragen wie »Lohnt sich die Sanierung für mich als Eigennutzer?« Auch gesamte Eigentümergemeinschaften von einem Konzept für das jeweilige Gebäude zu überzeugen war und ist eine Herausforderung. Und auch hier gilt: Letztlich entscheidet der Eigentümer. Deshalb ist die Kommunikation und das Miteinbeziehen aller Beteiligten bereits in der Konzeptphase für das Quartier entscheidend. Im Falle der Sennestadt wurde auf die Erfahrung aus verschiedenen, bereits in Umsetzung befindlicher Projekten zurückgegriffen. Sind die Eigentümer mit im Boot, können die Gebäude und ihre Substanz analysiert werden. Dabei geht es darum, die Gesamtheit jedes einzelnen Gebäudes zu betrachten, und dann auf dieser Basis sinnvolle, ökonomische und ökologische Lösungen zu finden und schrittweise im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen umzusetzen. Die Maßnahmen sind dabei individuell auf das jeweilige Gebäude und deren Nutzer abzustimmen.

## Die Umsetzung



**Abb. 02:** Energetische Sanierung des Musterhauses [Foto: IFB]

Sanieren im Sinne des Sanierungsmanagements bedeutet vor allem Qualität und Kommunikation: Informieren und vernetzen, Ergebnisse von bleibendem Wert erzielen, eine effiziente und nachhaltige Sennestadt entwickeln. Dabei die Dinge ganzheitlich sehen und jede Einzelmaßnahme als Teil eines lebendigen und organischen Ganzen zu begreifen – das hat in der Sennestadt Tradition und entspricht gleichzeitig den zentralen Anforderungen des 21. Jahrhunderts. Im ersten Schritt wurden modellhafte Sanierungsprojekte mit privaten Haus- und Wohnungseigentümern generiert und erprobt. Teil dessen war auch die energetische Sanierung des Musterhauses, das interessierten Eigentümern bis heute beispielhaft und greifbar zeigt, was alles möglich ist. Schritt für Schritt geht es voran, wobei jedes Gebäude mit seiner Substanz, seinem Zustand und seinen Bewohnern individuell zu betrachten und die energetische Sanierung ebenso individuell zu planen und auszuführen war und ist. Gleichzeitig sind die Gebäude und die Straßenzüge als Teil eines Ganzen bzw. Teil eines Gesamtkonzepts zu betrachten. Diese müssen sich letztlich auch in das Gesamtbild der Siedlung einfügen. Ein einzelnes Haus zu sanieren und alle Bewohner und Anforderungen unter einen Hut zu bekommen ist schwierig. Dies auf ein gesamtes Quartier zu beziehen, wird zur Herausforderung für alle Beteiligten. Hier gilt: Der Weg ist das Ziel!

### Das Klimaquartier

Neben der Sanierung des vorhandenen Gebäudebestands wurden in der Sennestadt auch klimagerechte Neubauentwicklung, neue Formen der Energieversorgung und die Änderung des Mobilitätsmixes verfolgt. Zusammen machen diese Prozesse das Klimaquartier Sennestadt aus als Baustein für die Umsetzung der Bielefelder Nachhaltigkeitsstrategie<sup>2</sup>, die sich auf die Pariser Klimaschutzabkommen<sup>3</sup> und die Sustainable Development Goals<sup>4</sup> stützt. Als Klimaquartier zeigt die Sennestadt heute, wie es gelingt, modellhafte Projekte, Kooperationen, Verfahren, Technologien und Finanzierungsmodelle zu entwickeln, zu erproben und zu vermitteln. Am Beispiel einer zentralen Industriebranche, dem Schillinggelände, verbinden sich hohe architektonische Anforderungen, höchste Energieeffizienz und Klimaschutzstandards sowie überzeugende Qualitätssicherung mit einem konsequent durchdachten, lokal verankerten städtebaulichen Konzept. Lokale Energie- und Dienstleistungsinfrastruktur, kalte Nahwärme, Breitbandnetz, Fertigungstechnologie für Effizienzhäuser Plus und Ladeinfrastruktur für Elektromobilität treffen auf nachbarschaftliche Gemeinschaft und einen städtebaulichen Bestand in Veränderung. Neubau und energetische Stadtsanierung konnten in einem Konzept zusammengeführt werden, weil sich die gemeinnützige Sennestadt GmbH als städtische Gesellschaft im Stadtumbau engagiert. So ist es beispielsweise gelungen, über das Projekt »Farben der Sennestadt« technische Sanierungsanlässe bei Wohnungsunternehmen in identitätsstiftende Sanierungsqualitäten zu lenken. Hinzu kommen eine geplante Stadtbahnverlängerung mit Radwegeausbau von Bielefeld nach Sennestadt und Mietertickets für den ÖPNV.

### Das Stadtlabor

Die Verzahnung des integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzeptes INSEK Stadtumbau Sennestadt mit der Verfolgung von Mobilitäts-, Energie- und Klimaschutzzielen schafft Synergien, macht konkrete Umbauvorhaben für die Menschen erlebbar und bietet einen Laborraum für Forschungsprojekte. Deshalb hat der Rat der Stadt Bielefeld 2017 beschlossen, das Klimaquartier Sennestadt als besonderen Laborraum für die Entwicklung modellhafter Projekte, Verfahren und Technologien zu nutzen.

### Die Sennestadt heute – Update einer Utopie

In den letzten Jahren hat sich einiges getan: Während der energetischen Quartierssanierung hat sich die Modellstadt der 1960er-Jahre zum prämierten Klimaquartier in Nordrhein-Westfalen entwickelt. Als Klimaquartier ist die Sennestadt zum Laborraum für

2 Vgl. <https://www.bielefeld.de/klima-strategien> [abgerufen am: 10.06.2024]

3 Vgl. <https://www.bmz.de/de/service/lexikon/klimaabkommen-von-paris-14602> [abgerufen am: 10.06.2024]

4 Vgl. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-erklaert-232174> [abgerufen am: 10.06.2024]

ein nachhaltiges Bielefeld geworden. Die Akteure können sich eines Klimas der Unterstützung durch Politik und Verwaltung sicher sein. Die Koordination der Aktivitäten oblag der Sennestadt GmbH in enger Abstimmung mit der Stadt Bielefeld. Bei jeder Sanierungsmaßnahme wird geprüft, inwieweit das baukulturelle Erbe in die Planung einer Sanierung und in eine Beratung einzubeziehen ist. Denn: Die Sennestadt als Ensemble hat Wert. Diese städtebauliche Wertschätzung sollte bei energetischen Sanierungen jedem Gebäude entgegengebracht werden.

Attraktiv durch die Anbindung an die Stadtbahn und die Verbindung der Nord- und Südstadt hat die Sennestadt GmbH für die Erweiterung des Quartiers eine angrenzende Industriebrache gekauft. Hier entsteht eine Klimaschutzsiedlung mit hohen Gebäudestandards, die mit dem derzeit in energetischer Sanierung befindlichen Altbaubestand des bestehenden Quartiers korrespondiert und langfristig zu einem Quartier zusammenwachsen soll. Neuer und alter Teil der Siedlung sollen einander ergänzen. Bis das erreicht ist, ist es noch ein langer Weg mit vielen Hürden. Trotzdem sind die Beteiligten zuversichtlich, dass hier etwas Gutes entsteht und dass das Quartier eine Renaissance erleben wird. Mit einem guten Konzept und viel Engagement ist es in der Sennestadt gelungen, den einmaligen Zeugniswert des Städtebaus der Nachkriegsmoderne fortzuschreiben. Energetische Erneuerung, Neubau und Identität werden hier zusammengeführt.



**Abb. 03:** Erweiterung des Quartiers Sennestadt: Klimaschutzsiedlung [Foto: Peter Wehowsky]

## 6.3 Infrastruktur und Ingenieurbauwerke – Sichere Mobilität schaffen

Der massive Sanierungsstau bei der deutschen Verkehrsinfrastruktur ist nicht mehr wegzudiskutieren. Hier gilt es, schnell und nachhaltig kostengünstige Lösungen zu finden. Im folgenden Kapitel werden ausgewählte innovative Infrastrukturprojekte und deren individuelle Lösungen dargestellt, jeweils mit dem Fokus, auch diese Bauvorhaben neu zu denken.

### 6.3.1 Versorgungsinfrastrukturen an Brücken

#### INTERVIEW – SEBASTIAN RÖBER, JAN SYRÉ



Jan Syré



Sebastian Röber

Brücken werden in der Regel aus zwei Perspektiven wahrgenommen: Während einer Unterquerung sieht sie der Betrachter frontal und in voller Länge. Beim Befahren erscheinen Brücken quasi als Straße, mit dem Unterschied, dass am Fahrbahnrand Geländer zu sehen sind oder, etwa auf Autobahnen, Hinweisschilder mit Informationen über den zu querenden Fluss oder das Tal aufgestellt sind. Brücken dienen jedoch nicht nur Kraftfahrzeugen und Eisenbahnen zur Überquerung von Flüssen, Kanälen, Tälern oder anderen Verkehrswegen. Brücken sind auch Träger von Versorgungsinfrastrukturen – eine Tatsache, die nicht jedem bewusst ist.

**Jan Syré:** Herr Röber, Sie kümmern sich bei dem baden-württembergischen Netzbetreiber Netze BW GmbH um die Versorgungsleitungen, die an Brückenbauwerken verlaufen. Der Leser wird jetzt maximal an Stromleitungen denken, mit denen die Straßenlampen auf den Brücken versorgt werden. Aber das ist natürlich zu kurz gedacht, oder?

**Sebastian Röber:** Ja, natürlich. Versorgungsleitungen an Brücken sind vielfältig und für den Transport von beispielsweise Energie von großer Bedeutung. Aber zunächst ist es ganz einfach: Auch um die reibungslose Funktion und Sicherheit dieses wichtigen Verkehrsinfrastrukturbauwerks zu gewährleisten, werden schon bei der Planung Möglichkeiten für die Unterbringung von Leitungen angedacht – man schraubt

nicht einfach nachträglich ein paar Leitungen dran, weil sich durch die Brücke die Gelegenheit zur Talquerung bietet. Straßenlampen erwähnten Sie schon, aber auch andere Anlagen wie Verkehrsampeln und -schilder, Verkehrssteuerungssysteme etc. benötigen Strom. Hinzu kommen Überwachungsinstrumente am Bauwerk selbst, die für den reibungslosen Betrieb der Brücke notwendig sind. Und nicht zuletzt: ganz wichtig auch die dazu gehörigen Kommunikationsleitungen, um Ampeln anzusteuern oder Überwachungsergebnisse weiterzuleiten.



Abb. 01: Gasleitung DN 300 im begehbaren Brückenkörper (Gitterroste) [Foto: Netze BW GmbH]

**Syré: Ich sehe schon, Brücken benötigen für ihren Betrieb oftmals selbst Versorgungsleitungen und Anlagen. Aber wie sieht es mit Versorgungsleitungen aus, für die Brücken nur »Queerungshilfen« sind?**

Röber: Hier sind Brücken universell einsetzbar und können einige Arten von Versorgungsleitungen tragen. Da sind zunächst die eingangs erwähnten Stromleitungen. Diese versorgen ja nicht nur die Brücke, sondern ebenso ihre Umgebung mit elektrischer Energie. Und dann können Brücken auch klassischer Bestandteil der Trägerinfrastrukturen eines Stromnetzes

sein – so wie Masten. Natürlich können wir heute auch weite Täler mit Stromleitungen an Masten überqueren – was sogar die Regel ist – aber es gibt auch ab und zu Situationen, da bietet sich eine Brücke an. Aber das kommt immer auf die jeweilige Standort-situation an.

**Syré: Also Strom im Rahmen von Versorgung von Städten oder Industriegebieten eher weniger?**

Röber: Eher weniger – es ist einfacher, die Trägerinfrastrukturen nicht zu verändern. Es ist zu umständlich, von Masten auf Brücken und dann wieder auf Masten zu wechseln. So müssten dann zum Beispiel bei der Überprüfung der Leitungen die Geräte gewechselt werden. Mastenleitungen können mit Hubschraubern oder Drohnen gut kontrolliert werden. Das ist bei Brücken, je nachdem, wie die Leitung verlegt ist, nicht möglich, zumindest nicht so gut. Manchmal gibt es in der Versorgung von Ortslagen die bekannten »Leitungen am Straßenrand«, dort stehen dann auf Brücken auch einmal welche. Wie gesagt, es kommt immer auf die betreffende Situation an.

Hinzu kommt aber auch noch etwas anderes. Mastenleitungen, um sie einmal so zu nennen, gehören den Netzbetreibern. Diese sind dann zu 100 Prozent auch für die Sicherheit verantwortlich. Bei Brücken sehen die Besitzverhältnisse anders aus. Hier müssen wir immer mit den jeweiligen Wegebausträgern zusammenarbeiten. Das fängt bei der Planung an, erstreckt sich über die Nutzungsverträge und endet bei den Regelwerken der Nutzung, Überwachung, Gewährleistung, Reparaturen usw. Da kommt auf die Netzbetreiber als Fremdnutzer von Brücken für eigene Belange einiges zu. Aus diesem Grund bauen wir lieber eine Mastenleitung weiter aus und können so auch recht große Entfernungen überbrücken.



Abb. 02: Mithilfe eines Brückenuntersichtgeräts wurden die Gasleitungen (2x DN 400) auf ihren Zustand geprüft. Hierfür wurde die Blechverkleidung an mehreren Stellen demontiert. Im Zuge dieser Prüfung konnten die Auflager und Rohrteile einer Sichtprüfung unterzogen werden. [Foto: Netze BW GmbH]

**Syré: Stimmt, die Netze BW verfügt über die längste Spannweite Deutschlands, wenn ich das recht erinnere?**

Röber: Die Netze BW GmbH besitzt bei der Freileitung zwischen den Umspannwerken Calmbach und Straubenhardt-Schwann an der Talüberquerung der Eyach mit 1.443 Metern die längste Spannweite zwischen zwei Strommasten in Deutschland. Es gäbe dort auch keine Brücke, die genutzt werden könnte. Über die Freileitungsanlage verlaufen sowohl ein Hochspannungs- als auch Mittelspannungs-Stromkreis zwischen den Umspannwerken Calmbach und Straubenhardt-Schwann. Die Leitung dient der Versorgung des nördlichen Schwarzwalds. Die Besonderheit dieser Anlage sind eben die zwei Talüberspannungen der Enz und der Eyach, die mit einer Länge von 1.372 Metern bzw. 1.443 Metern zwei der längsten Spannweiten zwischen zwei Strommasten darstellen.

**Syré: Mitte Februar rammte ein Schiff den Pfeiler einer Straßenbrücke über einen Meeresarm in Südchina. Durch den Zusammenstoß brach ein Teil der Fahrbahn heraus. Mehrere Fahrzeuge und ein Linienbus stürzten viele Meter in die Tiefe, teilweise ins Wasser und auf den Frachter. Es gab zwei Tote, mehrere Verletzte sowie einige Vermisste. In den Nachrichten war**

**zu sehen, wie das Schiff an der Brücke festsaß und dass ein Teil der Fahrbahn schlicht verschwunden war. Lediglich einige Leitungen hingen noch in der Luft und aus einem Brückenteil ergoss sich Wasser in die Tiefe.**

Röber: Das Bild habe ich auch gesehen. Strom- und auch Gasleitungen sind aus einem recht festen Material gefertigt, das auch extreme Belastungen, in diesem Fall die Dehnung, aushalten soll – zumindest bis zu einem gewissen Grad. Die Wasserleitung war in diesem Fall weniger stabil und brach weg, sicherlich auch schon unter dem Gewicht des Wassers darin. Die Leitungen sind schließlich auch nicht darauf ausgelegt, als »hängende Wasserleitung« zu funktionieren. Sie liegen auf dem Brückenbauwerk auf – fällt das weg, bricht die Leitung.

Das dramatische Bild aus China bringt uns anschaulich zum Thema Wasserleitungen, Abwasserleitungen und Entwässerungssysteme auf Brücken. Denn auch an oder in Brücken gibt es oftmals die Notwendigkeit, Wasser zu entnehmen, ebenso in Funktionsbauwerken im Umfeld der Brücke – hierfür werden Wasserleitungen benötigt. Es gibt zudem Wasserleitungen, die Ortslagen, Industrie- und Gewerbegebiete oder auch touristische Ziele versorgen, die Brücken nutzen.



Abb. 03: Isolierte Gasleitung in DN 400 [Foto: Netze BW GmbH]

Aus Netzbetreibersicht bietet sich allerdings auch hier wieder die Weiterführung eines einzigen Systems an, zum Beispiel eine Dükeringung. Ein Düker liegt, wenn er denn einmal eingebracht ist, im Erdreich und ist keinen größeren Einflüssen ausgesetzt, wie beispielsweise Minustemperaturen im Winter oder Materialausdehnungen im Sommer. Es gibt bei größeren Brückenbauwerken auch Löschwasserleitungen für die Feuerwehr, die innerhalb der Brücken verbaut sind. Andere Funktionsleitungen für Flüssigkeiten sind beispielsweise Abführungsleitungen für Regenwasser. An einigen Autobahnstrecken sind Enteisungssysteme eingebaut – bei Brücken gibt es dann die notwendigen Zuleitungen. Und auch hier gibt es Regelwerke und Vorgaben der Wegebau- und Verkehrsverwaltung des Bundes.

**Syré: Also kann man sagen: Bevor Netzbetreiber eine Brücke in ihr Netz einplanen, wird lieber nach Alternativen gesucht?**

Röber: Eindeutig ja. Grundsätzlich dürfen Leitungen in und an Brücken nur verlegt und angebracht werden, wenn andere Möglichkeiten, zum Beispiel die gerade erwähnte Dükeringung, nachweislich aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen unzumutbar sind. Ein entsprechender Nachweis ist mit Antragsstellung vorzulegen.



Abb. 04: Wasserleitung DN 200 und Gasleitung DN 300 werden auf Beschädigungen bzw. den Zustand der Rohraflager geprüft. [Foto: Netze BW GmbH]

**Syré: Das gilt dann auch für Gasleitungen oder Fernwärmeleitungen?**

Röber: Ein weiteres eindeutiges Ja. Man kann wirklich sagen, auch wenn es scheinbar naheliegt, innerhalb eines Versorgungsnetzes bestehende Brückenbauwerke einzuplanen, ist es sinnvoller, eigene Infrastrukturen aufzubauen und zu nutzen. Das hat nicht nur regulatorische Gründe, sondern auch ganz praktische. Ich komme hier noch einmal auf die Brücke in China zurück. Die ist durch den Unfall schlicht und einfach in ihrer Funktion als Transportweg zerstört – was nicht nur für den Verkehr gilt, sondern auch für die über sie verlaufenden Versorgungsleitungen. Das betrifft ja nicht nur so dramatische Ereignisse wie das Schiffsunglück, sondern auch ganz normale Arbeiten wie Abriss und Neubau von Brücken. Für die Zeit der Bauarbeiten müssten Netzbetreiber diese Lücke in ihrem Leitungssystem überbrücken. Insofern bauen wir wirklich lieber unser Netz selbst auf und setzen auf eigene Infrastrukturen. Ich möchte das auch noch einmal mit dem Hinweis auf den jeweiligen Brückenbauwerksbesitzer und seine Vorgaben untermauern. Der Bund mit seinen Bundesfernstraßen, egal ob Straßen oder Wasserwege, die Bahn, die Länder, Kommunen usw., sie

alle haben unterschiedliche Vorgaben. Hinzu kommen die Vorgaben der regelsetzenden Institutionen und Verbände, beispielsweise für Gas, Wasser oder Strom. Und nicht zuletzt gibt es nicht nur Vorgaben für den Bau, sondern auch den Betrieb. Trotz allem sind Versorgungsleitungen an Brücken ein wichtiger Aspekt bei der Planung und dem Bau von Infrastrukturprojekten.

**Syré: Machen wir einmal einen harten Schnitt und wechseln von den Verwendungszwecken hin zum Thema Überprüfung bestehender Infrastrukturen. In jeder TV-Dokumentation über Straßenmeistereien oder imposante Brückenbauwerke kommt irgendwann der Moment, an dem die Ingenieure in Körben an Kranwagen hängend unter der Brücke inspizieren. Sieht das bei Ihren Überprüfungen auch so aus?**

Röber: Wenn Sie erlauben, möchte ich die Überprüfungen einmal am Beispiel von Gasleitungen darstellen. Hier ist zuerst einmal wieder die Regelwerksthematik zu betrachten. Überprüfungen finden gemäß des DVGW-Arbeitsblattes G414 »Freiverlegte Gasleitungen« in Zusammenhang mit G465-1 »Überprüfung von Gasrohrnetzen mit einem Betriebsdruck bis 4 bar« bzw. G466-1 »Gasrohrnetze aus Stahlrohren mit einem Betriebsdruck von mehr als 5 bar« statt. Diese Tätigkeiten sind sachkundigen Fachleuten vorbehalten, die eine entsprechende Ausbildung besitzen.

**Syré: Das klingt komplex.**

Röber: Nicht zu vergessen, es gibt noch die »Ri-Lei-Brü« – die Richtlinien für das Verlegen und Anbringen von Leitungen an Brücken<sup>1</sup>. Ursprünglich einmal in den 1990er-Jahren für Baumaßnahmen im Zuge von Bundesfern- und Landesstraßen entwickelt, wird inzwischen Landkreisen und Gemeinden empfohlen,

ebenfalls entsprechend zu verfahren. Das hat einiges vereinheitlicht, aber auch die Anwendungsfälle ausgeweitet, da es auch untergeordnete Brückenbauwerke betrifft. Für den Gasbereich wird so zum Beispiel sinnvollerweise geregelt, dass Gashochdruckleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 16 bar grundsätzlich nicht in oder an Brückenbauwerken verlegt werden dürfen.



Abb. 05: Prüfung einer Gasleitung DN 200 auf Beschädigungen an der Isolierung mit einem ISO-TEST-Porenprüfgerät [Foto: Netze BW GmbH]

**Syré: Die »Ri-Lei-Brü« gilt nur für Gas?**

Röber: Nein, sie beinhaltet auch Vorgaben für Strom, Wasser, Abwasser, Fernwärme und Fernmeldeeinrichtungen. Zweck der Vorgabe ist es, zu regeln, wo und in welcher Weise Leitungen unter Berücksichtigung der verkehrlichen, technischen und gestalteri-

<sup>1</sup> Vgl. [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/MobilZ/AZ\\_66-3944\\_33-1.pdf](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/MobilZ/AZ_66-3944_33-1.pdf) [abgerufen am: 21.03.2024]

schen Belange des Wegebausträgers angebracht sind und überprüft werden müssen. Ich nenne einmal ein paar Beispiele aus der »Ri-Lei-Brü«. So dürfen Leitungen nur dann nachträglich angebracht werden, wenn die statischen und konstruktiven Gegebenheiten dies zulassen und das äußere Erscheinungsbild des Bauwerks nicht beeinträchtigt wird. Zum Beispiel dürfen Leitungen nicht in tragenden Betonbauteilen der Überbauten von Brücken verlegt werden. Lichtraum- bzw. Durchflussprofil dürfen nicht eingengt werden, überhaupt ist alles, was den dauerhaften Bestand der Brückenbauteile und Ausstattungsteile gefährden könnte, zu unterlassen. Und letztlich dürfen Leitungen und andere nachträglich angebrachte Infrastrukturen keinesfalls die reguläre Überprüfung der Brücken sowie die Erhaltung, Unterhaltung, Instandsetzung und Erneuerung der Brücken erschweren.

Die Richtlinie für das Verlegen und Anbringen von Leitungen an Brücken ist auch unter dem Namen »RE-ING«<sup>2</sup> bekannt und wurde vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr herausgegeben. Sie enthält den gleichen Passus zur Überprüfung von Versorgungsleitungen: »Die Leitungen sind von den Versorgungsunternehmen in Zeitabständen nach deren einschlägigen Vorschriften, Rohrleitungen mindestens alle 3 Jahre, zu überwachen und zu prüfen. Gasleitungen sind einmal jährlich zu prüfen.« Nach den Überprüfungsarbeiten erhalten die Verantwortlichen eine Dokumentation zum Sonderbauwerk »Brückenleitung« mit dem Prüfbericht der durchgeführten Überprüfung.

**Syré: Langsam verstehe ich angesichts der mannigfaltigen rechtlichen Vorgaben, warum Brücken beim Netzausbau nicht die höchste Priorität als »Infrastrukturträger« für Sie als Netzbetreiber besitzen. Frage: Nutzt denn Ihr Haus, die Netze BW GmbH, dann überhaupt Brückenbauwerke?**

Röber: Wir nutzen zurzeit 105 Brücken für Gasleitungen, die wir regelmäßig gemäß den Vorgaben überprüfen.

#### Syré: Die wären?

Röber: Überprüfung der Dichtheit der lösbaren und nicht lösbaren Rohrverbindungen mit Gasspürgeräten, hinzu kommen Sichtkontrollen der Rohrbefestigungen, die Kontrolle der Rohrhüllungen mittels ISO-Testgerät, die Wandstärkemessung an Korrosionsstellen sowie Funktionskontrollen der Armaturen und sonstigen Rohrleitungsteile.



Abb. 06: Zementumhüllte Gasleitung DN 150 auf Zustand der Leitung, Rohraufleger und Gasaustritt geprüft [Foto: Netze BW GmbH]

**Syré: Die Fotos, die Sie mitgebracht haben, zeigen ja ein wenig von der Überprüfungs- und Kontrollsituation.**

Röber: Wenn es auch nicht die spektakulären Autobahnbrücken sind, die abgebildet sind – kompliziert ist es dennoch. Wie man sieht, sind die Brückenbauwerke nicht immer gut zugänglich, da müssen sich die Prüfer manchmal den Weg durch die Vegetation suchen. Und sauber sind Leitungen, die im Freien liegen, natürlich auch nicht immer – da darf man nicht empfindlich sein.

<sup>2</sup> Vgl. <https://www.bast.de/DE/Publikationen/Regelwerke/Ingenieurbau/Entwurf/RE-ING.html> [abgerufen am: 20.03.2024]

**Syré: Das waren jetzt Vorgaben zur Überprüfung. Welche anderen Vorgaben gibt es denn noch?**

Röber: Neben den Überprüfungen der Funktionalität gibt es im Vorfeld von Planung und Bau auch Materialvorgaben, die relevant sind. Strom- und Fernmeldeleitungen müssen beispielsweise in korrosionsschutzten Mantelrohren verlegt sein. Ähnliches gilt für Wasser- und Abwasserleitungen, die frostsicher gedämmt sein müssen. Für Leitungen mit Flüssigkeiten sind Abflüsse vorzusehen, wenn diese in Hohlkästen verlegt werden sollen. Für Gasleitungen sind unter Beachtung zusätzlicher Beanspruchungen, wie zum Beispiel Temperaturschwankungen oder Schwingungen durch Verkehr oder Windaufkommen, Sicherungsmaßnahmen vorgeschrieben. Zudem dürfen sich die einzelnen Nutzer von Versorgungsleitungen

nicht gegenseitig stören oder behindern, von Schäden einmal ganz abgesehen. Sie sehen, die Vorgaben auch an Materialien füllen ganze Aktenordner.

**Syré: Und die finde ich dann bei den sogenannten »Regelsetzenden Verbänden?«**

Röber: Stimmt, unter anderem beim DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. Der Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW) gibt ebenso Regelwerke heraus, ferner die Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) oder die Abwassertechnische Vereinigung (ATV). Hinzukommen DIN-Vorgaben oder auch Anwendungen aus dem Gesetzesbereich, wenn es um Schäden und Haftungen geht.

**Syré: Herr Röber, vielen Dank für die Übersicht, die Sie uns über das Thema Versorgungsleitungen an und in Brücken gegeben haben.**

Jan Syr e ist seit 2015 Leiter Politik & Kommunikation beim VST – Verband Sichere Transport- und Verteilnetze – KRITIS e.V. Der VST ist ein spartenneutraler Interessenverband von Betreibern von Transport- und Verteilnetzen, unter anderem aus den Bereichen Gas, Strom, Wasser, Abwasser, Fernwärme und Telekommunikation, mit der Zielsetzung, durch Präventionsarbeit und Information die sogenannten Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) und normalen Versorgungsnetzinfrastrukturen vor Eingriffen Dritter (beispielsweise im Rahmen von Bauarbeiten, Unfällen oder anderen durch Unachtsamkeit oder Fahrlässigkeit verursachten Eingriffen) zu sch tzen, um die Zuverlässigkeit der Versorgungssicherheit in Deutschland und der Europäischen Union (EU) zu erhalten.

Sebastian Röber studierte Versorgungs-/Umwelttechnik (Dipl.-Ing. FH) an der Hochschule Esslingen und Energiemanagement an der Universität Koblenz-Landau (M.Sc.). Ferner hat er einen Abschluss als zertifizierter Netzingenieur. Seit 2014 ist er als Teamleiter im Bereich Netzentwicklung der Netze BW tätig. Der Bereich Netzentwicklung ist für die Netzberechnung, die Projektierung und den Bau bis zur Dokumentation der Infrastruktur zuständig. Seit 2015 ist er als Dozent an der Hochschule Biberach sowie in verschiedenen Verbänden aktiv.

## 6.3.2 Innovative Versicherungslösung für komplexe Bauvorhaben

### INTERVIEW – BURKHARD BRÄMER



Burkhard Brämer ist geschäftsführender Gesellschafter bei bauass Versicherungsmakler GmbH & Co KG. Ab 1998 arbeitete er zunächst für die VHV Allgemeine Versicherung AG, Hannover. Seit 2008 ist er selbstständig und als Berater für Versicherungslösungen in der Bauwirtschaft tätig. Mit dem 2008 von ihm mitgegründeten Hamburger Unternehmen bauass Versicherungsmakler GmbH & Co KG betreut er heute die mittelständische Bauwirtschaft als Marktführer in diesem Segment.

**Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Guten Tag, Herr Brämer. Vielen Dank, dass Sie sich Zeit für dieses Interview genommen haben. Heute sprechen wir über die Versicherung von komplexen Brückenbauprojekten mit einer Baukombiversicherung. Können Sie uns zunächst etwas über sich selbst und Ihren Hintergrund in der Bauversicherungsbranche erzählen?**

Brämer: Zunächst vielen Dank für die Einladung zu diesem Gespräch. Seit annähernd 25 Jahren beschäftige ich mich mit Versicherungslösungen für die Bauwirtschaft. In dieser Zeit habe ich mich auf die Absicherung großer und komplexer Bauprojekte spezialisiert, darunter auch Brückenbau. Mein Team und ich arbeiten eng mit Bauherren, Bauunternehmen und Versicherungsgesellschaften zusammen, um maßgeschneiderte Versicherungslösungen für diese Projekte zu entwickeln.

**Böhmer: Das klingt nach einer beeindruckenden Expertise. Lassen Sie uns direkt in das Thema einsteigen. Warum sind Brückenbauvorhaben so komplex und welche Risiken sind damit verbunden?**

Brämer: Brückenbauvorhaben sind in der Regel äußerst komplex, da sie eine Vielzahl von Herausfor-

derungen mit sich bringen. Zum einen sind sie technisch anspruchsvoll, erfordern spezialisierte Ingenieurkenntnisse und Materialien. Zum anderen sind sie oft in sensiblen Umgebungen angesiedelt, wie Flussbetten, in dicht besiedelten Stadtgebieten oder komplexen Verkehrsknoten, was die Planung und die Bauarbeiten kompliziert. Risiken wie Naturkatastrophen, Baufehler, Materialmängel, Unfälle und Verzögerungen sind daher nicht ungewöhnlich. Insbesondere die Schnittstelle zwischen Planung und Ausführung verursacht Risiken. Schwindende Ressourcen und Fachkräftemangel bei gleichzeitig steigender Bautätigkeit oder mindestens der Notwendigkeit der Erneuerung erschweren den reibungslosen Bauerfolg.

**Böhmer: Wie können Bauherren und Bauunternehmen diese Risiken absichern, insbesondere bei komplexen Brückenbauprojekten?**

Brämer: Die Versicherungslösung, die vor diesen Risiken schützt, ist die Verwendung einer kombinierten Projektdeckung. Diese Art der Versicherung kombiniert verschiedene Policen, um eine umfassende Deckung zu gewährleisten. In Bezug auf Brückenbauprojekte kann eine Baukombiversicherung Schutz bieten, die folgende Elemente abdeckt:

- **Bauleistungsversicherung:** Diese Police deckt Schäden am Bauprojekt selbst, inkl. des Risikos des Bauherren, sei es durch Feuer, Diebstahl, Vandalismus, Naturkatastrophen etc.
- **Betriebs-/Bauherrenhaftpflichtversicherung:** Diese Versicherung schützt Bauunternehmen und Bauherren vor Haftungsansprüchen Dritter.
- **Berufshaftpflichtversicherung:** Diese Versicherung schützt Ingenieurbüros vor Haftungsansprüchen aus der fehlerhaften Planung und Bauüberwachung auch bei Schäden an der Brücke selbst.

**Böhmer: Wie können Bauherren sicherstellen, dass sie die richtige Versicherungslösung für ihr spezifisches Brückenbauprojekt erhalten?**

Brämer: Ja, Brückenbauvorhaben können besondere Herausforderungen mit sich bringen, insbesondere wenn sie in Umgebungen mit hohem Risiko wie Hochwassergebieten, Verkehrsstrassen der Bahn unter laufendem Verkehr etc. umgesetzt werden sollen. Sperrpausen oder Vollsperrungen von Bahn- oder Autobahntrassen erfordern ein Höchstmaß an logistischer Präzision. Je komplizierter die Bauaufgabe, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass es in der Schnittstelle zwischen Planung/Ausführungsplanung und Umsetzung zu Spannungen kommt, die auch eine Projektversicherung aushalten muss. Darüber hinaus beobachten wir seit einiger Zeit das Phänomen, dass Ingenieurbauwerke mit erheblicher Vorproduktion in Fertigbetonwerken in deutlich verkürzter Zeit vor Ort »montiert« werden. Kurze Bauzeiten, präzisere Planung und die besseren Bedingungen bei der Produktion in einem Fertigteilwerk minimieren die Risiken auf der Baustelle erheblich. Neue Risiken ergeben sich auf dem Transportweg. Wir gehen dennoch davon aus, dass die Versicherungswirtschaft diese Wandlung berücksichtigen wird und zu verbesserten Konditionen anbieten kann.



Abb. 01: Versicherungen von Brückenbauprojekten sind sehr komplex. [Foto: bauass Versicherungsmakler GmbH & Co KG]

**Böhmer: Vielen Dank Herr Brämer für Ihre Einblicke in die Versicherung von Brückenbauprojekten.**

Brämer: Es war mir eine Freude, an diesem Gespräch teilzunehmen. Ich hoffe, dass wir dazu beitragen können, das Bewusstsein für die Bedeutung einer angemessenen Versicherungsdeckung für solche Projekte zu schärfen. Ein kurzes Erklärvideo findet man unter: [www.bauass.com/einefueralle](http://www.bauass.com/einefueralle).

**Böhmer: Wir danken Ihnen nochmals herzlich für Ihre Zeit und Expertise und wünschen Ihnen weiterhin viel Erfolg in Ihrer Arbeit.**

### 6.3.3 Brückenbau als Herausforderung für die Versicherung: Die Rhein-Brücke auf der A40 bei Duisburg

Die Autobahn 40 verbindet das Ruhrgebiet mit dem Niederrhein und den Niederlanden und ist für Bewohner der Region, die ansässige Wirtschaft und den Transitverkehr von großer Bedeutung. Zwischen den Stadtteilen Duisburg-Neuenkamp und Duisburg-Homburg überquert die A40 den Rhein. Die alte, 1970 erbaute Rhein-Brücke Duisburg-Neuenkamp hatte seit Jahren die Grenzen ihrer Belastbarkeit erreicht: Ursprünglich für 30.000 Fahrzeuge ausgelegt, passierten in den vergangenen Jahren täglich mehr als 100.000 Fahrzeuge die Brücke. Nach Schätzungen von Verkehrsexperten werden es bis 2030 sogar knapp 130.000 Fahrzeuge täglich sein. So war der Neubau einer leistungsfähigeren Brücke unumgänglich.



**Abb. 01:** Brückenbaustelle der Rhein-Brücke Duisburg-Neuenkamp  
[Foto: Udo Görisch, Take it Media]

Die neue achtstreifige Brücke wird seit knapp vier Jahren von einer Arbeitsgemeinschaft (ARGE) des Baukonzerns Hochtief und des Stahlbauspezialisten MCE im Auftrag der DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH gebaut. Im Juni 2020 begannen die Bauarbeiten für Deutschlands längste freispannende Schrägseilbrücke. Das riesige Bauwerk überspannt 380 Meter Fluss ohne Pfeiler im Wasser und wird

länger, höher und breiter sein als die alte Brücke: 802 Meter lang, 75 Meter hoch und 68,25 Meter breit. Neben den Autobahnfahrstreifen wird es zudem Geh- und Radwege geben. Diese werden mit Abstand zu den Fahrbahnen gebaut und mit einer 6,5 Meter hohen Lärmschutzwand vom Autobahnverkehr abgeschirmt. Geplante Fertigstellung des Bauvorhabens ist 2026.

Während der ersten Bauphase floss der Verkehr zunächst weiterhin über die alte Brücke. Parallel dazu wurde der erste Brückenteil zeitgleich auf beiden Seiten des Rheins gebaut. Den Unterbau bilden Widerlager und Pfeiler aus Beton. Der Stahlüberbau wurde auf dem Unterbau Richtung Rhein verschoben. Nach der Längsverschiebung wurden Pylone errichtet und Stahlseile gespannt. Diese halten dann die Brückenabschnitte, die über den Fluss ragen. Im Anschluss wurden weitere gigantische Stahlteile über die bereits fertigen Abschnitte transportiert und schrittweise davor installiert – bis sich schließlich die beiden Brückenteile in der Mitte des Flusses trafen und miteinander verbunden wurden. Schlussendlich wurde die Fahrbahndecke gebaut.

### **Fertigstellung des ersten Brückenteils im November 2023**

Nach einer zehntägigen Vollsperrung zwischen der Anschlussstelle Duisburg-Rheinhausen und dem Autobahnkreuz Duisburg rollt seit Anfang November 2023 der Verkehr wieder sechsspurig auf der A40, denn nach weniger als vier Jahren Bauzeit ist die erste Hälfte des Brückenbauwerks fertiggestellt. Nun wird die alte Brücke zurückgebaut. Im nächsten Schritt wird der zweite Brückenteil vollendet. Abschließend wird der erste Brückenteil 14,4 Meter an den zweiten Teil herangeschoben und mit ihm verbunden.

### **Risikoeinschätzung – ein wichtiger Baustein für die Versicherung**

Versichert wird der Brückenneubau von der VHV Allgemeine Versicherung AG und der Axa Gruppe. »Das ist ein sehr komplexes und anspruchsvolles Projekt«, sagt Hermann Wulke, Gruppenleiter im Bereich Technische Versicherungen, der bei der VHV Allgemeine für das Vorhaben zuständig ist. »Um ein so großes Bauvorhaben zu versichern, muss man den Bauablauf und damit einhergehende Risiken verstehen«, so der Bauingenieur. »Deshalb stellen wir zunächst viele Fragen. Zum Beispiel, wer Versicherungsnehmer sein soll. Das klingt banal, ist aber bei großen Bauvorhaben, die oft von einer Arbeitsgemeinschaft mehrerer Firmen errichtet werden, elementar. Ziel ist immer das Gesamtprojekt und damit auch die gesamte ARGE zu versichern, da es im Versicherungsfall weniger Diskussionen bei der Abgrenzung eines Schadens gibt, was wiederum den Bearbeitungsaufwand und mögliche Verzögerungen im Bauablauf reduziert.«

Bei Großprojekten gibt es sogenannte Bauphasenpläne, in denen der Bauablauf schrittweise mit neuralgischen Zwischenbauzuständen dargestellt wird. »Das ist sozusagen ein Daumenkino aus Bauplänen. Wir müssen das Projekt und seine bauliche Umsetzung verstehen, damit wir die Risiken einschätzen können. Erst dann verstehen wir das Versicherungsbedürfnis des Kunden und können ihn entsprechend beraten.«



**Abb. 02:** Brückenbaustelle der Rhein-Brücke Duisburg-Neuenkamp  
[Foto: Udo Görisch, Take it Media]

### **Erfahrung spielt eine wichtige Rolle**

Auch die Lage des Projekts spielt eine Rolle. Gibt es hier möglicherweise Naturgefahren wie Hochwasser oder können Nachbargebäude durch die Baumaßnahmen beschädigt werden? Wulke und sein Team interessiert auch, warum eine Baumaßnahme erfolgt. Speziell bei Infrastrukturmaßnahmen, wie etwa Brücken, ist die Lebensdauer mancher Bauwerke am Ende und die Gebrauchstauglichkeit steht infrage. Die Folge: Der Ersatzneubau erfolgt unter zeitlichem Druck. Das wiederum erhöht das Risiko für Ausführungsfehler oder Unfälle. »Auch die Erfahrung eines Unternehmens in Bezug auf das jeweilige Projekt beziehen wir in unsere Risikobetrachtung mit ein. Bei diesem Projekt wird zum Beispiel ein ganzer Brückenteil um mehr als 14 Meter quer verschoben. Das ist höchst anspruchsvoll. Nicht jedes Bauunternehmen kann das. Hochtief hat bereits bei der Lennetalbrücke bei Hagen den Querverschub erfolgreich absolviert und verfügt somit über die nötige Expertise«, so Wulke.

Der Versicherungsschutz für den Bau der Brücke umfasst auch die sogenannte Nachhaftung und versichert Schäden, die erst nach der Abnahme durch den Auftraggeber auftreten, deren Schadenursache aber bereits in der Bauzeit gelegt wurde. Auch Schäden an der umliegenden Bebauung durch den Abriss der alten Brücke sind bei diesem Projekt mitversichert.

### **Risikobegleitung vor Ort**

Bei Projekten dieser Größenordnung bietet die VHV Allgemeine ein sogenanntes Risk Engineering an: eine Risikobegleitung vor Ort. Dafür fährt Hermann Wulke mindestens einmal im Jahr zu der Brückenbaustelle und begeht diese mit dem Projektleiter. »Wir lassen uns zunächst den Baufortschritt erläutern und prüfen, ob Umplanungen oder Änderungen im Bauablauf eine Anpassung des Versicherungsschutzes notwendig machen. Außerdem geben wir Empfehlungen zur Schadenverhütung ab, wenn wir auf der Baustelle mögliche Gefahrenquellen erkennen«, berichtet Wulke.

Dabei gibt es hin und wieder auch kuriose Ereignisse: »Beim letzten Besuch auf der Baustelle stand ein abgebranntes Auto am Fuß des Pylonen. Jemand hat sich nachts Zugang zur Baustelle verschafft, dort ein Auto neben dem Pylon geparkt und angezündet. Solche Schadensszenarien kann man im Vorfeld kaum einplanen, wobei Schäden durch Vandalismus bei Brücken wie etwa Graffiti schon eher alltäglich sind. Mit modernen Videoüberwachungssystemen, wie sie bei der Brücke Neuenkamp eingesetzt werden, können solche Risiken aber minimiert werden«, so der Versicherungsexperte.

### **Die VHV als Bauspezialversicherer**

Als führender Bauspezialversicherer in Deutschland versichert die VHV Allgemeine zahlreiche große Bauvorhaben, neben der A40-Rhein-Brücke zum Beispiel auch den Bau der fünften Schleusenkammer in Brunsbüttel, eine der größten Wasserbaustellen Europas. Bei vielen weiteren Projekten trägt die VHV einen Teil des Risikos und versichert das Vorhaben in einem Konsortium gemeinsam mit weiteren Unternehmen, zum Beispiel bei einem Bauabschnitt des Brenner-Basis-Tunnels.

## 6.3.4 Moderne bildgebende Bauwerksdiagnostik in Praxisbeispielen

### 1 Einleitung

Die Methoden der zerstörungsfreien Bauwerksprüfung (ZfPBau) erlauben es, von der Bauwerksoberfläche aus ohne oder mit nur minimalem Eingriff Informationen aus dem Innern von Bauteilen zu erhalten, zum Beispiel zu Bauteildicken und Schichtaufbauten, zur Lage von Bewehrung oder zu Fehlstellen oder anderen Schäden. Dabei kommen in aller Regel sogenannte »Echo-Methoden« zum Einsatz, die von einer Bauteiloberfläche aus Signale ins Innere senden und aus diesem empfangen. Computeralgorithmen ermöglichen dann eine bildgebende Umwandlung und darstellende Rekonstruktion des Bauteilinnern. In welcher Qualität und was überhaupt bildgebend dargestellt werden kann, hängt ab von



Dr.-Ing. Sebastian Schulze

- den physikalischen Grundlagen der zum Einsatz kommenden Messtechnik bzw. des Messverfahrens,
- Materialität und Abmessung des untersuchten Bauteils/Bauwerks sowie
- den Randbedingungen der Untersuchung (Zustand, Vorschädigungen, Umweltbedingungen usw.)

In vielen Fällen ist daher eine Verfahrenskombination zielführend, um möglichst zuverlässige und detaillierte Informationen aus dem Bauteilinnern zu erhalten.

Bildgebende Verfahren basieren häufig auf akustischen (elastischen) oder elektromagnetischen Wellen und Informationen. Ergänzend kommen elektrochemische oder visuelle Verfahren zum Einsatz. Einen Überblick über die einzelnen Verfahren, deren theoretische Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten geben die DGZfP-Merkblätter der Bauwesen-Reihe der **DGZfP** (Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V.<sup>1</sup>). Im vorliegenden Beitrag soll daher auf eine allzu theoretische Fokussierung und auch auf eine vertiefende Erläuterung der Vor- und Nachteile einzelner Untersuchungsmethoden verzichtet werden und stattdessen anhand verschiedener Praxisbeispiele eine eher prüfungsaufgabenorientierte Betrachtung erfolgen.

Kurz: Es wird für verschiedene Fragestellungen aus Qualitätssicherung, Zustandsanalyse und Schadenbewertung im Bauwesen die passende Herangehensweise mit diagnosti-

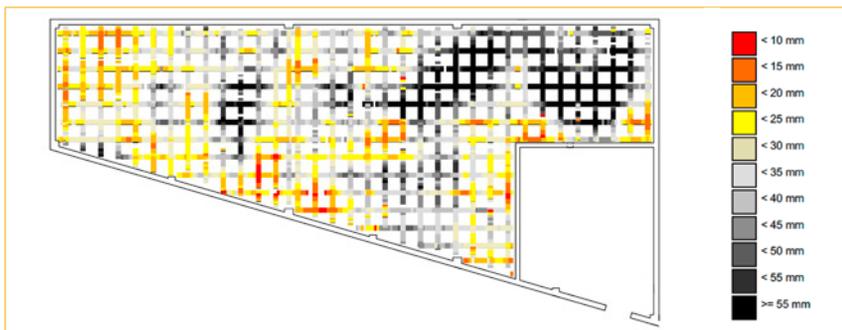
<sup>1</sup> Vgl. [www.baufachinformation.de/dgzfp](http://www.baufachinformation.de/dgzfp) [abgerufen am 29.05.2024]

schen zerstörungsfreien und zerstörungswarmen Methoden erläutert – überwiegend für Betonbauwerke, aber auch für weitere Bauwerke.

## 2 Fragestellungen und Lösungen aus der Bauwerksdiagnostik

### 2.1 Nachweis der Betondeckung der Bewehrung in Bestand und Neubau

Der Nachweis der Betondeckung der Bewehrung im eingebauten Zustand, also nach der Betonage, kann sowohl im Bestand sinnvoll und erforderlich sein – etwa als Brandschutznachweis, zur Bewertung der Restlebensdauer bei fortschreitender Karbonatisierungsfront im Beton oder zur Abschätzung des Umfangs von Instandsetzungsmaßnahmen – als auch im Neubau im Rahmen der Qualitätssicherung und bei der Bewertung von Ausführungsmängeln. Vorgaben für die Betondeckung gibt es in einschlägigen Regelwerken, zum Beispiel Eurocode 2<sup>2</sup>, und zwar nicht nur für Mindest-, sondern auch für Höchstmaße. Oft genug werden zulässige Bereiche in der Praxis über- oder unterschritten, mit teils erheblichen Folgen für die Dauerhaftigkeit von Bauwerken. Besonders im Neubau können Spätschäden – meist außerhalb des Gewährleistungszeitraums festgestellt – mit relativ geringem Aufwand vermieden werden, wenn Mängel unmittelbar nach Fertigstellung dokumentiert werden.



**Abb. 01:** Grafische Darstellung der Betondeckung an einer Sohle in Form einer »Heatmap« mit Farbschema zum Nachweis von Bereichen zu geringer und zu hoher Betondeckung [Grafik: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]

Wird die Messung der Betondeckung systematisch nach einschlägigen Richtlinien durchgeführt (zum Beispiel DBV-Merkblatt<sup>3</sup>), so kann eine statistische Bewertung erfolgen und ein Ist-Wert für die Mindestbetondeckung  $c_{\min, \text{ist}}$  ermittelt werden, der direkt mit

2 DIN EN 1992, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken (diversere Teile/ Nationale Anhänge/Änderungen, mit diversen Veröffentlichungsdaten)

3 Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (Hrsg.): DBV-Merkblatt »Betondeckung und Bewehrung – Sicherung der Betondeckung beim Entwerfen, Herstellen und Einbauen der Bewehrung sowie des Betons nach Eurocode 2«, Eigenverlag, Berlin, 2015

den Soll-Werten gemäß Plan und/oder statischer Vorgabe verglichen werden kann. Auf diese Weise kann unmittelbar und belastbar überprüft werden, ob eine Bauteilfläche die Vorgaben einhält und damit als »abgenommen« oder »nicht abgenommen« (= Nacharbeiten erforderlich) einzustufen ist.

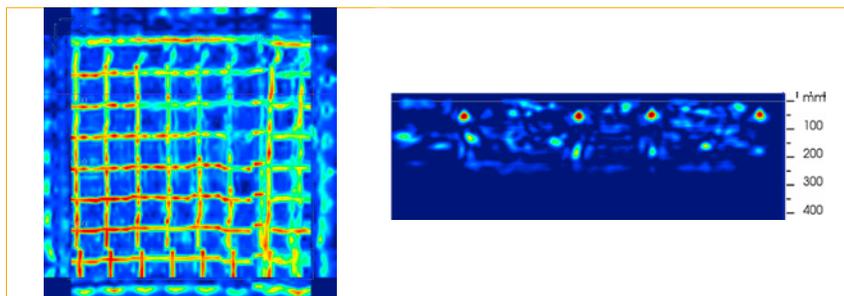


**Abb. 02:** Durchführung einer Betondeckungsmessung auf einem Parkdeck, statistische Bewertung und Ermittlung einer Mindestbetondeckung  $c_{min,ist}$  [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]

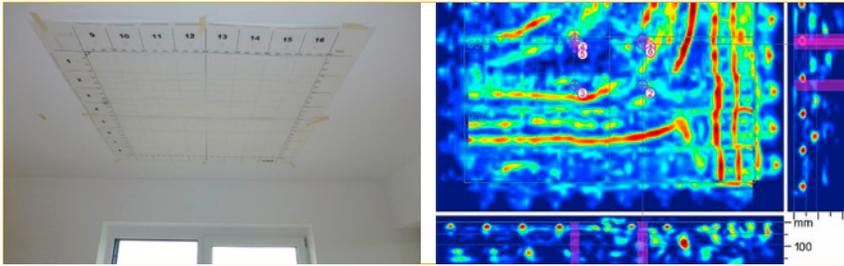
## 2.2 Ortung von Bewehrung (und anderen Einbauteilen) für verschiedene Prüfaufgaben

Bewehrung und andere Einbauteile in Beton und anderen Werkstoffen können mit verschiedenen Methoden zerstörungsfrei ermittelt werden. Radar eignet sich besonders für die schnelle Untersuchung auf oberflächennahe Einbauten in diversen Baustoffen, Ultraschall auch für Tiefliegendes in Beton. Per Radiographie (Röntgen) können relativ dünne Bauteile hochauflösend und direkt bildgebend untersucht werden.

Prüfaufgaben sind zum Beispiel schadenfreies Anlegen von (Kern-)Bohrungen, Überprüfen des Bewehrungsrasters oder Ortung sonstiger Einbauteile.



**Abb. 03:** Visualisierung von Mattenbewehrung (links, Tiefenschnitt) und Einzelstäben in Beton (rechts, Querschnitt durch das untersuchte Bauteil) per Radar [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]



**Abb. 04:** Messfeld und ausgewertete Radarmessdaten zur Ortung von Warmwasserschläuchen aus Kunststoff in Beton (Betonkerntemperierung, BKT) [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]



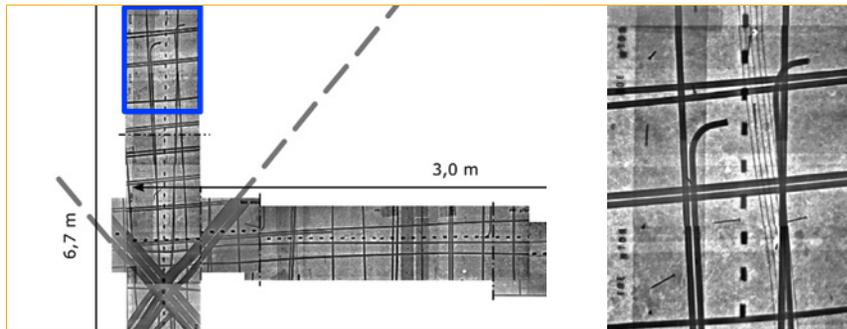
**Abb. 05:** Untersuchungsaufbau und Röntgenbild einer hochbelasteten Elementwand für das Anlegen von Kernbohrungen ohne Bewehrungstreffer und Fehlbohrungen: Erkennbar sind Bewehrungsstäbe, A-Böcke der Fertigteilschalen sowie Abstandhalter (Kunststoffräder). [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]

### 2.3 Zustandsuntersuchung denkmalgeschützter Bauwerke

Bei denkmalgeschützten Bauwerken – aber auch bei statisch hochbelasteten Konstruktionen unbekanntem Aufbau/Zustand und bei augenscheinlich stark geschädigten Bauteilen – kann und darf häufig keine Öffnungsstelle zur eindeutigen Feststellung des Istzustands angelegt werden. Hier kann die Radiographie (Röntgen) besonders hilfreich sein, da eine direkte und eindeutige Bildgebung des inneren Aufbaus möglich ist.



**Abb. 06:** Untersuchung einer denkmalgeschützten Eisenbetondecke per Radiographie: Messaufbau [Foto: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]



**Abb. 06 Fortsetzung:** Untersuchung einer denkmalgeschützten Eisenbetondecke per Radiographie: Röntgenbilder der Lage des Glatteisens/Glattstahls mit Endaufbiegung zur Verankerung im Beton [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]

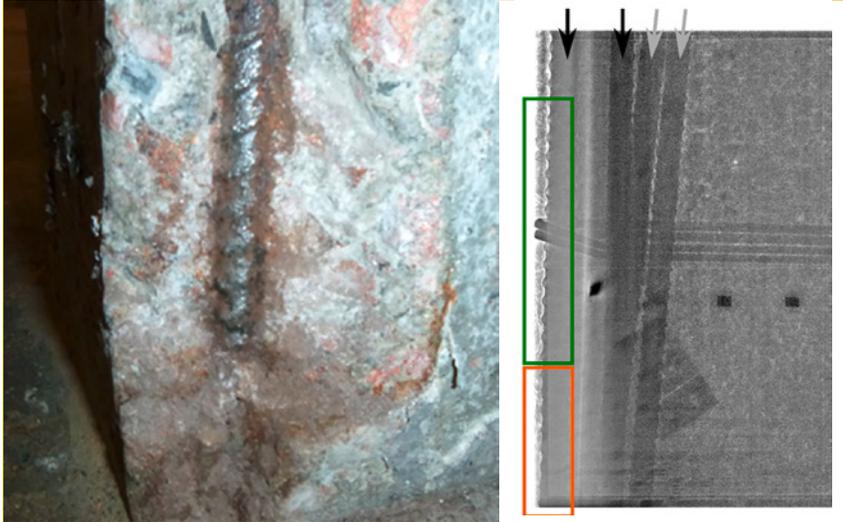
#### 2.4 Feststellung von Korrosion an Bewehrung

Aktive Korrosion in Stahlbetonbauten kann mit der Potentialfeldmessung erkannt werden. Dafür wird prinzipiell der schwache elektrochemische Strom des Korrosionsprozesses genutzt. Die Methode ermöglicht die Erkennung von Schädigungen, bevor sich diese durch Rissbildung oder gar Abplatzungen an der Bauteiloberfläche bemerkbar machen. Auf diese Weise können schadhaftere von ungeschädigten Bauteilbereichen abgegrenzt und eine zielführende, wirtschaftliche Instandsetzung großflächiger Bauteile möglich werden. Die Potentialfeldmessung erfordert verschiedene ergänzende Untersuchungen zur Interpretation der Messergebnisse, unter anderem auch eine Messung der Betondeckung der Bewehrung.

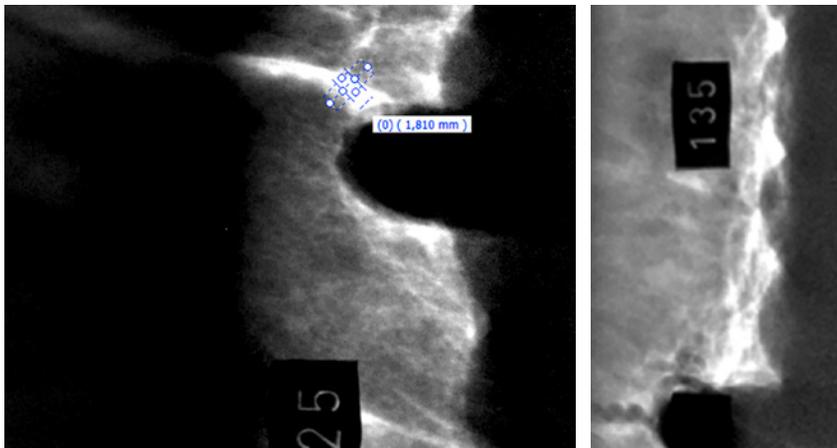


**Abb. 07:** Potentialfeldmessung an einem Wandssockel, Potentialkarte zur Abgrenzung von Bereichen hoher (rot-orange) und geringer Wahrscheinlichkeit aktiver Korrosion (grau) [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]

An beidseitig zugänglichen Bauteilen, zum Beispiel Decken und Wänden, aber auch an Ecken von Stützen und Unterzügen ist mit der Radiographie eine direkte Visualisierbarkeit von Korrosion und deren Auswirkungen auf die Bausubstanz (Risse) möglich.



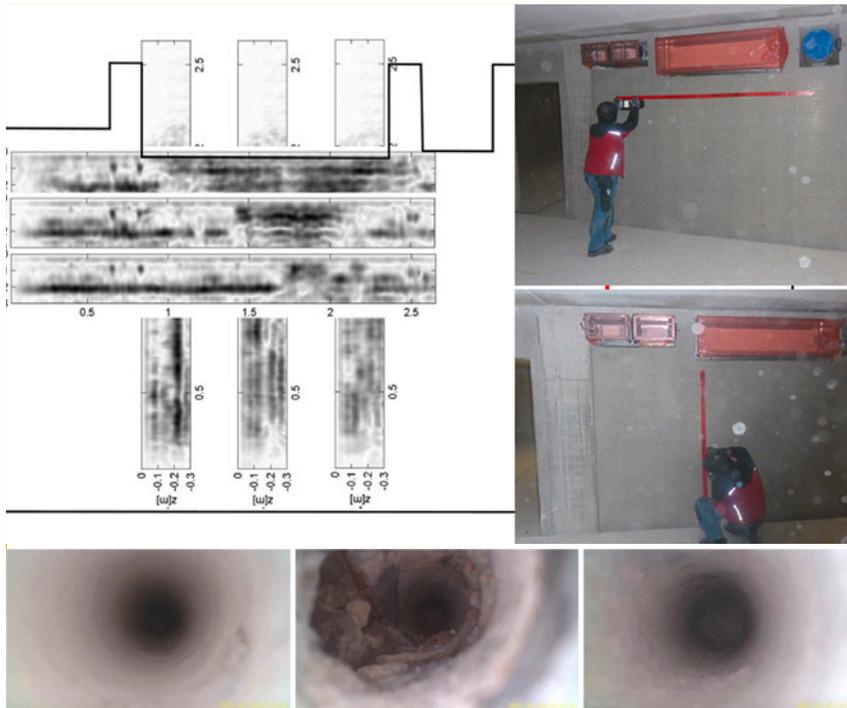
**Abb. 08:** Identifikation minimaler Abrostungserscheinungen an einer Stützecke (erfolgreiche Machbarkeitsstudie) [Quelle: Ingenieurbüro Raupach Bruns Wolff, Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]



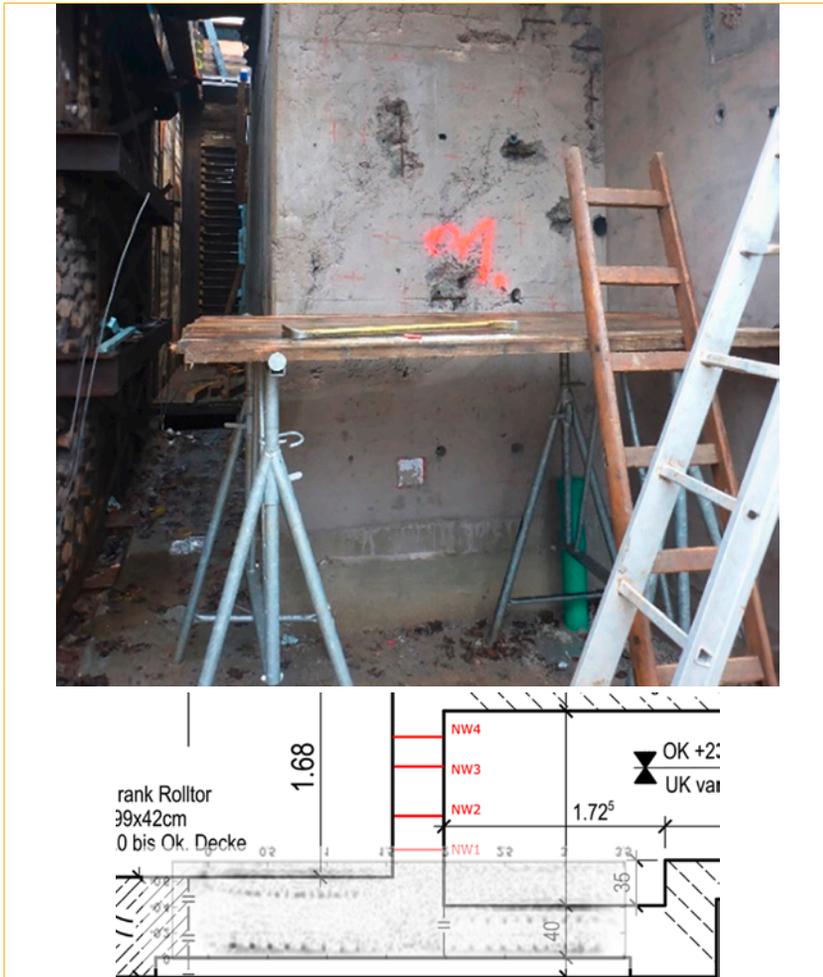
**Abb. 09:** Visualisierung korrosionsbedingter Sprengrisse an Stützen per Radiographie [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]

### 2.5 Lokalisieren und Bewerten von Betoniermängeln

Zur Überprüfung auf Betoniermängel in Bestand und Neubau eignet sich besonders das Ultraschallecho-Verfahren, da an Luftschichten stets eine vollständige Reflexion des eingeschallten Signals erfolgt. Somit können Kiesnester, Hohllagen und (ab einer gewissen Größe) Verdichtungsmängel geortet werden. Für die Verifizierung des zerstörungsfrei ermittelten Befunds können Kernbohrungen dienen oder, substanzschonender, minimal-invasive Endoskopien.



**Abb. 10:** Untersuchung von Elementwänden auf Verdichtungsmängel im Kernbeton: per Ultraschall (im »umgedrehten Schüttkegel« unterhalb des mit roter Folie abgeklebten Einbauteils für Lüftung/Haustechnik); statt: Endoskopien im mangelhaft verfüllten Bereich (mittleres Bild unten) und im angrenzenden mangelfrei verfüllten Bereich (äußere Bilder unten) [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]



**Abb. 11:** Ultraschall-Nachweis des fehlerfrei verfüllten Kernbereichs einer Wand, die oberflächen-nah massive Verdichtungsmängel/Lunker aufweist; unten: Rekonstruktion mithilfe von Ultraschall eines angrenzenden horizontalen Wandquerschnitts mit Visualisierung der aufgehenden Bewehrung und der Wandrückseiten [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]

## 2.6 Feststellen des Bewehrungsgehalts in Stahlbetonbauteilen

Während die Visualisierung von Bewehrungslagen mit Ultraschall und Radar möglich ist, wie in den vorgenannten Beispielen gezeigt, kann mit diesen Verfahren kein Stabdurchmesser und damit kein Bewehrungsgehalt festgestellt werden. Dies ist vollständig zerstörungsfrei einzig per Radiographie (Röntgen) möglich, andere Verfahren erfordern stets Bauteilöffnungen, um Stabdurchmesser, aber auch Doppelstablagen und dergleichen eindeutig identifizieren zu können.



**Abb. 12:** Visualisierung der Wendel- und Vertikalbewehrung in einer Rundstütze per Radiographie (Röntgen) [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]

### 3 Zusammenfassung/Ausblick

Viele zerstörungsfreie und zerstörungsarme Untersuchungsmethoden sind auf einem Entwicklungsstand, der breite Anwendungsmöglichkeiten für die aktuelle Baupraxis bietet, im Hochbau wie auch in allen anderen Sparten, insbesondere im Rahmen der Qualitätssicherung im Neubau, da hier eine unmittelbare Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Die Sicherstellung der Ausführungsqualität unterstützt die Langlebigkeit und Dauerhaftigkeit unserer Bauwerke. Aber auch im Bestand ist eine bildgebende Bauwerksdiagnostik mindestens hilfreich bis gegebenenfalls unumgänglich, wie die genannten Beispiele zeigen.

Dennoch sind die meisten Verfahren und Prüfaufgaben in der Baupraxis kaum bekannt. Als anerkannte Regel der Praxis kann die ZfPBau daher noch nicht angesehen werden. Dies soll sich in Zukunft ändern, unter anderem seit Einführung der DIN 4871 (2022): »Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen«<sup>4</sup>. Die ZfPBau soll mittelfristig auf ein Niveau gehoben werden, das beispielsweise dem der klassischen Materialprüfung nahekommt, mit dem Ziel, die Qualität der Bauwerksprüfung und damit der Bauwerke selbst permanent zu verbessern.

Dr.-Ing. Sebastian Schulze ist Geschäftsführender Gesellschafter der bauray GmbH. Nach dem Studium des Bauingenieurwesens in Berlin an der Technischen Universität (TUB) war er als Promotionsstudent an Forschungsvorhaben zur zerstörungsfreien Bauwerksprüfung (ZfPBau) an der Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM) in Berlin beteiligt und promovierte 2017. Bis 2023 war er Projektleiter für alle zerstörungsfreien und zerstörungsarmen Verfahren der Bauwerksdiagnostik bei Hupfer Ingenieure Bauwerksuntersuchungen GmbH in Hamburg. Sebastian Schulze ist Mitglied der Hamburgischen Ingenieurkammer Bau (HIKB) und Mitglied der Unterausschüsse »Ultraschall« sowie »Ausbildung Bau« des Fachausschusses Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) im Bauwesen der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP). Zudem ist er Vorsitzender des Unterausschusses »Durchstrahlungsprüfung im Bauwesen« und Autor diverser Fachveröffentlichungen.

<sup>4</sup> DIN 4871:2022-09 Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau)



# 7 AUF DEM WEG IN DIE ZUKUNFT – NEUE THEMEN, RISIKEN UND CHANCEN

Die folgenden Kapitel richten den Blick in die Zukunft und widmen sich den Herausforderungen, die beispielsweise durch Klimaveränderungen auf uns zukommen. Es werden innovative Lösungen aufgezeigt: So können etwa Anpassungen von Prozessen, Unterstützung durch Künstliche Intelligenz (KI) und innovative digitale Lösungen helfen, das Planen und Bauen einfacher und nachhaltiger zu machen. Zudem werden Denkansätze für künftiges Bauen vorgestellt, die bislang noch nicht vorstellbar waren, die in Zukunft jedoch eine Fülle an Chancen und Möglichkeiten bieten können.

## 7.1 Extremwetter und Klimaveränderungen – Risiken neu bewerten

Der Klimawandel gilt als eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Um auch zukünftig sicher und an Klimawandelfolgen angepasst leben zu können, gilt es, unser Möglichstes zu tun, um dem Klimawandel auch beim Bauen adäquat zu begegnen. Dabei müssen wir Bautätigen unseren Beitrag dazu leisten, klug und nachhaltig zu bauen, zu modernisieren und zu sanieren. Die folgenden Beiträge beschäftigen sich mit den Folgen von Klimawandel und Extremwetterereignissen, den sich daraus entwickelnden Schäden sowie Anpassungsmaßnahmen von Bauwerken. Simulationen von Folgen des Klimawandels und ein Ausblick darauf aus dem Blickwinkel der Klimaforschung sind weitere Themen.

## 7.1.1 Studie »Klimawandel und Extremwetterereignisse«: Schadenentwicklung und Anforderungen an Wohngebäude

**Ein Gemeinschaftsprojekt von Bauherren-Schutzbund e.V.,  
VHV-Allgemeine Versicherung AG und Institut für Bauforschung e.V.**

### **Problematik**

Die Folgen der globalen Erwärmung werden immer offensichtlicher – auch in Deutschland. Extremwetterereignisse, wie Stürme, Hagel und Hochwasser sowie Hitze- und Dürreperioden nehmen zu und führen immer häufiger zu Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen. Zudem lassen sich Veränderungen der Niederschlagsmengen innerhalb eines Jahres beobachten: So gibt es trockene Sommermonate mit schwer prognostizierbaren Ereignissen wie Gewittern und Starkniederschlägen und im Vergleich deutlich niederschlagsreichere Wintermonate.

Untersuchungen an Eisbohrkernen, Sedimenten oder Baumringen zeigen, dass es auch in der Vergangenheit Klimaveränderungen gegeben hat. Allerdings hat sich die globale Erwärmung von 1 °C in 1.000 Jahren nach aktuellen Beobachtungen auf ungefähr 1 °C in 100 Jahren beschleunigt. Bis in die 2000er-Jahre konnte zwar mithilfe von Klimamodellen das wahrscheinliche Auftreten von bestimmten Ereignissen vorhergesagt werden, nicht aber die Rolle des Klimawandels bei einem konkreten Ereignis. Mithilfe neuerer Forschungsmethoden soll nun analysiert werden, ob bestimmte Wetterereignisse »natürlich« oder auf den vom Menschen verursachten Klimawandel zurückzuführen sind. Zudem soll dadurch vorausgesagt werden können, wie wahrscheinlich es ist, dass bestimmte Ereignisse an einem Ort auftreten werden. Auf dieser Grundlage kann geprüft werden, welche Anpassungen an die zukünftigen Bauweisen erforderlich sind und wie die Resilienz von Bestandsgebäuden bei Extremwetterereignissen erhöht werden kann.

Die weiter fortschreitende globale Erwärmung wird die bisherigen Mittelwerte der klimatologischen Gegebenheiten in Deutschland noch stärker verändern und die Gefahr durch vermehrt auftretende Extremwetterereignisse erhöhen. Dies wird voraussichtlich auch die Widerstandsfähigkeit von Bauwerken gegenüber standortspezifischen Extremwetterereignissen und sonstigen Veränderungen der Umwelt beeinflussen. Damit stellt sich nicht nur die Frage, inwieweit der Prozess des Planens und Bauens bzw. die Qualität der zu errichtenden Gebäude und baulichen Anlagen an diese neuen Wetterverhältnisse angepasst werden muss, sondern auch, wie die Widerstandsfähigkeit von Bestandsgebäuden erhöht werden kann. Diese Fragen sind nicht zuletzt vor dem Hintergrund zu klären, dass DIN-Normen in der Regel nur mittlere Wetterereignisse für die Planung und Ausführung von Gebäuden zugrunde legen.

Mit der steigenden Anzahl von Extremwetterereignissen ist auch die Anzahl und Höhe der monetären Schäden gestiegen. Dabei gelten Sturm- und Hagelschäden als die schadenträchtigsten Ereignisse, sodass laut Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) mittlerweile nahezu alle Immobilien dagegen versichert sind. Dies ist jedoch regional unterschiedlich, und die Zahlen zeigen, dass nur gut die Hälfte der Immobilien gegen weitere Ereignisse wie Starkniederschläge oder Hochwasser versichert sind.

Untersuchungen zeigen außerdem, dass die jahrhundertealte Erfahrung mit Naturgefahren zu regionalen Anpassungen der Bauweisen geführt hat. So weisen zum Beispiel Gebäude in Regionen mit häufiger auftretenden Stürmen bei gleichen Windgeschwindigkeiten weniger Schäden auf als Gebäude in Regionen mit verhältnismäßig selteneren Stürmen. Hier zeigt sich die Auswirkung von Erfahrung und Sensibilisierung in Zusammenhang mit entsprechenden Vorgaben zur Widerstandsfähigkeit gegen Windlasten.

### **Aktuelle Untersuchung**

Das Institut für Bauforschung e.V. (IFB) hat bereits im Jahr 2018 im Rahmen einer Studie<sup>1</sup> im Auftrag des Bauherren-Schutzbund e.V. (BSB) und der VHV Allgemeine Versicherung AG (VHV) Schäden der Gebäudeversicherung (mit und ohne Elementarversicherungsschutz) der Jahre 2007 bis 2016 analysiert, um Aufschluss darüber zu erhalten, wie sich die Häufigkeit und Stärke von Wetterereignissen sowie der daraus resultierenden Schäden an Gebäuden entwickelt haben. Bei der damaligen Auswertung der Schadendaten zur Schadenhäufigkeit von Sturm- und Hagelschäden sowie den damit verbundenen Schadenhöhen konnte kein Anstieg festgestellt werden. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei der Auswertung der Daten zur Schadenhäufigkeit von Elementarschäden (Rückstau, Starkniederschläge, Überschwemmung, Schneedruck).

Im Jahr 2023 wurde das IFB erneut vom BSB und der VHV beauftragt, zu untersuchen, wie sich die Problematik verändert hat. In dieser aktuellen Studie »Klimawandel und Extremwetterereignisse – Schadenentwicklung und Anforderungen an Wohngebäude«<sup>2</sup> werden erstmals die Daten zu Elementarschäden über einen Zeitraum von mehr als zwanzig Jahren (2002 bis 2022) untersucht, um zu prüfen, ob neue Aussagen zur Häufigkeit und Stärke der verschiedenen Wetterereignisse und wetterbedingten Schäden an Gebäuden getroffen und daraus veränderte Anforderungen an präventive Maßnahmen abgeleitet werden können. Eine wichtige Erkenntnis daraus ist: Schäden durch Extremwetterereignisse sind vielfältig und komplex. So können zum Beispiel durch Hagel kleine Dellen an einer Wohngebäudefassade und geringfügige Abplatzungen an Dachziegeln

1 Institut für Bauforschung e.V. (Hrsg.): Bauschäden durch Klimawandel. Hannover: Selbstverlag, 2018

2 Institut für Bauforschung e.V. (Hrsg.): Studie Klimawandel und Extremwetterereignisse, Schadenentwicklungen und Anforderungen an Wohngebäude. Hannover: Selbstverlag, 2023

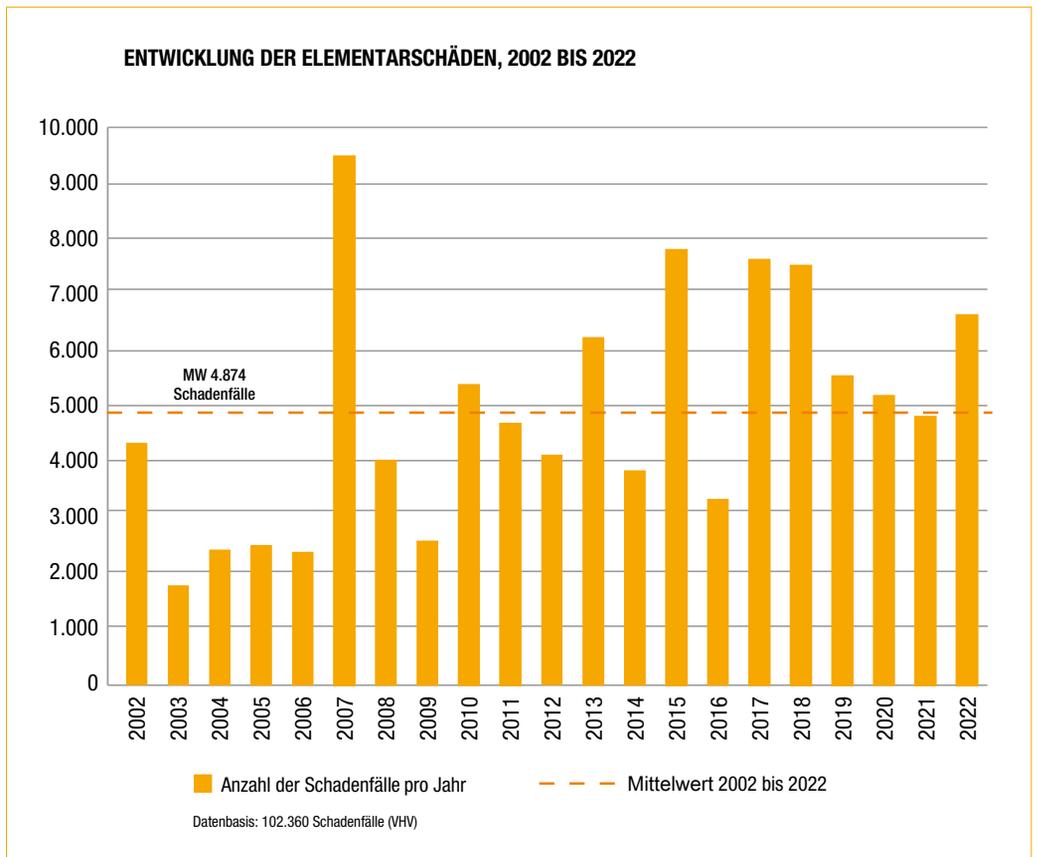
entstehen, die mit geringem Aufwand beseitigt werden können. Demgegenüber können im Falle von extremen Hagel-, Starkregen- oder Sturmereignissen Gebäude, ganze Häuserzeilen und Infrastrukturen vollständig zerstört werden, was mit hohen Schaden- bzw. Wiederaufbaukosten einhergeht. Der Klimawandel lässt die Vulnerabilität von Immobilien durch Extremwetterereignisse deutlich sichtbar werden, und Immobilienbesitzer müssen sich künftig neuen und größeren Herausforderungen stellen.

Ziel der Studie war es, mögliche Gefährdungen von Gebäuden durch Extremwetterereignisse zu evaluieren und vorbeugende Handlungsempfehlungen aufzuzeigen, die Eigentümer in die Lage versetzen, die Widerstandsfähigkeit ihrer Gebäude zu verbessern. Darüber hinaus wurde anhand von Schadendaten analysiert, wie sich die Häufigkeit und Stärke der Extremwetterereignisse und die daraus resultierenden Schäden an Gebäuden in Deutschland von 2002 bis 2022 entwickelt haben. Neben den klassischen Schäden durch Sturm, Hagel und Überschwemmung wurden auch weitere Naturgefahren untersucht, die (bisher) weniger häufig auftraten bzw. thematisiert wurden. Als Grundlagen dienten insbesondere Schadenstatistiken des GDV und der VHV. In Ergänzung dazu wurden Studien, Publikationen und Fachbeiträge gesichtet, die sich mit Extremwetterereignissen und ihren Auswirkungen auf Immobilien befassen.

### **Ein kurzer Einblick in die Elementarschadenentwicklung**

Die Analyse der Elementarschadenentwicklung basiert auf einer Statistik von 102.360 erfassten Elementarschadenfällen im Zeitraum von 2002 bis 2022, die nach Art, Ort und Datum des Schadenereignisses, nach Schadenaufwand und Schadenart analysiert wurden. Ein Großteil, nämlich 96 Prozent, ist dem Geschäftsfeld der privaten Sachversicherung natürlicher Personen für privat genutzte Wohngebäude zuzuordnen.

Die analysierten Schadenfälle weisen im Verlauf von 2002 bis 2022 einen statistischen Durchschnittswert von 4.874 Schäden pro Jahr auf. Dieser Durchschnittswert wurde in der ersten Dekade (von 2002 bis 2011) nur in zwei Jahren überschritten, während die Anzahl der Schäden in der darauffolgenden Dekade ab 2012 nur in drei Jahren unterhalb des Mittelwerts liegt. Anhand dieser Auswertung ist von einer zunehmenden Anzahl von Schadenfällen durch Extremwetterereignisse auszugehen. Das mit Abstand schadenträchtigste Jahr dieses Zeitraums war das Jahr 2007, in dem insbesondere der Orkan Kyrill deutschlandweit zu erheblichen Schäden führte und das doppelt so viele Schäden aufweist, wie der Mittelwert der Schadenfälle von 2002 bis 2022. Die Hintergründe werden in der vorliegenden Studie untersucht.



**Abb. 01:** Entwicklung der Elementarschäden 2002 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

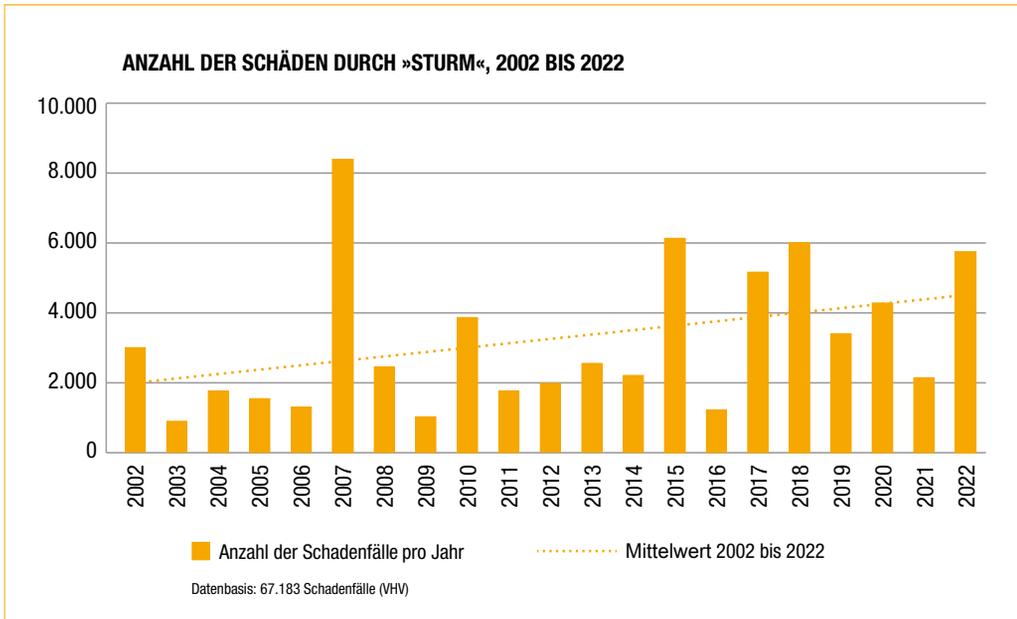
Im folgenden Auszug der Studie wird die Entwicklung der Elementarschäden am Beispiel der Sturmschäden dargestellt.

### Häufigkeit von Sturmschäden

In den letzten 20 Jahren (2002 bis 2022) wurden zwei von drei Schadenfällen (rund 66 Prozent), die auf Extremwetterereignisse zurückzuführen sind, durch Stürme verursacht. Stürme sind damit nach wie vor die am häufigsten erfasste Schadenursache.

Im Verlauf der letzten 20 Jahre weist die Anzahl der Sturmschäden eine deutlich ansteigende Tendenz auf. Im ersten Jahrzehnt, von 2002 bis 2012, war das Jahr 2007 das mit Abstand schadenträchtigste »Sturmjahr« in dem allein bei den VHV-Versicherungen weit über 8.000 Schäden insbesondere durch den Sturm Kyrill erfasst wurden. Das zweitstärkste Schadenjahr 2015 mit mehr als 6.000 Schäden und die folgenden Sturm-

Jahre 2017, 2018 und 2022 mit jeweils weit über 5.000 Schäden liegen in der jüngsten Zeit und prägen die Schadenfälle des vergangenen Jahrzehnts. Im Vergleich zum ersten Jahrzehnt (2002 bis 2012) hat sich der Mittelwert der erfassten Schadenfälle von 2.569 auf 3.893 im Zeitraum 2012 bis 2022 erhöht. Die zunehmende Anzahl der Schadenfälle kann darauf hindeuten, dass die Abstände zwischen den schadenträchtigen Stürmen im Verlauf der letzten 20 Jahre deutlich geringer geworden sind bzw. dass häufiger von schadenträchtigen Stürmen auszugehen ist.



**Abb. 02:** Anzahl der Sturmschäden von 2002 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

### Sturmschäden im Jahresverlauf

Weit mehr als die Hälfte (rund 58 Prozent) der untersuchten Sturmschäden der letzten 20 Jahre sind im ersten Quartal des jeweiligen Jahres aufgetreten. Dabei stellt der Januar mit einem Anteil von rund 26 Prozent den mit Abstand am häufigsten von Sturmschäden betroffenen Monat dar, gefolgt von den Monaten Februar und März sowie Oktober. Grundsätzlich handelt es sich bei Stürmen – derzeit noch – um ein klassisches »Winterthema«.

Um zu analysieren, ob mit der Zunahme der Sturmschäden seit 2015 auch eine Veränderung im Jahresverlauf erkennbar wird, wurde im nächsten Schritt die Schadenhäufigkeit im Verlauf eines Jahres, differenziert nach den Jahren 2002 bis 2014 und 2015

bis 2022, ausgewertet. Aus diesem Vergleich heraus deutet sich eine sukzessive Verschiebung des Auftretens von Stürmen an. Demnach hat sich in den letzten 10 Jahren die Anzahl der gemeldeten Sturmschäden in den Monaten Februar und März mehr als verdoppelt, während die Anzahl der gemeldeten Sturmschäden im Januar um mehr als 10 Prozent zurückgegangen ist. Darüber hinaus sind in den Monaten November/Dezember sowie in den Monaten Juni/Juli deutlich weniger Schäden erfasst worden.

#### **Auswertung der Schäden nach »Sturmart«**

Wie die Auswertung ferner ergab, wurden mit Blick auf die Windgeschwindigkeiten mehr als 80 Prozent der gemeldeten Sturmschäden durch Stürme der Windstärke 8 bis 11 verursacht, während Orkane, also Stürme der Windstärke 12, für rund 10 Prozent und Gewitterstürme sowie Windhosen für rund 3 Prozent der gemeldeten Sturmschäden verantwortlich sind.

#### **Gefährdung durch Sturmereignisse**

In Deutschland dominieren nach wie vor die in der Regel gut vorhersagbaren Winterstürme. Aber auch Sommerstürme, die im Gegensatz zu den Winterstürmen in kurzer Zeit entstehen und damit nur begrenzt vorhersagbar sind, können Orkanstärke erreichen und zu enormen Schäden führen.

Ob der Klimawandel zu vermehrten oder intensiveren Sturmereignissen geführt hat, können Klimawissenschaftler bisher noch nicht abschließend beantworten. Wissenschaftlich gesichert scheint hingegen zu sein, dass Regionen an der Küste und im Gebirge zukünftig intensiver von Extremwetterereignissen betroffen sein werden.

#### **Sturmschäden nach Schadenbereichen**

Bei den klassischen Sturmschäden handelt es sich vor allem um Schäden an Dächern von Gebäuden. Oft führen Stürme zu Beschädigungen an Dachaufbauten wie Schornsteinen, Solarthermie-/Photovoltaikmodulen, Antennen, Satellitenschüsseln sowie anderen exponierten Bauteilen. Am häufigsten kommt es jedoch zu abgedeckten Dächern. Bei den analysierten Schadenmeldungen handelt es sich überwiegend um Beschädigungen an geneigten Dächern mit kleinformatigen Eindeckungen wie Dachziegeln und Dachsteinen. Begründet ist diese besondere Schadenanfälligkeit durch die Sogwirkung des Windes, die sich an der windabgewandten Dachseite entwickelt und vor allem nicht ausreichend gesicherte bzw. fixierte Bauelemente mitreißt. Grundsätzlich gilt, dass mehrgeschossige Gebäude windanfälliger sind, da der Winddruck mit steigender Höhe zunimmt. Auch in Abhängigkeit von (unter anderem) der Dachneigung, der Dachform,

der Dacheindeckung und dem Standort kann sich eine besondere Gefährdung eines Gebäudes durch Windeinwirkungen ergeben. Darüber hinaus können durch Sturm entwurzelte und umgestürzte Bäume zu erheblichen Beschädigungen an Dächern, aber auch an weiteren Bauteilen eines Gebäudes führen.

Folgende Maßnahmen dienen der Schadenprävention gegen Sturmschäden:

- regelmäßige Kontrolle der Dacheindeckung,
- Ersatz oder Austausch von fehlenden oder beschädigten Dachziegeln/Dachsteinen,
- nachträgliche Befestigung von Dachziegeln/Dachsteinen mit Sturmklammern,
- Sicherung besonders exponierter Dachaufbauten und Gebäudeteile gegen Sturm,
- Sicherung leichter Nebengebäude, wie Gartenhäuser oder Geräteschuppen gegen Sturm,
- Entfernung morscher Äste oder in der Standsicherheit gefährdeter Bäume.

Das Beispiel Sturmschäden zeigt die Komplexität der Problematik. Extremwetterereignisse können große Auswirkungen auf Gebäude und Infrastrukturen haben, sodass das Planen und Bauen neu zu denken sein wird.

### **Fazit**

Die aktuelle Untersuchung zu »Klimawandel und Extremwetterereignissen« verdeutlicht die Notwendigkeit präventiver Maßnahmen in Bezug auf entsprechende Anpassungen von Bauwerken. Die Auswertung der Daten zeigt, dass sehr häufig, aber nicht regelmäßig im Betrachtungszeitraum Veränderungen und Entwicklungen stattfanden, die auf Extremwetterveränderungen aufgrund des Klimawandels schließen lassen. Darunter fallen zum Beispiel extreme Wettererscheinungen, wie heftige Gewitter, Starkregenereignisse, Orkane und Tornados, deren Ausmaß, Dauer und Zeitpunkt Veränderungen erfahren (haben). So lassen zum Beispiel die Auswertungen der Schäden aufgrund starker Sturmereignisse im Jahresverlauf durchaus Trends erkennen, die auf zeitliche Verschiebungen in den letzten 20 Jahren hinweisen. Folgen hierfür sind beispielsweise mehr Schäden an Gebäuden durch umstürzende Bäume, wenn diese in der zeitlich verschobenen Sturmsaison noch belaubt sind. Die Analysen der vorliegenden Studie zeigen Beispiele und Auswirkungen in vielen weiteren Bereichen.

Im Rahmen dessen sind auch Entwicklungen erkennbar, die die Risiken für Immobilien und Infrastruktur – in Art und Ausmaß – merklich verändern, was sowohl Auswirkungen auf die Risikoabschätzungen durch die Gebäudeeigentümer als auch auf die Notwendigkeit von Versicherungen und ihre Wirksamkeit hat. Betrachtet werden müssen von Bauherren und Bauunternehmern deshalb die Gefährdung, die Vulnerabilität und die finanziellen Auswirkungen im Rahmen des tatsächlichen Extremwetter- und (Klima-)Risikos

einer Immobilie. Von dieser Risikoanalyse und -bewertung leitet sich ein notwendiges Risikomanagement im Sinne eines sinnvollen methodischen Vorgehens/Schutzkonzepts ab.

Dabei ist der Abschluss entsprechender Versicherungen (zum Beispiel Elementarschaden- oder Bauleistungsversicherung) ein wichtiger Baustein des Risikomanagements im Umgang mit Naturgefahren, jedoch nur in Kombination mit einer eigenen proaktiven Risikoanalyse, -bewertung und -anpassung des Bauwerks an die veränderten Rahmenbedingungen. Nur so lassen sich Schäden verhindern oder zumindest die Folgen minimieren. Zielgerichtete Anpassungsmaßnahmen von Gebäuden im Anschluss an die Risikobewertung müssen dabei fachgerecht und klug geplant, mit weiteren – notwendigen – Maßnahmen gekoppelt und frühzeitig durchgeführt werden, um den Wert von Eigentum oder Bauleistungen nachhaltig zu schützen. Auswirkungen von Extremwetter und Klimawandel sind keine Fiktion mehr, sondern erfordern bereits heute weitreichende Strategien und Maßnahmen.

Die Studie soll Eigentümer dabei unterstützen, Risiken individuell einzuschätzen und auf dieser Grundlage adäquate bauliche Anpassungen vorzunehmen. Ein Ergebnis der Untersuchung: In den vergangenen 20 Jahren haben die Anzahl der Schäden aufgrund von Extremwetterereignissen sowie die Schadenhöhen stark zugenommen. Eigentümern wird dringend angeraten, sich mit der Problematik zu befassen und sowohl im Neubau als auch bei Bestandsgebäuden bauliche Vorsorge zu treffen. In der Studie finden sich neben den statistischen Datenauswertungen nutzerfreundliche Checklisten mit konkreten Handlungsempfehlungen, zugeschnitten auf verschiedene Naturgefahren, ergänzt mit konkreten Empfehlungen für die Planungs-, Bau- und Nutzungsphase von Gebäuden. Zudem enthält die Veröffentlichung eine Sammlung weitergehender Informationen, Links und Arbeitshilfen.

Die Studie ist im Institut für Bauforschung e.V. (IFB) erhältlich und als Download auf der Website des Instituts unter <https://bauforschung.de/downloads-oeffentlich/> verfügbar.

## 7.1.2 Bewertung des Klimarisikos für Einzelgebäude und -quartiere und Wirksamkeit von Verbesserungsmaßnahmen



Dr. Tanja Tötzer



Dr. Marianne Bügelmayer-Blaschek

### Klimarisiko – Herausforderung und Chance

Die Auswirkungen des Klimawandels sind nicht nur für den Menschen und das Ökosystem in Form von gehäuften Extremwittersituationen wie Hitzewellen, Starkregen, Trockenperioden oder Stürmen deutlich spürbar. Sie haben auch schon jetzt massive Auswirkungen auf die gebaute Umwelt, die je nach Vulnerabilität (Verletzlichkeit des Objekts) einen immensen gesellschaftlichen und ökonomischen Schaden verursachen können.<sup>1</sup> Aus den unterschiedlichen Szenarien der Treibhausgasentwicklung und der daraus zu erwartenden globalen Klimaentwicklung steht die Immobilienbranche vor der großen Herausforderung, das tatsächliche Klimarisiko für ihre Einzelgebäude und -quartiere richtig zu bewerten und wirksame (Anpassungs-) Maßnahmen zu setzen. Die Verschränkung von globalen und regionalen Klimamodellen mit Mikroklimasimulationen ermöglicht es, fundierte Entscheidungsgrundlagen zu schaffen, um Klimarisiko und die potenziellen Anpassungsmaßnahmen evidenzbasiert zu beurteilen und klimafitte Investitionen (auch gemäß EU-Taxonomie) zu tätigen.

### Der rechtliche Rahmen

Im Rahmen des europäischen Grünen Deals (European Green Deal) hat sich die Europäische Union (EU) mit dem Europäischen Klimagesetz das verbindliche Ziel gesetzt, bis 2050 klimaneutral zu werden.<sup>2</sup> Um dies zu erreichen, ist es zwingend notwendig, nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten zu fördern. Deshalb wurde die EU-Taxonomie im Jahr 2020 als grundlegende Maßnahme beschlossen, um ein verbindliches Verständnis zu schaffen, welche Wirtschaftsaktivitäten nachhaltig sind und damit entsprechend geför-

1 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hrsg.); Trenczek, J.; Lühr, O.; Eiserbeck, L.; Sandhövel, M.: Übersicht vergangener Extremwitterschäden in Deutschland. Methodik und Erstellung einer Schadensübersicht. Projektbericht »Kosten durch Klimawandelfolgen«. Berlin, 2022

2 Europäische Kommission (Hrsg.): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Der europäische Grüne Deal. COM (2019) 640 final. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC\\_1&format=PDF%20\[abgerufen am: 10.04.2024\]](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF%20[abgerufen am: 10.04.2024])

dert werden sollen. Die Einführung der EU-Taxonomie bedeutet für Unternehmen in ihrem Anwendungsbereich, dass sie zumindest in einem der sechs Umweltziele ((i) Klimaschutz, (ii) Anpassung an den Klimawandel, (iii) Nachhaltiger Einsatz und Gebrauch von Wasser oder Meeresressourcen, (iv) Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, (v) Vorbeugung oder Kontrolle von Umweltverschmutzung, (vi) Schutz und Wiederherstellung von Biodiversität und Ökosystemen) einen positiven Beitrag leisten müssen und gegen die anderen nicht verstoßen dürfen. Darüber hinaus ist das Einhalten sozialer Mindeststandards nachzuweisen. Die Anpassung an den Klimawandel ist daher für alle Unternehmen von Bedeutung, die Taxonomiekonformität anstreben<sup>3</sup>.

Ein wichtiges Element des Klassifikationssystems der EU-Taxonomie ist es, dass sie die Unternehmen zwingt, explizit die klimawandelbedingten Änderungen und deren Auswirkungen für ihre Wirtschaftsaktivitäten zu identifizieren und zu bewerten. Dies wird über das DNSH-Prinzip (»Do no significant harm«) geregelt, das in allen Umweltzielen vorkommt und unter anderem eine robuste Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse (kurz Klimarisikoanalyse) erfordert. Ein Teil der Klimarisikoanalyse ist die Darstellung möglicher Anpassungsmaßnahmen zur Verringerung der identifizierten Risiken. Die Notwendigkeit einer Klimarisikoanalyse mag für viele Unternehmen eine Herausforderung darstellen, sie bietet jedoch auch eine wertvolle Gelegenheit, sich intensiv mit den zukünftigen Klimabedingungen auseinanderzusetzen und zu verstehen, wie sich diese auf Gebäude auswirken können. Das Wissen, das aus dieser Auseinandersetzung gewonnen wird, ist von enormer Bedeutung, da es den Besitzern und Entwicklern die Chance gibt, sich frühzeitig bewusst zu werden, welche Risiken ihnen drohen könnten. Dadurch können sie wirksame Maßnahmen ergreifen, um sich rechtzeitig anzupassen und mögliche Schäden zu minimieren oder sogar zu verhindern. Durch vorausschauende Planung und Handlung können langfristig betrachtet erhebliche Schäden vermieden werden. Sie bietet die Möglichkeit, Immobilien robuster und widerstandsfähiger gegenüber den Herausforderungen des sich verändernden Klimas zu machen. Grundsätzlich gilt, je früher geeignete Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden, umso leichter und effizienter erfolgt die Transformation und umso besser steuerbar sind die Kosten. Abwarten ist keine gute Option, denn letztlich kann nur rechtzeitiges und vorausschauendes Handeln verhindern, dass es an Immobilien längerfristig zu Schäden kommt oder diese an Wert verlieren und zu sogenannten »stranded assets« werden. Was ist also zu tun und was ist zu beachten, damit Immobilien »klimafit« werden?

---

3 Umweltbundesamt (Hrsg.): Durchführung einer robusten Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse nach EU Taxonomie. Empfehlungen für Unternehmen. [www.umweltbundesamt.de/publikationen/durchfuehrung-einer-robusten-klimarisiko](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/durchfuehrung-einer-robusten-klimarisiko) [abgerufen am: 10.04.2024]

### Relevante Fragestellungen für die Baubranche – Klimarisiko verstehen

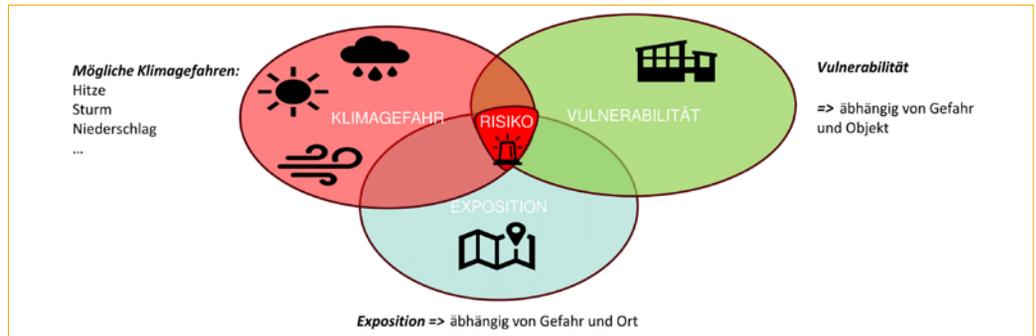
Zunächst braucht es Klarheit darüber, was Klimarisiko eigentlich heißt und wie eine Immobilie danach bewertet werden kann. Das Klimarisiko wird entsprechend des 6. Sachstandsberichts des »International Panel on Climate Change« (IPCC AR6) ganz allgemein als das »Potenzial für nachteilige Folgen für menschliche oder ökologische Systeme« durch klimabedingte Gefahren<sup>4</sup> definiert und setzt sich aus der Klimagefahr, Exposition und Vulnerabilität zusammen. Erst wenn für ein Objekt eine Klimagefahr besteht und es gleichzeitig exponiert und vulnerabel ist, besteht ein Risiko im Sinne des IPCC AR6 und somit der EU-Taxonomie-Verordnung. Die Begriffe werden nachstehend entsprechend des IPCC AR6 definiert:

- Eine Klimagefahr ist eine »potenzielle Quelle von Schaden« (DIN EN ISO 14090/14091). Klimabezogene Gefahren sind das »potenzielle Auftreten eines natürlichen oder vom Menschen verursachten physikalischen Ereignisses oder Trends, das zu Schäden [...]«<sup>5</sup> oder nachteiligen Auswirkungen führen kann. Die Klimagefahr kommt von außen und wirkt auf das Objekt. Beispiele für klimabedingte Gefahren sind extreme Wetterereignisse wie Starkniederschlag, Sturmereignisse oder der Anstieg der Durchschnittstemperatur.
- Vulnerabilität bezieht sich auf die Immobilie selbst und definiert die Verletzlichkeit des Objekts, also die Veranlagung, nachteilig beeinflusst zu werden. Vulnerabilität ist bedingt durch eine Vielzahl von Objekteigenschaften einschließlich der Sensitivität gegenüber bestimmten Schäden und der mangelnden Widerstandsfähigkeit und Anpassung.
  - Unter Sensitivität wird das Ausmaß, in dem ein System durch Klimaschwankungen oder -änderungen entweder nachteilig oder vorteilhaft beeinflusst werden kann, verstanden (IPCC AR 6).
  - Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit ist die Fähigkeit von Systemen, sich vorausschauend anzupassen, Chancen zu nutzen oder auf Folgen bzw. entstandene Schäden zu reagieren, um diese zukünftig zu verringern oder zu vermeiden.
- Exposition entspricht dem Vorhandensein von Vermögenswerten an Orten und in Umgebungen, die nachteilig beeinflusst werden könnten, wie zum Beispiel in der Nähe eines Flusses aufgrund von Hochwasser oder in Hanglagen durch Erdbeben.

→ Das Klimarisiko setzt sich aus all diesen Komponenten zusammen (vgl. Abb. 01) und stellt somit dar, wie sehr eine auftretende Klimagefahr zu nachteiligen Folgen führt.

4 Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Tignor, M.; Poloczanska, E. S.; Minterbeck, E. S.; Alegria, A.; Craig, M.; Langsdorf, S.; Löschke, S.; Möller, V.; Okem, A.; Rama, B. (Hrsg.): IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK), New York (USA): Cambridge University Press, 2022, S. 3056; doi:10.1017/9781009325844 [abgerufen am: 10.04.2024]

5 (IPCC, AR6) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Annex VII: Glossary. In: Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press; 2023:2215-2256.



**Abb. 01:** Schematische Darstellung der relevanten Komponenten zur Erfassung des physikalischen Klimarisikos [Grafik: AIT]

Zur Auswertung der zukünftigen Klimagefahren wie Hitze, extreme Niederschläge oder Sturm (zum Beispiel in den Jahren 2040, 2050, 2070 ...) wird auf die Ergebnisse von Klimamodellen zurückgegriffen. Die Exposition wird durch den Standort der Immobilie bestimmt und die Vulnerabilität ist auf die Wirtschaftstätigkeit zurückzuführen. Diese wird anhand der vorliegenden Informationen zu den Gebäuden abgeschätzt. So geben beispielsweise die verwendeten Materialien einen Hinweis auf die Vulnerabilität gegenüber Temperatur, Wind und Hagel. Weiterhin senken vorhandene Maßnahmen (zum Beispiel passive Beschattung) die Vulnerabilität gegenüber Hitze.

Es ist noch klarzustellen, dass nur ein Risiko besteht, wenn alle drei Komponenten – Gefahr, Vulnerabilität und Exposition – zusammenspielen. Darüber hinaus sind die Aspekte der »Exposition« und »Vulnerabilität« abhängig von der analysierten Klimagefahr. So kann eine Immobilie gegenüber Starkniederschlag exponiert und vulnerabel sein, gegenüber Hitze jedoch nicht. Besteht keine Klimagefahr bezüglich einer gewissen Größe (etwa Temperatur), so besteht auch kein Risiko, dass das Objekt dieser ausgesetzt (das heißt exponiert) oder gegenüber dieser vulnerabel ist!

### Relevante Zukunftspfade für die Klimarisikoanalyse

Der Nachweis einer robusten Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse ist für die Erfüllung der Taxonomie-Konformität erforderlich. Innerhalb der EU-Taxonomie müssen unterschiedliche Szenarien der Treibhausgasentwicklung und daraus resultierend der Klimaentwicklung der kommenden 30 Jahre betrachtet werden. So ist vorgegeben, dass für sämtliche definierten RCPs (Representative Concentration Pathways) eine Klimarisikoanalyse bis 2050 durchgeführt werden muss.

Die vier RCP-Szenarien RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5 und RCP2.6 beschreiben die Auswirkungen von höheren Treibhausgaskonzentrationen aufgrund sozio-ökonomischer Entwicklungen.

- RCP2.6 berücksichtigt ein Szenario mit dem Ziel, die Erwärmung der globalen Mitteltemperatur auf unter 2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu beschränken. Dies ist mit großen Anstrengungen im Bereich Klimaschutz und Reduktion der Treibhausgasemissionen verbunden. Nur im RCP2.6 können die Paris-Ziele von 1,5 °C erreicht werden, das heißt, eine Temperaturerhöhung deutlich unter 2 °C bis 2100, wodurch die Gefahren und Risiken für Gebäude etc. minimiert werden.
- RCP8.5 ist das »Business-as-usual«-Szenario in dem so weiter gemacht wird wie bisher. Die Treibhausgasemissionen steigen bis 2100 an und bleiben danach konstant. Dieses Szenario ist mit hohen Gefahren und Risiken für alle Sektoren (Immobilien, Landwirtschaft etc.) verbunden.
- RCP4.5 und RCP6.0 beschreiben zwei Szenarien zwischen den beiden extremeren Varianten.

Um die Komplexität unterschiedlicher Gefahren innerhalb der verschiedenen Emissionspfade abzudecken, wird oft nur auf das sogenannte »Worst-case«-Szenario (RCP 8.5) zurückgegriffen, da die Annahme besteht, dass alle anderen Szenarien weniger starke Auswirkungen haben werden. Jedoch ist es wichtig zu berücksichtigen, dass RCP8.5 den stärksten Temperaturanstieg darstellt, wodurch zum Beispiel die Anzahl der Hitzetage oder der Frosttage (Minimumtemperatur kleiner 0 °C) beeinflusst werden, jedoch Niederschlagsmuster sich zwischen den RCP-Szenarien lokal stark unterscheiden können. Die Unterschiede können einerseits durch die veränderte Kapazität Wasserdampf zu speichern (wärmere Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen), andererseits auch durch Änderungen in der Dynamik auftreten. Daher wird für eine solide Klimarisikoanalyse empfohlen, alle RCP-Szenarien zu berücksichtigen.

### **Innovative Ansätze für wirksame Maßnahmen – Vorhersage und Entscheidungshilfe durch Simulationen und Klimaszenarien**

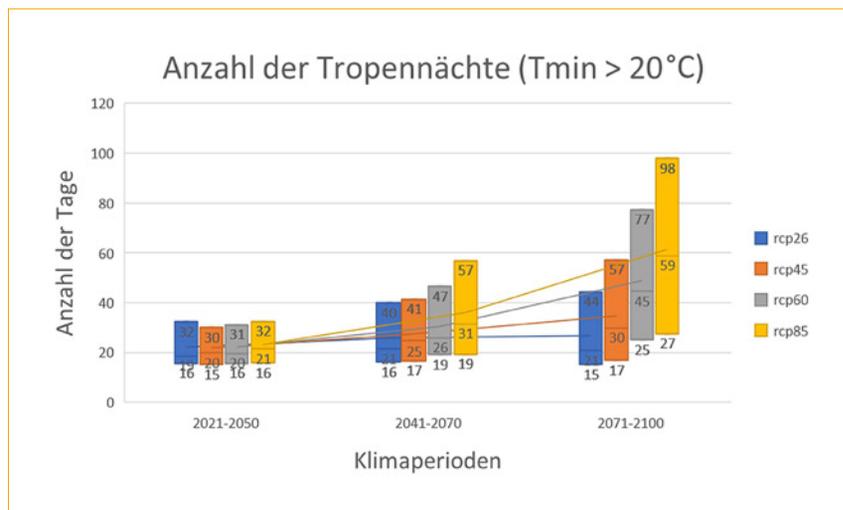
Um Aussagen über zukünftige Klimazustände und die damit verbundenen Gefahren treffen zu können, muss auf Klimamodelldaten zurückgegriffen werden, da aufgrund des Klimawandels nicht von der Vergangenheit auf die Zukunft geschlossen werden kann. Klimamodelle bilden die physikalischen Prozesse numerisch ab und liegen in unterschiedlichen räumlichen Auflösungen vor. So gibt es globale Klimamodelle, die sowohl die Atmosphäre als auch den Ozean, die Eisschilde und Vegetation beinhalten. Diese bilden die Grundlage für Vorhersagen. Basierend auf den globalen Modellen, werden hochaufgelöste Simulationen gerechnet, um Aussagen auf lokaler Ebene treffen zu können. Diese regionalen Modelle sind reine Atmosphärenmodelle, die räumliche Gegebenheiten wie Topografie und Landnutzung (zum Beispiel Stadt, Wald etc.) genauer abbilden als Globalmodelle.

Für die Klimarisikoanalyse werden zukünftige Gefahren aus den Ergebnissen der Klimamodelle abgeleitet. So wird zum Beispiel das Hitzerrisiko in Städten in den nächsten Jahr-

zehnten noch deutlich größer und stellt dadurch eine Herausforderung für Mensch und Gebäude dar. Anhand der Klimamodelle lassen sich beispielsweise Aussagen über die zukünftige Anzahl an Hitzetagen (Maximumtemperatur über 30 °C) oder die Anzahl an Tropennächten (Minimumtemperatur über 20 °C) ableiten. Gerade die nächtliche Temperatur spielt eine große Rolle für die Schlafqualität und damit für die Gesundheit der Bewohner.

Auch die Niederschlagsintensitäten haben sich bereits verändert und werden sich auch in Zukunft weiter verändern, sodass es zu intensiveren, wenn auch selteneren Ereignissen kommt, da wärmere Luft mehr Wasserdampf speichern kann. Die intensiven Gewitter bewirken hohe Niederschlagssummen innerhalb einiger Stunden, die vor allem in dicht bebauten, stark versiegelten Gebieten nur teilweise durch die Kanalisation abgeleitet werden können. Dadurch kommt es vermehrt zu Überflutungsschäden an Gebäuden.

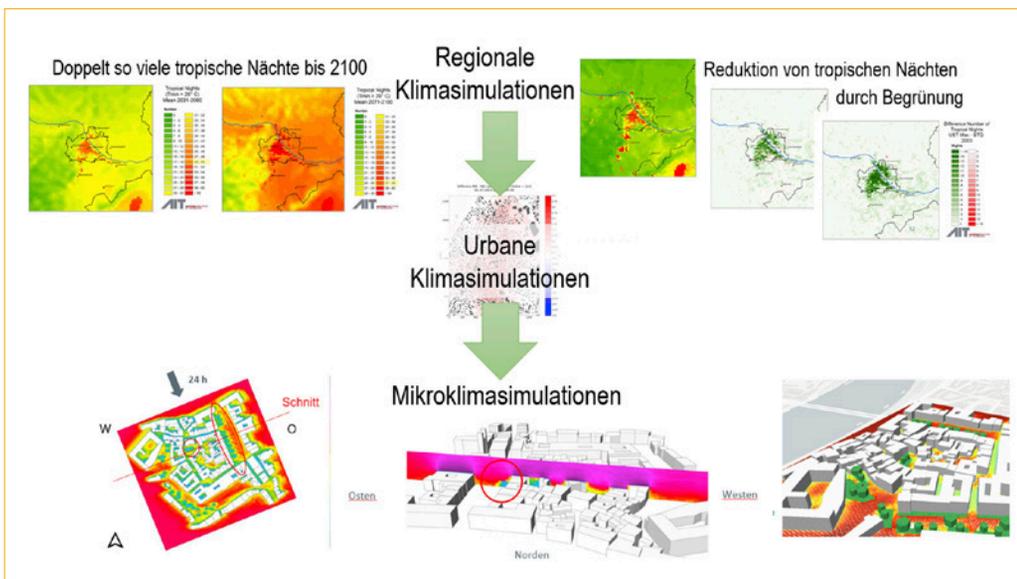
Klimasimulationen ermöglichen aber nicht nur das Verständnis zukünftiger Bedingungen, sie erlauben es auch, Anpassungsmaßnahmen bzw. auch Änderungen in der bebauten Struktur in einem sehr frühen Planungsstadium zu quantifizieren. Ein Beispiel aus einer Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse ergibt eine starke Zunahme an Tropennächten basierend auf hochaufgelösten Klimamodelldaten (1 × 1 Quadratkilometer).



**Abb. 02:** Entwicklung der Zahl der Tropennächte in unterschiedlichen Szenarien (RCP 2.6-RCP8.5) [Grafik: AIT, Daten: OKS15<sup>6</sup>]

<sup>6</sup> Endbericht ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich – Daten – Methoden – Klimaanalyse, Version 1. Vienna, Austria. CCCA Data Centre. Vgl. [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/publikationen/oeks15.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/publikationen/oeks15.html) [abgerufen am: 14.05.2024]

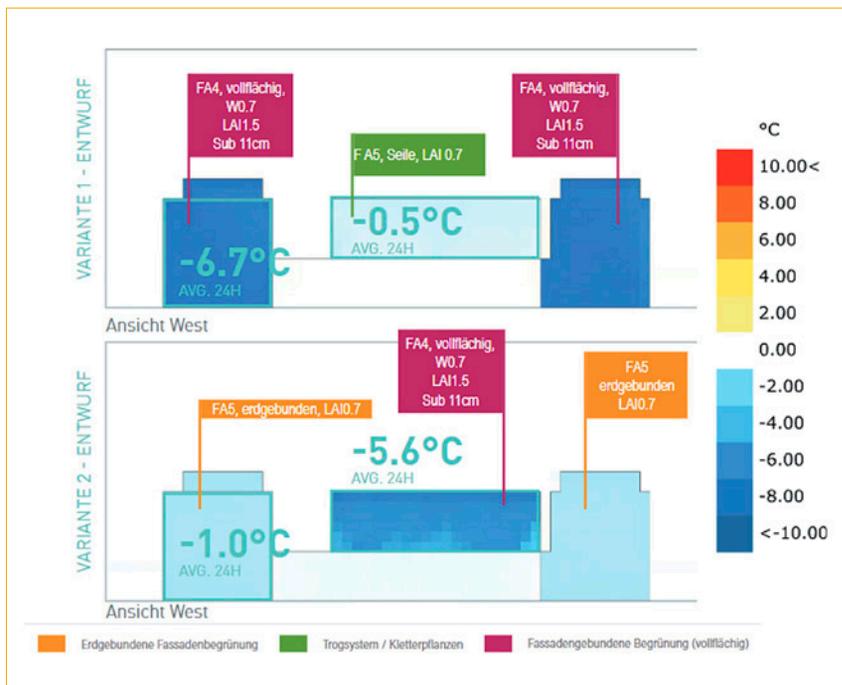
Um dieser Gefahr entgegenzuwirken und Gebäude optimal anzupassen, werden weitere Informationen zur Wirksamkeit bestimmter Maßnahmen benötigt. Regionale Klimamodelle erlauben generelle Aussagen zu den Effekten von großflächigen Maßnahmen wie zum Beispiel, um wieviel die Durchschnittstemperatur durch eine moderate oder maximale Begrünung der gesamten Stadt reduziert werden kann.<sup>7</sup> Diese Modellergebnisse sind zwar für die städtischen Entscheidungsträger und Planer relevant, liefern jedoch für einzelne Gebäude oder Quartiere nur wenig konkrete Anpassungsempfehlungen. Daher werden kleinskaligere Klimasimulationen benötigt, die durch eine räumliche Auflösung von bis zu  $1 \times 1$  Quadratmeter die Gebäudestrukturen realitätsnah abbilden und bereits in der frühen Planung eine Simulation verschiedener Varianten und eine Abschätzung der Effekte erlauben. Dies spart aufwendige Umplanungskosten zu einem späteren Zeitpunkt und ermöglicht eine optimale Integration klimafreundlicher Maßnahmen. Idealerweise fließen Informationen aus den regionalen Klimamodellen direkt in die Mikroklimasimulationen ein, indem ein charakteristischer Tagesgang simuliert wird. Die durchgehende Klimamodellkette von regional über urban bis lokal wird in der folgenden Abbildung dargestellt.



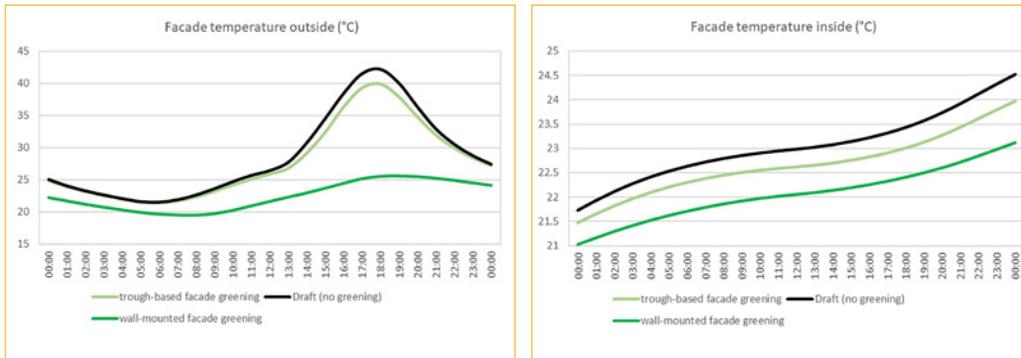
**Abb. 03:** Klimainformationen auf unterschiedlichen Skalenebenen [Grafik: AIT]

7 Reinwald, F.; Brandenburg, C.; Gabor, A.; Hinterkörner, P.; Kainz, A.; Kraus, F.; Ring, Z.; Scharf, B.; Tötzer, T.; Damjanovic, D. Multi-Level Toolset for Steering Urban Green Infrastructure to Support the Development of Climate-Proofed Cities. Sustainability 13 (2021), Nr. 21, S. 13, 12111, englischsprachig; vgl. <https://doi.org/10.3390/su132112111>; [abgerufen am: 14.05.2024]

Auf der Quartiers- und Gebäudeebene können mithilfe von Simulationstools weitere Aussagen zu optimalen Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich Gebäudegeometrie, Materialien und der Integration von naturbasierten Lösungen getroffen werden. So kann zum Beispiel in den Mikroklimasimulationen gezeigt werden, wie unterschiedliche Begrünungssysteme – von vollflächigen fassadengebundenen Begrünungssystemen mit Substrat bis zu Kletterpflanzen an Rankseilen – auf die Fassadentemperatur wirken. Hier können im Durchschnitt über 24 Stunden Temperaturunterschiede von 6 bis 7 °C (vgl. Abb. 04), zu bestimmten Tageszeiten sogar bis zu 15 °C auftreten (vgl. Abb. 05 links). Die Temperaturreduktion an der Fassade hat auch eine ausgleichende Wirkung auf die Innenraumtemperatur (vgl. Abb. 05 rechts) und verringert den Bedarf an technischer Kühlung.

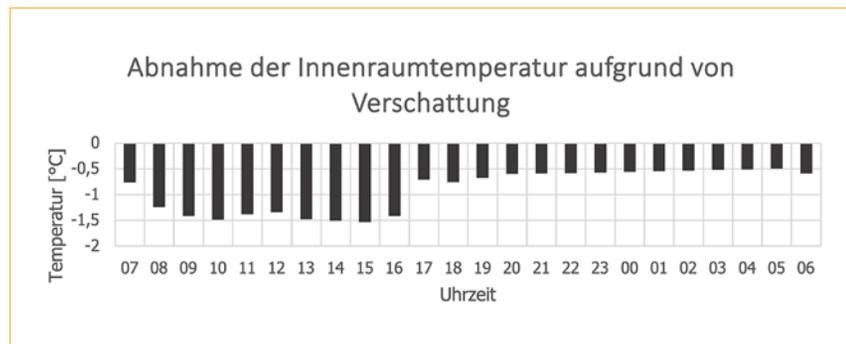


**Abb. 04:** Reduktion der Fassadentemperatur mit unterschiedlichen Begrünungssystemen [Grafik: AIT]



**Abb. 05:** Fassadentemperatur außen (links) und innen (rechts) ohne Begrünung (schwarze Linie), mit Rankpflanzen (hellgrüne Linie) und mit einer dichten wandgebundenen Begrünung mit Substrat (dunkelgrüne Linie) [Grafik: AIT<sup>8</sup>]

Ebenso können bauliche Maßnahmen wie Verschattungen durch Vorsprünge oder Verdunkelung durch Außenjalousien simuliert und quantifiziert werden.

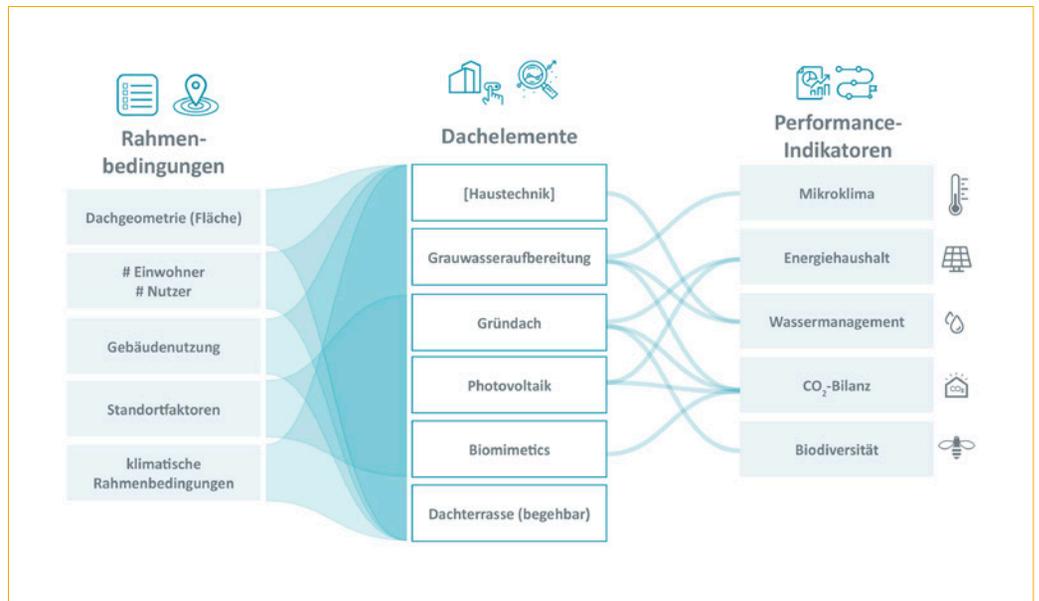


**Abb. 06:** Reduktion der Innenraumtemperatur durch Verschattungsmaßnahmen wie Außenjalousien [Grafik: AIT]

Meist spielen in der Planung neben den klimatischen Faktoren weitere Aspekte wie Nutzung, Energie, Ökonomie, Erschließungsqualität usw. eine Rolle. Daher ist es vorteilhaft, einen gesamtheitlichen Überblick über diese unterschiedlichen Parameter zu erhalten. Dafür eignen sich parametrische Modelle, mit denen sich die Performance mehrerer Parameter im Vergleich abbilden lässt. Angesteuert wird das parametrische Modell über ein User-Interface, das Nutzern die Planung und das Assessment ermöglichen soll.

<sup>8</sup> Vgl. Tötzer, T.; Schneider, M.; Bozic, B.; Bukor, R.; Enzersdorfer, D.; Formanek, S.; Gebhardt, V.; Jung, M.; Lichtblau, A.; Sellinger, W.: Making Green Real – How to Promote Greenery in Real Estate Development. [https://conference.corp.at/archive/CORP2023\\_81.pdf](https://conference.corp.at/archive/CORP2023_81.pdf) [abgerufen am: 10.04.2024]

Parametrisches Design kann beispielsweise bei der Planung eines Daches eingesetzt werden, um eine optimale Kombination aus Licht (Photovoltaik), Wasser (Grauwasser-aufbereitung, Regenwassermanagement) und Vegetation (mikroklimatischer Einfluss) auszuloten.



**Abb. 07:** User-Interface parametrisches Modell [Grafik: AIT<sup>9</sup>]

Noch einen Schritt weiter gehen interaktive, digitale Plattformen und Labs, die eine Planungsumgebung mit KI-gesteuerten Modellen und integrierten Folgenabschätzungen schaffen. Dabei werden modernste Modelle des maschinellen Lernens zur Vorhersage komplexer Simulationsergebnisse in Echtzeit genutzt und bieten eine leistungsstarke Plattform als Entscheidungshilfe, die den Stadtplanungsprozess in jedem Schritt transformiert: vom Entwurf über die Bewertung, Analyse, Kommunikation bis zum Vergleich von Entwurfsalternativen.

<sup>9</sup> Vgl. <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/nanu3.php> [abgerufen am: 10.04.2024]

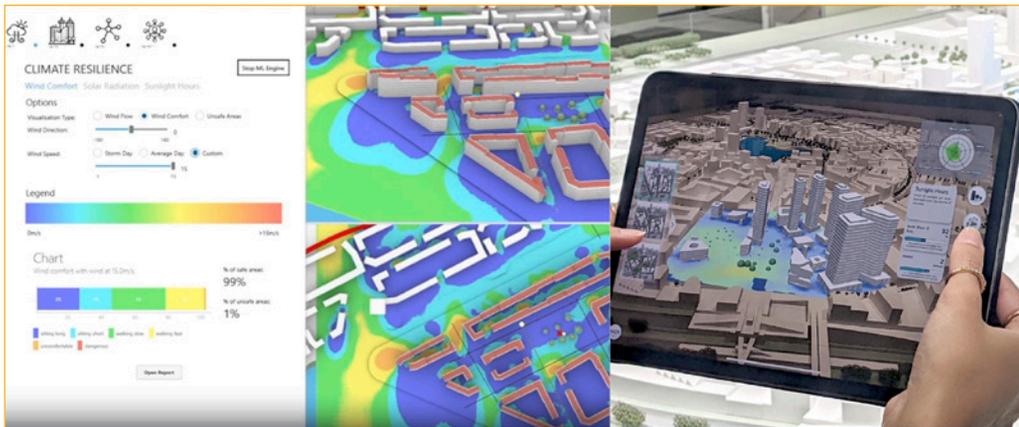


Abb. 08: Digitale Tools des City Intelligence Labs (CIL) am AIT [Quelle: AIT<sup>10</sup>]

## Fazit

Der Klimawandel und damit einhergehende regulatorische (zum Beispiel EU-Taxonomie) und marktwirtschaftliche Anforderungen führen zu Veränderungen in der Immobilienbranche. Den Risiken, die durch den Klimawandel bereits heute und verstärkt in Zukunft für Immobilien bestehen, muss vorausschauend mit klimafitten Bau- und Anpassungsmaßnahmen begegnet werden. Immobilienentwickler, Architekten und Planer benötigen aussagekräftige Grundlagen und eine spezifische Bewertung des Klimarisikos sowie der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen, um effiziente und für den Standort optimale Lösungen zu finden. Innovative Ansätze, wie die Verschränkung von globalen und regionalen Klimamodellen mit Mikroklimasimulationen, geben eine Entscheidungshilfe, um Klimarisiken und die potenziellen Anpassungsmaßnahmen evidenzbasiert zu beurteilen und klimafitte Investitionen (auch gemäß EU-Taxonomie) zu tätigen. Sie ermöglichen es, nicht nur die aktuelle Situation zu beurteilen, sondern auch die Auswirkungen zukünftiger Klimaszenarien auf den Standort zu simulieren. Um dem Klimarisiko entgegenzuwirken und Gebäude optimal anzupassen, bedarf es kleinskaliger Klimasimulationen, die die Gebäudestrukturen realitätsnah abbilden und bereits in der frühen Planung eine Simulation verschiedener Varianten und eine Abschätzung der Effekte erlauben. Meist spielen in der Planung neben den klimatischen Faktoren weitere Aspekte wie Nutzung, Energie, Ökonomie, Erschließungsqualität usw. eine Rolle, die anhand von parametrischen Modellen bewertet und gegenübergestellt werden können. KI-gesteuerte Modelle ermöglichen eine rasche Grobbewertung unterschiedlichster Gebäude- und Bebauungsvarianten in Echtzeit, sodass interaktiv analysiert, gelernt und optimiert werden kann. Innovative Werkzeuge erlauben eine Wirkungsabschätzung bereits in einem frühen Pla-

<sup>10</sup> Vgl. <https://cities.ait.ac.at/site/index.php/projects/> [abgerufen am: 10.04.2024]

nungsstadium und helfen, anhand von Schlüsselindikatoren, Karten und 3-D-Simulationen den Rahmen für eine klimafitte Bebauung abzustecken. Wenn bereits heute bei der Planung Klimaaspekte berücksichtigt werden, sodass Baugeometrie, Materialien, Begrünungsanteil, Versiegelungsgrad, Dichte usw. danach ausgerichtet sind und somit Investitionen in eine klimafitte Richtung gelenkt werden, können Mängel und Kosten in Zukunft vermieden werden.

Dr. Tanja Tötzer ist thematische Koordinatorin der Forschungsgruppe »Climate Resilient Urban Pathways« am AIT Austrian Institute of Technology GmbH. Sie verfügt über mehr als 20 Jahre Erfahrung im Bereich der nachhaltigen Stadt- und Regionalentwicklung und befasst sich mit Transformationsprozessen in Richtung Klima- oder Energiewende. In zahlreichen europäischen und nationalen Projekten erforscht sie, wie entlang unterschiedlicher Klimapfade eine naturbasierte, energieeffiziente und klimaresiliente Entwicklung von Städten und Regionen gelingen kann.

Dr. Marianne Bügelmayer-Blaschek arbeitet als Senior Scientist am AIT im Center for Energy im Geschäftsbereich »Digital Resilient Cities«. Sie hat einen Abschluss in Meteorologie und einen PhD in globaler Klimamodellierung von der Freien Universität Amsterdam. In aktuellen Projekten arbeitet sie mit Klimamodellen von der Mikro- bis zur regionalen Skala, um die Auswirkungen des Klimawandels sowie die von Anpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen zur Verbesserung der Resilienz von Städten und Regionen zu bewerten. Ein weiterer Schwerpunkt ihrer Arbeit ist die Klimakommunikation.

### 7.1.3 Klimaänderungen – Was kommt da noch auf uns zu?

#### INTERVIEW – PROF. DR. STEPHANIE FIEDLER



FOTO: J. HAACKS (CAU)

Prof. Dr. Stephanie Fiedler ist ab November 2024 Direktorin im Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg und Beraterin für meteorologische Belange bei Meyerthole Siems Kohlruss (MSK), Köln. Gemeinsam mit ihrem Team widmet sie sich Forschungsfragen zu Wetter und Klimawandel. Dabei werden Beobachtungsdaten und Experimente mit Wetter- und Klimamodellen genutzt. Bei den Untersuchungen kommen verschiedene Algorithmen und KI-Methoden zum Einsatz. Zuvor war sie Leiterin der Forschungseinheit Maritime Meteorologie, am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, hatte die Professur für Energiemetereologie an der Universität zu Köln inne und arbeitete als Wissenschaftlerin unter anderem am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg.

**Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Wir Bauforscher kennen uns nicht mit Klimaforschung aus. Aber auch wir haben in unserer Forschung Extremwetterereignisse im Fokus – insbesondere deren Auswirkungen auf das Planen und Bauen. Uns interessiert, ob die Hintergründe bzw. Ursachen für unsere diesbezüglichen Forschungsergebnisse Klimaveränderungen sind. Konnten Sie in Ihrer Forschung hierzu Anhaltspunkte feststellen?**

Prof. Dr. Stephanie Fiedler: Vorweg eine kurze Erläuterung zur Begrifflichkeit, um den Kontext zu verstehen: Klima ist im Prinzip die Statistik über das Wetter. Dabei wird Extremwetter mit abgebildet, ist also Teil des Klimas. Man sieht, dass sich Extremwetterereignisse wandeln. Der Weltklimarat hat im letzten IPCC-Assessment-Report<sup>1</sup> aus 2021 festgehalten, dass beispielsweise Starkniederschläge mit der Erwärmung zunehmen. In vielen Regionen kann man es bereits heute messbar nachweisen. Bei den aktuell stattfindenden (Starkniederschlag-)Extremen wird die Bedeutung von solchen Ereignissen deutlich. Für die Zukunft erwartet man im Prinzip global, dass häufigere und intensivere Niederschläge mit der

Erwärmung einhergehen. Beim Thema Dürre geht die Tendenz in vielen Regionen in eine ähnliche Richtung, allerdings ist es nicht überall sicher, dass die beobachtete Entwicklung von Dürre vorrangig durch menschliche Aktivitäten verursacht ist. Auch in der Klimaforschung gilt: Um eine Statistik mit belastbaren Daten erstellen zu können, braucht man die Daten vieler Jahre. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) empfiehlt hierfür 30 Jahre. Zusätzlich braucht man auch eine 30-Jahre-Statistik für die einhergehenden Schadendaten, um die Auswirkungen bewerten und einordnen zu können. Aber auch Beobachtungszeiträume über 20 Jahre können bereits erste Ergebnisse liefern. Wenn beispielsweise eine Stationsmessung über 20 Jahre Daten sammelt, treten oftmals bereits erste Trends zutage. Beobachtungen über einen Zeitraum von 30 Jahren oder mehr sind optimal. Bei Schadendaten ist mit zu berücksichtigen, wie viele Versicherungen es überhaupt gibt, was versichert ist und welche Werte dahinterstehen. Auch diese Kriterien spielen bei der Bewertung von Zusammenhängen mit hinein. Vor diesem Hintergrund ist zu bewerten, ob die Folgen mit dem Klimawandel zu begründen sind, ob die Datenlage

<sup>1</sup> Vgl. [www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/](http://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/) [abgerufen am: 16.07.2024]

ausreichend ist und inwieweit weitere Faktoren hineinspielen. Es ist immer eine Kombination aus verschiedenen Faktoren, die man berücksichtigen muss.

**Böhmer: Das ist der »Blick nach hinten«, den wir, bei dem, was wir tun, auch immer haben. Sie schauen aber auch ganz viel nach vorn. Da stellt sich die Frage: Was kommt jetzt tatsächlich auf uns zu?**

Fiedler: Man muss vorwegnehmen, dass wir natürlich nicht genau wissen, wie wir Menschen uns in Zukunft entwickeln werden, was die sozioökonomischen Aspekte anbelangt. Wir können nicht genau voraussehen, ob wir wesentlich mehr Emissionen produzieren werden oder ob wir als Weltgemeinschaft bewirken können, dass wir die Emissionen reduzieren und Klimaneutralität erreichen. Die Politik hat sich auf das 2-Grad-Ziel verständigt, das heißt, dass die Erwärmung maximal 2 °C im globalen Mittel erreicht. Also, dass wir durch unser Handeln die Erde nicht über 2 °C hinaus erwärmen. Damit lassen sich zum Beispiel Extremwetter in Anzahl und Intensität begrenzen, sodass wir uns wahrscheinlich noch entsprechend anpassen können. Wenn es über diese 2 °C hinaus noch sehr viel wärmer wird, wird es schwieriger, wenn Anpassung überhaupt mit der heutigen Infrastruktur möglich ist.

Bei einer Erderwärmung von 4 °C im Vergleich zu dem, was vorindustriell üblich war, sind Extremwetterereignisse wie 10-jährige Dürren im Vergleich zur Statistik für 1850–1900 rund 4-mal wahrscheinlicher. Bei einer Erwärmung um 2 °C liegt man da bei einer 2,4-fach höheren Wahrscheinlichkeit. Das heißt allerdings nicht, dass es immer so kommen muss. Das ist die Problematik der Statistik: Durchschnittlich ist von den genannten Werten auszugehen. Die Werte können aber auch mal höher und mal niedriger ausfallen. Das Problem bei den künftigen Extremwetterereignissen ist, dass sie nicht nur häufiger auftreten werden, sondern auch intensiver sind. Wir

sprechen dann von intensiveren Dürren, von Hitzeextremen sowieso. Auch Starkniederschläge werden mit zunehmender Erwärmung intensiver, das heißt, Ereignisse können mehr Regenmengen bringen. Bei einer globalen Erwärmung von 4 °C liegen wir im Schnitt bei einem Plus von etwa 30 Prozent mehr Wasser bei einem 10-jährigen Extremniederschlag im Vergleich zu 1850–1900; im Einzelfall mal mehr, mal weniger. Wenn wir es schaffen, die globale Erwärmung auf 2 °C zu begrenzen, liegen wir bei etwa 14 Prozent mehr Wasser. Das ist natürlich immer noch dramatisch. Wenn man sich vorstellt, dass bei einer Flutkatastrophe wie etwa der im Ahrtal noch einmal 14 Prozent mehr Wasserabfluss hinzukommt, sind die Auswirkungen noch gravierender. Es sind aber vielleicht noch Mengen, mit denen man durch entsprechende Vorkehrungen umgehen könnte. Bei einer Steigerung der Niederschlagsmenge um 30 Prozent wird es schwierig, sich eine mögliche Anpassung wirtschaftlich und sozialverträglich vorzustellen. Die Daten basieren auf Angaben vom Weltklimarat, wofür Klimaforscher mit verschiedensten Klimamodellen weltweit Klimaprojektionen durchgeführt haben. Natürlich sind solche Modelle nicht perfekt: Es gibt Unsicherheiten, dementsprechend sind dies Abschätzungen zu Zukunftsszenarien, die eintreten können. Klimaforschung ist wie jede Wissenschaft mit Unsicherheiten behaftet. Wir können bei den genauen Werten für die Zukunft auch falsch liegen. Wir gehen vom aktuellen Stand des Wissens aus und lernen ständig dazu. Doch sicher ist: Die Erwärmung ändert die Anzahl und Intensität von Extremereignissen.

**Böhmer: Wir haben in unserer Studie zu Extremwetter und der Schadenentwicklung herausgefunden, dass die kostenintensivsten Schäden durch Überspannung entstanden sind, gefolgt von Starkregen und Hagel. Führt man beides zusammen, ist man beim Thema Gewitter. Also Gewitterereignisse, häufig im Zusammen mit Starkregenereignissen: Haben Sie auch einen konkreten Blick auf diese Dinge?**

Fiedler: Ja! Bei Starkniederschlag kann man ebenfalls meteorologische Messungen heranziehen. Wir haben gerade schon besprochen, dass Starkniederschläge zugenommen haben, zum Beispiel in Teilen von Europa. Dies betrifft vor allem Nordeuropa, hier hat man mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits den Beitrag des Menschen feststellen können. Auch hier bei uns in West-Zentraleuropa ist eine Zunahme in Bezug auf Starkniederschläge zu verzeichnen. Hier ist man sich aber noch nicht sicher, ob das nur auf die menschliche Aktivität zurückzuführen ist. Für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung brauchen wir Klimamodelle. Gerade Gewitterereignisse sind etwas, das in den Klimamodellen nicht explizit aufgelöst werden kann. Das heißt, dass man die Effekte anderweitig berücksichtigen muss. Wir sprechen in der Meteorologie von physikalischen Parametrisierungen. Man muss damit abschätzen, ob es mehr oder weniger konvektive Bewölkung, einschließlich Gewitterzellen geben wird. Weil dabei nicht alle physikalischen Prozesse explizit aufgelöst werden, ist noch nicht klar, ob wir bei Gewittern und damit einhergehenden Extremen in der Zukunft eine Zunahme sehen werden oder nicht. Rein vom physikalischen Verständnis kann man erwarten, dass es vermehrt starke Gewitter geben kann – einfach, weil es wärmer ist. Wir kennen das: Üblicherweise gibt es im Sommer die meisten Gewitter. Wenn die Erderwärmung ansteigt, gelangt mehr Energie in die Atmosphäre und man könnte stärkere Gewitter erwarten. Aber das ist im Zusammenhang mit der zukünftigen Erwärmung bislang wissenschaftlich nicht vollständig geklärt. Auch was Blitzschlag oder Hagel angeht, wissen wir aus denselben Gründen (noch) nichts Genaues, weil wir diese Prozesse mit den Klimamodellen noch nicht simulieren können. Der Grund: Sie sind einfach zu grobskalig. Als Orientierung: Bei heutigen Klimamodellen beträgt der Abstand von einem Gitterpunkt zum nächsten rund 100 Kilometer, manchmal sind es sogar 200 Kilometer. Eine Gewitterzelle ist aber in der Regel wesentlich kleiner. Sie liegt in einer Größenordnung von rund 10 bis 50

Kilometer Durchmesser an der Wolkenbasis und wird durch Prozesse bestimmt, die auf kleineren Skalen ablaufen. Die Auflösung vom Modell passt also einfach nicht zum Prozess selbst.

Deshalb ist es zumindest zum jetzigen Zeitpunkt so, dass wir zur zukünftigen Änderung von Gewittern und den Auswirkungen einschließlich Hagelschlägen noch nicht wirklich etwas sagen können. Aber die Forschungsgemeinschaft ist an dem Thema dran: Klimasimulationen in hohen Auflösungen werden derzeit entwickelt. Hier wird eine beachtenswerte technische Entwicklungsarbeit geleistet. Man kann sich vorstellen, dass es einer hohen Rechenleistung und einer engen Zusammenarbeit mit der Informatik bedarf. Es geht konkret um globale Klimasimulationen mit Auflösungen im einstelligen Kilometerbereich. Regional ist das bereits heute möglich. Man kann solche Simulationen zum Beispiel für Europa bereits durchführen. Allerdings muss man an den Rändern der regionalen Modelle vorgeben, zum Beispiel, welche Strömungen vorliegen, welche Temperaturen, welcher Wind, welche Feuchtigkeit. In diesem Fall ist man weiterhin von den globalen und derzeit grob aufgelösten Modellen abhängig. Davon möchte man in Zukunft unabhängiger werden, um genau solche Fragestellungen zu klären, wie sich beispielsweise das Extremwetter im Detail in einer wärmeren Welt verhalten würde. Hoffentlich wissen wir bereits in wenigen Jahren mehr.

**Böhmer: Das Thema Sturm beschäftigt uns Bauforscher ebenfalls. Und aktuell schauen wir, wie die normativen Anforderungen in diesem Zusammenhang zu bewerten sind, was als allgemein anerkannte Regel der Technik heute gilt und ob das überhaupt noch ausreicht. Wir Baufachleute sind uns eigentlich einig, dass es nicht ausreicht! Ein Beispiel: Die Windzonen verändern sich, wenn wir die Schäden betrachten, aber auch die Stärke und die Verschiebung in Jahreszeiten, die bisher nicht so relevant waren. Können Sie dazu schon etwas sagen?**

Fiedler: Das ist ein Thema, das mich auch umtreibt. Ich würde gern wissen, wie sich Wetterlagen in Zukunft ändern, zum einen aufgrund der Risiken, weil es anwendungsbezogen für erneuerbare Energien und Schadenentwicklungen sein kann. Zum anderen bin ich getrieben durch Neugier, wie sich unser Wetter in einer warmen Welt verhält. Leider sind hier die Klimamodelle nicht eindeutig. Man sieht zum einen, wie sich die mittlere Strömung in unseren Breiten, also die Westwinde, im Mittel zonal so verschieben, dass sie nun vorrangig auf einer anderen Breite vorkommen. Das heißt allerdings nicht, dass das immer so bleibt. Wenn man über einen langen Zeitraum mittelt, dann sieht man, dass sich die Strömungen unter Umständen verschieben können, wenn es wärmer wird. Allerdings verschieben es die (Klima-)Modelle teilweise in unterschiedliche Richtungen, mit unterschiedlichen Stärken. Wenn man also ein Modell betrachtet, in dem sich die vorherrschenden Winde nach Süden verlagern, geht es in einem anderen Modell mitunter nach Norden. So kann man nicht mit hoher Genauigkeit sagen, wie sich die Winde in einer wärmeren Welt verhalten. Der Weltklimabericht stellte entsprechend fest, dass die Änderungen der Zirkulation noch eine der großen Unsicherheiten in unserem Verständnis ist.

Auch beim Weltklimaforschungsprogramm wurden Unsicherheiten für Wolken wie Gewitterzellen, die Zirkulation einschließlich Stürmen und die Sensitivität des Klimas als drei große Herausforderungen in einem Themenfeld festgehalten. Das sind Themen, bei denen man noch keine genauen Aussagen treffen kann, aber hofft, dass zum Beispiel die globalen, hochaufgelösten Simulationen uns neue Erkenntnisse bringen, sodass man dieses Problem bald lösen kann. Beim globalen Klimawandel muss man das auch tun, weil viele Dinge miteinander verbunden sind. Unser Wetter in Europa ist maßgeblich von den Bedingungen über dem Nordatlantik abhängig. Von dort kommen zum Beispiel die meisten unserer Tiefdruckgebiete. Aus diesem Grund kann man nicht

allein auf regionaler Skala forschen, wenn man den Klimawandel und dessen Auswirkungen verstehen will, sondern muss idealerweise global simulieren, was passiert.

**Böhmer: Über das Thema Starkregen und Überflutungen haben wir ja schon kurz gesprochen. Damit hängt natürlich auch ein wenig das nächste Thema zusammen: Kann eine Katastrophe, wie sie 2021 im Ahrtal passiert ist, noch einmal passieren? Hier spielen ja auch geologische und oberflächenformtechnische Gegebenheiten eine Rolle; aber mal von der Seite der Klimaforschung aus betrachtet?**

Fiedler: Wenn man wirklich nur das Wetter isoliert betrachtet: absolut! Die Frage ist, mit welcher Häufigkeit tritt so ein Extremwetterereignis auf und wo und wann wird das nächste Mal sein. Aber dass es passiert, steht außer Frage. Das kann man so klar festhalten.

**Böhmer: Also müssen wir uns darauf einstellen und gegebenenfalls Anforderungen anpassen. Das sehen wir auch so, gerade bei Schäden, die im Zusammenhang mit Wasser stehen. Wir sehen aber, dass sich parallel gerade auch genau das Gegenteil entwickelt, nämlich Schäden, die aufgrund von Hitze und Trockenheit vermehrt entstehen. Hitze in Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz und Trockenheit vor allem beim Baugrund. Gibt es zu diesen Entwicklungen schon Forschungsergebnisse?**

Fiedler: Bei der Entwicklung zu den Temperaturen sind sich Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen sicher, weil sie nachweislich direkt durch die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre beeinflusst wird. Daher können wir mit hohem Vertrauen in die Ergebnisse sagen, dass Temperaturen steigen und dass diese Entwicklung durch den Menschen verursacht ist. Und das ist für ganz Europa und die Welt so. Diese Ergebnisse sind gut durch Beobachtun-

gen und Simulationen belegbar. Das sehen wir auch insbesondere für Deutschland. Wenn wir uns die Daten vom Deutschen Wetterdienst zu der Entwicklung von Hitze- und Sommertagen anschauen, können wir einen deutlichen Trend beobachten. Auch ist davon auszugehen, dass es in der Zukunft noch wärmer wird, also auch Hitzetage noch einmal heißer und häufiger auftreten werden. Wenn man die Klimaprojektionen für eine globale Statistik auswertet, wie sich die Hitzeextreme in Zukunft entwickeln können und wir uns die etwas extremeren Ereignisse anschauen – also die 50-Jahresereignisse – dann liegt man bei einer Erwärmung von 4 °C im globalen Mittel bei fast 40-mal so wahrscheinlichen Hitzewellen. Zudem sind diese Hitzewellen dann im Mittel um rund 5 °C heißer. Wenn wir es schaffen, die Erwärmung bei 2 °C zu stabilisieren, dann treten solche Hitzetage ca. 14-mal häufiger auf und sind im Mittel um 2,7 °C heißer. Es ist also ein großer Unterschied, der – was die Zunahme der Extremwetterereignisse betrifft – nicht linear ist.

**Böhmer: Wir werden das Thema Trockenheit der Böden auf jeden Fall genauer anschauen, weil man bereits in den Schadenfällen sieht, dass durch Änderungen in der Bodenbeschaffenheit vermehrt Risse an Gebäuden entstehen. Das ist insbesondere im Bestand schwierig.**

Fiedler: Beim Thema Dürre ist die Datenlage aus Beobachtungen (noch) nicht eindeutig. Wenn man regional schaut – ich spreche jetzt über West-Zentraleuropa – dann ist man sich noch nicht sicher, dass die Dürre der letzten Jahre durch den Menschen verursacht ist, weil hier auch eine starke natürliche Variabilität hineinspielt. Dies ist auch auf Deutschland übertragbar. Wenn man sich anschaut, was die Anomalien an Tagen mit Niederschlag betrifft, dann hat man ein Auf und Ab und es gibt keinen starken Trend in der Vergangenheit wie beispielsweise bei den Temperaturen in den Abbildungen vom Deutschen Wetterdienst.

**Böhmer: Das heißt dann aber, wir müssen diese Hitzeextreme und die Trockenheitsthemen durchaus trennen?**

Fiedler: Ja. Bezüglich der beobachteten Extreme, die mit Wasser zu tun haben, wie Starkniederschlag, sind wir uns regional sicher, zum Beispiel für Nordeuropa. In unserer Region ist es noch unsicher, dass der menschliche Einfluss die beobachtete Entwicklung bereits erklärt. Man beobachtet zwar auch hier eine Zunahme beim Starkniederschlag, aber eben noch mit geringem Vertrauen, dass menschliche Aktivitäten ausschlaggebend für die Beobachtung sind. Bei Hitze ist man sich für ganz Europa sicher und das mit hohem Vertrauen, dass diese durch den Menschen verursacht ist. Wichtig ist in diesem Zusammenhang: Der Sachverhalt ist nicht meine persönliche Meinung, sondern das Wissen, das insgesamt durch die wissenschaftliche Gemeinschaft basierend auf qualitätsgesicherten Veröffentlichungen verschriftlicht wurde. Auch die Politik hat dem Wortlaut zugestimmt, sodass basierend darauf die Verhandlungen für Minderungsmaßnahmen stattfinden. Das ist eine Grundlage für politische Entscheidungen, für die viele verschiedene Studien zusammengetragen wurden, um insgesamt den aktuellen Wissensstand zusammenzufassen.

**Böhmer: Ändern sich Dinge bei den Risiken bzw. Folgen? Das, was Sie berichten, ist etwas, das sich auf Dauer entwickelt hat, unabhängig davon, ob durch den Menschen beeinflusst oder nicht, oder erkennen Sie eine Verschärfung dieser Änderungen? Ganz verkürzt gefragt: Ist es ganz neu oder ist es nur verschlimmert?**

Fiedler: Um dies zu bewerten, muss man auf die Zeitskala blicken. Alles bisher Genannte basiert auf dem Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter. Also einer Zeit, als Menschen schon existierten, aber bevor wesentliche Veränderungen in der Entwicklung von Industrie stattfanden und begleitet von einer

nicht wesentlichen Erhöhung des Treibhausgasausstoßes. Die gesteigerten Emissionen während der folgenden Industrialisierung waren Glück und Segen für die rasche Weiterentwicklung, die den Wohlstand begründeten. Man sieht, dass die Temperatur während dieser Zeit schlagartig nach oben geht, was auch deutlich in entsprechenden Grafiken erkennbar ist. Wenn man sich den Zeitraum von 1850 bis etwa 2014 anschaut und mit den letzten 100.000 Jahren vergleicht, dann ist es eine Entwicklung, die wir so noch nie erlebt haben. Dies kann man in Klimamodellen zeigen. Aber gerade auch die Beobachtungen deuten darauf hin, dass es so etwas in diesem Maße – also diese Temperatur – in den letzten 100.000 Jahren nicht gegeben hat. Schaut man sehr viel weiter in die Erdgeschichte, dann gab es durchaus Zeiten, auch sehr lange, in denen es sehr viel wärmer als heutzutage und die Erde eisfrei war. Aber zu diesem Zeitpunkt gab es auch uns Menschen noch nicht. Dazu kann man sich fragen, was das für uns bedeutet? Was ist das für eine warme Welt, in der wir leben werden und können wir dann so wie heute Wirtschaft und unser Leben fortführen? Oder was müssen wir ändern? Man kann festhalten: Klimaveränderungen gab es schon immer, aber bislang hat die Menschheit es in dieser Form nicht durchlebt, vor allem die Schnelligkeit kann man hier herausstellen. Ich würde es als eine schnelle und intensive Entwicklung bezeichnen, die wir vielleicht vor allem durch Hitzeextreme und deren Häufigkeiten wahrnehmen. Und wie gesagt, bei Hitzeextremen geht man auch davon aus, dass diese in Zukunft häufiger stattfinden werden.

**Böhmer: Das heißt, wir haben neue Risiken in Form von Häufigkeit, Geschwindigkeit und Intensität. Genau hier versuchen wir Bauforscher zu schauen: Wie kann man sie beim Planen und Bauen bewerten und darauf reagieren? Wir denken, es geht in vielen Fällen über das hinaus, was heute als Standard oder mit Mindestanforderungen festgelegt ist.**

Fiedler: Das stimmt, wir sprechen hier über Wahrscheinlichkeiten. Man weiß nie, wie es sich tatsächlich ganz genau in einem bestimmten Jahr entwickelt. Nicht jedes Jahr wird es die gleiche Anzahl und Intensität von Hitzewellen geben, auch der Niederschlag ist sicher jedes Jahr verschieden. Auch werden nicht immer dieselben Regionen betroffen sein. Aber gerade Versicherungen kennen sich mit Wahrscheinlichkeiten aus und wissen mit ihnen umzugehen, damit Risiken richtig abgeschätzt und in die Planung eingehen. Für die Kunden heißt das in aller Regel, dass diese Risiken mit in Tarife einkalkuliert werden. Kurzum, Versicherungen werden mitunter teurer.

**Böhmer: Wenn man nach vorn schaut, kann und muss man drei Lösungen verfolgen: Die Bewertung der Risiken auf der Grundlage unserer Daten, die Nutzung neuer Technologien, um passende Anpassungen vorzunehmen und grundsätzlich das resiliente, robuste Bauen. Ein Beispiel: Das Austrian Institute of Technology arbeitet und forscht fokussiert im Bereich Simulation zu Hitze und sommerlichem Wärmeschutz. Die Forscher untersuchen die Temperaturen in Städten und wie man sie durch Gebäudebegrünung und -ausrichtung beeinflussen kann. Ein Beitrag dazu findet sich in Kap. 7.1.2. Ähnliche Simulationen gibt es für Sturm und Regen. Wie ist Ihre Meinung zu solchen Simulationen?**

Fiedler: Ich denke, es ist wichtig, so viele Evidenzen wie möglich zu sammeln. Die meisten von uns wohnen in Städten, deshalb wünschen wir uns alle, dass es dort gerade an heißen Sommertagen möglichst kühl bleibt. Maßnahmen, die die Aufheizung in Städten minimieren, sind also von großer Bedeutung. Gerade das Bauen in Kombination mit natürlichen Dachbegrünungen und Grünanlagen mit wenig Flächenversiegelung wird in dem Zusammenhang immer wieder genannt. Simulationen können hier im Vorhinein Einsicht geben, ob sich geplante Maßnah-

men lohnen, deshalb kann eine Simulation für eine Entscheidung vor der Umsetzung von Bauvorhaben wertvoll sein.

**Böhmer: Hier wird mit regionalen Klimamodellen gearbeitet, die auf einer Genauigkeit von bis zu 10 Metern × 10 Metern basieren. Gibt es solche Simulationen, die kleine Orte im Detail betrachten, auch für langfristige Trends?**

Fiedler: Das ist schwierig, gerade für kleine Bereiche und Städte. Man kann basierend auf Aufzeichnungen Mikroklimata untersuchen und mitunter mithilfe von Szenarien eine Erwärmung in hochauflösenden Modellen auf kleinen Flächen berücksichtigen. Aber von globalen Klimasimulationen mit Meterauflösungen, um zum Beispiel Stadtklima im Detail für die ganze Welt abzubilden, sind wir weit entfernt.

**Böhmer: Fehlt es hier an der nötigen Technik oder fehlt uns auch das Wissen?**

Fiedler: Beides. Heutige Wetter- und Klimamodelle sind so komplex, dass sie auf Hochleistungscomputern ausgeführt werden und auch hier brauchen Simulationen mit 100- bis 200-Kilometer-Auflösung viel Rechenzeit. Dazu kommt, dass für kleinere Auflösung entsprechende Eingangsdaten in derselben

Auflösung benötigt werden, die aktuell nicht weltweit zur Verfügung stehen. Nicht alle Dinge sind flächendeckend messbar. Aus diesen Gründen bin ich skeptisch, dass Berechnungen auf Meterbasis in absehbarer Zukunft global möglich sein werden.

**Böhmer: Mit Blick auf Ihr Wissen über die globalen Entwicklungen – was ist Ihre Empfehlung, was kann man tun, um den Folgen entgegenzuwirken?**

Fiedler: Ein wichtiger Punkt ist die Reduktion von Emissionen. Dafür gibt es verschiedene Wege: Zum Beispiel der Ausbau der erneuerbaren Energien. Aber auch bei einer Reduzierung neuer Treibhausgase auf Null bleibt die Konzentration aufgrund der langen Lebenszeit von Treibhausgasen in der Atmosphäre hoch, sodass ein Klimawandel stattfinden wird. Deswegen ist es wichtig, typische Häufigkeiten und Intensitäten von Wetterextremen in einer sich erwärmenden Welt zu messen und mit Klimasimulationen zu simulieren. Nicht zuletzt damit man sich – und die Gebäude – angemessen auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten kann.

**Böhmer: Vielen Dank für das informative Interview!**

## 7.2 Neue Prozesse, digitale Innovationen und KI

Das »neue Bauen« lebt von der Veränderung. Um den Herausforderungen, denen sich alle am Bau Beteiligten stellen müssen, effektiv begegnen zu können, ist es notwendig, dass sich Denk- und Handlungsweisen und somit Prozesse und Verfahren verändern. Hier können Innovationen, die Digitalisierung sowie Künstliche Intelligenz (KI) große Chancen bergen. Im folgenden Kapitel zeigen Unternehmen, Start-ups und zwei Universitäten, wie wegweisende Innovationen bereits heute erfolgreich in der Praxis funktionieren – und das Bauen heute und auch in Zukunft weiter revolutionieren werden.

### 7.2.1 Neues Bauen im Kontext von Nachhaltigkeit: Prozesse im Fokus

Ein wesentliches Element des Green Deals ist die sogenannte Informationstransparenz, indem insbesondere nachhaltigkeitsbezogene Daten über die gesamten Prozesse eines Unternehmens hinweg erhoben, zusammengeführt und verdichtet werden. Grundsätzlich stößt das Ziel erhöhter Transparenz durch eine bessere Datenqualität auf großen Zuspruch in Teilen der Finanzwelt und der Realwirtschaft: Banken profitieren einerseits von einer erhöhten Berechenbarkeit, Unternehmen können andererseits zum Beispiel ihre Prozesse verbessern. Gleichzeitig regt sich jedoch Widerstand: Unternehmerverbände reagieren nur mäßig begeistert, die politischen Entscheidungsträger sind sich in vielen Fragen uneinig.



Sascha Wiehager

#### **Beispiel Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz**

Für produzierende Unternehmen resultieren aus diesem Gesetz erhebliche Belastungen ihrer Verwaltungskapazitäten, während Befürworter weitgehender Regelungen im Bereich Nachhaltigkeit argumentieren, dass durch eine bessere Transparenz wiederum Kosten eingespart werden.

#### **Digitalisierung als Treiber für Prozesstransparenz**

Losgelöst von der aktuellen Nachhaltigkeitsdebatte lässt sich festhalten, dass Prozesstransparenz, Datenqualität und Datenmanagement bereits seit Jahrzehnten an Bedeutung zunehmen. In den 1990er Jahren bis in die 2000er Jahre hinein konzentrierten sich die Unternehmen auf diverse QM- und Zertifizierungssysteme. Seitdem erhielten

eine Reihe weiterer Managementsysteme starken Auftrieb: Dazu zählen Werte- und Risikomanagementsysteme sowie Compliance-Management-Systeme ebenso wie Entwicklungen im Bereich Lean-Management.

Mit zunehmender Digitalisierung erhöht sich vor allem auch die Möglichkeit einer vollständigen Abbildung von Prozessen und Daten bis in die kleinste Einheit – und dies führt zwangsläufig auch zu erhöhten Anforderungen an interne und externe Kontrollen. So besteht seit dem Jahr 2000 die Verpflichtung, Daten auswertbar für die Finanzverwaltung vorzuhalten (vgl. Grundsätze zum Datenzugriff und zur Prüfbarkeit digitaler Unterlagen, GDPdU bzw. Grundsätze zur ordnungsmäßigen Führung und Aufbewahrung von Büchern, Aufzeichnungen und Unterlagen in elektronischer Form sowie zum Datenzugriff, GoBD<sup>1</sup>). Datenquellen müssen als sogenannte Nebenbücher prüfbar (auf Einzelbelegebene) erhalten bleiben. Wenn die Zeiterfassung in das Hauptsystem übernommen wird, so muss die Schnittstelle und die Datengrundlage teilweise mehr als zehn Jahre lang prüfbar bleiben. Waren es Anfang der 2000er Jahre die eigentlichen Daten (hier ging es eher um ein Archivieren von Informationen), so entwickelten sich die IT-Systeme immer mehr in Richtung Workflow-orientierter Datenmanagement-Tools. Dies führt zunächst zu einer digitalen Kopie der Unternehmen (einem digitalen Zwilling<sup>2</sup> in Analogie zum Building Information Modeling, kurz: BIM). In letzter Konsequenz wird das gesamte Konstrukt »Unternehmen« aus buchhalterischer Sicht zu einem selbstbuchenden System. Im gleichen Maße aber, wie es keine klar abgegrenzte »Buchhaltung« mehr gibt, geraten Strukturen und Prozesse automatisch stärker in den Fokus. Und: Je mehr Digitalisierung erfolgt, desto mehr digitale Prüfbarkeit ist möglich – und umso wichtiger wird es, die Chancen und Gefahren dieser »IT-revisorischen« Manövriermasse im Blick zu behalten. In Verbindung mit der steigenden Automatisierung der Datenerhebung und -analyse schreitet die komplette Erfassung von Prozessen in Bauunternehmen unaufhörlich voran. In diesem Zusammenhang fallen erhebliche Datenmengen an, die mittlerweile auch im Zuge von Jahresabschlussmaßnahmen einem IT-Audit unterzogen werden.

Der IDW PS 330 und der IDW PS 331 n. F. beschäftigen sich mit IT-Systemen und Anwendungen und den damit verbundenen Risiken aus Sicht der Abschlussprüfer. Freiwillige IT-Systemprüfungen beim Anwender und die Softwareprüfung beim Softwarehersteller sind durch die Prüfungsstandards IDW PS 850, IDW PS 860 und IDW PS 880 geregelt. In den Stellungnahmen zur Rechnungslegung (IDW RS FAIT 1 bis 5) hat das IDW die handelsrechtlichen Ordnungsmäßigkeits- und Sicherheitsanforderungen an die

1 Vgl. Bundesministerium der Finanzen, Referat Öffentlichkeitsarbeit: Amtliches AO-Handbuch 2023. <https://ao.bundesfinanzministerium.de/ao/2021/Anhaenge/BMF-Schreiben-und-gleichlautende-Laendererlasse/Anhang-64/Anhang-64.html> [abgerufen am: 15.03.2024]

2 Vgl. Wiehager, S.: Leitfaden für die Praxis. Kaufmännische Abwicklung von Bau-Arbeitsgemeinschaften. Düsseldorf: BWI Bau-GmbH, 2022, S. 18

IT-gestützte Buchführung weiter konkretisiert und dem technischen Fortschritt angepasst.

Gleichzeitig eröffnet die rasante Entwicklung der Digitalisierung den Unternehmen nahezu unüberschaubare neue Konfigurationsmöglichkeiten und Freiheitsgrade. Das bedeutet jedoch auch, dass die Unternehmen wieder zunehmend die originäre Organisationskompetenz übernehmen müssen. Bis in die 2000er Jahre hinein konnten Softwarelösungen teilweise nur vorgegebene Wege gehen. Speicherplatz, Stamm- und Bewegungsdaten mussten entsprechend gestaltet werden. Daher hat in diesen Fällen der Softwarehersteller Prozesse vorgedacht, damit die Unternehmen seine Software auch gut einsetzen konnten. Wenn das jedoch nicht mehr gilt, dann werden die Unternehmen als Projektbegleiter bei Softwareeinführungen tonangebend, das heißt, sie müssen ihre Unternehmung ebenso wie die Strukturen und Prozesse nicht nur sehr gut kennen, sondern auch die Fähigkeit besitzen, diese zu gestalten und zu managen.<sup>3</sup> So entsteht eine Konkurrenz um die beste (IT-)Organisation, den besten (IT-)Prozess und damit um das beste Managementsystem, basierend auf einem Unternehmensumfeld mit einer prägenden (nachhaltigkeitsorientierten) Unternehmenskultur und adäquaten Zielen.

### **Nachhaltigkeit als allgemeingültiger Qualitätsstandard**

Unternehmen, die diesen Wettbewerb zu spät erkennen, werden im schlimmsten Fall vom Markt verschwinden. In dem Maße, wie es in den Unternehmen an Leitbildern fehlt und Ziele nicht formuliert sind, gibt es auch keine Managementsysteme, die Umfeldbedingungen schaffen, die in unsicheren und/oder ungewissen Entscheidungssituationen weiterhelfen. Es gibt dann keine Wertemanagementsysteme bzw. Compliance-Management-Systeme, aus deren Zielen zum Beispiel nachhaltiger Umsatz oder vertrauenswürdige Zahlen erwachsen. Wenn diese Herausforderungen (und wenn es auch nur rudimentär erfolgt) nicht in Angriff genommen werden, dann kann eine Organisation auch nicht dafür sorgen, dass gewisse Risiken wegfallen bzw. eine Minderung erfahren. Dann kann eine Leistungsmeldung nicht plausibilisiert werden, weil beispielsweise Kennzahlen zu deren Überprüfung fehlen, oder eine Abschlagsrechnung kann nicht objektiviert werden, weil gegebenenfalls Dokumentationen nicht vorhanden sind.

Aus diesem Grund legen Finanzdienstleister und Investoren großen Wert auf eine hohe Informationsqualität. Die Ansätze der sogenannten Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und auch der Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) können helfen, transparente Systeme zu schaffen und Prozesse werthaltiger werden zu lassen. Wenn Unternehmen ihre Lieferkette verstehen und Prozesse an Nachhaltigkeit

---

<sup>3</sup> Vgl. Bodenmüller, E.: Organisatorische Herausforderungen für Bauunternehmen. Vortrag/Seminar 4.5.2023, Vesperde

ausgerichtet werden, zum Beispiel an der Taxonomie, dann kommt es zwangsläufig zu einer Umsetzung eines allgemeingültigen Qualitätsstandards.

Bestandteile der sogenannten Taxonomie sind die Taxonomie-Verordnung als delegierter Rechtsakt mit Bewertungskriterien für die ersten zwei Klimaziele, ein ergänzender delegierter Rechtsakt zur Aufnahme von Gas und Atomkraft und ein weiterer delegierter Rechtsakt zu den Offenlegungspflichten (Taxonomie-Verordnung, Art. 8)<sup>4</sup>.

Die Umsetzung eines allgemeingültigen Qualitätsstandards ist jedoch nur dann möglich, wenn alle am Bauprozess beteiligten Parteien – die Gesellschaft, die Unternehmen, Auftraggeber und Auftragnehmer – eine sehr ähnliche Vorstellung von einem allgemeingültigen Qualitätsstandard Nachhaltigkeit haben. Unternehmen kennen die Themen Qualitätsmanagement (QM), Lean Management und dergleichen. Es kommt in all diesen Fällen auf einheitliche, einfach verständliche und konsequente Umsetzungen an.

In der EU-Taxonomie ist es so, dass Unternehmen bei der Gestaltung gewisser Geschäftstätigkeiten bzw. Strukturen und Prozesse taxonomiekonformen Umsatz, Aufwand und Investitionen erreichen können. Ein Tätigkeitenkatalog legt fest, wann ein Umsatz zum Beispiel taxonomiefähig bzw. taxonomiekonform ist. Diese Vorgaben sollen einheitlich sein. Alle sechs Umweltziele der EU müssen gefördert bzw. dürfen nicht wesentlich verletzt werden. Diese lauten:

1. Klimaschutz,
2. Anpassung an den Klimawandel,
3. nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen,
4. Wandel zu einer Kreislaufwirtschaft,
5. Vermeidung von Verschmutzung und
6. Schutz von Ökosystemen und Biodiversität.

**Beispiel:** Ein nachhaltiger Neubau ist bei Einhaltung der Vorgaben des Klimaschutzes (Ziel 1) taxonomiekonform. Allerdings darf dieser Bau nicht auf einem fruchtbaren Acker (Verletzung von Ziel 6 durch Zerstörung von Ackerland) errichtet werden, dann entfällt die Konformität und der Umsatz ist eben im Sinne der Taxonomie nicht nachhaltig.

<sup>4</sup> Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU), 2019/2088, ABl. EU Nr. L 198 vom 22.06.2020, S. 13

Die zuvor genannte Darstellung ist sehr vereinfacht. Im sogenannten Annex zur Taxonomieverordnung erfolgt eine dezidierte Beschreibung von Prozessen. Vorerst ordnet die Taxonomie nur in sogenannte Green-Investments ein; sie ist das Bindeglied zur Bankenwelt mit ihrer Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR).

**Beispiel:** Die Unternehmen erfüllen Nachhaltigkeitsvorgaben in ihren Strukturen und Prozessen (Taxonomie), die Banken erhalten aufgrund ihres Investments eine günstige Refinanzierung bei der Europäischen Zentralbank (EZB).

Schon jetzt nutzen Auftraggeber vereinzelt struktur- bzw. prozessbezogene Informationen bei Vergaben<sup>5</sup>. Dabei steht allerdings häufig das Risiko im Raum, dass beispielsweise Uneinigkeit im Bieterkreis darüber entstehen kann, wer welchen Prozess besser erfüllt hat. Streit ist an dieser Stelle vorprogrammiert. Einen solchen Streit kann nur ein klares Vorgabe-/Vergabesystem verhindern. Die scheinbar deutlichen Regelungen in der sogenannten EU-Taxonomie weisen allerdings noch Klärungsbedarf auf.

**Beispiel:** Was passiert zum Beispiel, wenn die Gemeinde den Acker für das zuvor genannte Projekt als Bauland ausgewiesen hat?

Hier gibt es dann wieder sogenannte Frequently Asked Questions (FAQ) der EU-Kommission<sup>6</sup>, die eben solche Fälle klären. Demnach ist bei einer Freigabe durch die Gemeinde Taxonomiekonformität gegeben. Die Frequently Asked Questions bzw. FAQ-Repository sollen helfen, Antworten auf Fragen in Bezug auf die Taxonomie, die Berichtspflichten sowie die delegierten Rechtsakte zu finden. Das Verfahren ähnelt der Vorgehensweise bei den sogenannten IFRS (International Financial Reporting Standards)<sup>7</sup>. Da die Frequently Asked Questions jedoch keine Rechtsverbindlichkeit besitzen, verbleiben bzw. entstehen somit dennoch Unsicherheiten.

Darüber hinaus basieren viele weitere, zum Beispiel gesellschaftliche Rahmenbedingungen, wenn auch nicht in Gänze, auf monetären Parametern. Das Steuersystem, das Förderwesen, das gesamte Rechtssystem berücksichtigt Nachhaltigkeit nicht vollumfänglich. Nachhaltiges Agieren wird durch die Gesellschaft nicht ausreichend »belohnt«. Das folgende Beispiel zeigt, dass sich das Thema sogar regelrecht gegen sich selbst wenden kann.

<sup>5</sup> Vgl. § 97 Abs. 1 GWB, § 128 GWB

<sup>6</sup> European Financial Reporting Advisory Group

<sup>7</sup> Vgl. European Commission: EU Taxonomy Navigator. <https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/faq> [abgerufen am: 18.03.2024]

**Beispiel:** Wenn zum Beispiel Großgeräte durch Verletzung von Nachhaltigkeitsparametern einen erheblichen Wertverfall erleiden, dann kommt es zu zusätzlichem Abschreibungspotenzial, das zu steuerlichen Vorteilen führen kann.

Auf einzelwirtschaftlicher Basis bestehen daher Probleme. Das Gleiche gilt auch bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung: Wenn einzelne Volkswirtschaften Nachhaltigkeit nur sekundär werten und/oder weniger stark berücksichtigen, kann es teilweise zur Abwanderung ganzer Wirtschaftszweige kommen. Die Gesellschaft muss daher in allen Bereichen Spielregeln schaffen, die eine sinnvolle Umsetzung der neuen Nachhaltigkeitsanforderungen ermöglichen. Bis zur Erreichung einer optimalen Situation drohen durch Friktionen regelmäßig Wohlstandseinbußen bzw. nicht wertschöpfende Prozesse in den Unternehmen.

### **Wertschöpfende Prozesse als Prüfstein für Nachhaltigkeit**

Eine nachvollziehbare, vollständige und richtige Nachhaltigkeitsberichtserstattung kann helfen, dass Unternehmen gegenüber Auftraggebern besser kommunizieren können. Außerdem ergeben sich für den Auftraggeber Möglichkeiten einer zielgerichteten Ausschreibung. Qualität kann somit greifbarer werden. Im Zuge des sogenannten Green Deal versucht die EU über die Corporate Sustainability Reporting Directive eine eben solche Plattform zu schaffen. Stakeholder und Shareholder sollen Informationen in Sachen Nachhaltigkeit erhalten. Dabei besteht stets die Herausforderung, dass Regeln und Kennzahlen wirklich eindeutig sind und mess- und prüfbar ein gutes Aufeinandertreffen von Angebot und Nachfrage ermöglichen. Die CSRD soll dabei wie ein Rahmenwerk fungieren. Die ESRS (European Sustainability Reporting Standard) und die Taxonomie sind dabei die Lieferanten von Prozessvorgaben und Kennzahlen. Die Taxonomie geht dabei genau auf bestimmte Prozesse ein, die in einem Katalog definiert sind. Die ESRS sind in einem ersten Schritt unabhängig von Prozessen, wobei Kennzahlen nur da gewonnen werden können, wo auch entsprechende Daten aufgrund bestehender Prozesskenntnis entstehen. Das europäische Lieferkettengesetz (CSDDD; Corporate Sustainability Due Diligence Directive) umfasst den gesamten Wertschöpfungsraum<sup>8</sup>. Es soll neben weiteren spezifischen Richtlinien und Verordnungen helfen, nach einer stärkeren Berücksichtigung der Ökologie (zum Beispiel in der Taxonomie-Verordnung) noch einmal Schwerpunkte bei den sozialen Aspekten zu setzen. Ähnliche Herangehensweisen gibt es auch bei den ESRS (zum Beispiel in den ESRS S; das S steht für soziale Aspekte).

Die zuvor genannte Taxonomie ist nur ein Aspekt bei der Umsetzung der CSRD. Die neuen Regeln können also nicht nur bei einer Berichterstattung helfen, sondern auch als

<sup>8</sup> Alfen, W.: Ökonomie des Baumarktes. Wiesbaden: Springer Verlag, 2013, S. 240

Anhaltspunkt für Auftragnehmer und Auftraggeber bei der Vertragsanbahnung und Vertragsgestaltung dienen. Gerade vor dem Hintergrund eines steigenden Bedarfs an resilienten Geschäftsbeziehungen ergeben sich aufgrund steigender Transparenz im Kontext des Green Deal neue Möglichkeiten.



**Abb. 01:** Zusammenhang Green Deal und unternehmerische Nachhaltigkeitsstrategie [Grafik: S. Wiehager]

Allerdings muss der erhebliche Verwaltungsaufwand auch wertschöpfende Prozesse schaffen bzw. gut abbilden.

**Beispiel:** Ein Grundproblem ist, dass die Non-Governmental Organisations (NGO, Nichtregierungsorganisationen) Nachhaltigkeitsinformation eher als »Währung« sehen, während tatsächlich ein Gut vorliegt. Die Eigenschaften dieses Gutes sind weder homogen noch klar umrissen; daran ändert auch die scheinbar so genaue Taxonomie nichts. Somit wird der Bausektor und das Arbeiten in ihm (noch) komplizierter, zumal neben monetären Aspekten zunehmend schwer messbare Nachhaltigkeitsdaten auftreten. Angebot und Nachfrage finden umso schwerer zueinander und es steht regelmäßig das Risiko einer Fehlallokation im Raum.

Im übertragenen Sinne können Nachhaltigkeitsinformationen als eine Art »Währung« betrachtet werden, obwohl sie nicht im traditionellen Sinne eine Zahlungsmittelrolle

spielen. Zudem können Nachhaltigkeitsinformationen makroökonomisch betrachtet als immaterielles Wirtschaftsgut angesehen werden. Ein immaterielles Wirtschaftsgut ist ein Vermögenswert ohne physische Substanz, der dennoch einen Wert für das Unternehmen oder die Gesamtwirtschaft darstellt. In Bezug auf Nachhaltigkeitsinformationen gibt es mehrere Aspekte, die diese Perspektive unterstützen. Es ist wichtig zu beachten, dass die Bewertung von Nachhaltigkeitsinformationen als Wirtschaftsgut in gewisser Weise von der Wahrnehmung und den Praktiken in einer bestimmten Wirtschaft abhängt. Insgesamt spiegeln Nachhaltigkeitsinformationen jedoch die zunehmende Anerkennung des Werts wider, den nachhaltige Geschäftspraktiken für die Wirtschaft insgesamt haben können.

Trotz der eben genannten Anerkennung kommt es darauf an, Nachhaltigkeitsinformationen praktisch und einfach austauschen zu können. Herausfordernde Prozesse wie zum Beispiel die Rechnungsprüfung im Bauwesen erfahren durch das Thema Nachhaltigkeit eine weitere »Verkomplizierung«.

**Beispiel:** Wie soll ein Einkauf erkennen, welche Nachhaltigkeitsparameter mit einer Lieferung oder Leistung einhergehen, wenn nicht geregelt ist, wie Rechnungen gestaltet sein müssen, um Nachhaltigkeitsdaten zu kommunizieren? Gleiches gilt für die Vertriebsseite der Bauunternehmen.

Eine Lösung könnte sein, dass zentrale Elemente von Nachhaltigkeit möglichst schnell eine Umsetzung und eine Flankierung im gesellschaftlichen Umfeld erfahren (zum Beispiel vorerst sogenannte A-Positionen mit einem Fokus auf Kohlendioxid, Stickoxide, soziale Mindeststandards etc.). In den Unternehmen müssen die Daten gut erfasst und geprüft werden können.<sup>9</sup>

»Finanzbudgets« mit Nachhaltigkeitsbezug könnten zum Beispiel in einem Bauunternehmen in einer Leistungsmeldung integriert werden, um ein Controlling des Finanzierungsvorteils sicherzustellen. Im besten Fall muss eine Position im Leistungsverzeichnis (LV) einem Anteil am Rating-Effekt zugeordnet werden können. Ergänzend dazu müssen Unternehmen unter anderem durch eine digitalisierte öffentliche Verwaltung von Berichtspflichten und Verwaltungsaufwand entlastet werden, bevor neue Berichtspflichten auferlegt werden, das heißt, es muss eine sogenannte Normeneffizienz eintreten. Am Ende könnten Prozesse stehen, die nicht nur die Unternehmen optimieren und die

<sup>9</sup> Vgl. KPMG Law: Klimaverträglich bauen mit einem Schattenpreis für CO<sub>2</sub>-Emissionen. Wie die öffentliche Hand Bauprojekte ausschreiben kann, um ihre Klimaschutzziele zu erreichen – ein Impulspapier im Auftrag des Hauptverbandes der Deutschen Bauindustrie e.V. (HDB), Berlin 2023

Banken besser informieren. Auch der Auftraggeber erhält die Möglichkeit einer verlässlicheren Einschätzung.

Jedoch bestehen selbst bei konsequenter Umsetzung der oben genannten Schritte Herausforderungen, zum Beispiel:

- Banken müssen Finanzierungsvorteile durch grüne Investments nicht 1:1 weitergeben. Die Elastizität in diesem Zusammenhang wird entscheidend für den »grünen« Impuls aus der Finanzwirtschaft sein.
- Auftraggeber müssen das Thema Nachhaltigkeit belohnen, indem die Anforderungen Teil der Ausschreibungslogik werden.

In der Vergangenheit gab es schon häufiger Ansätze, nichtmonetäre Bewertungskriterien für Auftraggeber, gerade für die öffentliche Hand, voranzutreiben. Im Bauwesen ist in diesem Zusammenhang das sogenannte Präqualifikationsverfahren (PQ) zu erwähnen.<sup>10</sup> Bau- bzw. Nachunternehmer werden in diesem System erfasst und erscheinen nur, wenn gewisse Sozialstandards gewahrt werden. Doch obwohl das System sinnvoll ist und Aspekte der Nachhaltigkeit stützt, ist es nicht weit verbreitet. So stellt sich durchaus die Frage, ob es der Auftraggeberseite ausreichend wichtig erscheint, dass Arbeiten in einem nachhaltigen Kontext erfolgen. Warum werden solche Systeme, die gerade der Auftraggeberseite Sicherheit geben, nicht umfänglich genutzt? (Bestehen hier gegebenenfalls noch Probleme in der praktischen Übung, ist das System vielleicht noch zu optimieren?) Zudem würde eine breite Akzeptanz den Verwaltungsaufwand in den Bauunternehmen verringern.

Die vorstehenden Überlegungen müssen von der Politik erkannt und entsprechend berücksichtigt werden. Dies sollte allerdings nicht im Sinne einer vollständigen Regelung erfolgen, denn eine daraus resultierende »nachhaltige Planwirtschaft« würde nur zu Fehlallokationen und Fehlleistungen führen. Der aktuelle Entwicklungsstand (bei den ESG-Vorgaben) ist in dieser Hinsicht kritisch zu betrachten. Die steigende Komplexität im Bereich Nachhaltigkeit führt zu einer »Externalisierung« der Gesetzgebung. Die Parlamente können nicht mehr Schritt halten und Expertenwissen kann nicht mehr einfach in die Gremien gespiegelt werden. Teilweise übernehmen Vereine die komplette (Vor-) Arbeit. Es kann nicht Ziel sein, ein deutsches Steuerrecht 2.0 zu entwickeln. Hier ist auch die Industrie gefordert, über ihre Interessensvertretungen – ähnlich wie die Bauindustrieverbände – zum Beispiel mit dem CO<sub>2</sub>-Schattenpreis eigene machbare Schritte anzugehen. Es versteht sich von selbst, dass diese Schritte spürbar und nutzbringend sein müssen; sie dürfen nicht in ein Greenwashing münden.

---

<sup>10</sup> Vgl. § 6a VOB/A, § 6a EU-VOB/A, § 6a VS VOB/A

Festzuhalten bleibt: Nachhaltige Prozesse helfen partnerschaftlich miteinander zu bauen und eine reelle, echte Nachhaltigkeit zu schaffen. Wichtig ist die Mess- und Prüfbarkeit und nicht der Aufbau großer Kennzahlensysteme, die bei genauer Kenntnis der Materie eher zur Ausnutzung von Grauzonen führt und somit keinen Mehrwert bringt. Angesichts der Möglichkeiten mithilfe neuer Parameter neue Umsatzfelder zu schaffen (in verschiedenen Bereichen der Finanz- und Realwirtschaft), sollte die Gesellschaft dieser Versuchung nicht erliegen. Eine Vorbehaltsprüfung für die Wirtschaftsprüfung im Kontext des Lageberichts (im Bereich Nachhaltigkeit) ist ebenso wenig wünschenswert wie Eigenregelungen, die keine nachhaltige Entwicklung fördern.

Das gesellschaftliche Mindset insgesamt muss sich ändern. Schon in Familie, Kita und Schulen muss vermittelt werden, dass nachhaltiges Wirtschaften keine Frage der Beliebigkeit ist, sondern ein nicht verzichtbarer Teil menschlicher Verantwortung. Nachhaltigkeit muss vom Anfang der Prozesse her bedacht und nicht nur retrospektiv aus den Notwendigkeiten späterer Berichtspflichten abgeleitet werden. Und bei aller Sinnhaftigkeit und Dringlichkeit: Mit Blick auf eine wirtschaftlich hochgradig vernetzte Welt ist die reale Machbarkeit zwingend notwendig. Dies gilt nicht nur, damit wir als Exportnation unsere Marktanteile verteidigen können, sondern vor allem, damit es nicht zu sozialen Missständen kommt. Nur dann können wir dem dem Leitspruch von Herrn Prof. Christian Hofstadler gerecht werden, dass »ohne soziale und ökologische Wertschätzung keine dauerhafte Wertschöpfung erfolgt.«<sup>11</sup>

Sascha Wiehager ist seit 2018 geschäftsführender Institutsleiter beim BWI-Bau, einer Tochterunternehmung der bauindustriellen und einiger bauwirtschaftlicher Verbände. Er ist unter anderem international im Bereich TGA im Projektmanagement tätig gewesen, bevor er 2015 als Ressortleiter den Bereich Finanzen beim BWI-Bau übernahm. Seine Schwerpunkte liegen im Finanz- und Rechnungswesen sowie im Themenfeld Nachhaltigkeit. Als Geschäftsführer des BWI-Bau leitet er auch das Kompetenzzentrum Betriebswirtschaft des Hauptverbandes der Deutschen Bauindustrie.

11 Hofstadler, C. (Hrsg.): Projektvorlaufzeit und Bauzeit. Ermittlung und Einfluss auf den Projekterfolg. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2022, S. 9

## 7.2.2 Digitalisierungsprozesse auf der Baustelle – Möglichkeiten im Sicherheits- und Gesundheitsmanagement

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung steht auch die Baubranche vor der Herausforderung, traditionelle Prozesse neu zu denken und effizienter zu gestalten. So ist es erforderlich, mit innovativen Lösungen auf diese Bedürfnisse zu reagieren. Ein Beispiel für die Nutzung innovativer Technik ist die Entwicklung der »Baustellencard«, die als Werkzeug zur Digitalisierung des Zutrittsmanagements auf Baustellen dient und sowohl die Sicherheit als auch die Effizienz verbessert.

Die Baubranche ist konfrontiert mit einer Vielzahl von Anforderungen, darunter die Sicherheit und der Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer unter Einhaltung komplexer Gesetze, Vorschriften und Richtlinien. Damit einher geht die Notwendigkeit einer effizienten Zutrittskontrolle von Baustellen, verbunden mit einer rechtssicheren und lückenlosen Erfassung der dort tätigen Personen. Diese Anforderungen erzeugen regelmäßig einen hohen Verwaltungsaufwand und bergen zudem das Risiko von Compliance-Verstößen, die sowohl finanzielle als auch rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen können.



**Abb. 01:** Überblick in Echtzeit: Die Baustellencard-Software ermöglicht die umfassende Überprüfung der anwesenden Firmen und Mitarbeiter auf dem Tablet. [Foto: Conova24]

Die Baustellencard von Conova24 wurde entwickelt, um genau diese Herausforderungen effizient zu lösen. Sie ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit mit Praktikern

und Experten aus der Baubranche und zielt darauf ab, ein Höchstmaß an Transparenz, Sicherheit und Gesetzeskonformität auf Baustellen zu gewährleisten. Ihre Entwicklung soll einen Beitrag zur Digitalisierung der Baubranche leisten und den Arbeitsalltag von Führungskräften auf Baustellen vereinfachen. Die Anerkennung dieser Innovation spiegelt sich unter anderem in der Auszeichnung »Digitaler Ort Niedersachsen«, verliehen durch das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Digitalisierung, wider.

Technisch basiert die Baustellencard auf drei Säulen: der intuitiven Software (Webanwendung), dem physischen Baustellenausweis der Mitarbeiter und dem modernen Terminal für die Zutrittskontrolle. Diese Kombination ermöglicht eine einfache Implementierung und Handhabung, wobei gleichzeitig höchste Standards in Bezug auf Datensicherheit und Datenschutz, konform zur Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), gewährleistet werden. Die Software der Baustellencard ist speziell dafür entwickelt, die Verwaltung von Firmen und Nachunternehmern zu vereinfachen und die Prüfung von Arbeiterlaubnissen der Beschäftigten sowie der Zahlung von Mindestlöhnen und Sozialversicherungsbeiträgen zu automatisieren. Durch die einfache Erfassung der Anwesenheit von Firmen und Mitarbeitern sowie deren Qualifikationen wird nicht zuletzt auch die Koordination der Baustellenprozesse deutlich verbessert.



**Abb. 02:** Modernes Zugangsmanagement: Die Absicherung des Baufelds erfolgt durch ein Drehkreuz, das durch die Baustellencard aktiviert wird. [Foto: Conova24]

Die Kernfunktionen der Baustellencard umfassen die Zutrittskontrolle, die Anwesenheits- erfassung sowie die Digitalisierung essenzieller Dokumente wie Mindestlohnklärungen und Sicherheitsunterweisungen. Dies beinhaltet die Überprüfung von persönlichen Daten, Sozialversicherungsnachweisen, A1-Bescheinigungen und Aufenthaltstiteln sowie des Mindestlohns, um die Einhaltung aller rechtlichen Anforderungen sicherzustellen. Diese Funktionen reduzieren nicht nur das Haftungsrisiko für Bauunternehmen, indem sie die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben vereinfachen, sondern führen auch zu erheblichen Zeit- und Kosteneinsparungen durch die Optimierung administrativer Abläufe. Die Baustellencard stellt somit eine umfassende Lösung dar, die weit über die bloße Zutrittskontrolle hinausgeht. Ein weiterer Vorteil der Baustellencard ist die Möglichkeit, einen umfassenden Zollbericht zu generieren. Dieses Dokument enthält alle wesentlichen Informationen, die im Falle einer Zollprüfung erforderlich sind und ermöglicht so eine schnelle und unkomplizierte Nachweisführung. Die digitale Dokumentation und der Export des Zollberichts reduzieren das Risiko von Fehlern und Unstimmigkeiten, die bei manuellen Prozessen auftreten können.



**Abb. 03:** Gewährleistung der Zutrittskontrolle: Mitarbeiter prüfen die Zutrittsberechtigungen auf der Baustelle, unterstützt durch die Baustellencard-Anwendung. [Foto: Conova24]

Der erfolgreiche Einsatz auf zahlreichen Baustellen und das positive Kundenfeedback bestätigen den Nutzen der Baustellencard: Unternehmen berichten von einer signifikanten Verbesserung der Prozesseffizienz und einer Reduktion des administrativen Aufwands auf der Baustelle. Dadurch kann sich das Baustellenführungspersonal wieder verstärkt um die originären Aufgaben, insbesondere die essenziell wichtige Qualitäts-

sicherung, kümmern. Die einfache Handhabung und die zuverlässige Funktion tragen dazu bei, dass die Baustellencard schnell Bestandteil des Baustellenmanagements wird.

Die Baustellencard will auch künftig eine zentrale Rolle in der Digitalisierungsstrategie der Baubranche spielen: So plant das Entwicklerunternehmen weitere Funktionserweiterungen, die darauf abzielen, die Baustellencard noch leistungsfähiger zu machen und ihren Anwendungsbereich zu erweitern. Insbesondere die Anknüpfung an das neue Portal »Baubescheinigungen« soll den Workflow in diesem Bereich weiter signifikant verbessern. Insgesamt ist die Baustellencard ein gutes Beispiel für die erfolgreiche Digitalisierung in der Baubranche. Sie adressiert die spezifischen Herausforderungen, mit denen Bauunternehmen konfrontiert sind und bietet praktikable Lösungen, die sowohl die Sicherheit auf Baustellen erhöhen als auch administrative Prozesse deutlich vereinfachen. Weitere Informationen sind der Website [www.baustellencard.de](http://www.baustellencard.de) zu entnehmen.

Die Conova24 GmbH mit Sitz in Hannover bietet spezialisierte Softwarelösungen für die Bauindustrie, die auf jahrzehntelanger praktischer Erfahrung und Innovationskraft basieren. Die Produkte optimieren die Baustellensteuerung, Zutrittskontrolle und das Bescheinigungsmanagement und ermöglichen eine effizientere, transparentere und produktivere Abwicklung von Bauprojekten. Mit intuitiven und benutzerfreundlichen Anwendungen unterstützt Conova24 die Bauindustrie dabei, aktuelle Herausforderungen zu meistern und Prozesse zu digitalisieren und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Steigerung von Effizienz und Sicherheit auf den Baustellen.



### 7.2.3 Das WIKIHouse-Prinzip

Die Bauindustrie steht an einem Wendepunkt: Konfrontiert mit den Herausforderungen des Klimawandels, des Bevölkerungswachstums und der steigenden Urbanisierung, sucht sie nach nachhaltigen und effizienten Lösungen. In diesem Kontext eröffnen digitale Technologien neue Wege, um Bauverfahren zu revolutionieren, Ressourceneffizienz zu steigern und den Zugang zu Wohnraum zu demokratisieren. Vor diesem Hintergrund verspricht das WikiHouse-System<sup>1,2</sup> einen Paradigmenwechsel durch offene, partizipative und technologiegestützte Ansätze im Bauen. Bisher stellt das System jedoch nur Vorschläge für sehr kleine Gebäude wie Einfamilienhäuser bereit. Das ARISE-Projekt der Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG Konstanz) entwickelte auf dieser Basis einen Prototyp, der weit über das vorgegebene WikiHouse-System hinausgeht und auch größere Spannweiten ermöglicht. Das Verlassen der vorgegebenen Beschränkungen erschließt eine Fülle von Anwendungsmöglichkeiten und eine potenzielle Weiterentwicklung des Systems, das die Art und Weise, wie gebaut wird, grundlegend verändern könnte.

#### Das WikiHouse-Prinzip

Das WikiHouse-Prinzip steht für eine Revolution im Bauen, basierend auf Offenheit, Gemeinschaft und digitaler Fertigung. Es zielt darauf ab, das Design und den Bau von Häusern zugänglicher und nachhaltiger zu gestalten, indem es auf Open-Source-Prinzipien setzt. Anwender weltweit sind befähigt, Designs zu teilen, anzupassen und zu verfeinern, wodurch eine globale Gemeinschaft entsteht, die in einem kollaborativen Austausch von Wissen und Innovationen steht. Dieser Ansatz ermöglicht es auch Personen ohne spezialisierte Ausbildung im Bauwesen, aktiv am Bauprozess teilzunehmen, was die Kosten senkt und den Zugang zu Wohnraum erweitert.



Prof. Oliver Fritz



Prof. Stefan Krötsch



Prof. Dr.-Ing. Alexander Michalski

1 Vgl. <https://wikihousestudies.ag.htwg-konstanz.de/> [abgerufen am: 18.03.2024]

2 Vgl. <https://www.wikihouse.cc/> [abgerufen am: 18.03.2024]

Die Konstruktion soll überall auf der Welt im Selbstbau möglich sein. Zentral für das Tragwerk des WikiHouse-Systems sind folgende Parameter:

- ausschließliche Verwendung von 18 Millimeter starken Nadelholz-Furnierschichtplatten von 2,50 Meter × 1,25 Meter, die fast überall auf der Welt verfügbar sind,
- Zuschnitt ausschließlich über eine 3-Achs-Fräse, das einfachste und kostengünstigste Gerät für automatisierten Abbund,
- Verbindungen der Tragwerksteile ausschließlich über gefräste Holzgeometrie und möglichst keine Verwendung von zusätzlichen Verbindungsmitteln,
- Errichtung der Konstruktion mit maximal drei Monteuren.

### **Projekt ARISE an der HTWG Konstanz**

Eine Möglichkeit der Digitalisierung, Vorfertigung und Automatisierung im Bau zeigten das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) und das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) am Beispiel ihres Messestands, dem »Research Prototype 0.24« auf der Fachmesse digitalBAU 2024. Der Messestand wurde von Studierenden der Architektur und des Bauingenieurwesens der HTWG unter der Leitung von Prof. Oliver Fritz, Prof. Stefan Krötsch und Prof. Dr. Alexander Michalski digital geplant und automatisiert aus Holz gefertigt.



**Abb. 01:** Research Prototpye 0.24 ARISE auf der Fachmesse digitalBAU 2024  
[Foto: HTWG Konstanz]

Das Holzgebäude, das in Köln als Messestand diente, basiert auf dem WikiHouse-Prinzip, wurde jedoch systematisch weiterentwickelt und auf die Nutzung eines weit spannenden Tragwerks angepasst. Bereits im Vorfeld waren im Projekt »WikiHouse Studies« an der HTWG Konzepte entwickelt worden, die WikiHouse-Konstruktion nicht nur weiter zu systematisieren, sondern vor allem für die Anforderungen an Gebäude in Deutschland (Gebäudehülle, Schallschutz etc.) weiterzuentwickeln. Außerdem wurde das System auf andere Gebäudetypologien (mehrgeschossige Wohngebäude, weit spannende Konstruktionen, Schalentragwerke, Sakralbauten etc.) übertragen und neue Konstruktionen entwickelt. Das alles unter der Prämisse, die oben genannten Parameter nicht aufzugeben und damit die niederschwellige Anwendbarkeit im Selbstbau überall auf der Welt zu erhalten.

Im Falle des Messestands der HTWG-Studierenden wurden die Bauteile des Gebäude-Prototypen im Open Innovation Lab (OIL) direkt auf dem Campus der Hochschule Konstanz hergestellt. Das Besondere an diesem Stand ist jedoch nicht nur die digitale und automatisierte Herstellung: Für die Montage musste zudem weder geschraubt, geleimt noch genagelt werden. Das Tragwerk basiert auf einem Stecksystem, sodass – zumindest theoretisch – auch Menschen ohne fundierte Handwerks- oder Ingenieursausbildung den Rohbau ihres Gebäudes selbst zusammenbauen können. Das »Ikea-Prinzip« wird hier also nicht nur aufgegriffen, sondern perfektioniert: Bei WikiHouse fehlt die wichtigste Schraube im Baukasten nie!

Außerdem lässt sich das Gebäude nach der Nutzung ebenso einfach wieder abbauen. Zukünftig wird der ehemalige Messestand – um eine funktionierende Gebäudehülle ertüchtigt – als öffentliches Gebäude in Konstanz eingesetzt. Damit demonstriert er seine 100-prozentige Wiederverwendbarkeit und Kreislauffähigkeit.

In der Umsetzung demonstriert ARISE, wie sich durch digitale Anpassung, Produktion on Demand und die Philosophie von Do it yourself (DIY) und Open Source Bauprozesse revolutionieren lassen. Durch die Integration von natürlichen und nachwachsenden Baustoffen wie Holz und Lehm, die digital zu kreislauffähigen Konstruktionen verarbeitet werden, adressiert das Projekt nicht nur die Nachhaltigkeit im Bauen, sondern auch die Notwendigkeit, sich an die bestehenden Strukturen anzupassen und das Raster traditioneller Bauweisen zu überwinden.

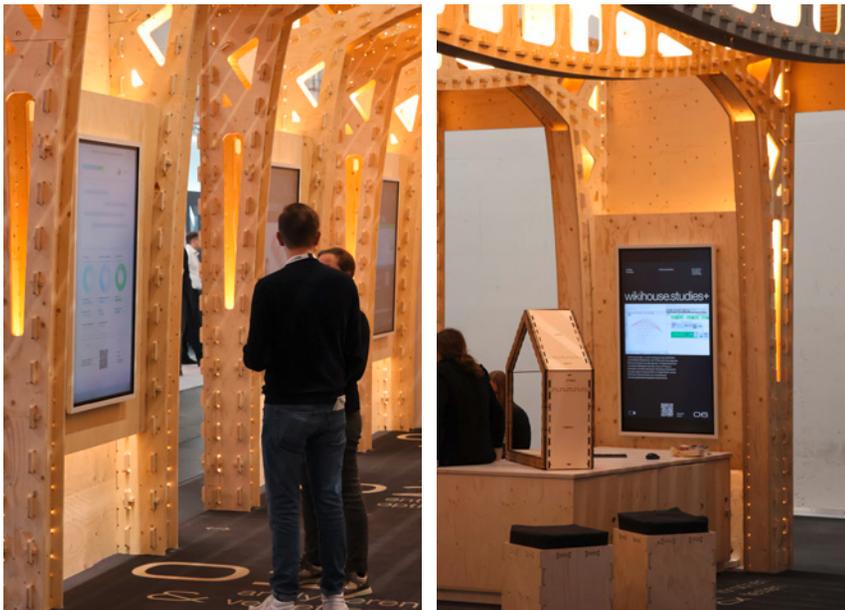
### **Tragwerk ARISE-Pavillon**

Um trotz der (selbstgewählten) Limitierungen des WikiHouse-Systems im Fall des Messestands Spannweiten von etwa 7 Metern – prinzipiell von bis zu 20 Metern – zu ermöglichen, werden die maximal 2,5 Meter langen Furnierschichtplatten zu Kastenträgern zusammengesteckt. Ober- und Untergurt der Träger folgen dabei dem idealen

Momentenverlauf von Rahmenträgern. Der Untergurt besteht aus einer doppelten Plattenlage, um durch versetzte Stöße die Übertragung von Zugkräften zu ermöglichen. Die präzise Herstellung der digitalen, automatisierten Prozesskette ermöglicht es, ohne großen Aufwand von den üblichen Geometrien abzuweichen und statisch optimierte Trägerformen zu erzeugen. Die Anpassung auf unterschiedliche Spannweiten lässt sich über eine parametrische Programmierung in Echtzeit generieren.

### Präzision durch Digitalisierung und Vorfertigung

Im Kern dieser Innovationen stehen parametrisches Design und automatisierter Abbund mit CNC-Fräsen (CNC: Computerized Numerical Control, deutsch: rechnergestützte numerische Steuerung), die die Präzision und Effizienz der Bauteilfertigung maßgeblich erhöhen. CNC-Fräsen ermöglichen die Umsetzung komplexer Designvorstellungen in physische Bauelemente durch computergesteuerte Schneidprozesse, die Materialien mit außergewöhnlicher Genauigkeit formen. Diese Technologie trägt signifikant zur Minimierung von Materialverschwendung bei und optimiert den Fertigungsprozess durch die Automatisierung von Schnittvorgängen.



**Abb. 02:** Messekonzept: Darstellung von Forschungsprojekten zur Digitalisierung und Automatisierung der Planung und Fertigung [Foto: HTWG Konstanz]

Parametrisches Design erlaubt es, Bauwerke durch die Definition spezifischer Parameter und Algorithmen zu entwerfen, die eine hohe Anpassungsfähigkeit und Skalierbarkeit von Bauprojekten gewährleisten. So kann trotz hoher gestalterischer Freiheit und Individualisierung von Bauvorhaben gleichzeitig die Präzision und Ausführungsgeschwindigkeit serieller Produktion genutzt werden. Die Automatisierung der Planung erlaubt es, komplexe Geometrien zu beherrschen sowie den Materialeinsatz und die Materialeigenschaften zu optimieren.

### **Nachhaltigkeit und Materialien**

Die Verwendung von Furnierschichtholz als alleiniges Konstruktionsmaterial ist Voraussetzung für die vollständige Digitalisierung und Automatisierung der Prozesskette. Denn so lassen sich sämtliche Bau- und Verbindungsteile auf dieselbe Weise generieren. Dadurch sind Konstruktionen möglich, die komplett aus Holz bestehen. Zusätzliche Industrieprodukte werden nicht benötigt. Hinsichtlich der Nachhaltigkeit ist das ein großer Vorteil, denn Holz ist von allen nachwachsenden und CO<sub>2</sub>-bindenden Rohstoffen der am besten verfügbare. Hinsichtlich der ökologischen Eigenschaften wären Holzwerkstoffe mit geringerem Leimanteil noch besser, für die Präzision und Maßhaltigkeit der Bauteile muss jedoch ein sehr homogener Holzwerkstoff wie Furnierschichtholz verwendet werden. Die sortenreine Verwendung, die rein mechanische Fügung und die einfache Rückbaubarkeit führen zu einer optimalen Kreislauffähigkeit der Konstruktion, wie Auf- und Abbau sowie die zukünftige Wiederverwendung des Messestands als Gebäude in Konstanz zeigen.

Im Zuge der WikiHouse-Studies wurden außerdem Konstruktionen für die Gebäudehülle und den technischen Ausbau entwickelt, die eine systematische Fortsetzung des Tragwerks ermöglichen. Auf diese Weise lassen sich nach denselben Fügeprinzipien luftdichte, hochwärmedämmte Außenwände, Bodenplatten und Dachkonstruktionen fertigen. Als Dämmstoff können biogene Materialien wie Zellulose, Stroh oder Holzfasern, aber auch Re-Use-Dämmstoffe aus Altkleidern zum Einsatz kommen. Besonders Potenzial verspricht die Kombination des Wiki-Bausystems im Zusammenspiel mit Lehmstrukturen aus dem 3-D-Drucker, die in Bereichen eingesetzt werden können, in denen höhere Masse oder nichtbrennbare Materialien benötigt werden (zum Beispiel bei Geschossdecken).



**Abb. 03:** digitalBAU 2024: ARISE Messestand als Forschungsdemonstrator  
[Foto: HTWG Konstanz]

### **Zukunftsausblick und Potenziale**

Die digitale Fertigung und Materialwissenschaft stehen an der Schwelle bedeutender Fortschritte, die das WikiHouse-Prinzip entscheidend voranbringen könnten. Innovationen wie der 3-D-Druck mit nachhaltigen Materialien und die Weiterentwicklung von Smart Materials bieten die Möglichkeit, Bauweisen noch effizienter, nachhaltiger und anpassungsfähiger zu gestalten. Die Skalierung des WikiHouse-Prinzips weltweit stellt Herausforderungen dar, wie die Anpassung an lokale Bauvorschriften und die Verfügbarkeit von Materialien, bietet jedoch auch die Chance, nachhaltiges Wohnen global zugänglich zu machen. Visionär könnte das WikiHouse-Prinzip das Wohnen transformieren, indem es flexibel auf unterschiedliche klimatische und kulturelle Kontexte reagiert, Gemeinschaften stärkt und den Weg für eine demokratisierte Baukultur ebnet.

### **Schlussfolgerung**

Mit dem Prototyp des ARISE-Pavillons konnte die Übertragung der Füge- und Konstruktionsprinzipien des WikiHouse-Systems auf andere Anwendungen experimentell entwickelt und nachgewiesen werden. Die Beschränkungen auf Material, Fügeprinzipien und Fertigungsprozess einschließlich des Erhalts des Open-Source-Prinzips bleiben gegeben und zeigen neue Möglichkeiten hochpräziser digitaler Fertigungsprozesse jenseits des bereits vorhandenen Systems. Unter der Prämisse weltweiter Verfügbarkeit

und der uneingeschränkten Möglichkeit zum Selbstbau stehen den Nutzern nun neue Anwendungsmöglichkeiten offen. Es bleibt zu hoffen, dass das Projekt zu weiteren Forschungsarbeiten führt, die die Möglichkeiten und Freiheiten bei der Demokratisierung des Bauens vorantreiben. Der Prototyp zeigt außerdem, dass die am Prozess von Planung und Ausführung orientierte Entwicklung eines durchgängigen Konstruktionssystems einen eigenen, zeitgemäßen architektonischen Ausdruck generieren kann, der frei von absichtlichen ästhetischen Interpretationen aus den Gesetzmäßigkeiten der Notwendigkeiten hervorgeht.

Prof. Oliver Fritz (Professur für Digitales Bauen) ist digitaler Architekt der ersten Stunde, Mitgründer des Forschungsnetzwerks KAISERSROT, Gründer von user generated design GmbH (UGD) und seit 2004 Professor an mehreren Hochschulen. Fokus seines Werks ist die Optimierung der Gestaltung und Planung von Architektur mit digitalen Tools. Er ist gemeinsam mit Prof. Dr. Ludger Hovestadt (ETH Zürich) und Prof. Dr. Urs Hirschberg (TU Graz) Herausgeber des umfassenden Standardwerks »Atlas of Digital Architecture«. Er ist Initiator und Leiter des Open Innovation Labs der Hochschule Konstanz.

Prof. Stefan Krötsch ist Architekt und betreibt in München zusammen mit Ruth Klingelhöfer-Krötsch das Architekturbüro Klingelhöfer Krötsch Architekten. Von 2008 bis 2014 war er akademischer Rat am Fachgebiet Holzbau der TU München bei Prof. Hermann Kaufmann. 2015 bis 2018 leitete er als Juniorprofessor das neu gegründete Fachgebiet Tektonik im Holzbau an der TU Kaiserslautern. In dieser Zeit verfasste er zusammen mit Hermann Kaufmann und Stefan Winter den »Atlas Mehrgeschossiger Holzbau«. Seit März 2018 ist er Professor für Baukonstruktion und Entwerfen an der HTWG Konstanz.

Prof. Dr.-Ing. Alexander Michalski lehrt seit 2019 die Fächer Baustatik und Baudynamik an der HTWG Konstanz. Als Mitbegründer und Geschäftsführer des Ingenieurbüros str.ucture GmbH mit Sitz in Stuttgart widmet er sich dem Bereich des Leichtbaus sowie der Simulation von Tragwerken. Sein Fokus liegt auf der Einbindung von computergestützten Berechnungsmethoden in den Planungs- und Bauprozess. Beispielhaft sind hierfür die FE-CAD-Integration und die automatisierten parametrischen Modellbildungsprozesse zu nennen, aber auch die Entwicklung und Anwendung eines virtuellen Windkanals für windbelastete Tragwerke oder die Mikroklimasimulation urbaner Stadträume auf Hochleistungsrechnern.

## 7.2.4 Künstliche Intelligenz im Bauwesen: Vom Hype zur Handlung



Lukas Wike

Wie wird Künstliche Intelligenz (KI) die Baubranche revolutionieren? Inmitten von Datenschutzdebatten und Fachkräftemangel eröffnet KI neue Horizonte für Effizienz und Innovation. Mit dem richtigen Ansatz kann sie von einer undurchsichtigen Blackbox zu einem mächtigen Verbündeten im Baugewerbe werden. Dieser Beitrag gibt eine Übersicht, was Künstliche Intelligenz ist und was damit bereits heute möglich ist, welche Vorteile und Chancen es gibt, welche Dinge beachtet werden müssen, und zeigt Anwendungsbeispiele für die Baubranche auf.

### Was ist KI?

Künstliche Intelligenz ist die Wissenschaft, Maschinen so zu gestalten, dass sie Aufgaben erledigen können, die normalerweise menschliches Denkvermögen erfordern. Sie ist eine Kombination aus Informatik, Psychologie, Philosophie und sogar Linguistik. KI-Systeme sind darauf ausgelegt, eigenständig zu lernen, zu urteilen und Probleme zu lösen.

Die Funktionsweise von KI basiert auf Algorithmen, die Daten analysieren, Muster erkennen und auf dieser Grundlage Vorhersagen oder Entscheidungen treffen. Maschinelles Lernen, ein Hauptzweig der KI, ermöglicht es Maschinen, durch Erfahrung und Datenanalyse zu lernen. Ein weiterer Zweig ist das Deep Learning, das auf komplexen neuronalen Netzen basiert und es Maschinen ermöglicht, menschenähnliche Entscheidungen zu treffen.

### Unterschiedliche KI-Systeme

**Regelbasierte Systeme:** Diese Systeme folgen festgelegten Regeln, um logische Schlussfolgerungen zu ziehen. Sie werden häufig in Expertensystemen verwendet, die auf spezifisches Wissen in einem eng definierten Bereich zugreifen.

**Maschinelles Lernen (ML):** Im Gegensatz zu regelbasierten Systemen lernen ML-Modelle aus Daten, um Vorhersagen zu treffen oder Muster zu erkennen. Dies schließt einfache Algorithmen wie lineare Regression und komplexere Algorithmen wie Entscheidungsbäume und Support-Vektor-Maschinen ein.

**Neuronale Netze:** Diese Systeme sind von der Struktur des menschlichen Gehirns inspiriert und bestehen aus Schichten von Knoten (»Neuronen«), die Daten verarbeiten können. Sie sind die Grundlage für das Deep Learning, das besonders gut in der Bild- und Spracherkennung funktioniert.

**Deep Learning:** Eine spezielle Form des maschinellen Lernens, die tiefe (viele Schichten umfassende) neuronale Netze verwendet. Deep-Learning-Modelle sind besonders mächtig in der Verarbeitung von unstrukturierten Daten wie Bildern und Audiodateien.

**Große Sprachmodelle (Large Language Models, LLMs):** LLMs wie ChatGPT (Generative Pretrained Transformer) sind spezialisierte Typen von neuronalen Netzen, die darauf trainiert sind, menschliche Sprache zu verstehen und zu generieren. Sie können für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt werden, von der Texterzeugung bis zur Spracherkennung.

**Verstärkungslernen (Reinforcement Learning, RL):** Hier lernt eine KI durch Trial-and-Error, indem sie Aktionen in einer Umgebung ausführt und Belohnungen (oder Strafen) für erfolgreiche (oder erfolglose) Aktionen erhält. Es wird oft in der Robotik und in Spielen verwendet.

**Evolutionäre Algorithmen:** Diese Algorithmen nutzen Konzepte der natürlichen Selektion, wie Mutation und Reproduktion, um optimale Lösungen für Probleme zu generieren und zu iterieren.

### Welche Arten von Problemen kann KI lösen?

Künstliche Intelligenz kann eingesetzt werden, um Probleme zu lösen, die bestimmte menschliche kognitive Fähigkeiten erfordern, wie Mustererkennung, logisches Denken, Lernen aus Erfahrung, Sprachverständnis und Problemlösung. Sie ist besonders nützlich in Situationen, wo große Datenmengen verarbeitet und aus diesen schnell und effizient Erkenntnisse gewonnen werden müssen. KI kann auch in dynamischen und unvorhersehbaren Umgebungen eingesetzt werden, in denen sie durch adaptive Algorithmen und maschinelles Lernen reagieren und sich anpassen kann. Außerdem kann KI zur Automatisierung von komplexen und sich wiederholenden Aufgaben verwendet werden, die eine hohe Präzision erfordern, sowie zur Entscheidungsunterstützung in Szenarien, wo menschliche Expertise durch Datenanalyse ergänzt werden soll.



**Abb. 01:** Künstliche Intelligenz (KI) hat vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. [Quelle: bracketlab GmbH]

### **Was gibt es bei der Nutzung von KI zu beachten?**

Die Nutzung von Künstlicher Intelligenz eröffnet Unternehmen eine Welt voller Möglichkeiten, stellt sie jedoch auch vor Herausforderungen, insbesondere im Bereich des Datenschutzes. In Deutschland, wo die Anforderungen an den Datenschutz besonders hoch sind, ist es für Unternehmen unerlässlich, den Schutz dieser Daten zu gewährleisten. Eine Schlüsselrolle spielt dabei die Transparenz: Nutzer sollten jederzeit nachvollziehen können, wie und warum ihre Daten von KI-Systemen genutzt werden. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn KI-Entscheidungen direkte Auswirkungen auf Einzelpersonen haben. Unternehmen müssen sorgfältig überwachen, welche Daten sie KI-Modellen zur Verfügung stellen, besonders wenn diese Daten das firmeninterne Umfeld verlassen. Es gibt jedoch bereits technische Möglichkeiten, diesen Informationsfluss zu überwachen und zu kontrollieren.

Über die gesetzlichen Anforderungen hinaus sollten Unternehmen auch ethische Richtlinien für den Einsatz von KI etablieren. Durch Mitarbeiterfortbildung und die aktive Einbindung aller Interessengruppen können sie ein fundiertes Verständnis für die Chancen und Grenzen der KI fördern. Es ist unvermeidbar, dass einige Mitarbeiter KI-Tools wie ChatGPT nutzen. Wichtig ist dabei, dass die Angestellten klare Richtlinien befolgen, die festlegen, welche Informationen geteilt werden dürfen und welche nicht. Dies stellt sicher, dass der Einsatz von KI verantwortungsvoll und im Einklang mit den Unternehmenswerten erfolgt. Daher ist es ratsam, den Einsatz von Tools wie ChatGPT sogar aktiv zu fördern, jedoch zusammen mit den Richtlinien der Nutzung. Offene Kommunikation über den richtigen Einsatz von KI verhindert riskantes Verhalten und fördert eine Kultur der Sicherheit und Innovation.

### **Wie kann KI in der Baubranche eingesetzt werden?**

In der Baubranche kann der Einsatz von Künstlicher Intelligenz eine transformative Rolle spielen, indem sie innovative Lösungen für eine Reihe bestehender Herausforderungen bietet. KI-gestützte Prognosemodelle könnten beispielsweise dazu beitragen, auf Inflation und geopolitische Unsicherheiten mit besserer Vorbereitung und strategischen Einkaufsentscheidungen zu reagieren. Um den Fachkräftemangel zu mindern, könnte KI die Automatisierung von Routineaufgaben übernehmen und somit die Arbeitsabläufe optimieren, wodurch die Belastung vorhandener Fachkräfte verringert und die Attraktivität der Arbeitsplätze gesteigert wird.

In Bezug auf Materialmangel und die steigenden Kosten könnten KI-Systeme durch Optimierung der Materialflüsse und Lieferketten helfen, Engpässe und Kosten zu reduzieren. KI könnte ebenso eine Schlüsselrolle beim nachhaltigen Bauen spielen, indem sie Bauprozesse und Materialien hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen analysiert. Künstliche Intelligenz kann die Implementierung von Building Information Modeling (BIM) erheblich erleichtern, indem sie die Analyse großer Datenmengen übernimmt, die für die Planung und Ausführung von Bauprojekten erforderlich sind. Sie automatisiert routinemäßige Aufgaben, verbessert dadurch die Effizienz und trägt zur Fehlerreduktion bei. Darüber hinaus hilft KI dabei, Bauentwürfe zu optimieren, indem sie aus einer Vielzahl möglicher Varianten die beste auswählt. Sie prognostiziert zudem die Lebensdauer von Bauteilen für eine effektivere Wartungsplanung und integriert BIM-Systeme nahtlos mit anderen Systemen, was die Koordination im Bauprozess verbessert. Insgesamt bietet KI das Potenzial, die Effizienz zu steigern, Kosten zu senken und die Baubranche widerstandsfähiger gegenüber den vielfältigen Herausforderungen der heutigen Zeit zu machen.



**Abb. 02:** Administrative Aufgaben durch KI erleichtern [Quelle: bracketlab GmbH]

### **Anwendungsbeispiel administrative Aufgaben**

Werfen wir nun einen Blick auf einen konkreten Anwendungsfall aus der Baubranche: In einem etablierten mittelständischen Bauunternehmen, das bislang auf bewährte traditionelle Dokumentations- und Verwaltungsmethoden auf seinen Baustellen setzte, markiert die Einführung einer KI-basierten Plattform den Beginn einer umfassenden digitalen Transformation. Auf einer maßgeschneiderten App findet nicht nur die Dokumentation von Baufortschritten, Mängeln oder Schäden im digitalen Plan statt, sondern unterstützt auch die unternehmenseigenen Prozesse nahtlos, ohne diese zu stören.

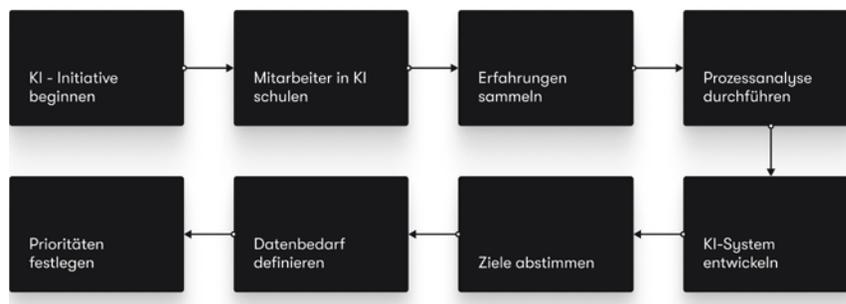
Die implementierte KI-Technologie der Plattform schafft es, eingegebene Daten intelligent zu analysieren und zu kategorisieren. Sie erfasst die Kontexte hochgeladener Bilder und Notizen, indem sie diese strukturiert und für die weitere Verwendung aufbereitet. Mit dem Vorteil des maschinellen Lernens und der tiefgehenden Analyse von historischen Daten, adaptiert die KI die firmeneigenen Standards der Dokumentation, selbst wenn die vorhandenen Datenmengen zunächst unstrukturiert erscheinen.

Die aufbereiteten Daten verwandelt die KI in akkurate, detaillierte Berichte und Dokumente, die als digitales Echo der bewährten Vorlagen des Unternehmens fungieren. Diese werden dann zur Überprüfung und Freigabe an die Bauleitung und das Verwaltungsteam weitergeleitet, was eine erhebliche Verringerung des administrativen Aufwands und eine Verbesserung der Dokumentationsqualität zur Folge hat.

Doch die Vorteile dieser gut strukturierten Daten reichen weit über die Berichterstattung hinaus und bilden das Fundament für eine intelligente Ressourcenplanung. Durch ausgeklügelte Datenanalyse können Materialbedarf und Personaleinsatz vorhergesagt werden.

Diese digitale Neuerung stärkt nicht nur die Effizienz direkt auf der Baustelle, sondern trägt auch dazu bei, den Verwaltungsaufwand signifikant zu minimieren. Die Möglichkeit der Echtzeit-Datenanalyse erlaubt es dem Unternehmen, umgehend auf aufkommende Probleme zu reagieren und durch eine schnelle und transparente Kommunikation die Zufriedenheit der Kunden zu erhöhen.

### Wie kann mein Unternehmen mit KI beginnen?



**Abb. 03:** Prozess für den Start der Nutzung von KI im eigenen Unternehmen [Grafik: bracketlab GmbH]

Die Implementierung von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Baubranche beginnt mit einem fundierten Verständnis der Technologie. Ein effektiver erster Schritt ist, die Mitarbeiter durch Bildungsinitiativen aufzuklären, wie etwa Workshops, in denen sie mit KI-Tools wie ChatGPT Plus experimentieren. Diese praxisnahe Erfahrung kann helfen, das Potenzial der KI aufzuzeigen, gleichzeitig ein Bewusstsein für mögliche Risiken zu schaffen und das Vertrauen in diese Technologie zu stärken.

Weiterhin ist es entscheidend, Feedback und Erfahrungen aus allen Fachabteilungen zu sammeln. Erkunden Sie, welche Befehle und Funktionen effektiv umgesetzt wurden und welchen konkreten Nutzen diese gebracht haben. Dies bietet wertvolle Einblicke in die praktische Anwendung und fördert das Verständnis dafür, wo KI am besten eingesetzt werden kann.

Eine Bestandsaufnahme der aktuellen Prozesse kann aufdecken, wo manuelle Arbeit und komplexe Berechnungen dominieren. Hier können KI-gestützte Systeme die größ-

ten Effizienzgewinne erzielen. Eine Prioritätenliste für KI-Unterstützung kann helfen, eine zielgerichtete Implementierung zu planen.

Für den KI-Einsatz benötigte Daten müssen definiert und überprüft werden, ob sie bereits vorhanden sind oder ob Anpassungen in der Datenstruktur oder im Prozessablauf nötig sind. Das Ziel sollte sein, eine KI-Lösung zu schaffen, die vorhandene Informationen effektiv nutzt und Mehrwert schafft, ohne bestehende Systeme zu stören.

Das entworfene Konzept sollte mit den betroffenen Abteilungen abgeglichen werden, um sicherzustellen, dass die Lösung den Bedürfnissen des Unternehmens entspricht und die Arbeitserleichterung quantifiziert werden kann. Bei der Entwicklung der KI-Anwendung ist auf Benutzerfreundlichkeit und eine reibungslose Integration in die bestehende Softwarelandschaft zu achten, um eine hohe Akzeptanz unter den Mitarbeitern zu gewährleisten.

Schließlich kann externe Hilfe in Anspruch genommen werden, um sowohl den strategischen als auch den technischen Aspekt der Implementierung zu unterstützen. Experten können dabei helfen, die KI-Lösung auf die spezifischen Bedürfnisse des Unternehmens anzupassen und eine erfolgreiche Integration sicherzustellen. Externe Mitarbeiter, die sich auf KI spezialisiert haben, können eine wertvolle Rolle spielen, um Unwissenheit und Unsicherheit im Team abzubauen. Sie bieten ein fundiertes Fachwissen, das die Angst vor dem Unbekannten mindern kann und damit die Akzeptanz und Integration im Unternehmen nachhaltig fördert.

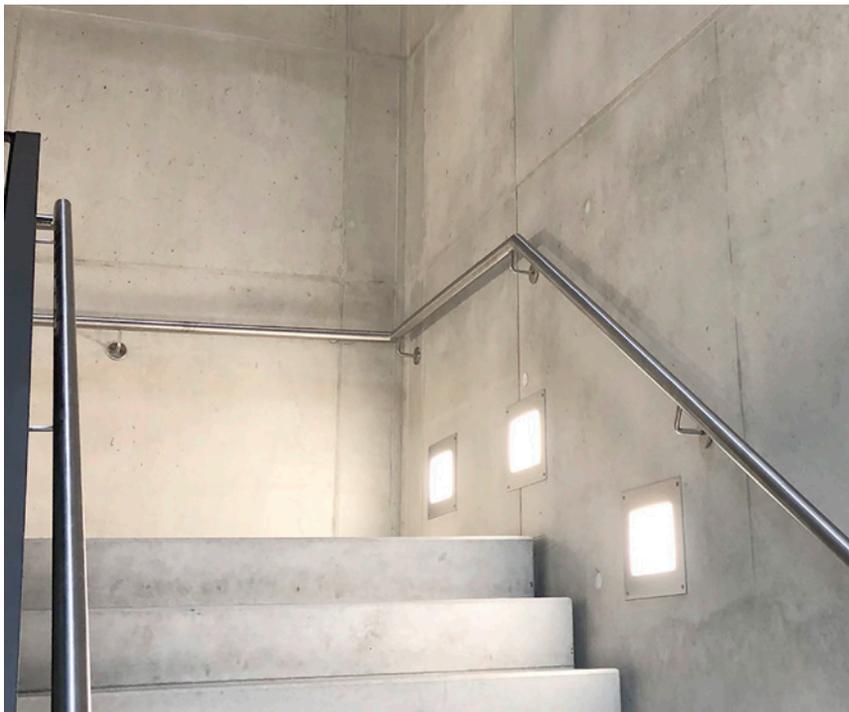
Ein kleiner Tipp: Gerade zum Thema Digitalisierung gibt es immer wieder spannende Förderprogramme wie zum Beispiel »Digital jetzt – Investitionsförderung für KMU« des Bundeswirtschaftsministeriums, die bei der Finanzierung digitaler Projekte unterstützen.

## **Fazit**

Künstliche Intelligenz hat sich längst über das Stadium eines bloßen Schlagworts oder eines einfachen Chatbots hinausentwickelt. Sie ist zu einem mächtigen Werkzeug herangewachsen, das Unternehmen bereits jetzt maßgeblich bereichert. Durch ihre intelligente Integration in den Arbeitsalltag eröffnet KI Mitarbeitern die Möglichkeit, ihre Produktivität zu steigern und sich auf ihre Kernaufgaben zu konzentrieren. Dies geschieht, indem sie alltägliche Routinetätigkeiten geschickt automatisiert. Der Markt bietet eine Fülle von »schlüsselfertigen« Lösungen, die spezifische Herausforderungen adressieren. Darüber hinaus besteht die Chance, KI gezielt und individuell in bestimmten Prozessschritten einzubinden, die vorhandene IT-Infrastruktur geschickt zu nutzen und somit schnell und sicher wertsteigernd zu wirken. Die Chance sollte frühzeitig genutzt werden. Indem Mitarbeiter dort abgeholt werden, wo sie aktuell stehen, wird das Fundament für

zukünftigen Erfolg gelegt. So steht am Ende des Tages eine Arbeitswelt, die nicht nur produktiver, sondern auch zufriedenstellender ist, weil jeder Einzelne dort eingesetzt wird, wo menschliche Kreativität und Intuition am meisten gefragt sind.

Lukas Wike leitet als Head of Business Development & Sales die Innovationsbestrebungen bei bracketlab GmbH. Mit einer umfassenden Expertise im Software- und KI-Bereich bei Salesforce hat er tiefgreifende Einblicke in die Bedürfnisse mittelständischer Unternehmen der Baubranche gewonnen. Bei bracketlab arbeitet er gemeinsam mit Kunden an der Entwicklung maßgeschneiderter Softwarelösungen, die nahtlos in existierende Systeme integriert werden und dabei die Potenziale der KI ausschöpfen. Seine Vision ist es, mit bracketlab die individuelle Effizienz eines jeden Unternehmens durch den gezielten Einsatz von maßgeschneiderten Software- und KI-Lösungen auf das nächste Level zu heben. Dabei ist es wichtig, auch unerkannte Herausforderungen zu identifizieren und durch gezielte Beratung und Workshops effektive KI-Anwendungen zu realisieren, um das bestehende System auszubauen und zukunftsfähig zu gestalten.



## 7.2.5 Einfluss von Tiefbaumaßnahmen auf benachbarte Bauwerke – Ein Plädoyer für die Berücksichtigung unvermeidbarer Beeinflussungen im Planungsprozess



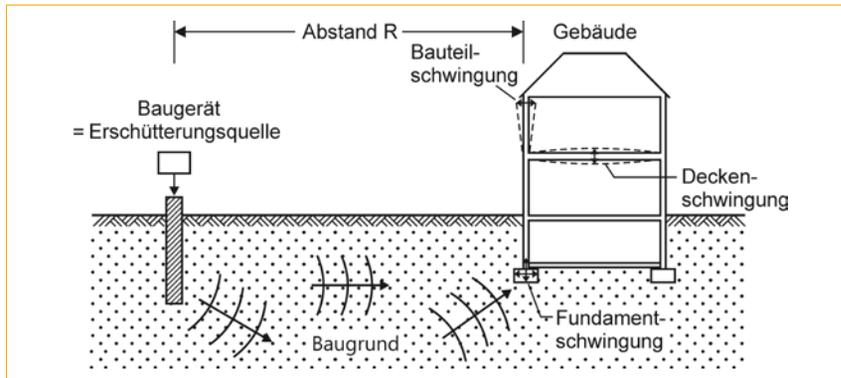
Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus

Jede Tiefbaumaßnahme – sei es die Herstellung und Wiederverfüllung eines Rohrgrabens, die Neuherstellung oder Sanierung eines Straßenoberbaus oder die Herstellung einer Baugrube – führt zu einer Beeinflussung des Baugrundbereichs bis zu einem gewissen Abstand von der eigentlichen Baumaßnahme. Bei Vorhandensein nahegelegener Bebauung kann es damit auch zu einer Beeinflussung und eventuell zu einer Schädigung von Bauwerken kommen. Insbesondere bei innerstädtischen Baumaßnahmen sind solche Beeinflussungen oft nicht vermeidbar.

Zu unterscheiden sind Beeinflussungen und Schäden, die durch eine unsachgemäße Auswahl von Bauverfahren und Baugeräten ausgelöst werden, von solchen, die praktisch unvermeidbar und damit letztlich zu erwarten sind. Letztere sollten im Planungsprozess von vornherein berücksichtigt werden, was bedeutet, dass auch entsprechende Schadenbeseitigungskosten einkalkuliert werden sollten. Kosten für die Beseitigung unvermeidbarer Schäden an Nachbargebäuden sind nach Auffassung des Autors Baukosten. Leider treffen sich die Beteiligten (Auftraggeber der Bauarbeiten oder auch Baufirma und Eigentümer des Nachbargebäudes) nach Erfahrung des Autors viel zu häufig vor Gericht. Durch einen »professionelleren« Umgang mit möglichen Beeinflussungen durch Tiefbaumaßnahmen könnte viel Geld gespart und Ärger vermieden werden.

### **Beispiel: Erschütterungen durch Vibrationsverdichtung oder -rammung**

Der Einsatz von mit Vibration arbeitenden Bauverfahren ist im Tiefbau die Regel. Nichtbindige Böden lassen sich mit Vibration wesentlich effektiver verdichten als ohne; entsprechend ist der Einsatz von Vibrationswalzen oder Vibrationsplatten in der Praxis unverzichtbar. Auch Tragelemente wie Pfähle oder Spundbohlen lassen sich oft wirtschaftlich mittels Vibrationsrammung einbringen. Allerdings ist es beim Einsatz solcher Verfahren unvermeidbar, dass ein Teil der aufgewendeten Vibrationsenergie in den umgebenden Baugrund abgestrahlt wird. Das Baugerät wird somit (unfreiwillig) zur Quelle von Erschütterungswellen, die auf benachbarte Bauwerke übertragen werden und dort zu Schäden (zum Beispiel in Form von Rissbildungen) führen können (Abb. 01).



**Abb. 01:** Baugerät als Erschütterungsquelle für benachbarte Gebäude  
[Grafik: Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus]

Mit einfachen Prognosegleichungen, die an Erschütterungsmessungen kalibriert wurden, lassen sich Abschätzungen zur Intensität und damit auch zur Schadenwahrscheinlichkeit vornehmen. Als Beispiel sei folgende für Vibrationswalzen abgeleitete Gleichung genannt:

$$v_{i,max}^F = K \frac{\sqrt{G}}{R} \quad \text{mit } K = \begin{cases} 4,31 & \text{(mittlerer Erwartungswert)} \\ 10,87 & \text{(oberer Erwartungswert)} \end{cases}$$

Hierin ist  $R$  der Abstand des Einsatzortes der Walze vom betrachteten Gebäude (in m) und  $G$  die Masse der Walze (Betriebsgewicht in t);  $v_{i,max}^F$  ist die Amplitude der Schwinggeschwindigkeit (Maximalwert der drei Komponenten) am Gebäudefundament (in mm/s). Die Schwinggeschwindigkeitsamplitude wird üblicherweise als Maß für die Intensität einer Erschütterungseinwirkung auf Bauwerke verwendet.

Diese Gleichung ermöglicht die Abschätzung des mittleren Erwartungswerts (50-prozentige Überschreitenswahrscheinlichkeit) und eines unter ungünstigen Umständen zu erwartenden oberen Erwartungswerts (2,25-prozentige Überschreitenswahrscheinlichkeit) der Erschütterungsintensität. Die sich in der Differenz der beiden Werte zeigende relativ große Bandbreite möglicher Schwinggeschwindigkeitsamplituden ist der Einfachheit der Prognosegleichung geschuldet, die unter anderem den tatsächlichen Baugrundaufbau völlig unberücksichtigt lässt. Immerhin kann aber die mögliche Bandbreite recht zuverlässig beschrieben werden.

Die DIN 4150 »Erschütterungen im Bauwesen«<sup>1</sup> enthält in Teil 3 Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeitsamplituden von Stockwerksdecken sowie von Bauteilen im Obergeschoss, bei deren Unterschreitung normalerweise nicht mit Schäden zu rechnen

<sup>1</sup> DIN 4150-3:2016-12: Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen

ist. Wie sich Schwingungen der Fundamente im Bauwerk auf Stockwerksdecken sowie auf Bauteile im Obergeschoss übertragen, hängt von der Konstruktion des Bauwerks (nämlich den Eigenfrequenzen der Bauteile) und von der Frequenz der einwirkenden Schwingung (also der Betriebsfrequenz des Baugeräts) ab. Hier können jedoch konservative Abschätzungen vorgenommen werden, sodass letztlich auf Grundlage einfacher Prognosegleichungen eine Bewertung vorgenommen werden kann, ob an einem Nachbarbauwerk mit Schäden gerechnet werden muss bzw. ob Schäden zumindest nicht ausgeschlossen werden können.

Hinsichtlich Details zu Erschütterungsprognosen und deren Bewertung sei hier auf Achmus et al. (2005)<sup>2</sup> verwiesen. Für den Herbst 2024 ist außerdem ein neues Mitteilungsheft des Instituts für Bauforschung geplant, in dem die Prognoseverfahren und insbesondere deren praktische Anwendung dargestellt wird. Entscheidend ist, dass mit derartigen Prognosen bereits im Zuge der Planung einer Baumaßnahme eine Risikobewertung hinsichtlich der Entstehung möglicher Schäden an Nachbarbauwerken möglich ist. Solche Risikobewertungen sollten die Regel sein. Auf deren Grundlage kann man entweder zu dem Schluss kommen, dass ein Bauverfahren bzw. ein Verdichtungsgerät ungeeignet ist oder – wenn alternative Verfahren nicht infrage kommen – dass mit Sanierungskosten zu rechnen ist. Von Bauwerken, für die eine schädliche Beeinflussung nicht ausgeschlossen werden kann, sollte vorab eine Zustandserhebung erfolgen (Beweissicherung), um möglicherweise entstehende neue Schäden von Altschäden abgrenzen zu können. Werden später Schäden angezeigt, so kann mit einer Nachbegehung eindeutig festgestellt werden, welche durch die Baumaßnahme verursacht wurden. Durch eine solche Berücksichtigung (und Einpreisung) von möglichen Schäden könnten aus Sicht des Autors viele letztlich vor Gericht landende Streitfälle vermieden werden.

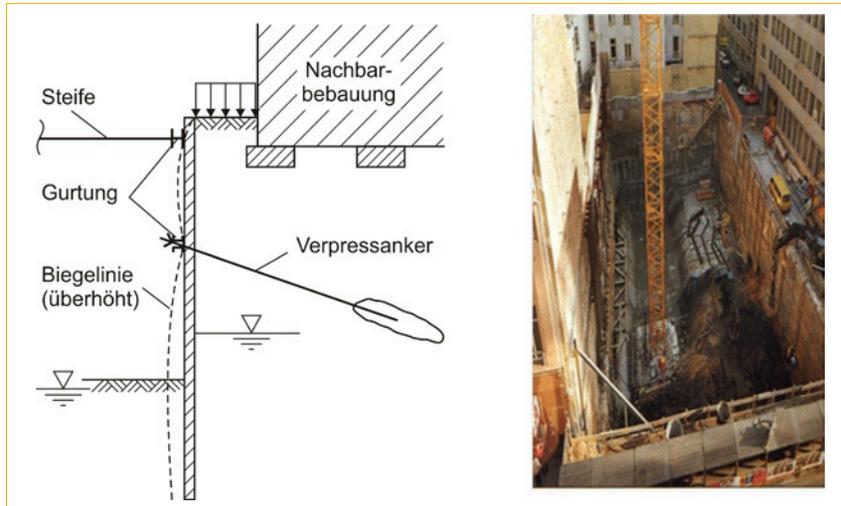
### **Beispiel: Baugrundverformungen hinter Baugrubenwänden**

Baugrubenwände sind vorwiegend auf Biegung beanspruchte, relativ schlanke Tragwerke, die meist bis deutlich unter die Baugrubensohle in den Baugrund einbinden (Abb. 02 links). Der Blick in eine tiefe Baugrube (Abb. 02 rechts) macht deutlich, dass es sich um ein anspruchsvolles Ingenieurbauwerk handelt. Grundsätzlich gilt, dass auch bei fachgerechter Bemessung und Ausführung Einflüsse auf unmittelbar an die Baugrube angrenzende Bebauung nicht vollständig vermeidbar sind. Zum einen kommt es bei der Herstellung der Verbauwand mittels Bohren, Rütteln oder Rammen bereits vor dem Bodenaushub unweigerlich zu Beeinflussungen, zum anderen kommt es im Zuge des Aushubs zu horizontalen Wandverformungen, die zu Setzungen angrenzender Bau-

---

<sup>2</sup> Achmus M., Kaiser J., tom Würden, F: (2005). Bauwerksererschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Grundlagen – Messergebnisse – Hannover, 2005 (Informationsreihe des Instituts für Bauforschung e. V., Hannover; Bericht 20)

werke führen können. Gerade bei unmittelbar an die Baugrube angrenzender Nachbarbebauung treten nahezu zwangsläufig zumindest geringe Schäden auf.<sup>3</sup>



**Abb. 02:** Schemaskizze eines Baugrubenverbaues (links) und Blick in eine tiefe Baugrube (rechts)  
[Quelle: Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus]

Die genannten Effekte lassen sich durch die fachgerechte Wahl des Herstellungsverfahrens und die sorgfältige und fachgerechte Ausführung der Arbeiten minimieren, aber nicht vollständig ausschließen. Eine exakte Vorhersage von Beeinflussungen und daraus resultierenden Schäden an vorhandenen Bauwerken, Leitungen oder Straßen ist grundsätzlich kaum möglich. Eine sorgfältige Planung sollte jedoch zum einen auf die Identifikation und die Minimierung möglicher Beeinflussungen abzielen und zum anderen nicht auszuschließende geringfügige Schäden von vornherein im Planungsprozess berücksichtigen. Unvermeidbare verfahrensimmanente Schäden an Nachbarbauwerken sind Baukosten und sollten als solche eingeplant werden.

Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus ist Professor für Geotechnik an der Leibniz Universität Hannover. Er ist außerdem geschäftsführender Gesellschafter eines Ingenieurbüros für Grundbauplanung und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugrunduntersuchungen, Erd- und Grundbau. Als solcher ist er als von Gerichten beauftragter Gutachter häufig mit Schadenfällen befasst, die infolge von Bauwerkserschütterungen durch Baugeräte oder von Baugrubenherstellungen entstehen.

<sup>3</sup> Achmus, M.: Schäden bei Baugrubensicherungen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2012 (Schadenfreies Bauen; 44)

## 7.2.6 Rechtssichere Baudokumentation neu denken



Konstantin Krahtov

In der heutigen Bauindustrie führt die Zunahme formeller Kommunikation auf Baustellen, bedingt durch gestiegene Komplexität und die Beteiligung zahlreicher Parteien, zu erhöhten Anforderungen an die Baudokumentation. Diese soll im Falle von Rechtsstreitigkeiten die notwendige Sicherheit bieten. Aktuell erfolgt die Dokumentation jedoch oft unsystematisch und sporadisch, wobei vorrangig einfache 2-D-Fotos verwendet werden. Die direkten Kosten für die Erfassung dieser Bilder mögen sich zwar der Nullgrenze annähern, jedoch erfordern Folgeprozesse wie Archivierung, Suche und Filterung einen erheblichen manuellen Aufwand

und verursachen dementsprechend hohe Kosten. Darüber hinaus ist die Dokumentation häufig unvollständig, da zum Zeitpunkt der Erfassung oftmals Bereiche als weniger relevant eingestuft und daher nicht dokumentiert werden. Später zeigt sich dann, dass gerade diese Bereiche von entscheidender Bedeutung gewesen wären. Dies führt dazu, dass die Rechtssicherheit der Dokumentation nicht gewährleistet ist und eine effiziente Bauausführung sowie Kontrolle nicht auf einer soliden Baudokumentation aufbauen können. Zudem behindern aktuelle Praktiken die Implementierung neuer modellbasierter Arbeitsmethoden wie Building Information Modeling (BIM), da es an geeigneten Methoden und Werkzeugen für die Erstellung eines nahezu echtzeitaktuellen digitalen Abbilds der Baustelle mangelt.

Diese Herausforderungen können durch den Einsatz einer Kombination von Werkzeugen, die miteinander harmonisieren und spezifische Unterstützung für verschiedene Problemstellungen und Anwendungsbereiche bieten, bewältigt werden. Ziel ist es, alle erfassten Informationen modellreferenziert verfügbar zu machen, um so die Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit der Dokumentation zu gewährleisten.

### Dynamischer Digitaler Zwilling im Bauwesen

Ein dynamischer Digitaler Zwilling im Bauwesen repräsentiert ein kontinuierlich aktualisiertes, »lebendiges« Abbild eines Bauprojekts, das über eine bloße digitale Darstellung des geplanten Endzustands hinausgeht. Dieses Modell integriert laufende Informationen über den Fortschritt der Bauarbeiten, indem es Echtzeitdaten aus einer Reihe von Quellen zusammenführt. Zu diesen Quellen zählen die Überwachung des Baustellenpersonals, Zugangskontrollsysteme, visuelle Daten von digitalen Kameras, Webcams, Drohnen, 360-Grad-Kameras sowie Bewegungsdaten von Baumaschinen oder autonomen Robotern. Durch den Einsatz von regelbasierten Algorithmen, Simulationstechniken und

Maschinellern Lernen werden diese Daten analysiert, um Bauprozesse zu optimieren, Risiken zu minimieren und die Gesamteffizienz zu verbessern.

Ein Schlüsselaspekt des dynamischen Digitalen Zwillings ist seine Verknüpfung mit dem Objektmodell, wodurch Planungs- und Kalkulationsinformationen direkt mit dem aktuellen Baufortschritt in Beziehung gesetzt werden. Diese Integration ermöglicht eine umfassende Übersicht und Steuerung des Bauvorhabens, indem sie eine präzise Abstimmung zwischen Planung und Realität gewährleistet. Das Modell eröffnet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten:

- **Echtzeit-Überwachung und -steuerung:** Projektbeteiligte können den Baufortschritt in Echtzeit überwachen und steuern, was eine agile Reaktion auf Abweichungen und Unvorhergesehenes ermöglicht.
- **Qualitätssicherung:** Durch die fortlaufende Erfassung und Analyse von Daten können Mängel frühzeitig erkannt und behoben werden, was die Bauqualität insgesamt verbessert.
- **Ressourcenoptimierung:** Die präzise Erfassung des Baufortschritts und die Identifikation von Engpässen erlauben eine effiziente Zuweisung und Nutzung von Ressourcen.
- **Risikomanagement:** Potenzielle Risiken werden durch die kontinuierliche Analyse von Echtzeitdaten schneller erkannt, was präventive Maßnahmen ermöglicht.
- **Dokumentation und Compliance:** Das Modell dient als vollständiges, fortlaufend aktualisiertes Dokument des Bauprojekts, was die Einhaltung von Vorschriften und Standards erleichtert.
- **Nachhaltigkeitsanalyse:** Die Auswirkungen von Baumaßnahmen auf die Umwelt können in Echtzeit überwacht und analysiert werden, um nachhaltigere Bauweisen zu fördern.

Insgesamt stellt der dynamische Digitale Zwilling ein zukunftsweisendes Werkzeug dar, das durch die Integration von Echtzeitdaten und die Vernetzung aller relevanten Projektinformationen eine revolutionäre Verbesserung in der Planung, Durchführung und Überwachung von Bauprojekten ermöglicht.

### **Vollautomatische Werkzeuge**

Vollautomatische Werkzeuge wie Bau-Cams und integrierte Sensoren revolutionieren die Art und Weise, wie Baufortschritte dokumentiert und analysiert werden. Diese Technologien ermöglichen eine nahtlose Erfassung von Daten und Informationen, die direkt, ohne manuelle Eingriffe, in digitale Modelle integriert und für weitere Auswertungen und Untersuchungen verwendet werden können.

- **Bau-Webcams:** Bau-Webcams werden bereits seit Jahren erfolgreich für die Dokumentation des Baufortschritts eingesetzt, besonders effektiv in der Rohbauphase. Ihre Vorteile liegen in der Kosteneffizienz und leichten Zugänglichkeit. Einmal installiert, bieten sie zusammen mit zahlreichen verfügbaren Softwarelösungen eine einfache Möglichkeit zur Überwachung. Der wesentliche Nachteil von Bau-Webcams ist jedoch ihre begrenzte Perspektive. Nicht alle Bereiche der Baustelle sind sichtbar, und oft sind gerade die kritischen Untersuchungsbereiche verdeckt, die später von entscheidender Bedeutung sein könnten.
- **Sensorik:** Der Einsatz von Sensorik in der Bauindustrie nimmt zu. Sensoren werden beispielsweise für die Feuchtigkeitsmessung oder zur Identifikation der Position von Maschinen und Bauelementen verwendet. Sie liefern wertvolle Daten, die einen Teil der Baudokumentation bilden und für präzise Analysen herangezogen werden können. Trotz ihres Potenzials für eine umfassende Datenerfassung gibt es zahlreiche bauspezifische Faktoren, die einer flächendeckenden Nutzung im Wege stehen. Dazu zählen unter anderem die Herausforderungen bei der Installation in der sich ständig ändernden Umgebung einer Baustelle und die Notwendigkeit, Sensoren gegen Baustaub und -schmutz zu schützen.

Die Kombination von Bau-Webcams und Sensorik bietet einen umfassenden Überblick über den Baufortschritt und ermöglicht eine detaillierte Analyse verschiedener Aspekte eines Bauprojekts. Trotz der Herausforderungen bieten diese Technologien entscheidende Vorteile für die Bauindustrie, indem sie eine kontinuierliche, automatisierte Datenerfassung ermöglichen, die zur Optimierung von Bauprozessen, zur Verbesserung der Qualitätssicherung und zur Risikominimierung beiträgt. Die Entwicklung hin zu einer noch breiteren Akzeptanz und Nutzung dieser Technologien verspricht, die Effizienz und Effektivität in der Baubranche weiter zu steigern.

### **Manuelle Dokumentation**

Die Bedeutung der manuellen Dokumentation im Kontext der Bauüberwachung und Mängeldokumentation bleibt trotz des Fortschritts in der automatisierten Datenerfassung und -verarbeitung bestehen. Mehrere Faktoren unterstreichen die Notwendigkeit menschlicher Eingriffe und Beurteilungen bei der Erfassung von Bauzuständen:

- **Erfassung aus menschlicher Perspektive:** Bestimmte Bereiche oder Details lassen sich am besten aus Perspektiven erfassen, die durch den Menschen und seine Fähigkeit zur Anpassung und Bewertung der Situation vor Ort bestimmt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Dokumentation von spezifischen Mängeln wie Kratzern an Fenstern. Diese Art von Mängeln erfordert oft eine gezielte und anspruchsvolle fotografische Aufnahme, bei der die richtige Richtung und Perspektive entscheidend sind,

um den Schaden adäquat zu dokumentieren. Solche feinen Details können durch automatisierte Systeme oft nicht mit der notwendigen Genauigkeit erfasst werden.

- Komplexe Situationen und Bewegungserfassung: Darüber hinaus gibt es Bauzustände, die durch einzelne Bilder nicht vollständig erklärt werden können. Geräusche oder kleine Bewegungen sind Beispiele für Phänomene, die für eine umfassende Dokumentation die Aufnahme von Videosequenzen erfordern. Diese Aspekte der Baustellenüberwachung gehen über das hinaus, was durch statische Bilder oder automatisierte Sensoren erfasst werden kann. Die Technologie hat zwar große Fortschritte gemacht, jedoch gibt es immer noch Fälle, in denen die Unterscheidung und Interpretation solcher Phänomene menschliche Intervention erfordert.
- Laserscans und 3-D-Punktwolken repräsentieren hochmoderne Verfahren in der digitalen Erfassung von Baustellen, die trotz ihrer fortschrittlichen Technologie eine manuelle Positionierung der Sensoren erfordern. Diese Methoden sind besonders wertvoll für die detaillierte Erfassung von Geometrien und bieten eine Präzision, die mit herkömmlichen fotografischen Methoden nicht erreichbar ist. Obwohl Laserscans und die Erstellung von 3-D-Punktwolken in der Regel manuelle Eingriffe für die Positionierung der Sensortechnik benötigen, rechtfertigt die Qualität und Detailliertheit der gewonnenen Daten ihren Einsatz. Diese Techniken werden typischerweise nicht kontinuierlich, sondern gezielt in bestimmten Bauphasen eingesetzt, oft ein- bis zweimal pro Phase, um kritische Informationen über den aktuellen Zustand eines Projekts zu sammeln.

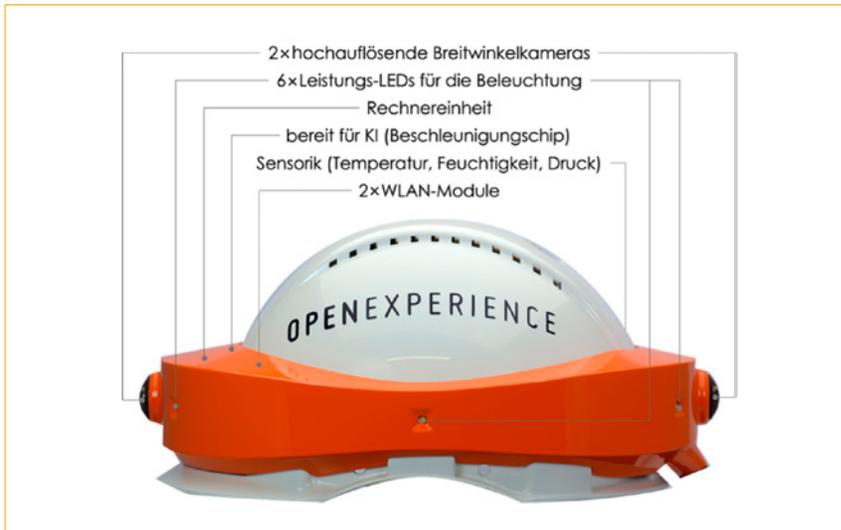
Zusammenfassend ist die manuelle Dokumentation ein unverzichtbarer Bestandteil der Baudokumentation und -überwachung. Sie ermöglicht die Erfassung und Interpretation komplexer, subtiler oder kritischer Bauzustände, die durch automatisierte Verfahren allein nicht vollständig abgedeckt werden können. Menschliche Expertise und Urteilsvermögen spielen eine zentrale Rolle bei der Sicherstellung der Qualität, Genauigkeit und Vollständigkeit der Baustellendokumentation.

### **Semiautomatische Werkzeuge**

Semiautomatisierte Werkzeuge bieten derzeit eine der aussichtsreichsten Möglichkeiten, einen dynamischen Digitalen Zwilling der Baustelle kosteneffizient zu erstellen. Sie kombinieren die Flexibilität manueller Eingriffe mit der Effizienz automatisierter Datenerfassung, um detaillierte und aktuelle Informationen über Bauprojekte bereitzustellen. Im Folgenden werden einige der fortschrittlichsten semiautomatisierten Technologien vorgestellt:

- Helmkamerasysteme für 360-Grad-Bilddaten: Ein Beispiel für innovative semiautomatisierte Erfassungstechnologie ist das Helmkamerasystem, etwa das DIGIBAU 360, das in einen herkömmlichen Bauhelm integriert und mit diversen Sensoren zur Erfas-

sung von optischen 360-Grad-Bildern, Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchtigkeit ausgestattet ist. Es zeichnet sich besonders durch seine Benutzerfreundlichkeit aus. Die erfassten 360-Grad-Aufnahmen werden direkt den entsprechenden Positionen im 3-D-BIM-Modell zugeordnet, was eine nahezu vollständige Wiedergabe der Baustelle ermöglicht. Solche Systeme bieten einen enormen Mehrwert für die Baustellendokumentation und -überwachung, da sie umfassende visuelle Daten liefern, die sowohl manuell als auch automatisch analysiert werden können.



**Abb. 01:** Helmkamerasystem für 360-Grad-Bilddaten [Quelle: Open Experience GmbH]

- **Drohnerfassung:** Die Erfassung von Fassaden und Dächern mittels Drohnen stellt eine weitere effektive semiautomatisierte Methode dar. Drohnen können schwer zugängliche Bereiche leicht erreichen und hochauflösende Bilder oder Videos aus verschiedenen Perspektiven liefern. Diese Technologie eignet sich hervorragend, um den Zustand dieser Bauteile zu dokumentieren und zu überwachen, was besonders für die Inspektion von Dächern oder die Dokumentation des Baufortschritts an Fassaden von Bedeutung ist.
- **Roboterhunde** stellen als semiautomatisierte Erfassungswerkzeuge eine innovative Ergänzung zu menschlichen Begehungen auf Baustellen dar. Ausgestattet mit Sensoren liefern sie detaillierte Informationen zu spezifischen Eigenschaften von Bauelementen, wie etwa Oberflächenfeuchtigkeit oder das Vorhandensein von Leitungen. Ihre Fähigkeit, schwer zugängliche Bereiche zu erreichen und präzise Daten in Echtzeit zu sammeln, macht sie zu einem wertvollen Instrument für die Bauüberwachung und -dokumentation.



**Abb. 02:** Forschungsprojekt Roboterhund mit Helmkamerasystem  
[Quelle: Open Experience GmbH]

Zusammenfassend bieten semiautomatisierte Werkzeuge eine wertvolle Ergänzung zu vollautomatischen Systemen, indem sie die Lücke zwischen der Flexibilität menschlicher Eingriffe und der Effizienz automatisierter Verfahren schließen. Durch die Kombination dieser Technologien können Bauunternehmen und Projektbeteiligte einen umfassenden, dynamischen Digitalen Zwilling ihrer Baustelle erstellen, der für eine Vielzahl von Analysen, Überprüfungen und Qualitätskontrollen genutzt werden kann.

### **Vollständigkeit und Aktualität des dynamischen Digitalen Zwillings**

Die Wirksamkeit des dynamischen Digitalen Zwillings in den beschriebenen Anwendungsszenarien hängt wesentlich von der Vollständigkeit und Aktualität seiner Daten ab. Die Erfahrung zeigt, dass diese Anforderungen mit herkömmlichen manuellen Methoden der Bildaufnahme nicht zuverlässig erfüllt werden können.

- **Aktualität durch automatisierte Erfassung:** Um aktuelle Informationen bereitzustellen zu können, ist eine regelmäßige und automatisierte Erfassung kritischer Bereiche essenziell. Die Häufigkeit der Datenerfassung muss einen Ausgleich zwischen den Erfassungskosten und dem Bedarf an Dokumentation finden. Automatisierte Erfassungsmethoden wie feste Webcams können kontinuierlich Daten liefern, während semiautomatische Methoden, beispielsweise durch den Einsatz von Drohnen oder Helmkamerasystemen, flexibel nach Bedarf und zur Kostenkontrolle genutzt werden können.

- **Vollständigkeit trotz Kostenüberlegungen:** Die Herausforderung der Vollständigkeit liegt darin, dass die Dokumentation wertlos wird, wenn wichtige Bereiche fehlen. Die Neigung, nur solche Bereiche zu erfassen, in denen intensive Bauarbeiten stattfinden, ist verständlich, insbesondere wenn Kostenüberlegungen – etwa durch den Einsatz von Roboterhunden oder manuellen Erfassungen – im Vordergrund stehen. Dennoch ist es wichtig zu berücksichtigen, dass gerade unvorhersehbare Ereignisse in den Bereichen auftreten können, die möglicherweise nicht erfasst wurden. Eine möglichst umfassende und vollständige Erfassung ist daher anzustreben. Automatisierte Methoden bieten die Möglichkeit einer kontinuierlichen Dokumentation, während semiautomatische Ansätze durch Anpassung der Erfassungsintervalle ein Gleichgewicht zwischen Kosten und Abdeckung ermöglichen.



**Abb. 03:** Einsatz der DIGIBAU 360 auf einer Baustelle [Foto: Open Experience GmbH]

Die manuelle Erfassung sollte, wenn überhaupt, nur ergänzend eingesetzt werden, da sie weder die geforderte Aktualität noch eine Vollständigkeit effizient gewährleisten kann. Vielmehr sollten fortschrittliche Technologien wie Drohnenaufnahmen, automatisierte Überwachungssysteme und mobile Erfassungsgeräte priorisiert werden, um die Anforderungen an einen dynamischen Digitalen Zwilling zu erfüllen. Durch die Integration dieser Technologien in die Bauprozesse lässt sich eine Datenbasis schaffen, die nicht nur die genannten Anwendungsszenarien unterstützt, sondern auch die Grundlage für eine kontinuierliche Optimierung und Qualitätssteigerung in Bauprojekten bildet.

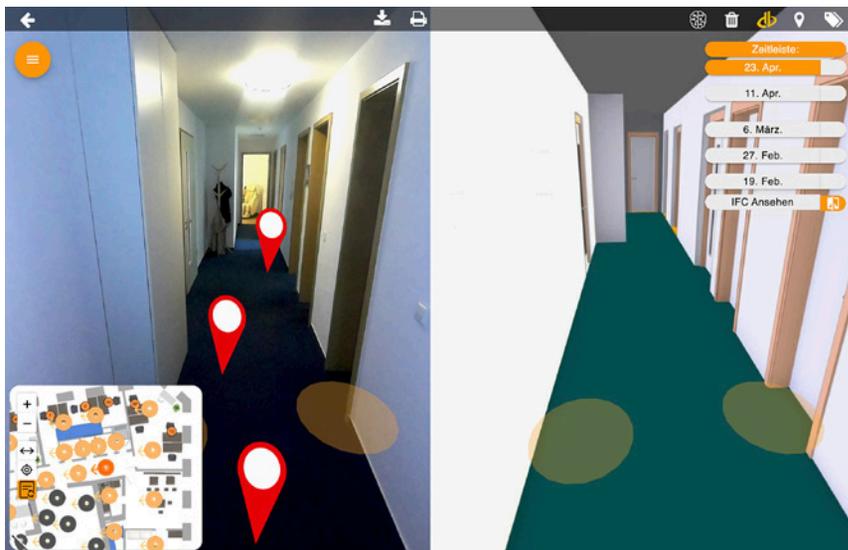
### **Verfügbarkeit der Baudokumentation**

Der einfache Zugriff der Baudokumentation ist ein kritischer Faktor für ihre Nutzungseffizienz und -wirksamkeit. Eine systematische und strukturierte Ablage sowie der Zugriff

auf die Dokumentation sind entscheidend für die effektive Verwaltung und Nutzung der erfassten Daten:

- Einheitliche Ablage im Cloud-Speicher: Alle Daten sollten zentral in der Cloud gespeichert werden, um eine einfache und sichere Zugänglichkeit für alle autorisierten Nutzer zu gewährleisten.
- Verschlagwortung: Eine einheitliche Verschlagwortung der Daten nach Ort, Bereich, Gewerk, Datum und Erfasser erleichtert die Suche und Zuordnung der Dokumentation erheblich.
- Modellreferenzierung: Die Integration von Dokumenten und Daten mit einem digitalen Modell des Bauwerks (zum Beispiel BIM) ermöglicht einen direkten und kontextbezogenen Zugriff auf relevante Informationen.
- Automatisierte Routinen: Die Implementierung automatisierter Prozesse, wie die Verpixelung von personenbezogenen Daten zur Wahrung der Privatsphäre und die automatisierte Objekterkennung, verbessert die Effizienz der Datenauswertung und -verarbeitung.

Diese Maßnahmen stellen sicher, dass die Baudokumentation nicht nur umfassend und aktuell ist, sondern auch effizient genutzt werden kann, um Bauprozesse zu überwachen, Qualitätskontrollen durchzuführen und eine lückenlose Dokumentation des Baufortschritts zu gewährleisten.



**Abb. 04:** Darstellung einer virtuellen Begehung mittels DIGIBAU 360, die eine Gegenüberstellung von Plan- und Istzustand, eine Zeitachse und eine Funktion zur direkten Aufgabenerfassung beinhaltet. [Quelle: Open Experience GmbH]

### **Erhöhung der Leistungsqualität durch Sensibilisierung**

Eine gründliche und vollständige Baudokumentation schafft ein Bewusstsein für die lückenlose und präzise Erfassung der Bauprozesse. Diese Transparenz und hohe Verfügbarkeit der Daten tragen dazu bei, dass Aktivitäten nachgewiesen und potenzielle Probleme untersucht werden können. Diese Gewissheit allein motiviert alle Beteiligten – von Einzelpersonen bis hin zu Firmen – zu einer erhöhten Sorgfalt und dem Bewusstsein, dass ungenaue Informationen keinen Platz auf der Baustelle haben. Dadurch wird eine Kultur der offenen Diskussion und korrekten Kommunikation gefördert, was letztlich zu einer verbesserten Qualität und Genauigkeit in der Leistungserbringung führen kann.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Die moderne Baudokumentation geht weit über das sporadische Sammeln manueller Aufnahmen hinaus und erfordert den Einsatz einer Vielzahl von Werkzeugen, um die Vollständigkeit und Aktualität der Daten zu gewährleisten. Diese umfassende Datenerfassung ist entscheidend, um Risiken zu minimieren und eine rechtskonforme Arbeitsweise für alle Beteiligten zu sichern. Die Anwendung moderner Werkzeuge in der Baudokumentation verbessert signifikant die Vollständigkeit und Aktualität der erfassten Daten. Sie ermöglicht es, Risiken effektiv zu minimieren und stellt eine rechtskonforme Arbeitsweise für alle Projektbeteiligten sicher. Mit der fortschreitenden Entwicklung und dem zunehmenden Einsatz vollautomatischer Systeme können zudem die Kosten der Datenerfassung gesenkt werden. Bereits jetzt sind diese innovativen Werkzeuge unverzichtbar, um den hohen Anforderungen moderner Bauprojekte gerecht zu werden und eine sichere, effiziente und qualitativ hochwertige Bauausführung zu gewährleisten.

In der Zukunft ist zu erwarten, dass der Einsatz vollautomatischer Werkzeuge zunehmen wird, was eine kosteneffizientere Datenerfassung ermöglicht. Doch bereits heute sind diese neuen Werkzeuge unerlässlich, um den Anforderungen moderner Bauprojekte gerecht zu werden und eine solide Grundlage für sichere, effiziente und qualitativ hochwertige Bauausführungen zu schaffen.

Konstantin Krahtov ist Bauingenieur und machte sich als freiberuflicher Ingenieur und Softwareentwickler einen Namen, insbesondere an der Schnittstelle von Informatik und Ingenieurwesen. Seine Fähigkeiten erweiterte er beim FZI Forschungszentrum Informatik als Abteilungsleiter, wo er sich intensiv mit Prozess- und Datenmanagement auseinandersetzte. Inspiriert von Forschung und Marktbedürfnissen gründete er 2009 die Open Experience GmbH, deren Leitung er bis heute innehat. Seit 2016 lehrt er auch als Gastdozent an der Hochschule Darmstadt.

## 7.3 Bauforschung aktuell – Der Blick in die Zukunft

Im folgenden Kapitel findet sich ein Überblick über die aktuellen Schwerpunkte in der Bauforschung. Zunächst wird eine Auswahl aktueller Projekte des IFB vorgestellt. Außerdem finden sich hier wegweisende Projekte und Forschungsarbeiten von Universitäten und Nachwuchswissenschaftlern. Unter anderem werden spannende Zukunftsvisionen vorgestellt, die zeigen, wie wir künftig wohnen könnten, wie Forschungsaktivitäten für Verfahrenstechnik, Energietechnik und Klimaschutz gebündelt werden und daraus innovative Labor- und Verfahrenstechnik entsteht. Außerdem wird dargestellt, wie das Sanierungspotenzial von Bestandsgebäuden besser genutzt werden kann. Ein überaus spannender Blick in die Zukunft des Bauens!

### 7.3.1 Aktuelle Forschungsprojekte des Instituts für Bauforschung Hannover

Seit mehr als 78 Jahren steht das Institut für Bauforschung e.V. (IFB) in Hannover für praxisnahe Bauforschung. Der Fokus liegt auf der wissenschaftlichen Anwendungsforschung und deren Verbreitung. Kernbereiche sind Vorplanung, Planung, Bauarten, Materialanwendung, Bauprozesse, Ursachen von Bauschäden und deren Vermeidung. Dabei werden städtebauliche, funktionale, ökologische, wohnungswirtschaftliche, bauwirtschaftliche, gesamtwirtschaftliche, technische und juristische Belange berücksichtigt – ebenso wie die die Belange der Nutzer. In zahlreichen Untersuchungen und Studien sowie mithilfe umfangreicher Datenanalysen und Umfragen werden wissenschaftliche Ergebnisse gesammelt sowie praktische Erfahrungen aus Qualitätssicherungs- und Gutachtertätigkeiten ausgewertet. Die Erkenntnisse dieser Forschungsarbeit werden den mehr als 100 Mitgliedern und den am Planungs- und Bauprozess Beteiligten durch Berichte, Bücher, Studien, Fachveranstaltungen und -vorträge zur Verfügung gestellt.

Auch im Jahr 2023/24 wurden und werden im IFB eine Vielzahl interessanter Projekte umgesetzt. Im folgenden Kapitel zeigt eine Auswahl der im Jahr 2023 bearbeiteten Aufträge beispielhaft das Spektrum der im Institut behandelten Themen.

#### **1. VHV-Bauschadenbericht Tiefbau 2022/23 »Sichere Infrastruktur«**

Der VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2022/23 ist der vierte Teil der Bauschadenreihe, die seit 2019 – im jährlichen Wechsel zwischen Hochbau- und Tiefbaubereich – erscheint. Dieses Buch ist der zweite Teil der Tiefbaureihe und befasst sich mit dem Thema »Sichere Infrastruktur«. Der Bericht basiert auf einer umfangreichen Datenauswertung zu Baumängeln und Bauschäden im Bereich Tiefbau und Inf-

rastruktur, die durch Beiträge verschiedener am Planungs- und Bauprozess beteiligter Akteure ergänzt werden – diesmal mit dem Fokus auf Sicherheit, Bauschadenprävention und Qualitätsverbesserung. Mit Blick in die Praxis zeigen die Ergebnisse, wo die Probleme bei Tiefbau- bzw. Infrastrukturarbeiten liegen und wo es gilt, Planungs- und Bauabläufe weiter zu optimieren. Die Schadendaten geben wichtige Hinweise darauf, wo Strukturen verbessert oder Prozesse neu gedacht werden sollten. Auch in diesem Bauschadenbericht werden wieder konkrete Hilfen bzw. Handlungsanweisungen aufgeführt, die nah am Puls der täglichen Baupraxis sind.

Aufgrund der breitgefächerten Schadenfälle aus sehr unterschiedlichen Bereichen können die den Schadenkosten wesentlich zugrunde liegenden Ursachen sowie die jeweils erfolgte Schadenbeseitigung beschrieben werden. Dabei wurde die in den vorherigen Berichten bewährte Struktur in Schadenquelle, -ursache, -behebung und -regulierung beibehalten. So ist es auch für Nicht-Bauexperten möglich, die Vorgänge nachzuvollziehen und zu verstehen. Die ergänzenden Hinweise zur möglichen Schadenvermeidung sollen dazu beitragen, zu erkennen, was in den jeweiligen Schadenfällen hätte besser gemacht werden können.

Neben diesem datenbasierten Blick in die Praxis werden durch Vertreter von Spitzenverbänden der Bauindustrie die aktuellen Herausforderungen der (Tief-)Baubranche thematisiert, die zum Beispiel einen Status der Bauqualität und der aktuellen Probleme widerspiegeln. Zur gegenwärtigen Rechtslage im (Tief-)Baurecht werden konkrete Forderungen und Lösungsansätze beschrieben, die hochaktuelle Problemfelder betreffen wie die Vergabepaxis oder Überbauung von Leitungen.

In weiteren Beiträgen von Verbänden, Unternehmen und vom niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung werden darüber hinaus neue Entwicklungen vorgestellt, wie durch verschiedene Maßnahmen Leitungsschäden vermieden werden können. Zu den weiteren Schwerpunkten des Berichts zählen Lösungen zum Thema sichere Infrastruktur, die Optimierung von Leitungsauskünften, die Verbesserung der Kommunikation sowie Strategien von Energieversorgern, um Strom-Blackouts zu verhindern. Im Abschnitt zum zukünftigen Planen und Bauen werden zukunftsweisende Entwicklungen wie neue Materialien, Stoffe und Verfahren, autonom fahrende Einschienenbahnen (Monocabs), Drohnen zur Überwachung von Leitungen und ein sensorüberwachter Tunnelbau vorgestellt.

## **2. Digitalisierung der Bauwirtschaft, Bericht 3: Der komplexe Weg der digitalen Transformation – Glossar**

Die Digitalisierung verändert die Bauwirtschaft und stellt sie zum Teil vor große Herausforderungen. Sie durchdringt die gesamte Organisation, sämtliche Bauphasen von der Planung bis zur Fertigstellung und den Gebäudelebenszyklus, der in zunehmendem Maße schon zu Beginn eines Bauvorhabens »mitgedacht« werden sollte. Diese Transformation zu beschreiben ist vielschichtig und komplex. Häufig werden wenige, aber immer wiederkehrende schlagkräftige Begriffe verwendet, die wesentliche Trends widerspiegeln, aber bei Weitem nicht die technologischen Neuerungen aufzeigen, mit denen sich die Unternehmen der Bauwirtschaft befassen. In diesem Glossar werden 99 Begrifflichkeiten in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt, die Wegweiser in diesem digitalen Kosmos sein können. Einige der genannten Begriffe werden beispielhaft zu Beginn thematisch zusammengefasst, um verschiedene Blickwinkel auf die digitale Transformation aufzuzeigen.

## **3. Mängel und Schäden an Photovoltaikanlagen – Studie zur Verbraucherinformation**

Lange Zeit galt Photovoltaik (PV) als eine der teuersten Arten Strom mithilfe erneuerbarer Energien zu erzeugen. Mittlerweile hat sich die Technik etabliert. So wurden in Deutschland im Jahr 2022 fast 11 Prozent des erzeugten Stroms durch PV-Anlagen erzeugt, was rund 4,5 Prozent der weltweiten Stromerzeugung entsprach. Mit der kontinuierlich ansteigenden Zahl der installierten Anlagen aufgrund der sinkenden Investitionskosten, der zur Verfügung stehenden Anlagenkomponenten und dem Wunsch der Verbraucher nach mehr (Strom-)Unabhängigkeit sind allerdings auch die Anzahl der Mängel und Schäden bei den PV-Anlagen angestiegen. In der Presse finden sich regelmäßig Berichte zu Brandereignissen an Modulen, Steckerverbindungen und in jüngster Zeit auch an Batteriespeichern sowie Beschädigungen durch Extremwetterereignisse wie Sturm oder Hagel. Inwieweit dies jedoch eine grundsätzliche Aussage über die Qualität von Planung, Ausführung und Material zulässt, ist in der Regel nicht abschätzbar.

Vor diesem Hintergrund wurde das IFB vom Bauherren-Schutzbund e.V. (BSB) beauftragt, die Anzahl, Art und Ursachen sowie die Hintergründe von Mängeln und Schäden zu analysieren und zur Information für Verbraucher aufzuarbeiten. Hierzu wurden Daten aus der langjährigen Praxiserfahrung des IFB, seiner Mitglieder und Netzwerkpartner herangezogen sowie die Ergebnisse einer entsprechenden Experten- und Nutzerumfrage des IFB. Zudem standen Daten von der VHV Allgemeine Versicherung zur Verfügung, die zu Schäden an PV-Anlagen erfasst und aufgrund einer entsprechenden Kennzeichnung herausgefiltert werden konnten.

Im Ergebnis sind bei den Mangel- und Schadensschwerpunkten Schadenarten hervorzuheben, die sich in den Bereichen Baukonstruktion, Wasser-/Feuchteschäden, Brandschäden und Schäden an technischen Anlagen befinden. Während die Fehler an der Konstruktion (im Wesentlichen am Dach) in der Mehrzahl zu Tragfähigkeits-, Befestigungs- oder Abdichtungsschäden führten, waren für Mängel und Schäden an den PV-Anlagen selbst hauptsächlich Abnutzung/Alterung, Blitzschlag, Überspannung, Sturm und Tierbisse ursächlich, gefolgt von Brand-/Hagelschäden bzw. Produkt- oder Ausführungsmängeln. Die Entstehung der Mängel und Schäden ist im »aktiven Bereich« eindeutig den Bereichen Planung, Produkt und Anlagenerrichtung zuzuordnen und dabei insbesondere der Nichtbeachtung bzw. Nichtumsetzung technischer oder rechtlicher Anforderungen. Im »passiven Bereich« sind Wetter- und Extremwetterereignisse als wesentliche Risiken zu nennen, wobei auch hier dem aktiven Handeln (Prävention, Absicherung, Wartung) zur Risikominderung eine zunehmende Relevanz zukommt. PV-Anlagen eignen sich gut als eine der technischen Möglichkeiten zur Nutzung alternativer Energiequellen, sofern die technischen und rechtlichen Anforderungen bei der Zielsetzung, Planung, Errichtung, Nutzung, Wartung und Kontrolle beachtet und umgesetzt werden. Wesentlich ist die Beauftragung gut ausgebildeter, erfahrener und zugelassener Experten bzw. Unternehmen sowie die Nutzung zugelassener und bewährter Produkte und Produktkomponenten. Die Mangel- und Schadenrisiken können zusätzlich durch die Einbindung von sachverständiger Begleitung und passenden Versicherungsprodukten minimiert werden.



### 7.3.2 Bauen in der Zukunft: Das D.O.M.E.-Projekt

Die Baubranche steckt in der Krise. In den vergangenen Jahren haben sich Rohstoffe und Materialien für den Bau, wie Holz, Stahl oder Beton, entweder durch Verknappung oder gestiegene Energiepreise enorm verteuert. Die Inflation leistet zusätzlich noch ihren Beitrag. Es braucht innovative Lösungen, um auch in Zukunft noch bezahlbar und nachhaltig bauen zu können.

Neben Preissteigerungen wird zukünftig auch immer mehr die Verfügbarkeit von Rohmaterial zur Herausforderung werden:



**Felix Daniel Klenner**

1. Holz: Der Verbrauch von Bauholz nimmt auch außerhalb der Baubranche zu (Stichwort Pelletheizung). Holz ist zwar ein nachwachsender Rohstoff, jedoch wird heute mehr Holz genutzt als global nachwächst, was zu Knappheit und weiteren Preissteigerungen führt.
2. Stahl: Als ein in der Herstellung enorm energieintensiver Werkstoff wird Stahl durch die steigenden Energiekosten immer teurer.
3. Sand: Jährlich werden allein in Deutschland 262 Millionen Tonnen Sand (vgl. Abb. 01) für Beton benötigt. Jedoch ist nicht jeder Sand zur Herstellung von Beton geeignet und große Mengen müssen importiert werden.<sup>1</sup> Geeignete Sandtypen werden immer rarer und werden teilweise im Raubbau unter Inkaufnahme enormer Schäden an der Umwelt gefördert und gehandelt

<sup>1</sup> Statista: Wert der deutschen Importe von natürlichen Sanden und Quarzsanden im Zeitraum 2010 bis 2022. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1321155/umfrage/deutscher-importwert-von-sand/> [abgerufen am: 24.11.2023]

Verbrauch Tonne/Jahr	Deutschland	global
Bauholz	>36,2 Mio. m <sup>3</sup> (2018) <sup>2</sup>	N.A.
Stahl	N.A.	N.A.
Zement	27,5 Mio. <sup>3</sup>	4,1 Mrd. (2022) <sup>4</sup>
Sand	262 Mio. <sup>5</sup>	46,2 Mrd. <sup>6</sup>

**Abb. 01:** Verbrauch wichtiger Baumaterialien im Vergleich [Grafik: D.O.M.E.-Projekt]

Die Verfügbarkeit von Baustoffen wirkt sich entsprechend negativ auf die Kosten aus. Plötzlich auftretende Schwankungen bei Verfügbarkeit und Kosten der Rohstoffe torpedieren die Planungssicherheit von Projekten und können zu Stornierungen führen. 2022 waren 16,7 Prozent der Unternehmen von Stornierungen betroffen.<sup>7</sup>

Gebäude sind über ihren gesamten Lebenszyklus gesehen für etwa 40 Prozent der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich.<sup>8</sup> Beispiel: In Deutschland wird allein bei der Herstellung von Baustoffen so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wie durch den durchschnittlichen jährlichen Flugverkehr hierzulande. Zudem entfallen mehr als 50 Prozent des Abfallaufkommens in Deutschland auf die Bau- und Abbruchbranche (vgl. Abb. 02).<sup>9</sup>

2 Kompetenz- und Informationszentrum Wald und Holz (KIWIH) bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Basisdaten Wald und Holz. 2019. [https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2019/Mediathek/Basisdaten\\_KIWIH\\_web\\_2te\\_Auflage\\_Okt\\_mio.pdf](https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2019/Mediathek/Basisdaten_KIWIH_web_2te_Auflage_Okt_mio.pdf) [abgerufen am: 24.11.2023]

3 BUND Berlin e.V.: Beton in Zahlen. <https://www.bund-berlin.de/service/meldungen/detail/news/beton-in-zahlen/> [abgerufen am: 24.11.2023]

4 Statista: Weltweite Produktion von Zement im Zeitraum von 1995 bis 2023. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1320914/umfrage/weltweite-produktion-von-zement/> [abgerufen am: 24.11.2023]

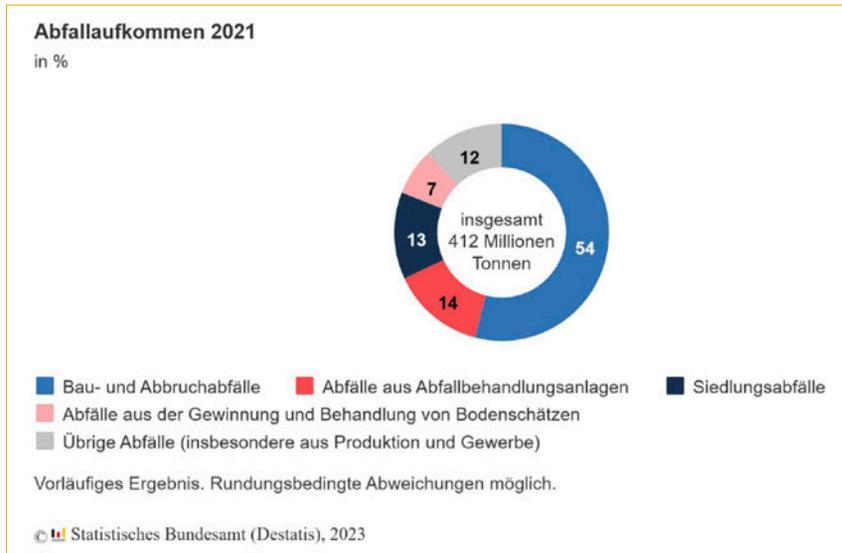
5 Statista: Jährlicher Bedarf an Bausand und -kies sowie Industriesand und -kies in Deutschland im Zeitraum 2006 bis 2022. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1319609/umfrage/bedarf-an-sand-und-kies-in-deutschland/> [abgerufen am: 24.11.2023]

6 Statista: Weltweite Produktion von Industriesand und -kies im Zeitraum von 2010 bis 2023. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1318479/umfrage/weltweiter-abbau-von-sand-und-kies/> [abgerufen am: 24.11.2023]

7 ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V.: Mehr Stornierungen im Wohnungsbau. <https://www.ifo.de/pressemitteilung/2023-04-20/mehr-stornierungen-im-wohnungsbau> [abgerufen am: 22.11.2023]

8 2021 Buildings-GSR – Executive Summary ENG.pdf. <https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/2021%20Buildings-GSR%20-%20Executive%20Summary%20ENG.pdf> [abgerufen am: 22.11.2023]

9 Statistisches Bundesamt: Abfallwirtschaft. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/_inhalt.html) [abgerufen am: 22.11.2023]



**Abb. 02:** Abfallaufkommen in Deutschland 2021 [Quelle: destatis.de]

Dies belastet nachhaltig die Umwelt, da trotz anlaufender Rückgewinnungsprojekte (sogenanntes Urban Mining, englisch für Bergbau im städtischen Bereich) ein großer Teil des Abfalls, wie Dämm- oder Verbundstoffe, als Sondermüll zurückbleiben.

### Notwendigkeit und Anforderungen an neue Baumaterialien

Zusammenfassend erfordern die Anforderungen unserer Zeit eine Baustoffalternative, die:

- die physikalischen Eigenschaften konventioneller Baustoffe erreicht oder übertrifft,
- günstig herstellbar ist,
- dauerhaft und möglichst global ohne größere Preisschwankungen verfügbar ist und
- im Sinne nachhaltigen Wirtschaftens, klima- und umweltfreundlich aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen und kreislauffähig ist.

### Lösung: Das D.O.M.E.-Projekt

Mit unserer Vision eines völlig neuartigen Baumaterials wollen wir all diese Herausforderungen gleichzeitig angehen. Die Technologie hinter der namensgebenden »Direkt Ossifizierte Mehrzweckeinheit« (D.O.M.E.), die wir entwickeln wollen, basiert auf der Idee, *in vitro*, sprich: im Labor generiertes Knochengewebe als Baumaterial zu nutzen. Das erlaubt, die physikalischen Materialeigenschaften von Knochen – wie geringes Gewicht, hohe Belastbarkeit bei gleichzeitiger Flexibilität – auch im Bauwesen zur Anwendung zu bringen.

Diese Zukunftsvision von Behausungen aus *in vitro* generiertem Knochengewebe, welche anfangs aus statischen Gründen kuppelförmig angelegt werden, vereint zahlreiche Vorteile:

- hergestellt aus natürlichem nachhaltigen Material ohne Eingriff in die Natur,
- harmonisch in die Natur integriert,
- maßgeschneidert, individualisiert und funktionsintegriert,
- schnell und emissionsarm vor Ort errichtet und
- zu 100 Prozent kreislauffähig.



**Abb. 03:** Darstellung einer möglichen Siedlung der Zukunft [Quelle: D.O.M.E.-Projekt]

### Inspiration aus der Natur

Mit dem D.O.M.E.-Projekt wollen wir zeigen, dass biotechnologisch hergestelltes Knochengewebe als alternatives Baumaterial etabliert werden kann, um daraus erschwinglichen Wohnraum herzustellen. Als Proof of Concept (PoC) planen wir zu Anfang, im Labormaßstab, eine Plattenstruktur in einer Petrischale zu erzeugen. Dafür werden Zellen künstlich animiert, Knochengewebe aufzubauen. Um die Technologie zu testen, planen wir im nächsten Forschungsabschnitt zunächst einen kuppelförmigen Prototyp im Maßstab 1:20, zu unserer angestrebten Struktur von 6,0 Metern Durchmesser zu erstellen.

Die Natur gibt eine große Bandbreite von Stützstrukturen vor, die auch direkt in der Bauindustrie Anwendung finden können. Im Tierreich ist Knochengewebe ein sehr erfolgreiches System. Im Pflanzenreich ist Holz als Stützstruktur entsprechend erfolgreich. Beide

Systeme haben enorme Strukturen hervorgebracht. Zum Beispiel gewaltige Sauropoden im Tierreich und Baumriesen wie den Mammutbaum. Zwar hat Holz die größeren Vertreter in seinen Reihen, doch hat es im Vergleich zu Knochen einige schwerwiegende Nachteile. Eine verholzte Struktur hat nur sehr beschränkte Möglichkeiten zur Heilung bei Schäden und es ist brennbar. Betrachtet man hingegen zum Beispiel das knöcherne Geweih von Elchen, so wächst dieses um etwa 2,5 Zentimeter pro Tag und gilt damit als eines der am schnellsten wachsenden Organe im Tierreich. Will man einen natürlich gewachsenen Stoff nutzen und als Baumaterial selbst produzieren, bietet es sich an, sich auf Knochengewebe zu konzentrieren.

Bei unserem durch die D.O.M.E.-Technologie hergestellten Material streben wir die physikalischen Eigenschaften des Schädeldachs an, da dieses aus einem Knochentyp entsteht, der ohne eine Knorpelvorstufe gebildet wird, also direkt ossifiziert. Jeden Moment unseres Lebens verlassen wir uns auf die Materialeigenschaften unseres Schädelknochens (vgl. Abb. 04).

	Holz	Beton	Stahl	Knochen (Schädel)	Knochen (Femur)
Zugfestigkeit [MPa]	60–150	~10 % der Druckfestigkeit	370 (Baustahl)	51,9	100
Druckfestigkeit [MPa]	24 (40–100)	20 bis >150	235	39,1	150
Biegefestigkeit [MPa]	80–150	1/5 bis 1/9 der Druckfestigkeit	<200	89,5	41,6–128,3 (Rind)
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	0,47–0,69	2,4	7,9	1,8	1,5

**Abb. 04:** Materialeigenschaften verschiedener Baumaterialien im Vergleich mit Knochen<sup>10</sup>  
[Grafik: D.O.M.E.-Projekt]

Die zellenbasierte biotechnologische Herstellung bedarf keiner zusätzlichen, komplexen Herstellungsverfahren, nur einer externen Nährstoffversorgung mit geeigneten Kulturmedien, die von der automatisierten Kulturkammer gesteuert wird.

Potenzielle Vorteile sind:

- Verzicht auf konventionelle und in ihrer Herstellung umwelt- und klimaschädliche Baustoffe,

<sup>10</sup> Farblegende: blau: Heinze GmbH | NL Berlin | BauNetz: Eigenschaften und Merkmale von Holz und Holzwerkstoffen. <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/werkstoff-holz/eigenschaften-und-merkmale-von-holz-und-holzwerkstoffen-6939299> [abgerufen am 21.08.2024] gelb: Roland Grimm: Grundstoffe des Bauens. Beton: Die wichtigsten Eigenschaften. <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/grundstoffe-des-bauens/beton-eigenschaften-druckfest-zugempfindlich/> [abgerufen am: 24.11.2023] rot: BUND Berlin e.V.: Beton in Zahlen. <https://www.bund-berlin.de/service/meldungen/detail/news/beton-in-zahlen/> [abgerufen am: 24.11.2023] grün: Angaben aus Korrespondenz mit Prof. Schänzlin, Leiter Institut für Holzbau, Hochschule Biberach

- relativ geringes Gewicht bei hoher Flexibilität,
- günstige Herstellung nach dem von uns angestrebten Verfahren,
- zu 100 Prozent biologische Abbaubarkeit,
- Erweiterbarkeit nach Belieben (in zweiter Iteration).

Potenzielle Nachteile:

- eventuell nicht perfekte Abbildung der Knocheneigenschaften und somit Qualitätseinbußen,
- notwendige Beschichtung gegen Umwelteinflüsse in gemäßigten Breiten,
- Wahrnehmung der hergestellten Knochen als Futterquelle durch Tiere.

### Stand der Technik

Die Kultivierung von Knochenzellen ist bereits etabliert. Jedoch wachsen diese Populationen ohne eine Stützstruktur in der Regel nicht über eine Einzelzellschicht bis wenige Zellschichten hinaus. Unter anderem ein – Kontakthinhibition genannter – Prozess hemmt die Zellteilung, sobald eine gewisse Dichte erreicht ist. Es ist daher nicht ohne Weiteres möglich, ein mehrschichtiges Gewebe in Kultur herzustellen. Zwar gibt es erfolgreiche Ansätze um komplexere Gewebe wie zum Beispiel Knochen mithilfe von mit Zellen besiedelten Stützstrukturen darzustellen<sup>11</sup>, um diese bei der Regeneration zu unterstützen, jedoch gibt es bislang noch keinen Ansatz ohne eine solche. Ein Ansatz ohne Stützstruktur wäre zum Beispiel ein Fluten der Kulturkammer mit vordifferenzierten Zellen aus einem Bioreaktor, ähnlich der In-vitro-Fleischherstellung<sup>12</sup>, was unseres Wissens mit dem momentanen Stand der Technik mit Knochenzellen jedoch noch nicht möglich ist. Wir machen uns unter anderem die Erfahrungen aus der *in-vitro*-Fleischproduktion zunutze und wenden diese bei der Gewinnung von In-vitro-Knochenmaterial<sup>13</sup> an.

### Forschungsaufgabe

Ein Hauptpunkt des Projekts ist die Herstellung eines freitragenden mehrschichtigen Gewebes in einer Kulturschale<sup>14</sup>. Dazu muss die Kontakthinhibition der Zellen gehemmt werden. Das ist zum Beispiel durch die Auswahl der Zelllinie möglich, mit der gearbeitet wird (zum Beispiel geeignete Tumorzellen). Des Weiteren ist die Entwicklung einer

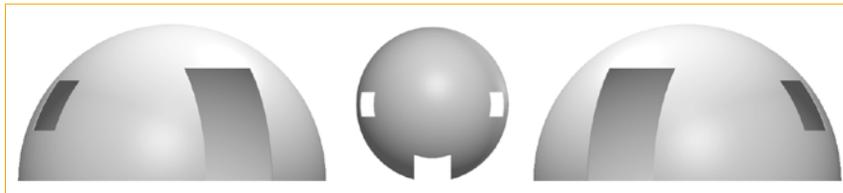
11 Battafarano, G.; Rossi, M.; De Martino, V.; Marampon, F.; Borro, L.; Secinaro, A.; Del Fattore, A. Strategies for Bone Regeneration: From Graft to Tissue Engineering. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22 (2021), Nr. 3, 1128. <https://doi.org/10.3390/ijms22031128> [abgerufen am: 05.03.2024]

12 Verbraucherzentrale NRW e.V.: Clean Meat – ist Laborfleisch die Zukunft? <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/lebensmittelproduktion/clean-meat-ist-laborfleisch-die-zukunft-65071> [abgerufen am: 22.11.2023]

13 Hanna et al., 2018: In vitro osteoblastic differentiation of mesenchymal cells generates cell layers with distinct properties. <https://stemcellres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13287-018-0942-x> [abgerufen am: 05.03.2024]

14 W.G. Schröder et. al., Biomechanik des Schädeldachs, Teil 3,4 und 6, Mschr. Unfallheilkunde 80, Springer Verlag, 1977. [https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/7790/03\\_3\\_Frakturen.pdf?sequence=4&isAllowed=y-](https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/7790/03_3_Frakturen.pdf?sequence=4&isAllowed=y-) [abgerufen am: 05.03.2024]

vollautomatischen Kulturkammer geplant, die die Zusammensetzung des Nährmediums steuert und eine optimale Versorgung der gesamten Zellpopulation gewährleistet. Die notwendigen hohen Zellzahlen planen wir unter Anwendung der Erkenntnisse aus der In-vitro-Fleischproduktion auf Knochenzellen zu erreichen. Eine Überprüfung der Materialeigenschaften wird zusammen mit der Hochschule Biberach stattfinden. Dabei wird das Material auf die gängigen Parameter getestet (wie etwa Biegesteifigkeit, Zugfestigkeit, thermische Isolation, Wasser- und Dampfdichtigkeit), die für eine Nutzung im Bau notwendig sind. In einer späteren Phase planen wir unter anderem, gewisse Teile des Nährmediums durch Bakterien herstellen zu lassen und diese den Zellen direkt zuzuführen. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, Grundbausteine für D.O.M.E. sogar aus Bioabfall darzustellen.



**Abb. 05:** D.O.M.E. als »Unterkunft« mit Draufsicht [Quelle: D.O.M.E.-Projekt]

### Chancen

Gelingt es uns, die physikalischen Eigenschaften von Knochengewebe als Baumaterial nutzbar zu machen, hat die D.O.M.E.-Technologie das Potenzial, konventionelle und in ihrer Herstellung umwelt- bzw. klimaschädliche Baustoffe zu ersetzen oder mittelfristig auf ein nachhaltiges Niveau zu entlasten und gleichzeitig erschwinglichen Wohnraum zu generieren. Mit der D.O.M.E.-Technologie vereinen wir nachhaltiges mit günstigem Bauen. Eine Eigenschaft, die weder Holz noch »grüner Beton« von sich behaupten kann. Die vollständig etablierte D.O.M.E.-Technologie wird vollkommen kreislauffähig sein und damit die Anforderungen eines nachhaltigen Wirtschaftens erfüllen. Durch die global verfügbaren Rohstoffe, die zur Herstellung benötigt werden, wie zum Beispiel Aminosäuren, Mineralien und Glukose, kann mit den D.O.M.E. global Wohnraum generiert und damit die Lebensqualität von Menschen weltweit erhöht werden. Eine Möglichkeit, die gemäß den nachhaltigen Entwicklungszielen der vereinten Nationen ganz dem Zeitgeist entspricht. Eine vollständig etablierte D.O.M.E.-Technologie könnte als Querschnittstechnologie zum Beispiel auch Plastik oder Fiberglas ersetzen. Eine weitere Nutzung wäre unter anderem auch in Exoskeletten, Fahrzeugteilen, Sonnensegeln oder Schwimmkörpern denkbar.

### **Alleinstellungsmerkmal**

Die Nutzung von in Zellkultur gewachsenem Knochen als Baumaterial wurde bisher noch nicht für Bauzwecke verwirklicht. Knochen ist ein Material, dessen Potenzial noch nicht ansatzweise erschlossen ist. Nicht mehr genutzte Strukturen können chemisch aufgebrochen und als Rohmaterial für zukünftige Strukturen verwendet werden, da die Zellen die Komplexität einbringen. Die finale Version der D.O.M.E.-Technologie, planen wir, durch ein gekoppeltes biotechnologisches Verfahren mit Nährstoffen zu versorgen, die aus Bioabfall gewonnen werden. Der Ansatz, Knochenzellen als Baumaterial zu nutzen, ist momentan weltweit einzigartig.

### **Risiken**

Der technische und finanzielle Aufwand zur Herstellung einer D.O.M.E. könnte so hoch sein, dass eine Nutzung zur Herstellung von Baumaterial nicht rentabel wäre oder zumindest das zukünftige Nutzungspotenzial als Wohnraum enorm geschmälert würde. Im Worst-Case-Szenario müsste die weitere Forschung eingestellt werden. Sollten Forschungsprobleme überwunden und eine knochenähnliche Substanz nach Plan hergestellt werden, könnten in Materialtests elementare Schwächen aufgezeigt werden, die eine Nutzung als Baumaterial ausschließen würden. Dazu zählen nicht nur statische Aspekte, sondern auch Einflüsse von Umweltbedingungen, die in Langzeitstudien getestet werden (zum Beispiel Luftfeuchtigkeit, saurer Regen, Wildverbiss). Die Notwendigkeit einer Armierung oder Behandlung (zum Beispiel Lackierung), wie bei anderen Baustoffen üblich, ist in der ersten Iteration des Projekts sehr wahrscheinlich.

### **Ausblick**

Der Proof of Concept (PoC), also die Überprüfung der Umsetzbarkeit, wird durch private Investoren erfolgen und den weiteren Weg zu einer ganzheitlichen Finanzierung über einen Validierungsauftrag durch die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIN-D)<sup>15</sup> ebnen. Im Zuge des Validierungsauftrags und einer langfristigen Zusammenarbeit mit der SPRIN-D wird die Ausgründung als *Applied Ossification* erfolgen. Langfristig wollen wir, neben dem Einfluss auf die Baubranche, mit der D.O.M.E.-Technologie unseren Beitrag in Krisenregionen der Welt in Zusammenarbeit mit dem Flüchtlingshilfswerk der Vereinten Nationen UNHCR leisten.

---

<sup>15</sup> SPRIND GmbH: Heimat für radikale Neudenker:inner. <https://www.sprind.org/de/> [abgerufen am: 22.11.2023]

### Zusammenfassung

Mit der D.O.M.E.-Technologie wollen wir der Krise in der Baubranche auf mehreren Ebenen entgegenwirken. Wir beabsichtigen, in Zellkultur Knochenmasse herzustellen, die direkt als Baumaterial genutzt werden kann. Dadurch wollen wir konventionelle und in ihrer Herstellung umwelt- und klimaschädliche Baumaterialien, wie Holz, Stahl oder Beton, ersetzen oder zumindest auf ein nachhaltiges Niveau entlasten. Wir wollen ein Material anbieten, das günstig herzustellen, überall verfügbar und kreislauffähig ist, dabei aber vergleichbare physikalische Eigenschaften wie konventionelle Baumaterialien aufweist. Trotz der wissenschaftlichen Fortschritte der vergangenen Jahre ist eine solche Technologie immer noch ein gutes Stück entfernt. Die Grundlagen, die molekular biologischen und gentechnischen Werkzeuge, sind jedoch bereits etabliert, das Ziel liegt also vor unseren Augen. Der Natur etwas abzuschauen ist jedoch extrem herausfordernd. Es wird noch Jahre dauern und einen enormen Forschungsaufwand erfordern, um diese Technologie zur Reife zu bringen. Dazu bedarf es nicht allein der Forscher und Ingenieure, die diese Projekte umsetzen. Ein großes Netzwerk an Experten unter anderem der Universität und Universitätsklinik Ulm, der Hochschule Biberach und dem Fraunhofer IWU Chemnitz sowie zahlreiche weitere Unterstützer werden beim Transfer von Biotechnologie in die Baubranche eng zusammenarbeiten müssen. Geplant ist zudem, eine Technologie zu etablieren, die es erlaubt, die Grundbausteine für D.O.M.E. günstig durch Bakterien herstellen zu lassen. Es bedarf ebenso des politischen Willens und der Bereitschaft wagemutiger Investoren, um die hohen Kosten zu tragen. Die Entwicklung einer solchen Technologie wäre jedoch ein globaler Gamechanger in der Baubranche und könnte dem Wirtschaftsstandort Deutschland nachhaltig Aufwind verleihen. Langfristig werden biologisch hergestellte Materialien nicht nur konventionelle Baumaterialien wie Holz, Stahl oder Beton ersetzen, sondern auch weitere umwelt- und klimaschädliche Materialien wie glasfaserverstärkte Kunststoffe oder Keramik. Die Grenzen der Anwendung setzt letztlich unsere Fantasie.

### Partner des D.O.M.E.-Projekts (Auswahl)

- Prof. Dr. Jan Tuckermann, Leiter Institut für Molekulare Endokrinologie, Universität Ulm (Zurverfügungstellung von Zellkultur- und Laborplatz),
- Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Schänzlin, Leiter Institut für Holzbau, Hochschule Biberach (Prüfung der für eine Zulassung notwendigen Materialeigenschaften),
- Prof. Dipl.-Ing. Markus Binder, Fakultät für Architektur und Gestaltung, Hochschule für Technik Stuttgart (Beratung),
- Prof. Dr. Fabricio Scarpa, Professor of Smart Materials & Structures, Department of Aeospace Engineering, University of Bristol (Beratung),
- Prof. Dr. Klaus-Michael Ahrend, Vorstand der HEAG Holding AG, Darmstadt,
- Christian Hannemann, Fraunhofer IWU, Chemnitz (Unterstützung von Design und Konstruktion der Kulturkammer),
- Heike Böhmer, Leiterin Institut für Bauforschung e.V. (IFB) (Beratung),
- Frank Ilg, PERI SE (Beratung).

Felix Daniel Klenner absolvierte ein Studium der Biologie in Freiburg i.Br. mit Schwerpunkt auf Entwicklungsbiologie der Tiere sowie Ausflügen in die Anatomie und organische- und bioorganische Chemie. Seine Diplomarbeit hat die Schwanzflossenregeneration beim Zebrafisch (*Danio rerio*) zum Thema. Seit 2015 forscht er als Doktorand in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Gilbert Weidinger zum Thema Wundsignale bei Regenerations- und Heilungsprozessen<sup>16</sup> sowie Einfluss des Glukosemetabolismus während der Schwanzflossenregeneration. Er absolvierte mehrere Forschungsaufenthalte am Karlsruhe Institute of Technology in der Arbeitsgruppe von Dr. Felix Loosli zur Schwanzflossenregeneration beim japanischen Reisfisch (Medaka *Orizas latipes*). Er präsentierte die Forschungsarbeit auf verschiedenen internationalen Konferenzen. Seit 2021 ist er Initiator und Projektleiter des Forschungsprojekts D.O.M.E., das 2024 an der Universität Ulm starten wird. Er arbeitet in Illertissen und Biberach und lebt mit seiner Familie bei Ulm.



<sup>16</sup> Owlarn et al., 2017: Generische Wundsignale initiieren die Regeneration in Kontexten mit fehlendem Gewebe. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29273738/> [abgerufen am: 05.03.2024]

### 7.3.3 Club der unsichtbaren Monumente – Sozialer Wohnungsbau in Hannover

Die Wohnungsmarktsituation in Deutschland ist angespannt und die Nachfrage nach gefördertem und bezahlbarem Wohnraum steigt stetig. Diese Defizite und der Anstieg der Mietpreise in urbanen Ballungsgebieten führen zu einer Gentrifizierung und Segregation der Stadt, was zu einer enormen Veränderung der Einwohnerstruktur führt. Damit dieser Verdrängungsprozess nicht weiter stattfinden kann, müssen neue Wege geschaffen werden. Das Pilotprojekt »Club der unsichtbaren Monumente« kartiert beispielhaft neue Nachverdichtungspotenziale, um mit Transformation und Neuinterpretation von bisher nicht wahrgenommenen und andersartigen Flächen in Hannover einen Beitrag zu einer sozialen und gemeinwohlorientierten Antwort auf die Wohnungsfrage zu finden.



Anna Pape

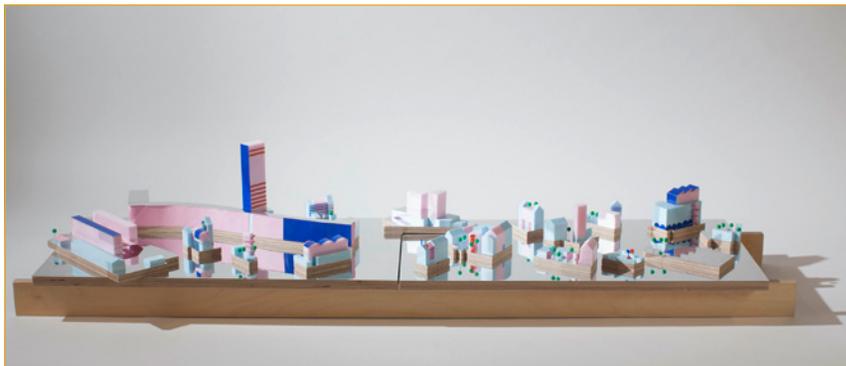


Abb. 01: Modellfoto [Foto: Anna Pape]

*»Modern, flexibel, urban: Lebensgefühl auf höchstem Niveau, das exklusive Wohnprojekt direkt am Ufer, eine neue Form der Erhabenheit, ein Wohndiyll für Menschen mit hohen Ansprüchen an Lage, Architektur und entspannten Lifestyle, exklusive Wohnungen, Prestige ohne Kompromisse.«<sup>1,2</sup>*

1 Wohnprojekte in Hannover: <https://www.charlottes-garten-wohnen.de> [abgerufen am: 05.02.24]

2 Wohnprojekte in Hannover: <https://www.wasserstadt-limmer.de> [abgerufen am: 05.02.24]

Mehr und mehr tauchen derartige Werbeanzeigen im Wohnungsmarkt von Städten auf. Man fragt sich, ob das die Lösung der Wohnungsfrage ist. Nein, denn Wohnen wird immer teurer und vor allem in beliebten Vierteln zum Luxusgut. Wer darf in der Stadt wohnen und wer nicht? Die Finanzialisierung fördert sozialräumliche Polarisierung und Ausgrenzung und erschwert die Durchsetzung von Wohnen als soziales Grundbedürfnis massiv. Dieses ist seit 1966 im Sozialpakt als Grundrecht festgeschrieben.<sup>3</sup> Von der Frage, wie und wo wir wohnen, hängt viel ab und sie spielt eine große Rolle für unser gesellschaftliches Zusammenleben. Faktoren wie Mietpreise oder die Qualität des Wohnraums bestimmen das individuelle Umfeld und können sogar zur Sozial- und Armutsprävention beitragen.<sup>4</sup> Was bedeutet das Wort sozial und inwiefern ist sozialer Wohnungsbau überhaupt sozial? Kann ein gemeinwohlorientierter Umgang mit Wohnraum sogar den sozialen Zusammenhalt fördern?

Das anhaltende Wachstum in vielen Städten Deutschlands stellt die Stadtentwicklung und den Wohnungsbau vor immer größere Herausforderungen. Nach vielen Nachverdichtungen gehen jedoch die innerstädtischen Flächenpotenziale zur Neige. In der Folge verschärfen sich angesichts angespannter Märkte die Nutzungskonkurrenzen und die stadtentwicklungspolitischen Zielkonflikte in den Städten. Die Widersprüche zwischen den Erfordernissen der Stadtentwicklung auf der einen und den begrenzten Reaktionsmöglichkeiten auf der anderen Seite werfen die dringende Notwendigkeit auf, sich eingehend mit den Erfolgsfaktoren zukunftsweisender Stadtentwicklungs- und Wohnungsbaustrategien in den Städten zu befassen. In diesem Zusammenhang stellen sich wohnungs- und bodenpolitische Fragen. Das Thema Wohnen polarisiert und nimmt eine breitere Stellung auch in den politischen Entwicklungs- und Handlungsdiskursen ein. Auf dem Wohngipfel 2018 beschlossen Bund, Länder und Kommunen für den Zeitraum von 2018 bis 2021 eine soziale Förderung von 5 Milliarden Euro – damit sollten 100.000 zusätzliche Sozialwohnungen geschaffen werden.<sup>5</sup> Dem gegenüber fielen jedoch 45.000 Wohnungen jährlich aus der Belegungsbindung. Zudem fehlen Instrumente für eine Überprüfung auf den Anspruch auf eine geförderte Wohnung.<sup>6</sup> Dem Plus von 100.000 Wohnungen stand im Förderzeitraum ein Minus von 135.000 Wohnungen gegenüber. Die Gesamtanzahl der geförderten Wohnungen nimmt also entgegen der gesteigerten Bedarfe und entgegen dem Anwachsen der Bevölkerung sukzessiv ab. Im neuen Koalitionsvertrag wurde ein ähnlicher Ansatz festgelegt: 400.000 Wohnungen

3 Kleefisch, U.; Köddermann, P.; Jung, K. (Hrsg.): Alle wollen wohnen. Gerecht – sozial – bezahlbar. Köln: Jovis, 2017

4 Swietlik, I. (Hrsg.): Wohnen geht uns alle an, Armut bekämpfen mit kluger Wohnpolitik. Luzern: Caritas Schweiz, 2014 (Mediendienst, 1)

5 Verbändebündnis Soziales Wohnen (Hrsg.); Eduard Pestel Institut e.V. (Matthias Günther): Kurzstudie Bezahlbarer Wohnraum 2021. Herausforderungen – Belastungen – Notwendigkeiten – Potenziale. Berlin: Selbstverlag, 2021

6 Verbändebündnis Soziales Wohnen (Hrsg.); Eduard Pestel Institut e.V. (Matthias Günther): Kurzstudie Leitfaden für soziales und bezahlbares Wohnen in Deutschland. Berlin: Selbstverlag, 2019

jährlich, davon 100.000 geförderter Wohnungsbau.<sup>7</sup> Erneut die Versprechung von wieder 100.000 neuen Wohnungen – ohne Berücksichtigung des Kontexts, der Fragestellungen und Problematiken dahinter.

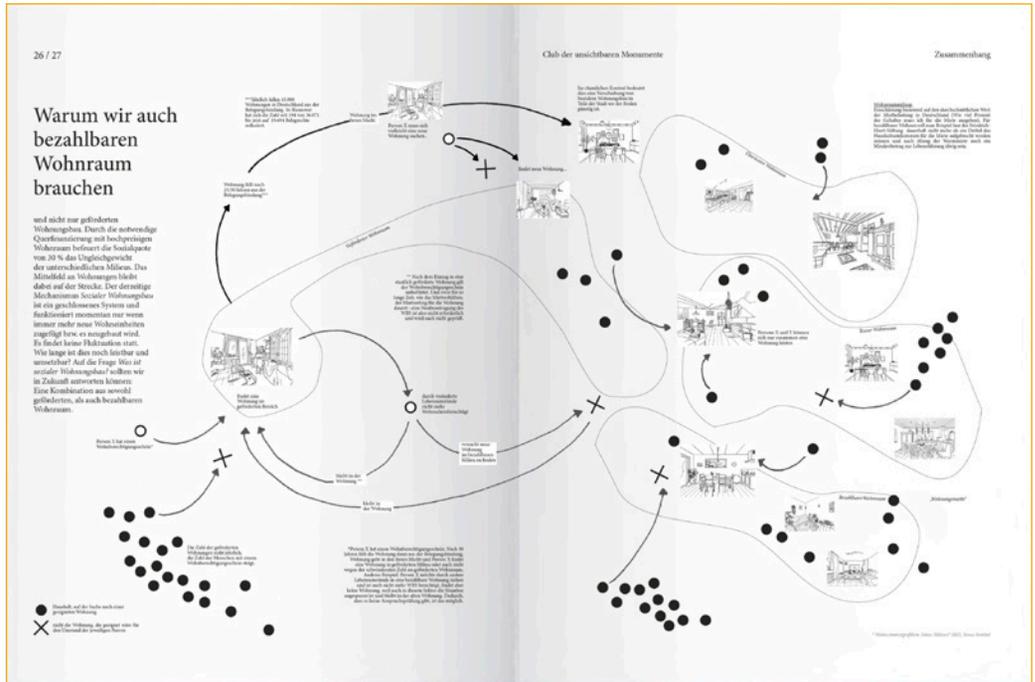


Abb. 02: Zusammenhänge verstehen: Warum wir zusätzlich zu gefördertem auch bezahlbaren Wohnraum brauchen [Grafik: Anna Pape]

Dieser Druck macht eine Tatsache sehr deutlich: Wir brauchen nicht nur geförderten Wohnungsbau, sondern auch bezahlbaren. Durch die notwendige Querfinanzierung mit hochpreisigem Wohnraum befeuert die Sozialquote von 30 Prozent das Ungleichgewicht der unterschiedlichen Milieus. Das Mittelfeld an Wohnungen bleibt dabei auf der Strecke. Der derzeitige Mechanismus von sozialem Wohnungsbau ist ein geschlossenes System und funktioniert nur, wenn immer neue Wohneinheiten hinzugefügt bzw. neugebaut werden, um den jährlich aus dem sozialen Wohnungsbau herausfallenden Wohnungen etwas entgegengesetzt. Ziel sollte es daher auch sein, Lösungen zur Stabilisierung der Belegungsbindungen zu finden. Die Verstetigung ist besonders wichtig, um der fortschreitenden Segregation entgegenzuwirken. Durch den Mangel an bezahlbarem Wohnraum ist es nicht

7 Sozialdemokratische Partei Deutschlands (SPD); Bündnis 90/Die Grünen; Freie Demokratische Partei (FDP); (Hrsg.): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021-2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), Bündnis 90/Die Grünen und den Freien Demokraten (FDP). Berlin, 2021

möglich, bei einer Verbesserung der Lebenssituation aus der geförderten Wohnung auszuweichen. Es findet also keine Fluktuation statt. Sozialer Wohnungsbau muss als eine Kombination aus gefördertem und bezahlbarem Wohnungsbau definiert werden, da diese beiden Milieus nicht getrennt voneinander betrachtet werden können.

Auch in Hannover ist die Situation angespannt. Seit 1875 Großstadt, belegt die Landeshauptstadt mit 552.710 Einwohnern Platz 13 bei den bevölkerungsreichsten Städten in Deutschland – Tendenz steigend. Zusammen mit der immer höheren Zahl der Quadratmeter pro Kopf und steigenden Bodenpreisen führt dies zu einem spürbaren Mangel an Wohnraum.<sup>8</sup> Darüber hinaus werden Angebotsmieten immer teurer. Im Innenstadtbereich war dies schon immer der Fall, aber in den letzten Jahren stiegen die Mieten auch an den Rändern der Stadt. Die Spanne der pro Quadratmeter angebotenen Mieten wird, egal in welchem Stadtteil, immer geringer.<sup>9,10</sup> Durch immer mehr entfallende Belegungsbindungen von gefördertem Wohnungsbau führt dies auch in Hannover zu Gentrifizierung und Segregation. Besonders beliebte Stadtteile wie Linden, die Nordstadt, die List usw. sind betroffen. Einkommensschwächere Personen können sich ihre Nachbarschaft nicht mehr leisten und werden in äußere oder weniger beliebte Stadtteile verdrängt.<sup>11</sup> Sowohl in gentrifizierten als auch anderen Stadtteilen führt dies zu homogenen Einwohnerstrukturen oder Enklavenbildung und keinesfalls zu einer sozial durchmischten Stadt. Im Zeitraum von 2016 bis 2025 fehlen Berechnungen zufolge 28.300 zusätzliche Wohnungen. Mit der Verlängerung der Wohnungsbauoffensive von 2016 wollte die Stadt Hannover in den Jahren 2021 und 2022 ca. 1.300 Wohneinheiten fertigstellen – mit einer Sozialquote von 30 Prozent für einen geförderten Wohnungsbau.<sup>12</sup> Seit 2016 entstanden im Neubau insgesamt 505 geförderte Wohnungen, davon waren 290 Wohneinheiten mit städtischen Belegrechten. Darüber hinaus versuchte die Stadt, die Privatisierung von Wohnflächen durch den Rückkauf von Belegungsrechten mit Fördermitteln zu kompensieren. Durch finanzielle Anreize sollte der Neubau von Sozialwohnungen gefördert werden. Das im Mai 2021 vom Bund verabschiedete Baulandmobilisierungsgesetz könnte auch für die politische Handlungsebene in Hannover eine wichtige Rolle spielen.

8 Grundstückspreise Hannover <https://groundheroes.de/grundstueckspreise-hannover/> [abgerufen am: 26.02.24]

9 Landeshauptstadt Hannover (Hrsg.): Wohnungsmarktbeobachtung in der Landeshauptstadt Hannover 2019. Hannover: Selbstverlag, 2020 (Schriften zur Stadtentwicklung, 137)

10 Landeshauptstadt Hannover (Hrsg.): Wohnungsmarktbeobachtung in den Stadtteilen der Landeshauptstadt Hannover 2020. Hannover: Selbstverlag, 2021 (Schriften zur Stadtentwicklung, 138)

11 Landeshauptstadt Hannover (Hrsg.): Beschluss NR. 2152/2020, <https://e-government.hannover-stadt.de/lhshimwebre.nsf/DS/2152-2020>

12 Hannoversche Allgemeine Zeitung, 15.4.2022: Hannover vermietet. Wie wohnt Hannover?

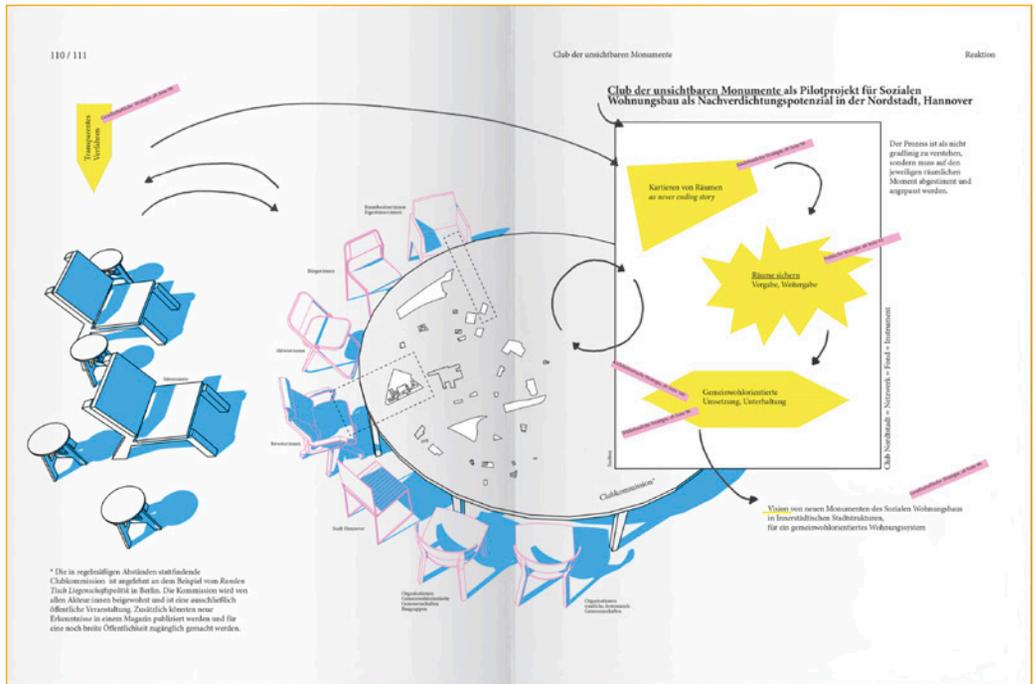


Abb. 03: Arbeitsebenen des »Clubs der unsichtbaren Monumente« [Grafik: Anna Pape]

**Club der unsichtbaren Monumente**

Wie zuvor beschrieben, gibt es viele gute Lösungsansätze, die sich positiv auf den Wohnungsmarkt auswirken. Beunruhigend ist, dass sich diese nicht damit beschäftigen, wie die soziale Ebene auch in den verdichteten Quartieren wieder einbezogen werden kann. An dieser Stelle setzt das Pilotprojekt »Club der unsichtbaren Monumente« an. Das Netzwerk hat das übergeordnete Ziel, in schon stark verdichteten und gentrifizierten Stadtteilen sozialen Wohnungsbau zu gewährleisten. Sozialer und gemeinwohlorientierter Wohnraum ist ein Monument unserer Zeit. Dieses Monument, das unscheinbar zu einer belebten und heterogenen Nachbarschaft führt, sollte nicht an den Stadtrand abgeschoben werden oder ein Ablaufdatum haben, sondern weiterhin in der gesellschaftlichen Mitte bestehen. Basierend auf der Neudefinition von sozialem Wohnungsbau und den strukturellen Problemen, die dieser Thematik gegenüberstehen, lassen sich verschiedene Strategien ableiten. Kleine, andersartige Flächen werden als Räume verstanden und vor profitorientiertem Verkauf bewahrt, um kommunale oder gemeinwohlorientierte Vergabesysteme zu entwickeln. Dafür schlägt das Projekt Strategien auf politischer, städtebaulicher und architektonischer Ebene vor, die den Arbeitsebenen des Netzwerks zugeordnet werden und in Rücksprache mit diversen Akteuren opera-

tionalisiert werden können. Hannover als Kulisse und die Nordstadt als Handlungsfeld sind hier als Pilotprojekt zu verstehen. Dabei wird im lokalen Kontext experimentiert, erforscht und entwickelt.

Warum die Nordstadt? Die Nordstadt gehört aufgrund der Nähe zur Innenstadt, zum Georgengarten und dem breiten Angebot an Cafés, Kneipen, Kiosken und kleinen Geschäften zu den sehr beliebten Stadtteilen. Immer mehr der anfangs vorgestellten Werbeanzeigen mit dem Slogan »Wohnen auf höchstem Niveau« werden für Wohnungen in der Nordstadt geschaltet. Die Mieten sind stark gestiegen. Durch Plakataktionen, der Verleihung des »Goldenen Miethais« oder öffentlichen Kundgebungen von nachbarschaftlichen Akteuren und Aktivisten ist der Mangel an geförderten und bezahlbaren Wohnraum also keine subjektive Wahrnehmung, sondern wird von vielen Nordstädtern so registriert. Flächen wurden in den letzten Jahren hochpreisig an private Investoren verkauft und gemeinwohlorientierte Organisationen komplett vom Markt ausgeschlossen. Im Gesamtzusammenhang aller Stadtteile Hannovers stellt die Nordstadt keinen Extremwert dar und ist in allen analysierten Aspekten im Mittelfeld. Zusammen mit der Tatsache, dass das Stadtteilgefüge relativ heterogen und auf den ersten Blick schon stark verdichtet ist, wird die Beschäftigung mit informellen und formellen Strukturen umso spannender. Analytische Ebenen und Erkenntnisse lassen sich demnach gut auch auf ähnliche Stadtteile beziehen und anwenden. Mit dem »Club der unsichtbaren Monumente« bekommt der Stadtteil eine neue Ebene, die bewusst mit den schon vorhandenen Strukturen arbeitet und Wohnraum diskutiert, sichert und schafft.

Mit der Wohnungsbauoffensive und anderen lokalen und bundesweiten Lösungsansätzen gehen die Wohnungsmarktentwicklungen in Hannover in die richtige Richtung. Beunruhigend ist, dass sich diese nicht damit beschäftigen, wie die soziale Ebene auch in den verdichteten Quartieren wieder einbezogen werden kann. Durch verschiedene Spaziergänge wurde die Nachbarschaft sondiert und neue Betrachtungsebenen entdeckt. Aus einer Fläche wird ein Raum. Aus räumlichen Momenten, die noch nicht im planerischen Betrachtungsfeld sind, werden Potenziale. Mit dem Kartieren dieser Räume rücken diese in einen möglichen Fokus und werden als Potenziale erkennbar. Also Räume, wie Nischen, Lücken, Brachen, im Bestand, auf dem Dach, groß, klein oder mittel, werden in einer Art Never-ending-Katalog zusammengefasst, um damit arbeiten zu können. Dieser Katalog ist aber keinesfalls als fertiges Produkt zu bewerten, vielmehr als ein Anfang.

Im zweiten Schritt geht es darum, die kartierten Räume zu sichern und in einem gemeinwohlorientierten Vergabesystem zu erwerben, zu vergeben bzw. diese nur unter bestimmten Auflagen zu verkaufen. Um Räume zu sichern, können kreative Ansätze einer sozialen Wohnungsbaupolitik mit ins Spiel kommen, mithilfe derer die Stadt den jetzigen Eigentümern einen Mehrwert anbietet, um mithilfe eines Runden Tisches und des Netzwerks in Zusammenarbeit mit der ganzen Nachbarschaft Räume zu entwickeln.

Diese sollten nicht mehr nur auf die Fläche bezogen und sektoral entwickelt werden. Es geht um die Frage, mit welchen neuen Mechanismen schon privatisierte Flächen für den gemeinwohlorientierten Sektor zu gewinnen sind. Ferner geht es darum, wie der Fokus sowohl auf dem Neubau als auch auf dem Zurückgewinnen oder Erhalten von Wohnungen mit Belegbindungen liegen kann. Ebenso soll die Frage beantwortet werden, welche neuen Förderungskonzepte einen neuen sozialen Wohnungsbau definieren und was passiert, wenn die vorhandenen Regularien nicht eingehalten werden. Bezüglich der Räume, die noch nicht dem Spekulationsmarkt entzogen sind, steht die Frage im Raum, welche Mechanismen es geben kann, um private Investoren oder Eigentümer von Grundstücken dazu zu bewegen, dem »Club der unsichtbaren Monumente« beizutreten und die Grundstücke nicht hochpreisig zu verkaufen oder zu entwickeln. Da der Club mit den unterschiedlichen Räumen und deren unterschiedlichen Besitzverhältnissen umgehen muss, sollten Vergabe und Weitergabe ähnlich flexibel ausgelegt sein. Diese Vielseitigkeit wird im Club, im Netzwerk und im Fond zusammengefasst und damit für alle Akteure als Planungsinstrument auf lokaler Ebene nutzbar. Wenn eine neue Fläche in den Fond eingebracht wird, bleibt diese im Besitz des Eigentümers, ist aber geschützt durch die Auflagen und zum Beispiel durch die Wohnbauförderung unterstützt. In der Kommission wird dann versucht, eine gemeinsame nachbarschaftliche Ebene zu finden.

Der dritte Schritt bezieht sich auf architektonische Strategien, um die Räume als Wohnraum nutzbar zu machen, oder – falls diese nicht dafür geeignet sind – in andere gemeinwohlorientierte und soziale Infrastrukturen. Sozialer Wohnungsbau wird aufgrund der vielen Richtlinien oft im größeren Maßstab gedacht, um effizient zu bleiben. Aber was passiert, wenn andere Anreize für Eigentümer oder Genossenschaften geschaffen werden, um sozialen Wohnungsbau auch im kleinen Maßstab zu denken und diesen »minimalinvasiv« in schon sehr gentrifizierte Stadtteile unterzumischen? Es bietet sich an, kleinteiliger nachzuentwickeln, um einen stärkeren Bezug zur Nachbarschaft zu erzeugen und bis hin zur Architektur dem Verdrängungsprozess im kleinsten Maßstab mit gemischten Wohnformen entgegenzuwirken. Die Planung ist dadurch schwieriger, aber auch flexibler und anpassbarer an sich ändernde Bedarfe an Wohnungen und andere Formen des Zusammenkommens.

Sozialer Wohnungsbau hat auch immer mit kostengünstigem Bauen zu tun. Dafür müssen neue architektonische Strategien wie Normen hinterfragt und flexibler Raum und Grundrisse geplant werden. Ebenso sind ein hoher Vorfertigungsgrad und das Einsetzen von günstigen Materialien notwendig. Um Annäherungen an architektonische Projekte zu generieren, adaptiert der Club das Prinzip der Pattern Language von Christopher Alexander.<sup>13</sup> Ein Muster aus unterschiedlichen Maßstäben, zeitlichen Dimensionen und

---

13 Alexander, C.; Ishikawa, S.; Silverstein, M. (Hrsg.): A Pattern Language. Towns – Buildings – Construction. New York: Oxford University Press, 1977

anderen diversen Konstellationen bietet verschiedene räumliche Momente. Die Muster als Entwurfshilfen nähern sich einem Projekt in einem bestimmten räumlichen Kontext und aus einem für den Kontext sinnvollen Maßstab an und sind als Gedankenexperimente zu verstehen. Die beispielhaften, aus der Kartierung ausgewählten Räume sollen in den jeweiligen Szenarien einen Gesamteindruck der Möglichkeiten in der Nordstadt aufzeigen und demonstrieren, wie die Nordstadt als Good-Practice-Beispiel Vorbild sein könnte.

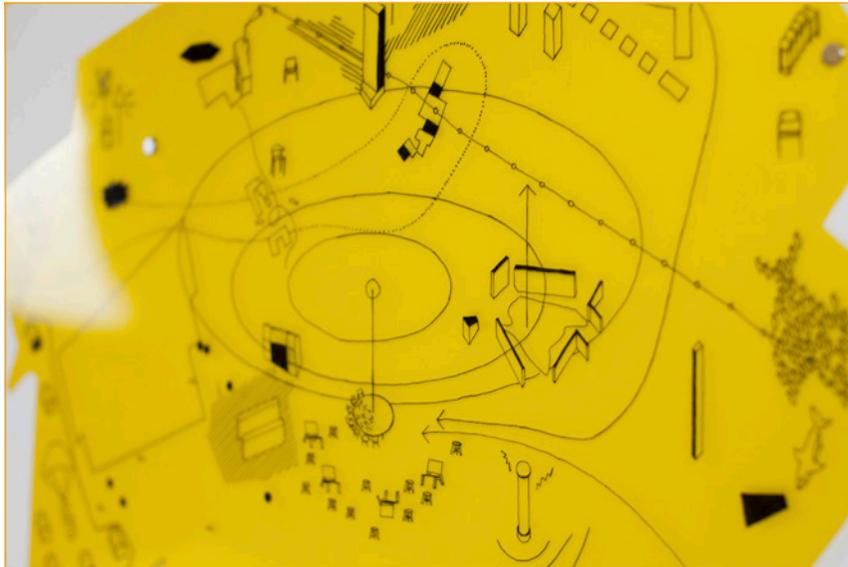


**Abb. 04:** Räumliche Studie: »Housing in between« [Quelle: Anna Pape]

Die Vision ist es

- Wohnen als soziales Gefüge zu verstehen,
- mit einem gemeinwohlorientierten Wohnungssystem vielseitige und heterogene Nachbarschaften zu sichern,
- ein Netzwerk zu schaffen,
- Räume vor dem profitorientierten Verkauf zu bewahren und dem Spekulationsmarkt zu entziehen,

- bewusste Nachverdichtung gegen Gentrifizierung und Segregation der Stadt zu initiieren,
- sozialen Wohnungsbau und soziale Infrastrukturen als notwendige Synergie zu verstehen,
- Transformation und Neuinterpretation von andersartigen Flächen als Teil der Lösung zu suchen und
- ein soziales Stadtinstrument für lokale Akteure zu schaffen, um alle Ebenen des Zusammenlebens zu verknüpfen. Denn: Wohnen und Zuhause enden nicht an der Haustür.



**Abb. 05:** Vision Club der unsichtbaren Monumente [Quelle: Anna Pape]

Anna Pape hat Architektur und Städtebau an der Leibniz Universität Hannover und der KU Leuven in Brüssel studiert. Während des Studiums arbeitete sie als studentische und wissenschaftliche Hilfskraft und Tutorin am Lehrstuhl für Regionales Bauen und Siedlungsplanung und als Werkstudentin in diversen Büros in Hannover und Berlin. Sie veröffentlichte zudem eigene Design-and-build-Projekte im Bereich soziale und gemeinwohlorientierte Stadt und war beteiligt an Ausstellungen in der Eisfabrik und des Musikfestivals mUSE in Hannover. Seit 2021 ist sie freiberuflich im Bereich Architektur, Städtebau, Raumgestaltung, Grafik und Kunst tätig. Aktuell arbeitet sie bei raumlabor Berlin und forscht an dem EU-Projekt »CiD, circular design« für die interdisziplinäre Entwicklung nachhaltiger Ideen für das Berufsfeld Architektur.

### 7.3.4 Energy LIVE – Labor für innovative Verfahrens- und Energietechnik



Dipl.-Ing. Sven Frederic Andres



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Lüdersen

Die Energiewende setzt einen starken Fokus auf die energetische Versorgung von Gebäuden und industriellen Prozessen, deren energetische Versorgung immer komplexer wird. Die vielfältigen Anforderungen, die an heutige Gebäude gestellt werden, sind mit denen von vor wenigen Jahren nicht vergleichbar. Neben dem gewohnten Strombedarf für Licht und strombetriebene Geräte und der Bereitstellung von Trink- und Heizwarmwasser wird zunehmend Energie für die Mobilität benötigt. Außerdem steigt der Anspruch, sich von den bisherigen Lieferabhängigkeiten durch einen gewissen Grad der Autarkie, also der Eigenversorgung mit Energie, unabhängiger zu machen. Damit werden Gebäude immer mehr zu Energielieferanten durch die Nutzung und den Einsatz regenerativer Energien bzw. die Abgabe des Energieüberschusses. Der Einzug neuer Energieträger wie beispielsweise Wasserstoff sorgt zusätzlich für eine Steigerung der Komplexität. Die Eigenversorgung von Energie steht auch bei industriellen Prozessen immer mehr im Vordergrund. Zusätzlich stellt die Entscheidung der Bundesregierung, den Einsatz von fossilen Energieträgern deutlich zu reduzieren neue, Herausforderungen an industrielle Prozesse, die bisher aufgrund der Prozessgestaltung auf Energieträger wie Gas und Öl angewiesen sind.

Die bisherigen und zukünftigen unterschiedlichen Technologien der Energiewandlung und Energiespeicherung sind im Energy LIVE – Labor für innovative Verfahrens- und Energietechnik aufgebaut. In diesem neuen Energielabor des Forschungszentrums Energie – Mobilität – Prozesse können Versorgungsszenarien durch die variantenreiche Vielfalt der Verschaltungen und die Möglichkeit des Austausches von Komponenten live simuliert und getestet sowie neue Komponenten von Herstellern zu Testzwecken integriert werden.

Politisch beschlossene Ziele für den Klimaschutz und die Erreichung einer CO<sub>2</sub>-Neutralität verstärken nicht nur die Anforderungen an Gebäude, Gebäudetechnik, Prozessgestaltung und -versorgung, sondern beschleunigen auch die jeweiligen Aktivitäten zur

Erreichung dieser Ziele. Das führt dazu, dass Fragen insbesondere zu neuen Technologien und der Kombination verschiedenster Anlagen zunehmend dringlich und schnell beantwortet werden müssen. Bestehende Forschungs-, Entwicklungs- und Testinfrastrukturen beziehen sich in der Regel allerdings auf Einzel- oder Teillösungen mit einer abgegrenzten Anzahl an Technologien. Damit unterscheidet sich Energy LIVE von den meisten bestehenden Laboren, da nicht nur Einzelkomponenten oder Teilsysteme untersucht werden können. Energy LIVE bietet die Möglichkeit, sowohl einzelne Komponenten und Teilsysteme als auch Gesamtsysteme und Insellösungen abzubilden und zu optimieren.

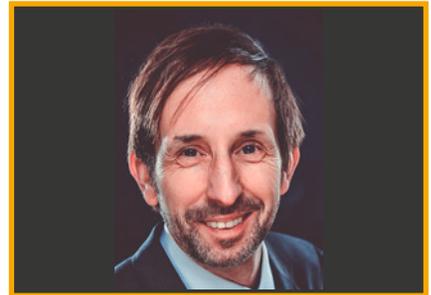
### Die Idee

Das Forschungszentrum Energie – Mobilität – Prozesse (FZ EMP) der Hochschule Hannover bündelt seit Anfang 2023 die Forschungsaktivitäten des Instituts für Konstruktionselemente, Mechatronik und Elektromobilität und des Instituts für Verfahrenstechnik, Energietechnik und Klimaschutz. Die beiden Institute sind als Abteilungen im FZ EMP aufgegangen.

Doch auch vorher kooperierten beide Institute eng und brachten eine Vielzahl an Professorinnen und Professoren in die gemeinsamen Aktivitäten ein. In diversen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden energetische Systeme für die verschiedensten Gebäudetypen kombiniert, allerdings in der Regel mit dem Fokus auf ein, zwei oder drei Technologien. Die zunehmende Komplexität der energetischen Versorgung von Gebäuden mit all ihren Ansprüchen und Erfordernissen macht das Zusammenwirken von immer mehr Technologien notwendig.

Daher lag es auf der Hand, ein Labor aufzubauen, um – mehr oder weniger – beliebig alle Technologien kombinieren zu können.

Für eine größtmögliche Flexibilität bei der Ausgestaltung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurde gleichzeitig von Beginn der Planungen an darauf geachtet, dass alle Komponenten und Technologien auch einzeln betrachtet werden können. Neben der Entwicklung und Bewertung von Anlagensystemen gestattet die neu geschaffene Forschungsinfrastruktur somit auch das Testen und Entwickeln einzelner Komponenten.



Prof. Dr.-Ing. Lutz Meyer



Dr. Johannes Robert

### **Energy LIVE – Labor für innovative Verfahrens- und Energietechnik**

Das Energielabor enthält alle Technologien, um ein Gebäude und zum Teil auch Prozesse energetisch zu versorgen. Es unterteilt sich in einen Energiecontainer, der sich vornehmlich mit wasserbasierenden Prozessen beschäftigt, und den Wasserstoffturm, in dem sich mit neuen Energieträgerstoffen, wie zum Beispiel Wasserstoff inklusive Erzeugung und Verbrauch, beschäftigt wird. Beide Gebäudekomplexe bzw. die darin enthaltenen Technologien sind miteinander koppelbar. Weiterhin sind auf dem Wasserstoffturmgebäude eine nachführbare Photovoltaikanlage und eine Parabolspiegel-Solarthermieanlage sowie eine Windkraftanlage installiert.

#### **Energiecontainer**

Der Energiecontainer mit einer Länge von 6,1 Metern, einer Breite von 2,98 Metern und einer Höhe von 2,99 Metern umfasst einen Solarenergie-Wärmepumpenspeicher-Teststand, mit dem entsprechende Abbildungen von Gebäudelastfällen nachgestellt werden können.

Abgesehen von den Solaranlagen sind alle Komponenten in dem einen Laborcontainer untergebracht, der zu Energy LIVE gehört. Mithilfe des Teststands und seinen anlagentechnischen Komponenten können verschiedene Betriebsfälle zur Wärme- und Kälteversorgung durchlaufen und durch die installierten Messgeräte das Betriebsverhalten ermittelt und analysiert werden.

Die Nutzung der Sonnenenergie ist zeitlich und örtlich begrenzt. Je nach Tages- und Jahreszeit und den verschiedenen Witterungsverhältnissen ist die Nutzung der Sonnenenergie eingeschränkt verfügbar. Der solare Teststand soll dazu dienen, unter unterschiedlichen Bedingungen Strom und Wärme mittels Photovoltaik (PV), Solarthermie und Windkraft zu erzeugen, Messungen und Analysen zur Leistungscharakteristik und der Steuerungsmöglichkeiten durchzuführen und somit die Forschung und die forschungsnahe Lehre zu fördern.

Folgende Komponenten sind im Energiecontainer verbaut:

- **Solarkollektor:** Der Solarkollektor wird im Kapitel »Regenerative Energien« beschrieben und ist auf dem Wasserstoffturm angeordnet.
- **Trägermedium:** Das Trägermedium dient dem Transport der Wärmeenergie in einem Kreislauf zum Wärmeübertrager. Beim Trägermedium handelt es sich um ein Wasser-Glykolegemisch. Die Wärme- und Kältekreisläufe, die nur im Energiecontainer geführt sind, werden mit Wasser betrieben.
- **Wärmespeicher:** Es sind zwei Wärmespeicher vorhanden – ein Hochtemperatur- und ein Niedertemperaturspeicher mit einem Speichervolumen von jeweils 1000 Litern. Insgesamt können ca. 70 kWh gespeichert werden.

- Wärmepumpe: In der ersten Ausbaustufe ist eine Wärmepumpe mit einer Leistung von 15 kW verbaut. Die Wärmepumpe wird über einen Batteriespeicher, der im Wasserstoffurm verbaut ist, angetrieben. Alternativ kann der benötigte Strom aus dem Netz entnommen werden.
- Pumpen: Im solaren Teststand sind sechs Pumpengruppen zur Umwälzung und Bedienung von verschiedenen Anlagenschaltungen installiert.
- Ventile: Zahlreiche Ventile steuern und regeln die Durchflussmenge des Wassers durch die Rohrleitungen. Alle Ventile werden als automatisierte Auf-/Zu-Ventile, einige als Regelventile ausgeführt.
- Messgeräte: An verschiedenen Stellen der Anlage sind Messgeräte installiert. Die Messgeräte messen den Druck, den Differenzdruck, als Rechengröße den Wärmestrom, die Temperatur und die Durchflussmenge des Wassers.

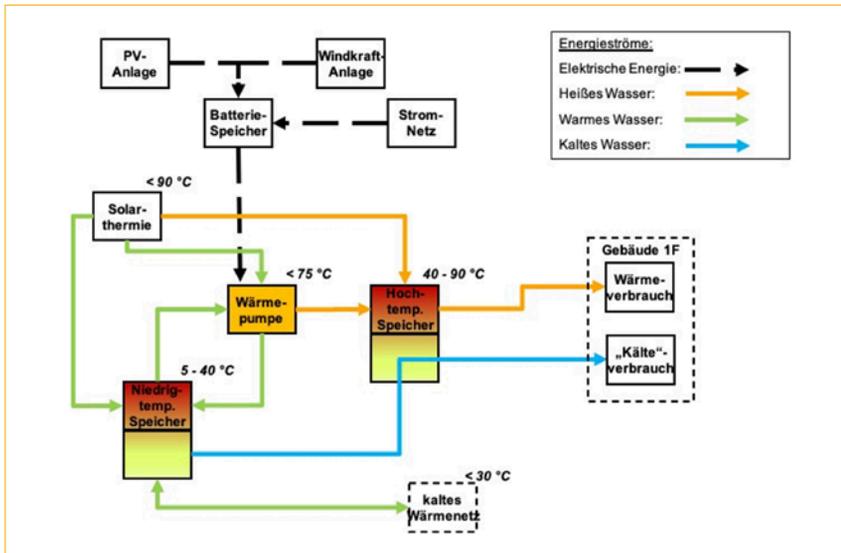
Das Zusammenspiel aller Komponenten im Energiecontainer ist in Abb. 03 dargestellt.



**Abb. 01:** Nieder- und Hochtemperaturspeicher  
[Foto: Ulrich Lüdersen]



**Abb. 02:** Wärmepumpe im Energiecontainer  
[Foto: Ulrich Lüdersen]



**Abb. 03:** Zusammenwirken aller Komponenten im Energiecontainer [Grafik: eigene Darstellung FZ EMP]

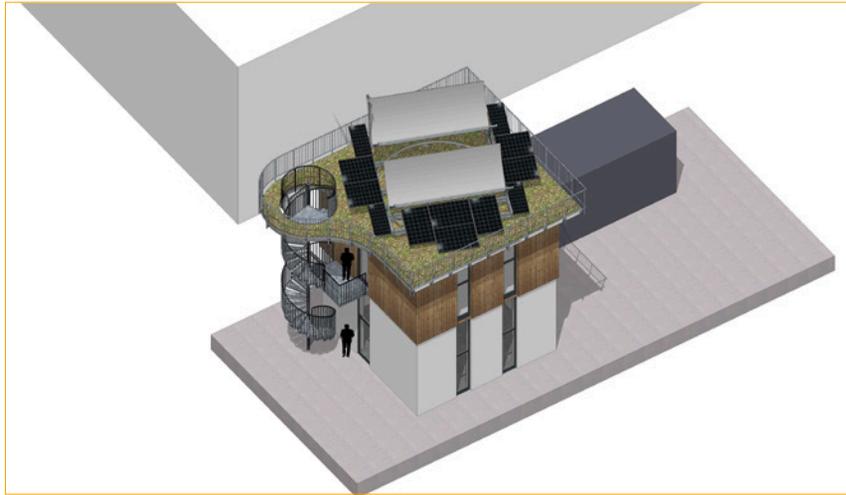
Mit den Versuchsständen des Energiecontainers im Energy LIVE wird unterschiedlichen Forschungsaufgaben nachgegangen, wie beispielsweise:

- Modell für eine klimaneutrale und effiziente Versorgung von Gebäuden mit thermischer Energie,
- Kopplung von Solarenergie und Energiespeichern über eine Wärmepumpe zur thermischen Energieversorgung von Gebäuden,
- Versorgung eines Gebäudes mit thermischer Energie mittels Wärmepumpe ohne Erdkollektor und Luftwärmetauscher,
- kalte Wärmenetze mit Wärmepumpe als Lösung für den Bestand,
- Steigerung des Eigenverbrauchs von PV-Strom über thermische Speicher und Anbindung an Wärmenetze auf 100 Prozent,
- technische Umsetzbarkeit von Wärme- und Kälteeinspeisung in Wärmenetze: Konzept »Prosumer« thermischer Energie.

### Wasserstoffturn

Ziel des Aufbaus einer Wasserstoff-Anlagentechnik ist die Erweiterung der verfahrenstechnischen Forschungsinfrastruktur zur Analyse und Weiterentwicklung wasserstoffbasierter Abläufe, zur Entwicklung und zum Test verschiedener Komponenten der Wasserstoffherzeugung und -verwendung, zur Verwendung von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) als Antriebsmittel und Energieträger sowie zur vertieften Untersuchung der Einbindung von Wasserstoff in bestehende Netze.

Die Herstellung von grünem Wasserstoff erfolgt mittels regenerativer Energien (dar- auf wird im folgenden Kapitel eingegangen). Der Strom wird direkt in den Elektrolyseur eingespeist oder in dem Batteriespeicher zwischengespeichert. Im Rahmen von For- schungs- und Entwicklungsprojekten kann zusätzlich Strom aus dem Netz bezogen wer- den.



**Abb. 04:** Ansicht Wasserstoffturm [Quelle: Niessink Engineering GmbH]

Im Wasserstoffturm sind die folgenden Komponenten installiert:

- **Elektrolyseur:** Installiert ist ein Prüfstand für Elektrolyseure und Elektrolysezellen. In der ersten Ausbaustufe ist ein ca. 10 kW AEM-Elektrolyseur vorhanden. Mithilfe des Prüfstands können Elektrolyseure ähnlicher Leistungscharakteristik in Bezug auf Leistungscharakteristik und Standzeiten untersucht werden.
- **Wasserstoff-Zwischenspeicher:** Als Zwischenspeicher für den produzierten Wasserstoff wird eine Flaschenspeichereinheit eingesetzt, die außen in einem Gaslager zwischen Wasserstoffturm und Energiecontainer angeordnet ist. Die Speichereinheit ist mit maximal 30 bar belastbar.
- **Wasserstoff-Druckspeicher:** Als Wasserstoff-Druckspeicher wird ebenfalls eine Flaschenspeichereinheit eingesetzt. Das Druckniveau liegt bei 350 bis 400 bar.
- **Dispensereinheit:** Die Dispensereinheit ermöglicht die Betankung von wasserstoffangetriebenen PKWs. Eine Kompressorgruppe sorgt für die erforderliche Druckerhöhung, um den Betankungsdruck von 700 bar für PKWs zu gewährleisten. Die Betankungszeit erfolgt nicht DIN-gerecht, sondern über einen längeren Zeitraum (bis zu 4 Stunden). Darüber hinaus ist eine Betankung mit 350 bar möglich.
- **Brennstoffzelle:** Der Brennstoffzellen- und Brennstoffzellenbaugruppen-Prüfstand umfasst eine ca. 10 kW PEM-Brennstoffzelle.

- Elektrischer Speicher: Eingesetzt wird ein erweiterbarer Batteriespeicher mit einer Kapazität von zunächst ca. 12 kWh. Damit wird die Verwendung des Gesamtsystems als Inselnetz (Microgrid) ermöglicht.
- Wärmeübertrager: Die Prozesswärme von Elektrolyseur und Brennstoffzelle wird mittels eines Wärmeübertragers für die Prüfstände im Energiecontainer nutzbar gemacht.
- H<sub>2</sub>-Fahrzeug: Für die Betrachtung der gesamten Prozesskette einschließlich der Betankung ist ein Hyundai Nexo als Demonstrationsfahrzeug vorhanden. Damit können Fahrzyklen und Betankungstechniken für Kleinanlagen untersucht und optimiert werden.



**Abb. 05:** Betankung des H<sub>2</sub>-Fahrzeugs [Foto: Maren Schmuck]

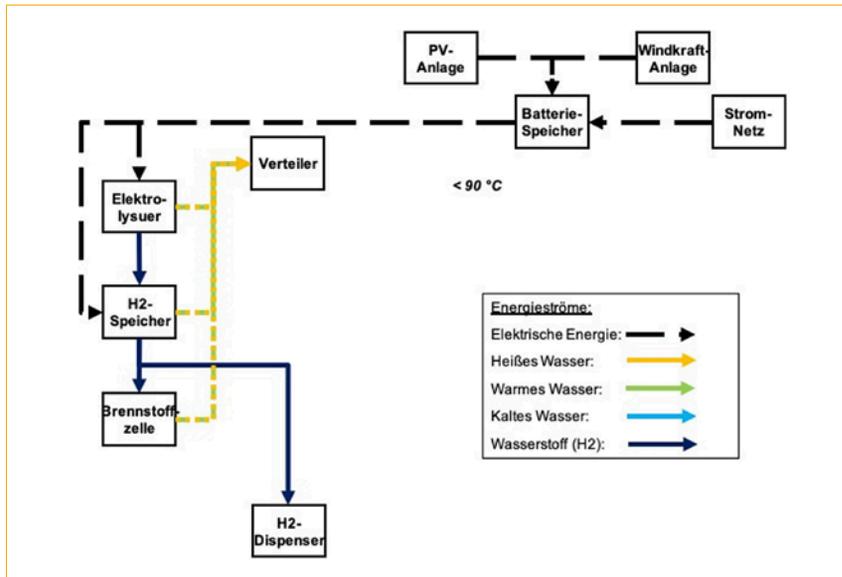


Abb. 06: Teilschema Wasserstoffturm [Grafik: eigene Darstellung FZ EMP]

Der Wasserstoffturm des Energy LIVE eröffnet die Möglichkeit zur Bearbeitung vielfältiger Forschungs- und Entwicklungsansätze. Dazu gehören insbesondere

- die Optimierung der (grünen) Wasserstoffherzeugung und des Wirkungsgrads, Ertragsoptimierung, Optimierung von Wartungs- und Inspektionsprozessen, Untersuchung von Lastwechseln und Teillastverhalten,
- die Optimierung der Wasserstoffherzeugung durch Einsatz neuer Membranen und Betriebszustände, Verbesserung der Gesamtprozesskette, Bauteil- bzw. Schwachstellenanalyse, Komponentenoptimierung,
- die Verbesserung der Gesamtprozesskette, Optimierung des Zusammenspiels von Elektrolyseur und Dispenser durch Zwischenspeicherung, Analyse und Optimierung von Tankvorgängen unter verschiedenen Rahmenbedingungen, Speicherung mit unterschiedlichen Druckniveaus und Füll-/Entleerungswechseln,
- folgende Forschungsansätze: Optimierung von Tankvorgängen, Entwicklung neuer Tanksysteme für Kleinmengen, Verbesserung der Gesamtprozesskette, autonomes Betanken, Fahrzeugentwicklung, Fahrzyklusverhalten, Verbesserung von Sicherheitskonzepten/Entwicklung neuer Sicherheitskonzepte.

### **Regenerative Energien**

Regenerative Energien bilden die Grundlage für die Erreichung der gesetzten Klimaziele. Gleichzeitig sind sie erforderlich, um grünen Wasserstoff herzustellen. Um das zu berücksichtigen und in zukünftigen Forschungs- und Entwicklungsprojekten gegebenenfalls einen Inselbetrieb des Energy Live realisieren zu können, sind regenerative Energien auch hier installiert.

Im Einzelnen umfasst die Anlagentechnik die folgenden Komponenten:

- **Windkraftanlage:** Windkraftanlagen sind in verschiedenen Größenordnungen erhältlich. Auch für das Energy LIVE wurde Windkraft berücksichtigt. Es stehen zwei Windkraftanlagen mit einer Leistung von jeweils 1 bis 1,5 kW zur Verfügung, die im Wechsel aufgestellt und betrieben werden können. Sowohl horizontal als auch vertikal drehende Anlagen dieser Größenordnung können aufgestellt und betrieben werden. Der Austausch erfolgt mithilfe eines Krans und eines installierten Flansches, an dem die Anlagen befestigt werden.
- **Konzentrierende Solarthermie:** Auf dem Wasserstoffturm ist eine Solarthermieanlage mit Parabolspiegel vorgesehen. Die installierte Leistung liegt bei 10 kW thermisch. Die Anlage beinhaltet eine zweiachsige Nachführung, um die maximale Sonneneinstrahlung zu erzielen.
- **Photovoltaik:** Die installierte Leistung der Photovoltaikanlage liegt bei 4,8 kWp. Die Anlage ist kombiniert mit der Solarthermieanlage. Damit gilt auch für die Photovoltaikanlage die Nachführung.
- **Konventionelle Solarthermie:** In naher Zukunft wird die Anlage durch weitere solarthermische Wärmeerzeuger (Flachkollektoren, Energiezaun) ergänzt, die auf dem benachbarten Gebäude und neben dem Energiecontainer installiert werden.

### **Anwendungen und Chancen**

Innovative Gesamtsysteme und ein Potpourri aus Energiewandlern einschließlich Strombereitstellung, Wasserstoffherzeugung, Wasserstoffspeicherung, Wasserstoffverwendung, Nutzung von Nebenprodukten und Systemsicherheit sind zukünftig aufeinander abzustimmen und erfordern entsprechende Planungen und Laboruntersuchungen.

Die Anlagen des Energy LIVE einschließlich aller Komponenten können als Gesamtsystem betrieben werden. Damit werden Betrieb und Optimierung eines Microgrids ermöglicht. Alternativ ist die Einzelbetriebsweise aller Komponenten oder von Teilsystemen möglich. Damit werden Dauertestbetriebe und Belastungstests neuer Komponenten sowie deren Optimierung durchgeführt.

Die im Rahmen von Projekten geplante und zu installierende Infrastruktur ermöglicht zahlreiche neue Projekte und bietet die Möglichkeit, aktuelle Projektideen und in

Vorbereitung befindliche Projekte um wichtige Aspekte zu ergänzen. Die Ausrichtung der jeweiligen Projekte gewinnt dadurch entscheidend an Bedeutung für aktuelle und zukünftige gesellschaftliche Herausforderungen. Die Anlagen und Komponenten erlauben in ihrer Gesamtheit die Abbildung, Analyse und Bewertung der gesamten Wasserstoffkette und der Energieversorgung von Gebäuden und Prozessen.

Energy LIVE ist so konzipiert, dass umliegende Gebäude von der Infrastruktur profitieren und energetisch versorgt werden können. Dabei spielt die Optimierung der Gebäudesteuerung bzw. der eingesetzten Gebäudetechnik eine wichtige Rolle und wird im Umfeld des Energy LIVE bearbeitet. Das Zusammenspiel aller Teile des Energy LIVE und ihrer Komponenten wird in Abb. 07 dargestellt.

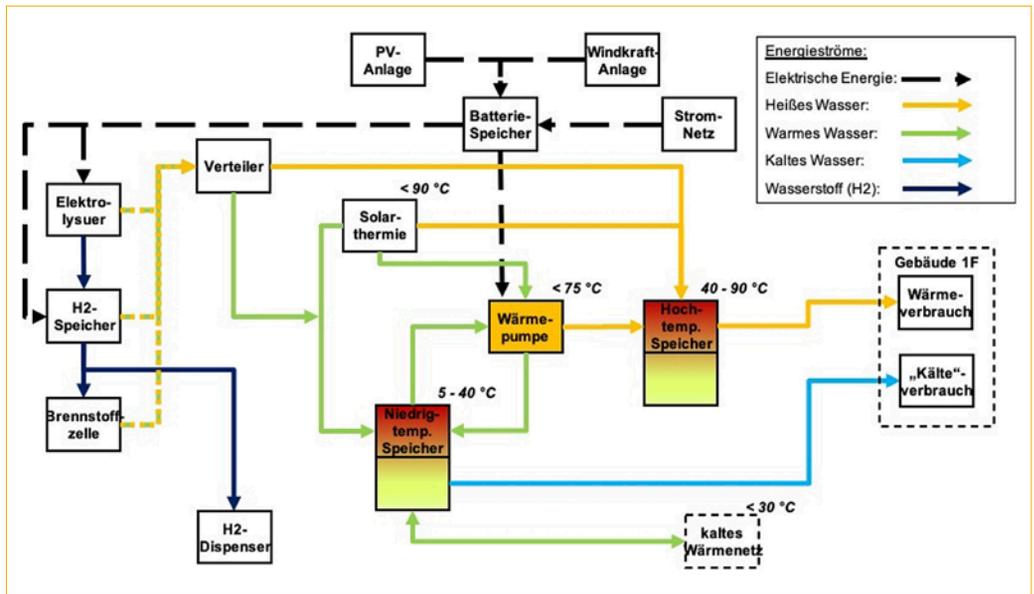


Abb. 07: Gesamtschema Energy LIVE [Grafik: eigene Darstellung FZ EMP]

## Förderungen

Die Erstellung des Energy LIVE wurde durch infrastrukturelle Förderungen durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) und den Einsatz von eigenen Mitteln ermöglicht. Insbesondere die folgenden, geförderten Projekte haben zur Errichtung beigetragen:

- Hsh2-Infra: Finanzierung aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (ERDF) als Teil der Reaktion der Union auf die COVID-19-Pandemie
  - Einbauten Wasserstoffturm und Wasserstoff-Tankstelle

- InfraFokus: Finanzierung aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
  - Einbauten des Energiecontainers.

### **Ausblick**

Das Energy LIVE – Labor für innovative Verfahrens- und Energietechniken bildet die Grundlage für vielfältige Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Im Rahmen dieser Projekte besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die vorhandene Infrastruktur umzubauen bzw. zu ergänzen. So kann auf verschiedenste Anforderungen seitens Politik, Industrie und Wissenschaft eingegangen werden und die vorhandene Infrastruktur auf aktuellem Stand gehalten werden.

Die geschaffene Infrastruktur

- unterstützt zukünftige Forschungsprojekte entlang ganzer Prozessketten,
- bildet die Grundlage, zusätzliche Projektansätze zu entwickeln,
- erhöht die potenzielle inhaltliche Tiefe von Forschungsprojekten durch die Möglichkeit intensiverer Laboruntersuchungen und Testmöglichkeiten,
- verbessert die Zusammenarbeit innerhalb von Projektteams durch zugeschnittene und aufeinander abgestimmte Anlagen,
- verbessert die Drittmittelinwerbung durch Bereitstellung hochwertiger Infrastruktur,
- schärft das Forschungsprofil des Forschungszentrums Energie – Mobilität – Prozesse,
- wird auch in der Aus- und Weiterbildung eingesetzt.

Die Betrachtung von Gebäuden und Prozessen und deren energetischer Versorgung wird auch zukünftig eine wichtige Rolle bei der Bewältigung der Energiewende spielen. Die ganzheitliche Abbildung und Realisierung entsprechender Energiesysteme ist selten zu finden und verleiht dem Energy LIVE hervorragende Perspektiven.

Dipl.-Ing. Sven F. Andres arbeitet seit 2006 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Hannover. Zu seinen Aufgaben gehört die Entwicklung neuer Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich der Energieeffizienz und energietechnisch relevanter Technologien. Darüber hinaus arbeitet er in Industrie- und Entwicklungsprojekten mit dem Ziel der energetischen und der Prozessoptimierung mit. Im Forschungszentrum Energie – Mobilität – Prozesse ist er, wie auch schon im vorangegangenen Institut, Mitglied des Vorstands.

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Lüdersen ist Leiter des Forschungszentrums Energie – Mobilität – Prozesse (EMP) und Leiter der Abteilung für Verfahrenstechnik, Energietechnik und Klimaschutz (IVEK) an der Hochschule Hannover. Er beschäftigt sich mit Transformations- und Optimierungsprozessen mit interdisziplinären Anforderungsprofilen und der Systemintegration von regenerativen Energiewandlungsprozessen sowie Energiespeichertechnologien und ist in zahlreichen Industrie- und öffentlich geförderten Projekten sowie Gremien im Bereich der nachhaltigen Energiewirtschaft engagiert.

Prof. Dr.-Ing. Lutz Meyer ist seit mehr als 20 Jahren im Bereich Erneuerbare Energiesysteme als Energieverfahrenstechniker in Industrie, Forschung und Lehre tätig. Er engagiert sich in zahlreichen Projekten in der Abteilung für Verfahrenstechnik, Energietechnik und Klimaschutz (IVEK) der Hochschule Hannover. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Wärmewende, nachhaltige Prozessenergie, thermische Speicher und Solarenergie. Um neue Konzepte zu analysieren und zu verbessern, beschäftigt er sich mit der Weiterentwicklung von thermodynamischen Methoden zur Nachhaltigkeitsbewertung.

Dr. Johannes Robert studierte Chemie an der Universität Göttingen und Chemieingenieurwesen mit Schwerpunkt Verfahrenstechnik an der Fachhochschule Münster. 2020 wurde er im Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik an der Technischen Universität Kaiserslautern promoviert (Entwicklung und Charakterisierung eines LED-basierten Photoreaktors). Seitdem ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fakultät für Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik der Hochschule Hannover und ist dort forschend und lehrend tätig. Gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Lutz Meyer hat er das studiengangübergreifende Nachhaltigkeitsmodul »Klimaneutrale Energieversorgung« mitgestaltet.

### 7.3.5 Sanierungspotenzial von Bestandsgebäuden auf Basis von Punktwolken



Edina Selimovic

Um die Klimaziele des Pariser Abkommens zu erreichen, muss der Schwerpunkt der Energieeffizienz auf die Erhöhung der Sanierungsrate des Gebäudebestands verlagert werden. Da es an verwertbaren Informationen über den Gebäudebestand mangelt, ist es schwierig, das Renovierungspotenzial in frühen Planungsphasen zu ermitteln. Daher werden Rückbau und darauffolgender Neubau oft als die zuverlässigere und wirtschaftlichere Option angesehen. Als Ausgangsbasis braucht es digitale Modelle, um bestehende Gebäude effizient zu erfassen und zu rekonstruieren. Hier fehlt es aktuell an funktionalen Methoden. Wünschens-

wert wäre eine zuverlässige Entscheidungshilfe, die automatisiert bestimmt, ob der Rück- und anschließende Neubau oder die Renovierung bestehender Gebäude besser geeignet ist. Dies ist allerdings zurzeit nicht möglich.

Aufgrund dieser Ausgangslage wurde eine robuste, automatisierte Methode zur Berechnung von Lebenszyklusanalysen (LCA) bestehender Gebäude entwickelt. Diese ermöglicht eine bessere Entscheidung zwischen Renovierung und Neubau. Die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus erfolgt, da im Sinne des nachhaltigen Bauens nur so eine fundierte Entscheidungsfindung möglich ist. Die Automatisierungsschritte umfassen eine geometrische Rekonstruktion von der aus dem Laserscan erhaltenen Punktwolke zum 3-D-Oberflächenmodell, gefolgt von einer semantischen Einteilung – zum einen der Oberflächen in thermische Klassen und zum anderen ihrer Materialien durch Zuordnung zu Baualtersklassen. Zusätzlich wird das Fenster-zu-Wand-Verhältnis mithilfe von Intensitätsmerkmalen aus der Laserscan-Aufnahme der Punktwolke ermittelt.

#### Methodik und Vorgehensweise

Abb. 01 zeigt auf, wie aus einer Punktwolke eines Bestandsgebäudes ein geometrisches und semantisches 3-D-Modell erzeugt werden kann. Dieses soll der Abschätzung des Rückbau- und Sanierungspotenzials (RSP) dienen.

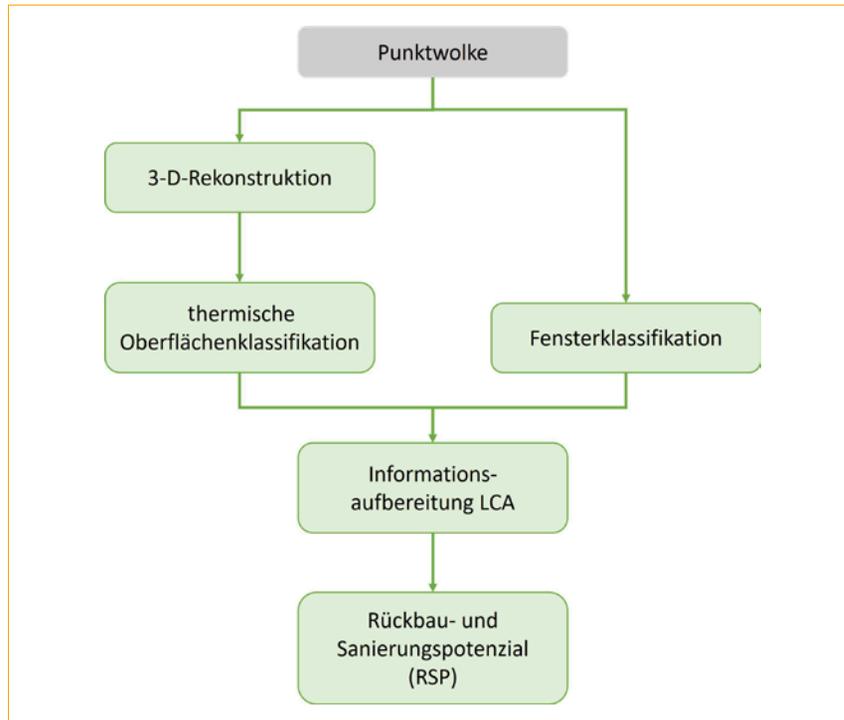


Abb. 01: Vorgehen bei der Modellbildung [Grafik: Edina Selimovic]

### 3-D-Rekonstruktion

Der Prozess der Erstellung der 3-D-Form von realen Objekten wird als 3-D-Rekonstruktion bezeichnet. Hierfür wird der PolyFit-Ansatz<sup>1</sup> verwendet. Dieser Ansatz basiert auf dem RANSAC-Algorithmus (Random Sample Consensus Algorithm)<sup>2</sup>, der Ebenen aus der Punktwolke identifizieren kann. So können Gebäudeoberflächen wie Wände oder Dächer einzeln erfasst werden. PolyFit erzeugt daraufhin durch das Lösen einer komplexen Gleichung ein 3-D-Oberflächenmodell der Punktwolke. Als Open-Source-Software mit einer intuitiven Benutzeroberfläche wird PolyFit für diesen Anwendungsfall ausgewählt. Das Ergebnis aus PolyFit muss daraufhin weiterverarbeitet werden. In PolyFit werden die RANSAC-Flächen mit einer Bounding-Box der Punktwolke geschnitten. Die Bounding-Box stellt die kleinstmögliche Box dar, die ein komplettes Objekt, hier alle Punkte der Punktwolke des Gebäudes, umfasst. Dabei entstehen mehrere Flächen, die als Flächen-

1 Nan, L.; Wonka, P.: PolyFit: Polygonal Surface Reconstruction from Point Clouds. In: 2017 IEEE International Conference, Bd. 2017, S. 2372–2380. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/318726301\\_PolyFit\\_Polygonal\\_Surface\\_Reconstruction\\_from\\_Point\\_Clouds](https://www.researchgate.net/publication/318726301_PolyFit_Polygonal_Surface_Reconstruction_from_Point_Clouds); DOI: 10.1109/ICCV.2017.258 [abgerufen am: 22.01.2024]

2 Schnabel, R., Wahl, R.; Klein, R.: Efficient RANSAC for Point-Cloud Shape Detection. Computer Graphics Forum, 26(2), 2007, pp. 214–226. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2007.01016.x> [abgerufen am: 22.01.2024]

kandidaten bezeichnet werden (Abb. 02 links). Im nächsten Schritt werden die Flächen aus den Flächenkandidaten bestimmt, die eine gemeinsame Oberfläche bilden (Abb. 02 rechts). Abschließend werden daraus die gesamten Gebäudeoberflächen ermittelt, um die Eckpunkte zu bestimmen, die für die Berechnung der Ökobilanzierung benötigt werden.



**Abb. 02:** PolyFit-Ergebnis: Flächen aus den Flächenkandidaten (links); erfasste Gesamfläche der Flächenkandidaten (rechts) [Quelle: Edina Selimovic]

### Objektklassifikation

Das Oberflächenmodell liefert rein geometrische Informationen. Um das Modell für die LCA-Berechnung zu nutzen, müssen semantische Informationen für eine Sanierungspotenzialanalyse hinzugefügt werden. Im ersten Schritt wird jede Oberfläche einer thermischen Oberflächenklasse zugeordnet, die später mit weiteren Materialannahmen angereichert wird. Danach werden die Fenster klassifiziert, um die Fenster-zu-Wand-Verhältnisse für das Modell abzuleiten.

### Klassifikation der thermischen Oberflächenklassen

Im nächsten Schritt können die Flächen des Modells thermischen Oberflächenklassen zugeordnet werden. Die thermischen Oberflächenklassen beschreiben die Randbedingungen jeder Oberfläche, zum Beispiel »Wand nach außen« oder »Wand zum Boden«. Es gibt 13 verschiedene Klassen<sup>3</sup>. In dieser Studie werden die folgenden vereinfachten Annahmen getroffen:

<sup>3</sup> Hollberg, A.; Lichtenheld, T.; Klüber, N.; Ruth, J.: Parametric real-time energy analysis in early design stages: A method for residential buildings in Germany. *Energy, Ecology and Environment*, 3(1), 2018, pp. 13–23. URL: <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0056-9> [abgerufen am: 22.01.2024]

1. Es gibt kein Kellergeschoss.
2. Das Flach- und das Steildach werden als Dachklasse bezeichnet.
3. Die betrachteten Wände stellen nur die Wände nach außen dar.
4. Es gibt keine Unterscheidung zwischen Decken (Keller-, Geschossdecke etc.).
5. Es wird nicht zwischen Fenstern in Wänden und Dachfenstern unterschieden.

Die in der hier vorgestellten Studie betrachteten Oberflächenklassen lassen sich auf der Grundlage einfacher geometrischer Bedingungen klassifizieren, die zusammen mit den Oberflächenklassen in Abb. 03 zusammengefasst sind. Die Klassen werden durch die Orientierung der Oberflächen zur XY-Ebene bestimmt.

Oberflächenklassen	Bedingung 1	Bedingung 2
Boden	parallel zur XY-Ebene	Y-Werte dieser Fläche müssen am niedrigsten sein
Flachdach	parallel zur XY-Ebene	stellt nicht den Boden dar
Schrägdach	weder parallel noch senkrecht zur XY-Ebene	
Wand	senkrecht zur XY-Ebene	
Decke	Geschosshöhe und Gebäudegesamthöhe gegeben	parallel zur XY-Ebene und Flächenform des Bodens

**Abb. 03:** Bedingungen für die Klassifikation der thermischen Oberflächenklassen [Grafik: Edina Selimovic]

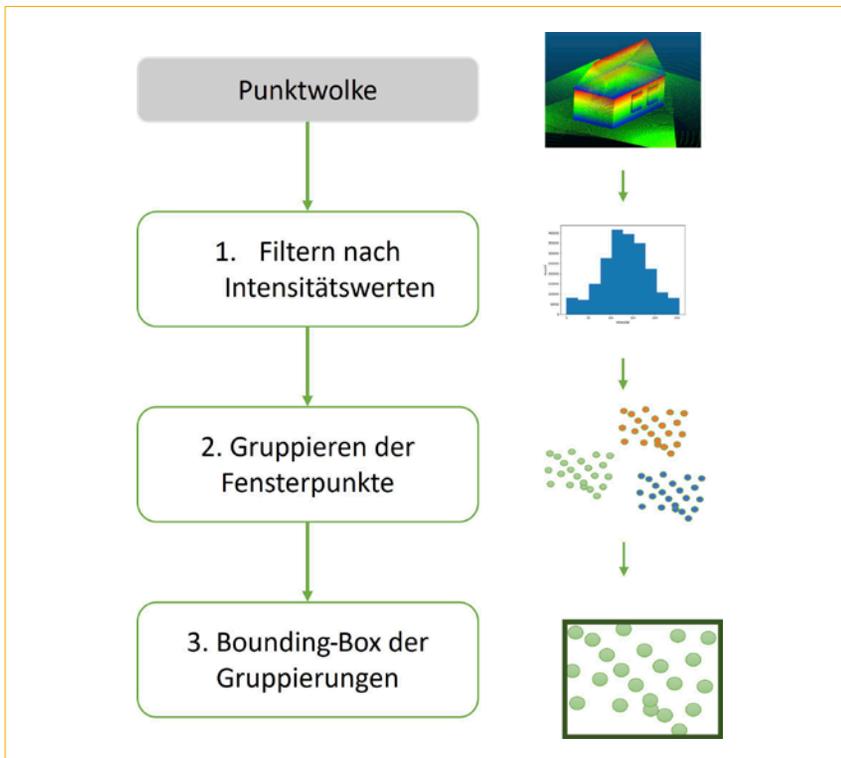
### Klassifikation der Fenster

Transparente Elemente, wie zum Beispiel Fenster, werden anhand der Laserintensitätswerte der Punkte identifiziert. Diese werden aus dem Laserscan gewonnen und mit den Punkten in der Punktwolke gespeichert. Für die Berechnung der Ökobilanz wurde das Fenster-zu-Wand-Verhältnis geschätzt. Eine genaue geometrische Darstellung war nicht erforderlich.

Die aus der Laseraufnahme erhaltenen Intensitätswerte können einen Wert von 0 bis 255 aufweisen. Um die Werte für die Fensterpunkte zu ermitteln, wird zunächst ein Histogramm verwendet. Dieses gibt an, wie viele Punkte in der Aufnahme den jeweiligen Intensitätswert aufweisen. Die Mehrzahl der Punkte wird die Fassadenpunkte repräsentieren, die aufgrund unterschiedlicher Materialeigenschaften nicht denselben Wertebe-

reich wie die Fenster aufweisen. Somit kann zunächst ein Ausgangswert bestimmt werden, von dem aus der Bereich der Werte für die Fenster angenähert werden kann.

Um eine eindeutige Zuordnung der Punkte zu den einzelnen Fenstern zu ermöglichen, werden die Punkte, die ein Fenster definieren, zu einer Gruppe geclustert. Dies ist notwendig, um die Fenster einzeln zu extrahieren. Die Fensterpunkte werden mit dem dichte-basierten DBSCAN-Clustering von Ester et al.<sup>4</sup> geclustert. Eine Schwäche des intensitätsbasierten Ansatzes ist, dass die Fensterpunkte aufgrund der transparenten Materialeigenschaft von Glas bei der Punktwolkenverarbeitung nicht vollständig erfasst werden, was zu einer Ungenauigkeit der detektierten Cluster führt und somit nur eine Annäherung darstellt. Folglich wurden die im letzten Schritt ermittelten Bounding-Boxes um die Cluster nicht perfekt rechteckig dargestellt. Der Vorgang wird in Abb. 04 verdeutlicht.



**Abb. 04:** Verfahren zur Fensterklassifikation [Quelle: Edina Selimovic]

<sup>4</sup> Ester, M.; Kriegel, H.-P.; Sander, J.; Xu X.: A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise. In: Proceedings of 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96), 1996. URL: <https://www.dbs.fyi.lmu.de/cms/funktionen/suche/index.html> [abgerufen am: 22.01.2024]

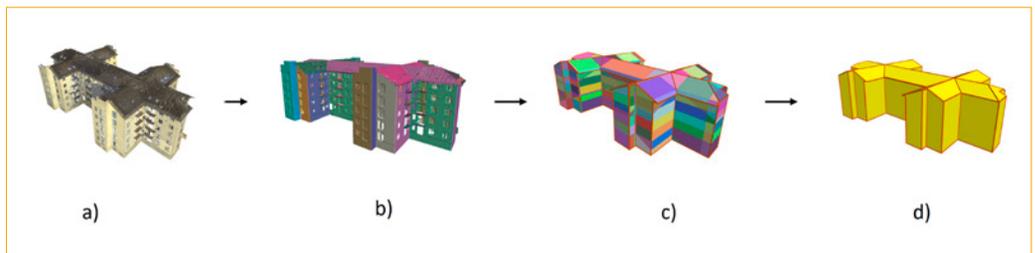
### Informationanforderung und LCA-Aufbereitung

In einem letzten Schritt werden die zuvor ermittelten Daten zusammengeführt und in das benötigte Format für das LCA-Berechnungstool gebracht. Nach dem Import in das LCA-Berechnungstool können die Materialschichten und Materialdicken der Modellflächen durch Annahme der Baualtersklasse angenähert werden. Dazu werden die Informationen aus der TABULA-Datenbank verwendet und mit der Ökobilanz-Datenbank OEKOBAUDAT<sup>5</sup>, eine vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) zur Verfügung gestellte Baustoffdatenbank zur Ökobilanzierung von Bauwerken, kombiniert. Die TABULA-Datenbank wurde im Rahmen eines EU-Projekts definiert und stellt standardmäßig verwendete Aufbauten und Materialien einer bestimmten Gebäudetypologie nach Baualtersklasse dar. Schließlich ermöglicht die Berechnung des Rückbau- und Sanierungspotenzials, die Umweltauswirkungen des Bestandsgebäudes mit einer Sanierungsvariante anhand der Ökobilanz zu vergleichen.

### Implementierung und Validierung

Um die vorgestellte Methode zu validieren, wurde eine Fallstudie an einer Laserscan-Punktwolke eines 5-stöckigen Wohngebäudes in Adazi, Lettland durchgeführt<sup>6</sup>.

Zunächst wurde die Punktwolke zur Anwendung vorverarbeitet. Um daraufhin das 3-D-Modell zu rekonstruieren, wurden die Ebenen mit dem RANSAC-Algorithmus detektiert (Abb. 05 b) und mithilfe der PolyFit-Software das Oberflächenmodell erzeugt (Abb. 05 c). Das erhaltene Oberflächenmodell besteht aus ausgewählten Flächenkandidaten von PolyFit (Abb. 05 c). In einem nächsten Schritt wurden verwandte Flächen zu Gebäudeflächen kombiniert (Abb. 05 d), was die Extraktion der Eckpunktkoordinaten ermöglichte.



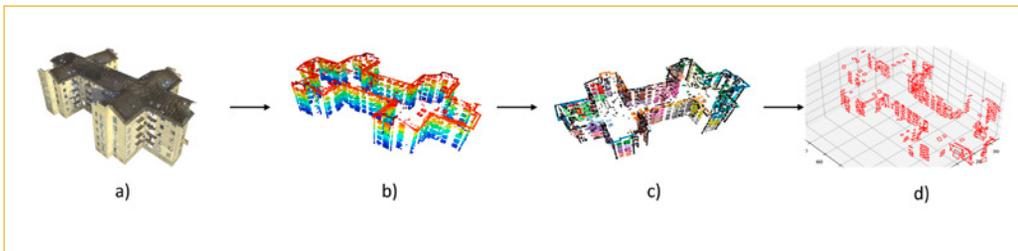
**Abb. 05:** Geometrische Rekonstruktion [Quelle: Edina Selimovic]

5 BBSR, ÖKOBAU.DAT: ÖKOBAUDAT. Online verfügbar unter <https://www.oekobaudat.de/en.html> [zuletzt aktualisiert am: 20.05.2022, abgerufen am: 20.05.2022]

6 MERKO: DEMO DATA | Drupal. Online verfügbar unter <http://www.merko.lv/en/demo-data> [zuletzt aktualisiert am: 11.05.2022, abgerufen am: 20.05.2022]

In den nachfolgenden Schritten wurde die semantische Anreicherung durchgeführt. Die Klassifizierung der thermischen Oberfläche erfolgt anhand des geometrischen Oberflächenmodells. Aufgrund vereinfachter Annahmen klassifiziert das implementierte Klassifizierungssystem alle Wände als Außenwände und den Boden als Boden gegen Erdreich. Ein unterkellertes Gebäude wird hier nicht berücksichtigt. Außerdem ist der Deckenaufbau immer gleich und es gibt keine Decke gegen einen unbeheizten Raum.

Im Gegensatz zur thermischen Oberflächenklassifikation wurden die Fenster in der Punktwolkendatei (Abb. 06 a) klassifiziert. Dies liegt daran, dass in der Punktwolke die Laserintensitätswerte für jeden Punkt enthalten sind. Nach einer Analyse der Anzahl der Intensitätswerte konnte ein Bereich für Fensterpunkte abgeschätzt werden (Abb. 06 b). Darauf aufbauend wurden die Fensterpunkte extrahiert und das DB-Scan-Clustering durchgeführt (Abb. 06 c). Hiermit wurden Punkte zu Clustern zusammengefasst. Um die Eckpunkte der Cluster zu bestimmen und somit den Flächeninhalt der Fenster zu berechnen, wurden um die Cluster Bounding-Boxes gelegt (Abb. 06 d). Aufgrund fehlender Fensterpunkte aus der Laseraufnahme waren die Boxes nicht ausschließlich rechteckig, sondern bildeten oftmals Parallelelogramme ab oder wurden leicht verzerrt. Dies ist jedoch akzeptabel, da die Fenstergeometrie in dieser Studie vernachlässigt werden kann und der Fensterflächeninhalt für das Fenster-zu-Wand-Verhältnis im Vordergrund steht. Das Vorgehen wird in Abb. 06 dargestellt.



**Abb. 06:** Fensterklassifikation [Quelle: Edina Selimovic]

Nachdem die erzeugte JSON-Datei (ein Datenformat, das den Datenaustausch in einem einfach lesbaren Textformat ermöglicht) der Fallstudie in die Software eingelesen wurde, konnten den einzelnen thermischen Oberflächen Materialschichten und -dicken nach Baualtersklasse zugewiesen werden. Dies ist eine Funktion, die die genutzte Ökobilanz-Software zur Verfügung stellt und die auf Annahmen der TABULA-Datenbanken basiert.<sup>7</sup> Im nächsten Schritt wurden folgende Maßnahmen für die Sanierungsvariante getroffen:

<sup>7</sup> Intelligent Energy Europe (Hrsg.): TABULA WebTool. 2017. Online verfügbar unter <https://webtool.building-typology.eu/#bm> [abgerufen am: 22.01.2024]

- Holzfaserdämmung in einem Wärmedämm-Verbundsystem,
- dreifach verglaste Fenster mit einem Holzrahmen,  $U = 0,8$ ;  $g = 0,6$ ,
- Verwendung des Energiesystems eines Gasbrennwertkessels.

Zusammen mit den Informationen aus der JSON-Datei konnte somit die LCA-Berechnung erfolgen. In Abb. 07 wird die Sanierungsvariante mit dem Bestandsgebäude verglichen.

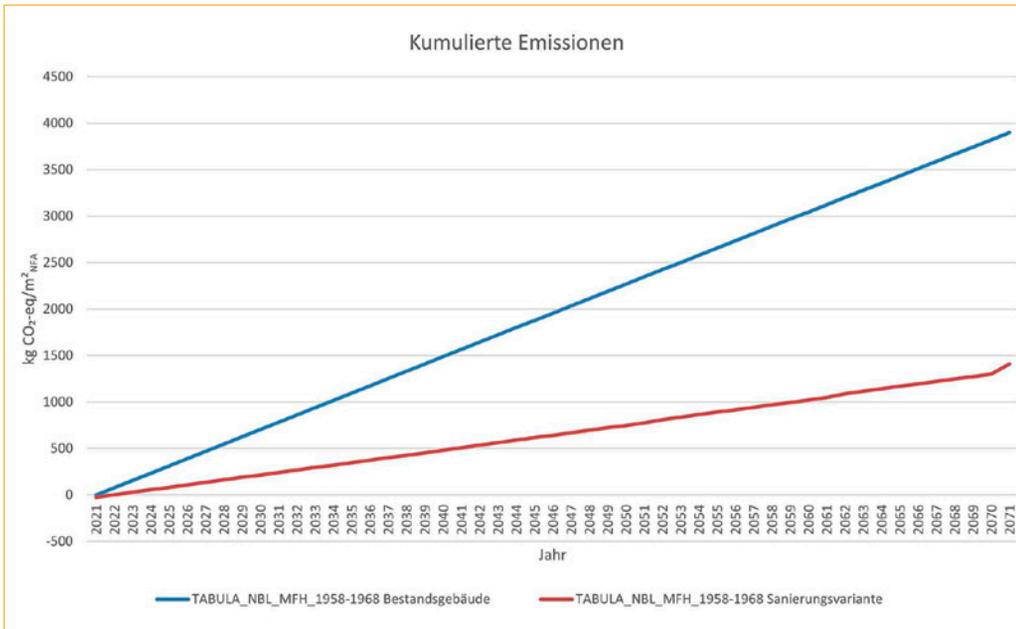
Die sanierte Variante führt zu deutlich besseren Ergebnissen sowohl bei der Energieeffizienz als auch bei den Treibhausgasemissionen. Dies ist in Abb. 07 mit dem gesamten nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauch (PENRT) und dem Treibhausgaspotenzial (GWP, Global Warming Potential) des bestehenden Gebäudes im Vergleich zu den Emissionen der sanierten Variante dargestellt. Bei der Berechnung wurden alle Lebenszyklusphasen berücksichtigt.

Darüber hinaus zeigt Abb. 08 die kumulierten Emissionen des GWP über den gesamten Lebenszyklus. Hier beginnt das Bestandsgebäude ohne Emissionen und beendet das erste Jahr mit  $78,53 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}/(\text{m}^2\text{NGF} \cdot \text{a})$  aus der Betriebsphase B6 des Gebäudes. Die sanierte Variante startet mit  $-24,0 \text{ kg}$  aus den Phasen A1–3 aufgrund der verwendeten nachhaltigen Materialien und steigt jährlich um  $26,56 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}/(\text{m}^2\text{NGF} \cdot \text{a})$  aufgrund der Betriebsphase B6. Im Gegensatz zur sanierten Variante werden bei dem Bestandsgebäude die Emissionen aus der End-of-Life-Phase C, wie in dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen beschrieben<sup>8</sup>, nicht berücksichtigt. Für die Validierung des Workflows wurden nur einfache Sanierungsmaßnahmen gewählt, da der Fokus auf der automatisierten Generierung von geometrischen und semantischen Informationen liegt und nicht auf unterschiedlichen und komplexen Sanierungsszenarien.

LCA-Indikator	Einheit	Bestandsgebäude	Sanierungsvariante
Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar (PENRT)	[kWh/(m <sup>2</sup> NGF · a)]	358.47	129.14
Treibhausgaspotenzial (GWP)	[kg CO <sub>2</sub> -Äq./m <sup>2</sup> NGF · a)]	78.53	28.43

**Abb. 07:** Ergebnis der Ökobilanzierung des Variantenvergleichs [Grafik: Edina Selimovic]

<sup>8</sup> Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Büro- und Verwaltungsgebäude. Modul Komplettmodernisierung. BNB\_BK 1.1.1: Ökologische Qualität. Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt. Treibhausgaspotential (GWP). <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/buerogebaeue/steckbriefe-bnb-bk-2017/> [abgerufen am: 22.01.2024]



**Abb. 08:** Kumulierte Emissionen des Bestandsgebäudes und der Sanierungsvariante [Grafik: Edina Selimovic]

### Zusammenfassung und Ausblick

Im Hinblick auf die Klimaziele und die Umweltauswirkungen des Gebäudesektors wird die Sanierung von Bestandsgebäuden immer relevanter. Daher wird in der Masterarbeit, auf der dieser Artikel basiert, eine automatisierte Methode zur Berechnung der Ökobilanz bestehender Gebäude unter Verwendung von Punktwolken als Eingabedaten vorgeschlagen.

Auf Grundlage dieser Arbeit kann der Handlungsspielraum für Bauentscheidungen um die Betrachtung des Sanierungspotenzials erweitert werden. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit der semantischen Anreicherung von 3-D-Modellen durch die Verwendung von Intensitätswerten zur Fensterklassifikation demonstriert. Dies eröffnet weitere Möglichkeiten zur Ausschöpfung des Potenzials der Materialerkennung mit Intensitätswerten oder vergleichbaren Verfahren.

In zukünftigen Arbeiten wird die Bedeutung der 3-D-Rekonstruktion und auch der Scan-to-BIM-Prozesse zunehmen, wodurch sich ein großes Synergiepotenzial für viele Forschungsbereiche, wie zum Beispiel der Nachhaltigkeit, ergeben wird.

Des Weiteren bieten radiometrische Merkmale wie die Intensität für künftige Studien, insbesondere im vielversprechenden Bereich des Deep Learnings, Potenzial für weitere Untersuchungen. Die Berücksichtigung von Intensitätswerten könnte eine Materialklassifizierung aus der Punktwolke ermöglichen und somit helfen, mehr Informationen über Oberflächenmaterialien zu generieren. Unter Kombination weiterer bildverarbeitender Verfahren (Computer Vision) könnten in Zukunft viele weitere Funktionen erarbeitet werden wie beispielsweise die automatische Erkennung von Gebäudetypologien. Zudem kann die Fensterklassifikation in Zukunft stärker verfeinert werden, um die geometrische Form zu bestimmen. Hierbei wird angenommen, dass die Verbindung von Intensitätswerten mit einer Deep-Learning-Technologie zu aussichtsreichen Ergebnissen führen könnte.

Edina Selimovic hat im Sommer 2022 ihr Masterstudium im Bauingenieurwesen an der TU München abgeschlossen. Aktuell ist sie im Münchener Start-up Flinker beschäftigt, bei dem sie das BIM-Management und die BIM-Gesamtkoordination für Großprojekte übernimmt. Außerdem ist sie im Bereich Nachhaltigkeit mit BIM tätig und führt hier die unternehmensinterne Weiterentwicklung und Forschung durch.



# 8 PERSPEKTIVE

Mit diesem fünften Bauschadenbericht wagen wir einen sehr umfassenden und weitreichenden Blick in die Zukunft! Der Untertitel beschreibt es sehr gut: Wir wollen und müssen das Bauen neu denken! In diesem Sinne versuchen wir, den derzeitigen Wandel in unserer Branche, der von vielen als Paradigmenwechsel beschrieben wird, mit unterschiedlichen Blickwinkeln und einer Vielzahl von Partnern thematisch zu beleuchten. Mit allem Für und Wider. Mit Aufbruchstimmung aber auch Skepsis und Kritik.

Unser Fazit ist dennoch deutlich optimistischer als mancher Leser – nicht zuletzt vor dem Hintergrund der aktuellen wirtschaftlichen Lage – vermuten mag: Trotz vieler Probleme, die wir ebenfalls betrachtet und bewertet haben, zeigen sich in der Vielzahl der Innovationen mit neuen Prozessen, Produkten, Pilotprojekten und Ideen sehr positive und zukunftsgerichtete Perspektiven, die uns zuversichtlich stimmen.

Schauen wir noch einmal zurück auf die Schwerpunkte, die wir in den vorigen Bauschadenberichten seit 2019 thematisiert haben, dann stellen wir fest, dass es weiterhin dieselben sind, die uns Planungs- und Baubeteiligte beschäftigen: Die Einflüsse der Randbedingungen des Bauens, wie zum Beispiel die Themen Ressourcen, Material und Energie, der Anstieg bei den Anforderungen und der Komplexität, die Entwicklung der Bau- und Schadenkosten und der Fachkräftemangel. Hinzu kommen zunehmend globale Themen, wie klimabedingte oder nachhaltigkeitsgetriebene Anforderungen, die uns zusätzlich zwingen, neu zu denken. Ein »Weiter wie bisher« mit der Begründung »Das haben wir immer so gemacht« und »Um nicht haften zu müssen, sind wir gezwungen...« ist nicht mehr möglich.

Auch die neuen Analysen der Versicherungsschäden der VHV-Versicherungen aus dem Bereich der Berufs- und Betriebshaftpflichtversicherungen zeigen mit einem erneuten Anstieg der jährlichen Schadenbeseitigungskosten um rund 30 Prozent bei fast unveränderten Schadenarten und -ursachen gegenüber dem Vorgängerbericht, dass Veränderungen notwendig sind.

Wir haben also sehr viel Wissen, wie es einer unserer Grußwort-Autoren betont. Wir wissen spätestens jetzt, dass wir neu denken und anders handeln müssen, um eine Bauqualität sicherzustellen, die zukunftsfähig und bezahlbar ist. Und wir wissen auch: Diese Prozesse beginnen nicht mit dem rechtssicheren Erfüllen von (immer mehr) Vorschriften in der Planung oder mit der fachgerechten Bauausführung gemäß den anerkannten Regeln der Technik. Sie beginnen mit der ersten Idee und dem klugen, gemeinschaftlichen Entwickeln eines individuellen Planungs- und Bauergebnisses, sei es ein Neubau oder ein Bestandsgebäude. Über dessen Anforderungen, notwendige oder optionale Eigenschaften und Ausstattungen wird derzeit in der Fachwelt und Politik diskutiert; in diesem Zusammenhang auch über eine neue Einfachheit, über neue Freiheiten und Möglichkeiten im Planungs- und Genehmigungsprozess.

Aktuell wird viel entwickelt und es entwickelt sich viel.

Mit Reformen von Landesbauordnungen, wie in Niedersachsen und Bayern, werden auch politisch neue, mutige Wege beschritten, indem durch weniger Regelungen neue, kluge Lösungen zugelassen werden. Als Impuls, Weichenstellung und Schritt in die Zukunft wird das von vielen Fachleuten bewertet und als wesentliche Grundlage für die zukünftige Arbeit von Planern und Bauausführenden verstanden. Insbesondere beim Bauen im Bestand, bei Dachausbauten, Aufstockungen, Umnutzungen und Umbauten, dürften sich die Vereinfachungen positiv auf das Planungs- und Baugeschehen auswirken, aber auch den Neubau erleichtern. Wir werden in Abstimmung mit dem Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung die Auswirkungen der Neuordnung auf die Bauqualität im Blick haben und in den folgenden Bauschadenberichten unsere Erkenntnisse teilen.

Im vorliegenden Bauschadenbericht findet sich bereits eine Vielzahl an Beiträgen, die sich mit neuem Denken, neuen Herangehensweisen, innovativen Prozessen und Hilfsmitteln beschäftigen. Pilotprojekte in Deutschland und Österreich zeigen, wie erfolgreiche Umsetzung gelingt. Beiträge zu wegweisenden Hilfsmitteln, neuen Strategien und digitalen Konzepten sowie spannende Interviews mit Partnern aus Politik, Wissenschaft und Praxis zeigen Ihnen, wie sich nachhaltige Prozesse, Anlagen und Konstruktionen entwickeln und wie dabei Schadenprävention möglich ist. Und die zukunftsgerichteten Forschungsthemen unserer Partnerinstitutionen und -universitäten sowie der Wettbewerbspreisträger zeigen eindrucksvoll, wie außergewöhnlich und beeindruckend die Entwicklungen in der Baubranche voranschreiten!

Da zunehmend Beiträge und Partner aus dem Ausland die Bauschadenberichte mit ihren Erkenntnissen bereichern und die Berichte im Ausland Verbreitung finden, veröffentlichen wir erstmals einen Beitrag, den der AQC aus Frankreich, zweisprachig und hoffen, dass dies zu einer erweiterten Kommunikation über Landesgrenzen hinweg beiträgt.

Nach dem großen Interesse am Thema »Bauen neu denken«, das sich in der Fachkompetenz der Autoren, der Qualität der Beiträge und nicht zuletzt im neuen Rekord-Umfang des Buches widerspiegelt, wünschen wir uns, dass auch die Ergebnisse und Beiträge des diesjährigen Bauschadenberichts wegweisend für die Zukunft sind. Mögen Sie erneut zu Diskussion und Sensibilisierung anregen, mögen die Innovationen große Verbreitung in Lehre und Praxis finden und zu neuem Denken für eine zukunftsfähige Bauqualität beitragen.

Die Autoren



# 9 WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN UND SERVICE

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	E-Mail/Homepage
1.1	Felix Pakleppa Hauptgeschäftsführer	Zentralverband Deutsches Baugewerbe	Kronenstraße 55 – 58 10117 Berlin	<a href="http://www.zdb.de">www.zdb.de</a>
1.2	Tim-Oliver Müller Hauptgeschäftsführer	Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.	Kurfürstenstraße 129 10785 Berlin	<a href="http://www.bauindustrie.de">www.bauindustrie.de</a>
1.3	RA Martin Wittjen Geschäftsführer/ Syndikusrechtsanwalt	Bund Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure	Willdenowstraße 6 12203 Berlin	<a href="http://www.baumeister-online.de">www.baumeister-online.de</a>
1.4	Dr. Albrecht Franz	Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau IRB	Nobelstraße 12 70569 Stuttgart	<a href="http://www.irb.fraunhofer.de">www.irb.fraunhofer.de</a>
1.4	Melissa Köhler	Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau IRB	Nobelstraße 12 70569 Stuttgart	<a href="http://www.irb.fraunhofer.de">www.irb.fraunhofer.de</a>
1.5	Dipl.-Ing. Katrin Hupfer Vorsitzende	Betonerhaltung Nord e.V.	Semperstraße 24 22303 Hamburg	<a href="http://www.betonerhaltung-nord.de">www.betonerhaltung-nord.de</a>
2.1	Prof. Dr. jur. Günther Schalk Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht	TOPJUS Rechtsanwälte Kupferschmid & Partner mbB	Lenbachstraße 19–21 86529 Schrobenhausen	<a href="http://www.topjus.de">www.topjus.de</a>
2.2	Prof. Matthias Zöller	Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH	Theresienstraße 19 52072 Aachen	<a href="http://www.aibau.de">www.aibau.de</a>
2.3	Michael Hiss Geschäftsführer	Flughafen München Realisierungs- gesellschaft mbH	Nordallee 25 85356 München- Flughafen	<a href="http://www.munich-airport.de">www.munich-airport.de</a>
2.3	Dipl.-Kfm. Sascha Wiehager, CISA	BWI-Bau GmbH Institut der Bauwirtschaft	Uhlandstraße 56 40237 Düsseldorf	<a href="http://www.bwi-bau.de">www.bwi-bau.de</a>

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	E-Mail/Homepage
2.4	Christian Schattenhofer Vertriebsdirektor Vertriebsdirektion Bauwirtschaft	VHV Allgemeine Versicherung AG	Hanauer Straße 22 80992 München	<a href="http://www.vhv-bauexperten.de">www.vhv-bauexperten.de</a>
3.1	RA Michael Halstenberg Ministerialdirektor a. D.	Franßen & Nusser Rechtsanwälte PartGmbH	Hans-Böckler-Straße 1 40476 Düsseldorf	<a href="http://www.fn.legal/de">www.fn.legal/de</a>
3.1	Prof. Dietmar Walberg	Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.	Walkerdamm 17 24103 Kiel	<a href="http://www.arge-ev.de">www.arge-ev.de</a>
3.2	Dipl.-Ing. Stefan Horschler Architekt	Büro für Bauphysik	Podbielskistraße 288 30655 Hannover	<a href="http://www.BfB-Horschler.de">www.BfB-Horschler.de</a>
3.2	RA Elke Schmitz	Kanzlei Schmitz	Am Wall 137–139 28195 Bremen	<a href="http://www.schmitz-kanzlei.de">www.schmitz-kanzlei.de</a>
3.2	Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher	Ingenieurbüro für Wärmetechnik	Friedenstraße 17 10249 Berlin	<a href="http://www.oliversolcher.de">www.oliversolcher.de</a>
3.3	Dipl.-Ing. Carsten Grobe Architekt	Architektur- und TGA- Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus	Boulevard der EU 11 30539 Hannover	<a href="http://www.passivhaus.de">www.passivhaus.de</a>
3.4	Bertrand Chauvet Regionalvertreter	Agence Qualité Construction (AQC) Délégation régionale de Strasbourg	4, place Arnold 67000 Strasbourg France	<a href="http://www.qualiteconstruction.com">www.qualiteconstruction.com</a>
3.4	Samuel Daucé Projektleiter	Agence Qualité Construction (AQC)	11 bis Avenue Victor Hugo 75116 Paris France	<a href="http://www.qualiteconstruction.com">www.qualiteconstruction.com</a>
3.5	Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Jehl Produktmanager	ift Rosenheim GmbH	Theodor-Gietl-Straße 7–9 83026 Rosenheim	<a href="http://www.ift-rosenheim.de">www.ift-rosenheim.de</a>
6.1.1	Marc Matzken Architekt	heimspiel architekten	Kanalstraße 2 48147 Münster	<a href="http://www.heimspielarchitekten.de">www.heimspielarchitekten.de</a>
6.1.1	Prof. Dr.-Ing. Anja Rosen Architektin, DGNB-Auditorin, Sachverständige für Nachhaltiges Bauen (SHB)	C5 GmbH	Bült 13 48143 Münster	<a href="http://www.cfuenf.de">www.cfuenf.de</a>

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	E-Mail/Homepage
6.1.2	Dominik Campanella Geschäftsführer	Concular GmbH	Rollbergstraße 28a 12053 Berlin	<a href="http://www.concular.de">www.concular.de</a>
6.1.3	Dipl.-Ing. Nils Nolting Architekt	CITYFÖRSTER architecture + urbanism	Escherstraße 22 30159 Hannover	<a href="http://www.cityfoerster.net">www.cityfoerster.net</a>
6.1.4	Dr.-Ing. Jens Uwe Pott	Sustainable Precast Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.	Gerhard-Koch-Straße 2 + 4 Scharnhäuser Park 73760 Ostfildern	<a href="http://www.sustainable-precast.de">www.sustainable-precast.de</a>
6.1.5	Dr.rer.nat. André Stang Geschäftsführer	Sili-Tec GmbH	Sandweg 277a 26135 Oldenburg	<a href="http://www.sili-tec.de">www.sili-tec.de</a>
6.2.1	Johannes und Angelika Zeininge Architekten	© zeininge architekten	Stuckgasse 3 1070 Wien Austria	<a href="http://www.zeininge.at">www.zeininge.at</a>
6.2.2	Ohle Zyber Referent der Geschäftsführung	Verband der Immobilienverwalter Deutschland e. V.	Leipziger Platz 9 10117 Berlin	<a href="http://www.vdiv.de">www.vdiv.de</a>
6.2.3	Dipl.-Ing. (FH) Silvia Hofer Bereichsleiterin Liegenschaftsmanagement und Qualitätssicherung	wohnfonds_wien fonds für wohnbau und stadterneuerung	Lenaugasse 10 1082 Wien Austria	<a href="http://www.wohnfonds.wien.at">www.wohnfonds.wien.at</a>
6.2.3	Dipl.-Ing. Araminta Perlinger Projektleitung	wohnfonds_wien fonds für wohnbau und stadterneuerung	Lenaugasse 10 1082 Wien Austria	<a href="http://www.wohnfonds.wien.at">www.wohnfonds.wien.at</a>
6.2.3	Dipl.-Ing. Daniela Allmeier Stadtplanerin AKBW	Raumposition OG	Phorusgasse 2/28 1040 Wien Austria	<a href="http://www.raumposition.at">www.raumposition.at</a>
6.2.3	Dipl.-Ing. Ekaterina Winter	Raumposition OG	Phorusgasse 2/28 1040 Wien Austria	<a href="http://www.raumposition.at">www.raumposition.at</a>
6.2.4	Elke Maria Alberts Architektin	Büro für Soziale Architektur alberts. architekten BDA	Sennestadtring 15b 33689 Bielefeld- Sennestadt	<a href="http://www.alberts-architekten.de">www.alberts-architekten.de</a>
6.3.1	Sebastian Röber Teamleiter Netzentwicklung Projekte	Netze BW GmbH	Talstraße 117 70188 Stuttgart	<a href="http://www.netze-bw.de">www.netze-bw.de</a>
6.3.1	Jan Syré, Leiter Politik & Kommunikation	VST – Verband Sichere Transport- und Verteilnetze – KRITIS e. V.	Bernburger Straße 32 10963 Berlin	<a href="http://www.vst-kritis.de">www.vst-kritis.de</a>

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	E-Mail/Homepage
6.3.2	Burkhard Brämer Geschäftsführender Gesellschafter	bauass Versicherungslösungen für die Bauwirtschaft	Brandstwierte 4 20457 Hamburg	<a href="http://www.bauass.com">www.bauass.com</a>
6.3.2	Mario Ferrero-Fernandez Geschäftsführender Gesellschafter	bauass Versicherungslösungen für die Bauwirtschaft	Niederlassung Hannover: Aegidientorplatz 2b 30159 Hannover	<a href="http://www.bauass.com">www.bauass.com</a>
6.3.3	Dipl.-Ing. Hermann Wulke Leiter Bauleistung/Montage	VHV Allgemeine Versicherung AG	Constantinstraße 90 30177 Hannover	<a href="http://www.vhv.de">www.vhv.de</a>
6.3.4	Dr.-Ing. Sebastian Schulze Geschäftsführender Gesellschafter	Bauray GmbH	Amtsstraße 12 22143 Hamburg	<a href="http://www.bauray.de">www.bauray.de</a>
7.1.2	Marianne Bügelmayer- Blaschek PhD. Senior Scientist	AIT Austrian Institute of Technology GmbH	Giefinggasse 4 1210 Wien Austria	<a href="http://www.ait.ac.at">www.ait.ac.at</a>
7.1.2	Dr. Tanja Tötzer Senior Expert Advisor und Thematic Coordinator	AIT Austrian Institute of Technology GmbH	Giefinggasse 4 1210 Wien Austria	<a href="http://www.ait.ac.at">www.ait.ac.at</a>
7.1.3	Prof. Dr. Stephanie Fiedler Direktorin IUP	Institut für Umweltphysik (IUP) Universität Heidelberg	Im Neuenheimer Feld 229 69120 Heidelberg	<a href="http://www.iup.uni-heidelberg.de">www.iup.uni-heidelberg.de</a>
7.2.1	Dipl.-Kfm. Sascha Wiehager, CISA	BWI-Bau GmbH Institut der Bauwirtschaft	Uhlandstraße 56 40237 Düsseldorf	<a href="http://www.bwi-bau.de">www.bwi-bau.de</a>
7.2.2		Conova <sup>24</sup> GmbH	Adelheidstraße 24 30171 Hannover	<a href="http://www.conova24.de">www.conova24.de</a>
7.2.3	Prof. Oliver Fritz	Hochschule Konstanz (HTWG) Fakultät Architektur, Fakultät Bauingenieurwesen	Alfred-Wachtel-Straße 8 78462 Konstanz	<a href="http://www.htwg-konstanz.de">www.htwg-konstanz.de</a>
7.2.3	Prof. Dr.-Ing. Alexander Michalski	Hochschule Konstanz (HTWG) Fakultät Architektur, Fakultät Bauingenieurwesen	Alfred-Wachtel-Straße 8 78462 Konstanz	<a href="http://www.htwg-konstanz.de">www.htwg-konstanz.de</a>
7.2.4	Lukas Wike Leiter Business Development	bracketlab GmbH	Fürst-Pückler-Straße 16 50935 Köln	<a href="http://www.bracketlab.de">www.bracketlab.de</a>
7.2.5	Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus	Leibniz Universität Hannover Institut für Geotechnik	Appelstraße 9a 30167 Hannover	<a href="http://www.igth.uni-hannover.de">www.igth.uni-hannover.de</a>

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	E-Mail/Homepage
7.2.6	Dipl.-Ing. Konstantin Krahtov Geschäftsführer	Open Experience GmbH	Amalienstraße 1 76133 Karlsruhe	<a href="http://www.openexperience.de">www.openexperience.de</a>
7.3.2	Felix Klenner Biologe/Projektleiter	D.O.M.E.	Heuseige 12 89081 Ulm	<a href="http://www.linkedin.com/in/felix-d-klenner-1779a61ab/">www.linkedin.com/in/felix-d-klenner-1779a61ab/</a>
7.3.3	M.Sc. Anna Pape Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Freiberuflich im Bereich Architektur und Städtebau	Leibniz Universität Hannover	Herrenhäuser Straße 8 30419 Hannover	<a href="http://www.linkedin.com/in/anna-pape-398122145/">www.linkedin.com/in/anna-pape-398122145/</a>
7.3.4	Dipl.-Ing. Sven F. Andres Leiter Projektentwicklung	Hochschule Hannover Forschungszentrum Energie – Mobilität – Prozesse	Ricklinger Stadtweg 120 30459 Hannover	<a href="http://www.hs-hannover.de">www.hs-hannover.de</a>
7.3.4	Prof. Dr.-Ing. Ulrich Lüdersen	Hochschule Hannover Forschungszentrum Energie – Mobilität – Prozesse	Ricklinger Stadtweg 120 30459 Hannover	<a href="http://www.hs-hannover.de">www.hs-hannover.de</a>
7.3.5	Edina Selimovic Bauingenieurin	TUM – Technische Universität München	Arcisstraße 21 80333 München	<a href="http://www.tum.de">www.tum.de</a>



# 10 DANK

Hier ist er, der mittlerweile fünfte VHV-Bauschadenbericht, diesmal zu dem hochaktuellen Hochbau-Thema »Bauen neu denken«. Ein echtes Themen-Schwergewicht, wie man unschwer am Umfang des Buches erkennen kann. Auf den mehr als 400 Seiten ist es wieder gelungen, aktuelle Branchenthemen und Ergebnisse aus einem Jahr Forschung, interdisziplinärer Zusammenarbeit und intensiver Netzwerkarbeit zu vereinen. Damit können wir Ihnen erneut ein interessantes Kommunikationswerkzeug in die Hand geben und hoffen auf dessen Akzeptanz, Verbreitung und Anwendung in der Praxis und Ausbildung.

Sie wissen, ohne die Mitarbeit und Unterstützung zahlreicher Beteiligter wäre auch dieser Bauschadenbericht nicht möglich gewesen.

So gilt unser erster Dank auch dieses Mal der VHV Allgemeine Versicherung AG in Hannover für die finanzielle Unterstützung, die Bereitstellung des umfangreichen Datenmaterials, die fachliche Unterstützung und nicht zuletzt für das Vertrauen bei der Erstellung des jährlichen Berichts. Ohne dieses besondere Engagement wäre ein solches Werk auch für uns nicht umzusetzen. Wir danken dem Fraunhofer IRB Verlag für die gute Zusammenarbeit und die Möglichkeit, die Ergebnisse allen an Planung und Bau Beteiligten bzw. Interessierten präsentieren zu können.

Ein weiterer Dank gilt dem Kreis von Partnern, der uns Autoren mit Fachkompetenz, Ideen und konstruktiver Kritik sowie mit einem Netzwerk an Kontakten unterstützt hat. Hier seien besonders die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der VHV Allgemeine Versicherung AG, der TOPJUS Rechtsanwälte Kupferschmid & Partner mbB, des Niedersächsischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung, des Instituts für Bauwirtschaft, des Austrian Institute of Technology in Wien und der Agence Qualité Construction in Paris erwähnt.

Wir danken den hochrangigen Persönlichkeiten, die mit Impulsen und Grußworten einen hervorragenden thematischen Einstieg in unser Thema »Bauen neu denken« gegeben haben:

- Olaf Lies, Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung
- Boris Schade-Bünsow, Chefredakteur Bauwelt
- Prof. Jörg Probst, Hochschule Bochum, Geschäftsführer Menschen und Unternehmen GmbH und
- Dr. Sebastian Reddemann, Sprecher des Vorstands, VHV Allgemeine Versicherung AG.

Und unser finaler Dank gilt wieder den zahlreichen Autoren, die mit hochinteressanten Fachbeiträgen, vor allem in den Kapiteln 2, 6 und 7, den Bauschadenbericht zu dem hochaktuellen, praxisorientierten und informativen Werk werden lassen, das vor Ihnen liegt:

- Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik, Aachen
- Agence Qualité Construction (AQC) Délégation régionale de Strasbourg, Strasbourg, France
- Agence Qualité Construction (AQC), Paris, France
- AIT Austrian Institute of Technology, Wien, Austria
- alberts.architekten BDA, Büro für Soziale Architektur, Bielefeld
- Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Kiel
- Architektur- und TGA-Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus, Hannover
- bauass, Hamburg
- Bauray GmbH, Hamburg
- Betonerhaltung Nord e.V., Hamburg
- bracketlab GmbH, Köln
- Bund Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure, Berlin
- Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V., Ostfildern
- Büro für Bauphysik, Hannover
- BWI-Bau GmbH Institut der Bauwirtschaft, Düsseldorf
- C5 GmbH, Münster
- CITYFÖRSTER architecture + urbanism, Hannover
- Concular GmbH, Berlin
- Conova<sup>24</sup> GmbH, Hannover
- D. O. M. E.-Projekt, Ulm
- Flughafen München Realisierungsgesellschaft mbH, München
- Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart
- Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Berlin

- heimspiel architekten, Münster
- Hochschule Hannover, Forschungszentrum Energie – Mobilität – Prozesse, Hannover
- Hochschule Konstanz (HTWG), Fakultät Architektur, Fakultät Bauingenieurwesen, Konstanz
- ift Rosenheim GmbH, Rosenheim
- Ingenieurbüro für Wärmetechnik, Berlin
- Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, Heidelberg
- Leibniz Universität Hannover, Institut für Baustoffe, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, Hannover
- Netze BW GmbH, Stuttgart
- Open Experience GmbH, Karlsruhe
- RAUMPOSITION OG, Wien, Austria
- Rechtsanwalt Michael Halstenberg, Ministerialdirektor a.D., Düsseldorf
- Sili-Tec GmbH, Oldenburg
- TOPJUS Rechtsanwälte Kupferschmid & Partner mbB, Schrobenhausen
- TUM – Technische Universität München, München
- Verband Beratender Ingenieure VBI, Berlin
- Verband der Immobilienverwalter Deutschland e.V., Berlin
- VST - Verband Sichere Transport- und Verteilnetze – KRITIS e.V., Berlin
- wohnfonds\_wien fonds für wohnbau und stadterneuerung, Wien, Austria
- © zeininger architekten, Wien, Austria
- Zentralverband des Deutschen Baugewerbes, Berlin

Abschließend danken wir allen Beteiligten und Unterstützern für die Möglichkeit, ihr Wissen und ihre Erfahrungen im Bauschadenbericht veröffentlichen und damit mit einer großen Anzahl an Planungs- und Baubeteiligten, Auszubildenden und Studierenden teilen zu dürfen!

Die Autoren  
Institut für Bauforschung e.V.

## Abbildungsverzeichnis

### Vorworte

- Seite 3,** Minister Olaf Lies [Foto: Henning Scheffens]  
**Seite 5,** Boris Schade-Bünsow [Foto: Jasmin Schuller]  
**Seite 9,** Dr. Sebastian Reddemann [Foto: VHV Allgemeine Versicherung AG]

### Einleitung

#### 1 Bauen aktuell – Die Transformation einer Branche

- Seite 20,** Felix Pakleppa [Foto: Anne Hufnagl]  
**Seite 23,** Tim-Oliver Müller  
**Seite 26,** RA Martin Wittjen  
**Seite 27,** Abb. 01: Label »BAUWEISTERlich4.0 – digital\_integral\_nachhaltig« [Quelle: BDB]  
**Seite 28,** Abb. 02: Die 5 BDB Nachhaltigkeitsbausteine – BDB 5NB [Quelle: BDB]  
**Seite 30,** Melissa Köhler/Dr. Albrecht Franz  
**Seite 34,** Katrin Hupfer [Foto: Elfriede Liebenow Fotografie]

#### 2 Neue (Rechts-)Sicherheit

- Seite 40,** Prof. Dr. jur. Günther Schalk  
**Seite 46,** Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöllner  
**Seite 50,** Michael Hiss  
**Seite 53,** Christian Schattenhofner

#### 3 Anforderungen, Regeln, Konstruktionen und Anlagen neu denken

- Seite 60,** RA Michael Halstenberg/Prof. Dietmar Walberg  
**Seite 68,** Stefan Horschler, Oliver Solcher, Elke Schmitz  
**Seite 69,** Abb. 01: Anlass für Streitigkeiten: Baulicher Mangel oder falsches Nutzerverhalten? [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 69,** Abb. 02: Titelblätter mit Nennung der beteiligten Verbände und Unterstützer [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 70,** Abb. 03: Übersicht zu den bauordnungsrechtlichen Zusammenhängen [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 71,** Abb. 04: Luftvolumenströme bei einem Fenster mit sogenannter Kipplüftung und Veränderung des Schalldämmmaßes. Bei einer vollständigen Öffnung des Fensters ergibt sich bei einem Kelvin Temperaturunterschied zwischen innen und außen ein Gesamtvolumenstrom von 183 m³/h [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 72,** Abb. 05: Energetische Effekte unter Berücksichtigung standardisierter Rechenrandbedingungen der DIN V 18599 [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 73,** Abb. 06: CO<sub>2</sub>-Emissionen und deren Folgen (Datenbasis lieferten unterschiedliche Quellen) [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 74,** Abb. 07: Auffeuchtung der Innenluft durch Neubaufeuchte [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 74,** Abb. 08: Auffeuchtung durch die Nutzung: Wäschetrocknen, Pflanzen usw. [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 75,** Abb. 09: Grundriss mit fensterlosem Badezimmer (rechter Ausschnitt) und Badezimmer mit Fenster [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 75,** Abb. 10: Luftvolumenströme differenziert nach dem jeweiligen Betriebsfall gemäß Bauaufsichtlicher Richtlinie [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 76,** Abb. 11: Die niedrigsten Oberflächentemperaturen ergeben sich oftmals in den Raumecken. In Abhängigkeit vom Dämmstandard liegt im energetisch nicht modernisierten Fall (linke Abbildung) eine Oberflächentemperatur von  $\theta_{sa} = 6,7\text{ °C}$ ; im energetisch modernisierten Fall (rechte Abbildung) indes eine Oberflächentemperatur von  $\theta_{sa} = 13,7\text{ °C}$ . [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 77,** Abb. 12: Vorhandene Volumenströme in Abhängigkeit von der Fensterstellung nach DIN/TS 4108-8, gegenübergestellt den aus den minimalen Oberflächentemperaturen ermittelten erforderlichen Volumenströmen zur Vermeidung von Schimmel [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 78,** Abb. 13: Undichtheiten sind ungeeignet, bestimmungsgemäß in den Räumen Feuchtigkeit abzuführen [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 79,** Abb. 14: Fatale Schädigungen infolge von konvektivem Feuchteeintrag über Undichtheiten in eine Holzkonstruktion [Foto: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 80,** Abb. 15: Entscheidungsmatrix für Planer zur Auswahl und Diskussion möglicher Lüftungssysteme – ausführliche Beschreibungen finden sich in der Lüftungsstudie [Quelle: Studie zum Lüften im Wohnungsbau]  
**Seite 84,** Abb. 01: Fertiggestellte Indach-PV-Anlage auf der Grundschule Gronau (Plusenergie-Neubau, Fertigstellung 04/2012) [Foto: Marvin Rust, rust media solutions]  
**Seite 84,** Carsten Grobe  
**Seite 87,** Abb. 02: Luftbild Dänischer Pavillon mit PVT-Anlage [Foto: Architektur- und TGA-Planungsbüro Grobe]  
**Seite 88,** Abb. 03: Hydraulische Anbindung der Wärmeübertragungsfelder (Wartungsgang wird durch PV-Modul verdeckt) [Foto: nD-System GmbH]

- Seite 90,** Bertrand Chauvet, Samuel Daucé  
**Seite 92,** Abb. 01: Um die Entfernung zwischen der Wärmepumpe und der Außeneinheit zu begrenzen, wurde der Technikraum an einem anderen Ort als ursprünglich geplant untergebracht. Der neu gewählte Raum ist kleiner und erfordert daher, dass die Anlagenkomponenten stark verdichtet eingebaut werden. Es ist eine Trittleiter erforderlich, um Anlagenteile auf der Rückseite der Wärmepumpe zu erreichen. [Foto: AQC]  
**Seite 93,** Abb. 02: Unvollständige Dämmung des Leitungssystems [Foto: AQC]  
**Seite 94,** Abb. 03: Bei einer vertikalen Wasser-Wasser-Geothermieanlage ohne durchgehende Wärmedämmung des »kalten« Wasserkreislaufs (in dem Grundwasser mit einer Temperatur von ca. 13 °C zirkuliert) bildet sich vor der Wärmepumpe Kondenswasser, was zu Korrosionsproblemen führt. [Foto: AQC]  
**Seite 97,** Bertrand Chauvet, Samuel Daucé  
**Seite 99,** Illustration 1: Pour limiter les distances entre l'unité intérieure et la source extérieure, le local technique est implanté à un autre endroit que celui initialement prévu. Le nouvel espace retenu est plus petit et contraint l'installateur à densifier fortement les équipements. Il est nécessaire d'utiliser un escabeau pour enjamber la PAC et accéder aux éléments à l'arrière. [©AQC]  
**Seite 100,** Illustration 2: Isolation incomplète du réseau frigorifique [©AQC]  
**Seite 101,** Illustration 3: Dans le cas d'une installation géothermique verticale eau-eau sans isolation continue du circuit hydraulique »froid« (où circule de l'eau en provenance de la nappe à environ 13 °C) en amont de la PAC, de la condensation se forme, ce qui engendre des problèmes de corrosion. [©AQC]  
**Seite 104,** Abb. 01: Beispiele von Vorab-Montageargen für verschiedene Einbausituationen und Außenwandkonstruktionen [Quelle: Gütegemeinschaft Fenster, Fassaden und Haustüren e.V.]  
**Seite 104,** Wolfgang Jehl  
**Seite 105,** Abb. 02: Einbausituation mit Vorab-Montagezarge mit Darstellung der Luftdichtheitsebene (1), des Funktionsbereiches (2) und der Wetterschutzebene (3)  
**4 Aktuelle Schadenanalyse**  
**Seite 110,** Abb. 01: Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 111,** Abb. 02: Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2013 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 112,** Abb. 03: Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle 2013 bis 2022 mit einer Prognose der Entwicklung bis zum Jahr 2027 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 113,** Abb. 04: Der Zeitraum zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung, Meldejahre 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 114,** Abb. 05: Die durchschnittliche Anzahl der Monate zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung bei abgeschlossenen und noch offenen Schadenfällen [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 115,** Abb. 06: Das Verhältnis der abgeschlossenen zu den noch offenen Schadenfällen, Meldejahre 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 116,** Abb. 07: Der Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle pro Jahr, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 117,** Abb. 08: Der Aufwand für die abgeschlossenen Schadenfälle, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 118,** Abb. 09: Der Aufwand für Schadenfälle in Bearbeitung, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 119,** Abb. 10: Der durchschnittliche Aufwand je Schadenfall pro Jahr, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 120,** Abb. 11: Die prozentuale Zusammensetzung der Aufwandskosten aller gemeldeten Schadenfälle, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 121,** Abb. 12: Die Aufschlüsselung der durchschnittlichen Einzelkosten je Schadenfall pro Jahr, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 122,** Abb. 13: Die festgestellten Schadenarten, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 124,** Abb. 14: Die häufigsten festgestellten Schadenarten, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 126,** Abb. 15: Die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Aufwendungen je Schadenart, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 128,** Abb. 16: Rückstellung, Regulierungskosten und Zahlung je Schadenart, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 130,** Abb. 17: Die Entwicklung der Regulierungskosten je Schadenart, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 132,** Abb. 18: Die Entwicklung der Zahlungen je Schadenart, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 133,** Abb. 19: Die festgestellten Schadenbilder, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 136,** Abb. 20: Die festgestellten Schadenursachen, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 138,** Abb. 21: Die häufigsten festgestellten Schadenursachen, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 139,** Abb. 22: Festgestellte Schadenstellen, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

- Seite 141**, Abb. 23: Die häufigsten festgestellten Schadenstellen, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
- Seite 143**, Abb. 24: Die Entwicklung der häufigsten Schadenarten, 2013 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
- Seite 144**, Abb. 25: Die Entwicklung der Schadenkosten, 2013 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
- Seite 149**, Abb. 26: Der Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle pro Jahr, 2013 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
- Seite 150**, Abb. 27: Die Zahlungen für abgeschlossene Schadenfälle pro Jahr, 2013 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
- Seite 152**, Abb. 28: Die Fehlerkostenanteile und tatsächlichen Schadenbeseitigungskosten pro Jahr, 2018 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

## 5 Schadenbeispiele

- Seite 156**, Abb. 01: Das Einfamilienhaus im unsanierten Zustand
- Seite 156**, Abb. 02: Bestehende Heizungsanlage mit Konstanttemperaturkessel
- Seite 158**, Abb. 03: Bestehender Heizkörper (Gussradiator)
- Seite 163**, Abb. 01: Kelleraußenwand mit Wasserablaufspuren unterhalb einer Wanddurchdringung
- Seite 164**, Abb. 02: Durchfeuchtung am Fußpunkt einer Kellerinnenwand
- Seite 164**, Abb. 03: wie Abb. 02
- Seite 166**, Abb. 04: Bohrung im Fußbodenaufbau für Probenahme
- Seite 166**, Abb. 05: Trocknungsanlage in einem Kellerraum
- Seite 167**, Abb. 06: wie Abb. 05
- Seite 167**, Abb. 07: Kellerwand mit Wasserrändern und Salzausblühungen
- Seite 168**, Abb. 08: Kellerwand mit Messpunkten für die Feuchtemessung
- Seite 171**, Abb. 01: Neu eingebautes Fenster mit Dreifachverglasung
- Seite 172**, Abb. 02: Innenfläche einer Außenwand mit Schimmelpilzbefall
- Seite 172**, Abb. 03: wie Abb. 02
- Seite 173**, Abb. 04: wie Abb. 02
- Seite 174**, Abb. 05: Datenlogger in einem der Kinderzimmer
- Seite 178**, Abb. 01: Teil der PV-Anlage auf dem Hauptdach
- Seite 178**, Abb. 02: PV-Anlage auf einem Nebendach
- Seite 179**, Abb. 03: PV-Anlage auf dem Garagendach
- Seite 179**, Abb. 04: Verschattete PV-Module
- Seite 180**, Abb. 05: wie Abb. 04
- Seite 183**, Abb. 01: Blick auf den Rohbau mit verfüllter Baugrube und teilweise sichtbarer Perimeterdämmung
- Seite 184**, Abb. 02: Punktweise verklebte Perimeterdämmung
- Seite 184**, Abb. 03: Punktweise verklebte und von der Kelleraußenwand abgelöste Perimeterdämmung
- Seite 185**, Abb. 04: Vollflächig aufgebrachte Klebermasse auf der Kelleraußenwand
- Seite 186**, Abb. 05: Ansetzen einer rückseitig mit Klebermasse versehenen Dämmplatte
- Seite 186**, Abb. 06: Neu hergestellte, vollflächige Verklebung der Perimeterdämmung

## 6 Neue und alte Qualitäten (wieder-)erkennen

- Seite 194**, Prof. Dr.-Ing. Anja Rosen / Marc Matzken
- Seite 200**, Dominik Campanella
- Seite 202**, Abb. 01: Erst ein geschlossener Kreislauf, der alle am Bau Beteiligten einschließt, ermöglicht echte Kreislaufwirtschaft. [Grafik: Concular GmbH]
- Seite 208**, Abb. 02: Darstellung der Ergänzung einer Gebäudeversicherung um die RCMI [Grafik: Concular GmbH]
- Seite 210**, Abb. 03: Ablauf eines Circular Assessments [Grafik: Concular GmbH]
- Seite 210**, Abb. 04: Für den nahtlosen Aus- und Wiedereinbau sind Glastrennwände besonders geeignet. [Foto: Urselmann Interior, Düsseldorf]
- Seite 212**, Dipl.-Ing. Nils Nolting
- Seite 213**, Abb. 01: Grundrisse EG und 1. OG [Grafik: © Cityförster]
- Seite 215**, Abb. 02: Fassade aus gebrauchten Bauteilen [Foto: © Olaf Mahlstedt]
- Seite 216**, Abb. 03: Innenausbau mit gebrauchten Messebaumaterialien [Foto: © Olaf Mahlstedt]
- Seite 217**, Abb. 04: Innenwände aus Abbruchziegeln [Foto: © Olaf Mahlstedt]
- Seite 217**, Abb. 05: Wand aus historischen Eichenholzbalken, Treppenkonstruktion aus gebrauchten Stahlteilen [Foto: © Olaf Mahlstedt]
- Seite 219**, Abb. 06: Kronkorkmosaik und gebrauchte Badobjekte [Foto: © Olaf Mahlstedt]
- Seite 220**, Abb. 07: Terrazzo »Opus Signium« aus Nebenprodukten der Dachziegelherstellung [Foto: © Olaf Mahlstedt]
- Seite 221**, Abb. 08: Detailschnitt [Grafik: © Cityförster]
- Seite 227**, Abb. 01: Die von den Vereinten Nationen definierten 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung [Grafik: <https://17ziele.de/downloads.html>, abgerufen am: 21.02.2024]
- Seite 227**, Dr.-Ing. Jens Uwe Pott
- Seite 230**, Abb. 02: Muster eines Sustainable Precast-Gütezeichens in der Kategorie Betonbauteile [Grafik: Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.]
- Seite 231**, Abb. 03: Module und Themenfelder, die für Zertifizierungen in den verschiedenen Kategorien relevant sind [Grafik: Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.]

- Seite 233**, Mark Föger
- Seite 233**, Dr. André Stang
- Seite 235**, Abb. 01: Biomacon Pyrolyseanlage [Foto: Zindel United]
- Seite 237**, Abb. 02: Betonfertigteile der Firma Wilhelm Siemens GmbH u. Co. KG, das durch den Einsatz von Karbonisat CO<sub>2</sub>-negativ ist [Foto: Wilhelm Siemens GmbH u. Co. KG – Betonfertigteilewerk]
- Seite 238**, Abb. 03: Asphalt mit Zusatz von Pflanzenkohle in der St.-Alban-Vorstadt in Basel (Schweiz) [Foto: Baunetzwerk.biz]
- Seite 240**, Johannes und Angelika Zeiningner
- Seite 242**, Abb. 01: Der Smart Block in der Wiener Geblergasse [Foto: Kurt Hoerbst]
- Seite 244**, Abb. 02: Haustechnikzentrale im Bestandskeller [Foto: Kurt Hoerbst]
- Seite 247**, Abb. 03: Die Druckerei Jentzsch in Wien [Foto: Kurt Hoerbst]
- Seite 250**, Abb. 04: Verlegung der Bauteilaktivierung im Rohbau [Foto: © zeiningner architekten]
- Seite 251**, Abb. 05: SULM11 Ergänzungsbebauung im dichten Baublock [Foto: Kurt Hoerbst]
- Seite 253**, Ohle Zyber
- Seite 254**, Abb. 01: Umfrageergebnisse aus dem 11. VDIV-Branchenbarometer 2023 [Grafik: VDIV]
- Seite 254**, Abb. 02: VDIV-Blitzumfrage 2023 zum Thema energetische Sanierung [Grafik: VDIV]
- Seite 258**, Dipl.-Ing. (FH) Silvia Hofer
- Seite 258**, Dipl.-Ing. Araminta Perlinger
- Seite 259**, Dipl.-Ing. Daniela Allmeier
- Seite 259**, Dipl.-Ing. Ekaterina Winter
- Seite 262**, Abb. 01: Rothneusiedl Charta [Grafik: Raumposition OG/MA 21]
- Seite 264**, Abb. 02: Infowochenende am Zukunftshof, Rothneusiedl im September 2023: Bei mehreren Veranstaltungen gab es für die interessierte Bürgerschaft die Möglichkeit, sich aktiv in den Planungsprozess einzubringen. [Foto: C. Fürthner/MA21]
- Seite 265**, Abb. 03: Infoausstellung am Zukunftshof im Oktober 2023: Die Bürger wurden auch nach ihrer Einschätzung der einzelnen Projekte gefragt. [Foto: C. Fürthner/MA21]
- Seite 265**, Abb. 04: Auftaktkolloquium, Rothneusiedl im September 2024: Im Rahmen von dialogischen Formaten kommen alle Projektbeteiligten zusammen und entwickeln die Planungsansätze weiter. [Foto: C. Fürthner/MA21]
- Seite 266**, Abb. 05: Siegerentwurf: Lageplan [Quelle: O&O Baukunst, cappatistaubach urbane landschaften]
- Seite 267**, Abb. 06: Visualisierung: Blick in den grünen Innenhof [Quelle: O&O Baukunst, cappatistaubach urbane landschaften]
- Seite 267**, Abb. 07: Visualisierung: Blick in Richtung Feldpark [Quelle: O&O Baukunst, cappatistaubach urbane landschaften]
- Seite 270**, Abb. 01: Quartier Sennestadt heute [Foto: Peter Wehowsky]
- Seite 275**, Abb. 02: Energetische Sanierung des Musterhauses [Foto: IFB]
- Seite 277**, Abb. 03: Erweiterung des Quartiers Sennestadt: Klimaschutzsiedlung [Foto: Peter Wehowsky]
- Seite 278**, Jan Syré / Sebastian Röber
- Seite 280**, Abb. 02: Mithilfe eines Brückenuntersichtgeräts wurden die Gasleitungen (2x DN 400) auf ihren Zustand geprüft. Hierfür wurde die Blechverkleidung an mehreren Stellen demontiert. Im Zuge dieser Prüfung konnten die Auflager und Rohrteile einer Sichtprüfung unterzogen werden. [Foto: Netze BW GmbH]
- Seite 285**, Burkhard Brämer
- Seite 287**, Abb. 01: Brückenbaustelle der Rhein-Brücke Duisburg-Neuenkamp [Foto: Udo Görisch, Take it Media]
- Seite 289**, Abb. 02: Brückenbaustelle der Rhein-Brücke Duisburg-Neuenkamp [Foto: Udo Görisch, Take it Media]
- Seite 291**, Dr.-Ing. Sebastian Schulze
- Seite 292**, Abb. 01: Grafische Darstellung der Betondeckung an einer Sohle in Form einer »Heatmap« mit Farbschema zum Nachweis von Bereichen zu geringer und zu hoher Betondeckung [Grafik: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]
- Seite 293**, Abb. 02: Durchführung einer Betondeckungsmessung auf einem Parkdeck, statistische Bewertung und Ermittlung einer Mindestbetondeckung  $c_{min,stat}$  [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]
- Seite 293**, Abb. 03: Visualisierung von Mattenbewehrung (links, Tiefenschnitt) und Einzelstäben in Beton (rechts, Querschnitt durch das untersuchte Bauteil) per Radar [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]
- Seite 294**, Abb. 04: Messfeld und ausgewertete Radarmessdaten zur Ortung von Warmwasserschläuchen aus Kunststoff in Beton (Betonkerntemperierung, BKT) [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]
- Seite 294**, Abb. 05: Untersuchungsaufbau und Röntgenbild einer hochbelasteten Elementwand für das Anlegen von Kernbohrungen ohne Bewehrungstreffer und Fehlböhrungen: Erkennbar sind Bewehrungsstäbe, A-Böcke der Fertigtischschalen sowie Abstandhalter (Kunststoffränder). [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]
- Seite 294**, Abb. 06: Untersuchung einer denkmalgeschützten Eisenbetondecke per Radiographie: Messaufbau [Foto: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]
- Seite 295**, Abb. 06 Fortsetzung: Untersuchung einer denkmalgeschützten Eisenbetondecke per Radiographie: Röntgenbilder der Lage des Glatteisens/Glatstahls mit Endaufbohrung zur Verankerung im Beton [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]

- Seite 295**, Abb. 07: Potentialfeldmessung an einem Wandschalter, Potentialkarte zur Abgrenzung von Bereichen hoher (rot-orange) und geringer Wahrscheinlichkeit aktiver Korrosion (grau) [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]
- Seite 296**, Abb. 08: Identifikation minimaler Abrostungserscheinungen an einer Stütze (erfolgreiche Machbarkeitsstudie) [Quelle: Ingenieurbüro Raupach Bruns Wolff, Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]
- Seite 296**, Abb. 09: Visualisierung korrosionsbedingter Sprengrisse an Stützen per Radiographie [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]
- Seite 297**, Abb. 10: Untersuchung von Elementwänden auf Verdichtungsmängel im Kernbeton: per Ultraschall (im »umgedrehten Schüttkegel« unterhalb des mit roter Folie abgeklebten Einbauteils für Lüftung/Haustechnik); statt: Endoskopien im mangelhaft verfüllten Bereich (mittleres Bild unten) und im angrenzenden mangelfrei verfüllten Bereich (äußere Bilder unten) [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]
- Seite 298**, Abb. 11: Ultraschall-Nachweis des fehlerfrei verfüllten Kernbereichs einer Wand, die oberflächennah massive Verdichtungsmängel/Lunker aufweist; unten: Rekonstruktion mithilfe von Ultraschall eines angrenzenden horizontalen Wandquerschnitts mit Visualisierung der aufgehenden Bewehrung und der Wandrückseiten [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH/hupfer ingenieure]
- Seite 299**, Abb. 12: Visualisierung der Wendel- und Vertikalbewehrung in einer Rundstütze per Radiographie (Röntgen) [Quelle: Dr.-Ing. Sebastian Schulze, bauray GmbH]
- 7 Auf dem Weg in die Zukunft – Neue Themen, Risiken und Chancen**
- Seite 305**, Abb. 01: Entwicklung der Elementarschäden 2002 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
- Seite 306**, Abb. 02: Anzahl der Sturmschäden von 2002 bis 2022 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
- Seite 310**, Dr. Tanja Tötzer
- Seite 310**, Dr. Marianne Bügelmayr-Blaschek
- Seite 313**, Abb. 01: Schematische Darstellung der relevanten Komponenten zur Erfassung des physikalischen Klimarisikos [Grafik: AIT]
- Seite 315**, Abb. 02: Entwicklung der Zahl der Tropennächte in unterschiedlichen Szenarien (RCP 2.6-RCP8.5) [Grafik: AIT, Daten: OKS15]
- Seite 316**, Abb. 03: Klimainformationen auf unterschiedlichen Skalenebenen [Grafik: AIT]
- Seite 317**, Abb. 04: Reduktion der Fassadentemperatur mit unterschiedlichen Begrünungssystemen [Grafik: AIT]
- Seite 318**, Abb. 05: Fassadentemperatur außen (links) und innen (rechts) ohne Begrünung (schwarze Linie), mit Rankpflanzen (hellgrüne Linie) und mit einer dichten wandgebundenen Begrünung mit Substrat (dunkelgrüne Linie) [Grafik: AIT]
- Seite 318**, Abb. 06: Reduktion der Innenraumtemperatur durch Verschattungsmaßnahmen wie Außenjalousien [Grafik: AIT]
- Seite 319**, Abb. 07: User-Interface parametrisches Modell [Grafik: AIT]
- Seite 320**, Abb. 08: Digitale Tools des City Intelligence Labs (CIL) am AIT [Quelle: AIT]
- Seite 322**, Prof. Dr. Stephanie Fiedler [Foto: J. Haacks (CAU)]
- Seite 329**, Sascha Wiehager
- Seite 335**, Abb. 01: Zusammenhang Green Deal und unternehmerische Nachhaltigkeitsstrategie [Grafik: S. Wiehager]
- Seite 339**, Abb. 01: Überblick in Echtzeit: Die Baustellencard-Software ermöglicht die umfassende Überprüfung der anwesenden Firmen und Mitarbeiter auf dem Tablet. [Foto: Conova24]
- Seite 340**, Abb. 02: Modernes Zugangsmanagement: Die Absicherung des Baufelds erfolgt durch ein Drehkreuz, das durch die Baustellencard aktiviert wird. [Foto: Conova24]
- Seite 341**, Abb. 03: Gewährleistung der Zutrittskontrolle: Mitarbeiter prüfen die Zutrittsberechtigungen auf der Baustelle, unterstützt durch die Baustellencard-Anwendung. [Foto: Conova24]
- Seite 343**, Prof. Oliver Fritz
- Seite 343**, Prof. Stefan Krötisch
- Seite 343**, Prof. Dr.-Ing. Alexander Michalski
- Seite 344**, Abb. 01: Research Prototype 0.24 ARISE auf der Fachmesse digitalBAU 2024 [Foto: HTWG Konstanz]
- Seite 346**, Abb. 02: Messekonzept: Darstellung von Forschungsprojekten zur Digitalisierung und Automatisierung der Planung und Fertigung [Foto: HTWG Konstanz]
- Seite 348**, Abb. 03: digitalBAU 2024: ARISE Messestand als Forschungsdemonstrator [Foto: HTWG Konstanz]
- Seite 350**, Lukas Wike
- Seite 352**, Abb. 01: Künstliche Intelligenz (KI) hat vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. [Quelle: bracketlab GmbH]
- Seite 354**, Abb. 02: Administrative Aufgaben durch KI erleichtern [Quelle: bracketlab GmbH]
- Seite 355**, Abb. 03: Prozess für den Start der Nutzung von KI im eigenen Unternehmen [Grafik: bracketlab GmbH]
- Seite 358**, Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus
- Seite 359**, Abb. 01: Baugerät als Erschütterungsquelle für benachbarte Gebäude [Grafik: Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus]

- Seite 361**, Abb. 02: Schemaskizze eines Baugrubenverbau (links) und Blick in eine tiefe Baugrube (rechts) [Quelle: Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus]
- Seite 362**, Konstantin Krahtov
- Seite 366**, Abb. 01: Helmkamerasystem für 360-Grad-Bilddaten [Quelle: Open Experience GmbH]
- Seite 367**, Abb. 02: Forschungsprojekt Roboterhund mit Helmkamerasystem [Quelle: Open Experience GmbH]
- Seite 368**, Abb. 03: Einsatz der DIGIBAU 360 auf einer Baustelle [Foto: Open Experience GmbH]
- Seite 369**, Abb. 04: Darstellung einer virtuellen Begehung mittels DIGIBAU 360, die eine Gegenüberstellung von Plan- und Istzustand, eine Zeitachse und eine Funktion zur direkten Aufgabenerfassung beinhaltet. [Quelle: Open Experience GmbH]
- Seite 375**, Felix Daniel Klenner
- Seite 376**, Abb. 01: Verbrauch wichtiger Baumaterialien im Vergleich [Grafik: D.O.M.E.-Projekt]
- Seite 377**, Abb. 02: Abfallaufkommen in Deutschland 2021 [Quelle: destatis.de]
- Seite 378**, Abb. 03: Darstellung einer möglichen Siedlung der Zukunft [Quelle: D.O.M.E.-Projekt]
- Seite 379**, Abb. 04: Materialeigenschaften verschiedener Baumaterialien im Vergleich mit Knochen [Grafik: D.O.M.E.-Projekt]
- Seite 381**, Abb. 05: D.O.M.E. als »Unterkunft« mit Draufsicht [Quelle: D.O.M.E.-Projekt]
- Seite 385**, Abb. 01: Modellfoto [Foto: Anna Pape]
- Seite 385**, Anna Pape
- Seite 387**, Abb. 02: Zusammenhänge verstehen: Warum wir zusätzlich zu geförderter auch bezahlbaren Wohnraum brauchen [Grafik: Anna Pape]
- Seite 389**, Abb. 03: Arbeitsebenen des »Clubs der unsichtbaren Monumente« [Grafik: Anna Pape]
- Seite 392**, Abb. 04: Räumliche Studie: »Housing in between« [Quelle: Anna Pape]
- Seite 393**, Abb. 05: Vision Club der unsichtbaren Monumente [Quelle: Anna Pape]
- Seite 394**, Dipl.-Ing. Sven Frederic Andres
- Seite 394**, Prof. Dr.-Ing. Ulrich Lüdersen
- Seite 397**, Abb. 01: Nieder- und Hochtemperaturspeicher [Foto: Ulrich Lüdersen]
- Seite 397**, Abb. 02: Wärmepumpe im Energiecontainer [Foto: Ulrich Lüdersen]
- Seite 398**, Abb. 03: Zusammenwirken aller Komponenten im Energiecontainer [Grafik: eigene Darstellung FZ EMP]
- Seite 399**, Abb. 04: Ansicht Wasserstoffturm [Quelle: Niessink Engineering GmbH]
- Seite 400**, Abb. 05: Betankung des H<sub>2</sub>-Fahrzeugs [Foto: Maren Schmuck]
- Seite 401**, Abb. 06: Teilschema Wasserstoffturm [Grafik: eigene Darstellung FZ EMP]
- Seite 403**, Abb. 07: Gesamtschema Energy LIVE [Grafik: eigene Darstellung FZ EMP]
- Seite 406**, Edina Selimovic
- Seite 407**, Abb. 01: Vorgehen bei der Modellbildung [Grafik: Edina Selimovic]
- Seite 408**, Abb. 02: PolyFit-Ergebnis: Flächen aus den Flächenkandidaten (links); erfasste Gesamtfläche der Flächenkandidaten (rechts) [Quelle: Edina Selimovic]
- Seite 410**, Abb. 04: Verfahren zur Fensterklassifikation [Quelle: Edina Selimovic]
- Seite 411**, Abb. 05: Geometrische Rekonstruktion [Quelle: Edina Selimovic]
- Seite 412**, Abb. 06: Fensterklassifikation [Quelle: Edina Selimovic]
- Seite 413**, Abb. 07: Ergebnis der Okobilanzierung des Variantenvergleichs [Grafik: Edina Selimovic]
- Seite 414**, Abb. 08: Kumulierte Emissionen des Bestandsgebäudes und der Sanierungsvariante [Grafik: Edina Selimovic]

## 8 Perspektive

## 9 Weiterführende Informationen und Service

## 10 Dank

### Stellvertreterfotos

- Seiten** 14, 18, 25, 29, 33, 38, 58, 108, 154, 192, 257, 300, 342, 357, 374, 384, 416, 420, 426 [IFB]

ISBN 978-3-7388-0879-7

