VHV-BAUSCHADENBERICHT

HOCHBAU 2025 / 26

VHV BAUFORSCHUNG

Fraunhofer IRB | Verlag

VHV-Bauschadenbericht

Hochbau 2025 / 26

VHV BAUFORSCHUNG

Fraunhofer IRB | Verlag

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 abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-7388-1085-1 ISBN (E-Book): 978-3-7388-1086-8
DOI: 10.60628/9783738810868

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 Preising
Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Druck: mediaprint solutions GmbH, Eggertstraße 28, 33100 Paderborn

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.
Die bildbeschreibenden Alternativtexte im E-Book, die zur Verbesserung der Barrierefreiheit bereitgestellt werden, wurden durch Künstliche Intelligenz generiert und können Ungenauigkeiten oder Fehler enthalten. Wir empfehlen, bei Bedarf zusätzliche Informationen aus anderen Quellen zu beziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2026
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500; Telefax +49 711 970-2508
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

VORWORTE

Grant Hendrik Tonne
Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr und Bauen

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

vor Ihnen liegt der neue Band der VHV-Bauschadenberichtreihe, erarbeitet durch das Institut für Bauforschung e.V. Die spannende Lektüre erscheint pünktlich zum 80. Jubiläum des Instituts und greift mit dem Thema Hochbau »Innovation Material« ein hochaktuelles Thema auf.

FOTO: JONAH BUBLITZ

Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr und Bauen, Grant Hendrik Tonne

In meiner Funktion als Bau- und Wirtschaftsminister haben Wissenschaft, Forschung und fachlicher Fortschritt für mich eine besondere Bedeutung: Die durch Forschung und Wissenschaft gewonnenen Erkenntnisse ebnen uns den Weg, die politischen Rahmenbedingungen kontinuierlich an die aktuellen Herausforderungen anzupassen. Klar ist dabei, dass große Herausforderungen vor uns stehen.

Wir stehen an einem Wendepunkt!

Die aktuelle Lage im Hochbau verlangt nach mehr Resilienz und Nachhaltigkeit, aber zugleich auch nach mehr Bezahlbarkeit. Künftig werden sich die Planung und das Bauen daran messen lassen müssen, ob es gelingt, hohe technische Ansprüche mit wirtschaftlicher Tragfähigkeit in Einklang zu bringen.

Normen sind dabei unverzichtbar: Sie gewährleisten Qualität, Sicherheit sowie verlässliche Vereinbarungen und entlasten die Wirtschaft von Detailverhandlungen. Es ist jedoch in den letzten Jahren ein komplexes Regelwerk entstanden, das in vielen Bereichen Innovationen hemmt, Lösungen erschwert und Baukosten stark erhöht – mit teils kaum tragbaren Folgen.

Für die Zukunft lautet daher unser Ansatz: »Weniger ist mehr!«

In der niedersächsischen Bauordnung verfolgen wir konsequent das Ziel der Deregulierung. Wir wollen und müssen die Vorgaben von Normen auf das absolut Notwendige und Erforderliche beschränken. Im Mittelpunkt stehen der Schutz von Leben und Gesundheit, der Brandschutz sowie die Standsicherheit – nicht die bis ins Detail gehende Perfektion einzelner Regelungen.

Ein zentraler Baustein ist hierbei der Gebäudetyp E – das »E« für einfaches oder experimentelles Bauen. Um kostensparendes Bauen zu ermöglichen, muss durch eine Änderung des Werkvertragsrechts ein rechtssicherer Rahmen für einfaches und experimentelles Bauen geschaffen werden, der ein haftungsfreies Abweichen von teuren Standards erlaubt.

Ein wichtiges Anliegen ist auch die Transformation unseres Baubestands.

In Niedersachsen haben wir mit der Einführung unserer Umbauordnung innerhalb der Bauordnung einen mutigen Schritt unternommen: Wir lösen uns bewusst von aktuellen Normen, wenn diese im Bestand nicht sinnvoll anwendbar sind. Künftig sollen keine Konflikte mehr entstehen, die Umbauten technisch verhindern oder wirtschaftlich untragbar machen, nur weil heutige Vorschriften auf Gebäude aus vergangenen Jahrzehnten angewendet werden. Ziel ist es, technische oder wirtschaftliche Blockaden zu vermeiden und durch flexible Regelungen mehr bezahlbaren Wohnraum im Bestand zu ermöglichen.

Das hilft auch dem Klimaschutz, da Material und aufwendige Technik eingespart werden können. Wir wissen: Nachhaltiges Handeln ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Insbesondere das Bauwesen spielt hierbei eine zentrale Rolle, da es in hohem Maße Ressourcen verbraucht und Emissionen verursacht. Vor diesem Hintergrund hat sich Deutschland ein ehrgeiziges Ziel gesetzt: Der gesamte Gebäudebestand soll bis zum Jahr 2045 klimaneutral sein. Dabei können energieeffiziente Bauweisen helfen, den Energieverbrauch deutlich zu reduzieren.

Gebäude sollten auf eine möglichst lange Nutzungsdauer ausgelegt sein. Entscheidend ist daher ihre Widerstandsfähigkeit – kurz: Resilienz. Das ist heute entscheidend für zukunftsfähiges Bauen, da Extremwetter bereits Realität sind.

Sie müssen Störungen wie Ausfälle oder extreme Temperaturen überstehen und schnell wieder funktionieren. Dafür sind passende Materialien und Technik wichtig. Risiken sollten früh erkannt und Schäden vermieden werden.

Ich möchte alle, die sich mit Planung, Bau und Erhaltung beschäftigen oder dafür interessieren, ermutigen: Es braucht neue, kluge Ansätze im Denken und Handeln. Dabei können sowohl innovative Ideen als auch der Blick in die Vergangenheit wertvolle Impulse geben. Lassen Sie uns diese großen Herausforderungen gemeinsam angehen.

In diesem Sinne hoffe ich, dass auch der vorliegende Bauschadenbericht auf großes Interesse stößt und viele Leserinnen und Leser erreicht.

Ihr

Grant-Hendrik Tonne
Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr und Bauen

Dr. Susanne Schmitt
Verbandsdirektorin, vdw Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft in Niedersachsen und Bremen e. V.

Axel Gedaschko
Präsident, GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V.

Die Wohnungswirtschaft steht vor einer doppelten Herausforderung: Einerseits erfordern nationale und europäische Klimaziele – vom Gebäudeenergiegesetz über Effizienzhaus-Standards bis hin zu den Vorgaben aus dem Fit-for-55-Paket – eine tiefgreifende Transformation des Gebäudebestands. Andererseits müssen bezahlbares Wohnen, technische Sicherheit und wirtschaftliche Tragfähigkeit dauerhaft gewährleistet bleiben. Unsere Mitgliedsunternehmen bewegen sich damit in einem Spannungsfeld aus hohen politischen Erwartungen, zunehmender technischer Komplexität und begrenzten Investitionsspielräumen.

Dr. Susanne Schmitt

Der neue VHV-Bauschadenbericht liefert genau in diesem komplexen Umfeld eine unverzichtbare fachliche Orientierung. Er zeigt anhand realer Schadenfälle, dass ambitionierte energie- und klimapolitische Zielsetzungen nur dann erfolgreich umgesetzt werden können, wenn sie bauphysikalisch durchdacht, praxiserprobt und langfristig beherrschbar sind. Insbesondere im Bestand, der den entscheidenden Hebel für die Erreichung der Klimaziele darstellt, werden Fehlplanungen und nicht ausreichend getestete technische Lösungen schnell zu erheblichen wirtschaftlichen Risiken.

FOTO: RITTER CONSULT

Axel Gedaschko

Für die Mitgliedsunternehmen von vdw und GdW ist der Bauschadenbericht daher ein zentrales Instrument der Risikovorsorge. Er macht transparent, wo neue Anforderungen des Gebäudemodernisierungsgesetzes (GMG), hohe Effizienzstandards oder innovative Baustoffe zu unerwarteten Schadenbildern führen können, und hilft, technische Entscheidungen realistisch zu bewerten. Damit unterstützt das Institut für Bauforschung e.V. die Wohnungswirtschaft dabei, gezielt, priorisiert und verantwortungsvoll in den Bestand zu investieren, statt knappe Mittel durch Fehlinvestitionen zu binden.

Zugleich hat der Bauschadenbericht eine deutliche politische Relevanz. Er verdeutlicht, dass Qualität im Bauen nicht durch immer weiter verschärfte Standards entsteht, sondern durch klare Zielhierarchien, verlässliche Rahmenbedingungen und eine stärkere Orientierung an Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit. Aus Sicht von vdw und GdW liefert das IFB damit eine wichtige fachliche Grundlage für den Dialog mit Politik und Normungsgremien – insbesondere mit Blick auf die notwendige Weiterentwicklung von Förderprogrammen, geeignete Maßnahmen zur Reduktion des CO_2-Ausstoßes und EU-Vorgaben für den Gebäudebestand.

Als vdw und GdW schätzen wir das IFB als unabhängigen, wissenschaftlich fundierten Partner, der die Erfahrungen aus der Praxis systematisch auswertet und für die Wohnungswirtschaft nutzbar macht. Der vorliegende Bauschadenbericht leistet einen wesentlichen Beitrag zur Versachlichung der bau- und klimapolitischen Debatte. Er hilft unseren Mitgliedsunternehmen, ihre Verantwortung für Klimaschutz und bezahlbares Wohnen auf einer technisch tragfähigen und wirtschaftlich nachhaltigen Grundlage wahrzunehmen.

Prof. Dipl.-Ing. Architekt Dietmar Walberg

Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V.

FOTO: SCHÖNI FOTOGRAFIE

Prof. Dietmar Walberg

Vor Ihnen liegt er nun, druckfrisch: Der Bauschadenbericht unseres Schwesterinstituts, des Instituts für Bauforschung e. V. in Hannover. Und wieder zeigt er anschaulich und sorgfältig dokumentiert, wie es um das Bauen in Deutschland bestellt ist.

Wir stellen heute immer komplexere Anforderungen an die Ausführung von Gebäuden, an Details und an die technische Ausstattung unserer Wohnungen und Häuser. Die Erwartungen an die Funktion der Gebäude sind stetig gewachsen. Unsere Gesellschaft hat – bis hinunter auf die einzelne Nutzerin und den einzelnen Nutzer mit ihren subjektiven Funktionalitätserwartungen an Gebäude und vor allem an Wohnraum – Rahmenbedingungen geschaffen, die am Bau regelmäßig zur Überforderung führen. Dazu kommen die Normen.

Normen sind gut und notwendig. Sie sollen sicherstellen, dass sich Produkte aneinanderfügen, dass rationell, wirtschaftlich und technisch sinnvoll gebaut werden kann. Doch mittlerweile blickt kaum noch jemand durch den Normendschungel hindurch: Welche Norm ist überhaupt einzuhalten? Was sind eingeführte technische Baubestimmungen? Und welche Normen sind eigentlich nur industrielle Standards, auf die sich die Hersteller verständigt haben, um einheitliche Produktionsbedingungen zu gewährleisten? Diese Verunsicherung ist in der Ausführung permanent zu beobachten. Planerinnen und Planer ebenso wie die Ausführenden fragen sich regelmäßig: Was ist denn nun geschuldet?

Um auf der sicheren Seite zu sein, legt man bei jedem Standard und bei jeder Ausführungsqualität noch eine Schippe obendrauf – um möglichst sicher und beanstandungsfrei auszuführen. Beigetragen hat dazu nicht zuletzt eine Rechtsprechung, die unter dem Etikett der »anerkannten Regeln der Technik« über Jahrzehnte hinweg die jeweils höchste verfügbare Norm zum vertraglichen Maßstab erhoben hat – unabhängig davon, ob diese Norm den tat-

sächlichen Nutzungsanforderungen entsprach oder ob sie überhaupt aufeinander abgestimmt waren. Energieeinsparung, Schallschutz, Brandschutz, Barrierefreiheit, Lüftungstechnik, sommerlicher Wärmeschutz: Jede dieser Anforderungen ist für sich genommen begründbar; ihre kumulative Überlagerung im selben Bauteil aber führt zu Konstruktionen, die in der Werkstatt oder auf der Baustelle nicht mehr fehlerfrei herzustellen sind.

Das hat zu zwei Effekten geführt, die wir nicht länger hinnehmen können. Zum einen sind die Kosten kontinuierlich gestiegen. Insbesondere im Segment des Wohnungsbaus ist die Herstellung kostengünstigen und damit bezahlbaren Wohnraums kaum noch möglich – weder im Neubau noch im Bestand, dessen Ertüchtigung mit denselben Anforderungen konfrontiert ist, wie das neu zu errichtende Gebäude. Zum anderen wächst paradoxerweise mit jedem zusätzlichen Sicherheitsaufschlag das Risiko des Mangels selbst: Anforderungen, Material- und Ausführungstoleranzen überlagern sich in einer Weise, die handwerklich am Ende nicht mehr sauber zu beherrschen ist. Der vorliegende Bericht liefert hierfür den empirischen Beleg in einer Klarheit, die kaum noch übersehen werden kann.

Aus dieser Schleife müssen wir uns befreien. Es geht darum, eine neue Üblichkeit zu definieren – eine Üblichkeit, die zweierlei leistet. Sie muss die Nutzerperspektive bedienen, also klar beantworten, was von der neu errichteten oder modernisierten Wohnung und vom Gebäude tatsächlich zu erwarten ist. Und sie muss die »anerkannten Regeln der Technik« wieder in die Baubranche zurückholen, damit das Verlangte auch von jenen ausgeführt werden kann, die am Ende die Kelle in der Hand haben und sicherstellen müssen, dass ein Bauwerk mangelfrei errichtet werden kann – und damit auch schadenfrei bleibt. Nur so werden die nächsten Bauschadenberichte schlanker ausfallen können als der diesjährige.

Genau diese Frage – was wir als Gesellschaft vom Bauen erwarten und unter welchen technischen, ökonomischen und sozialen Bedingungen wir es noch leisten können – stand auch im Mittelpunkt des 700. Schleswig-Holsteinischen Baugesprächs im Frühjahr dieses Jahres. Die zehn Dialogtische unter der Leitfrage »Wie wollen wir zukünftig wohnen?« haben übereinstimmend gezeigt: Ohne eine Rückkehr zur baupraktischen Vernunft, ohne die Bereitschaft, Komplexität dort zu reduzieren, wo sie keinen Mehrwert mehr erzeugt, wird sich der Knoten aus Kosten, Anforderungen und Schäden nicht lösen lassen.

Im 80-jährigen Bestehen des Instituts für Bauforschung – und damit zugleich in unserem eigenen Jubiläum, dem der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., die drei Monate vor den Hannoveraner Kolleginnen und Kollegen gegründet wurde – wollen wir diese Diskussion intensiv und fachlich führen. Der vorliegende Bauschadenbericht ist elementarer Bestandteil dieser Auseinandersetzung. Er liefert kein Klagelied, sondern den nüchternen Befund, ohne den jede Reformdebatte folgenlos bleibt.

Den Kolleginnen und Kollegen in Hannover wünschen wir auch in den kommenden Jahrzehnten den wachen Blick auf die Situation auf den Baustellen dieses Landes. Den Leserinnen und Lesern des Bauschadenberichts wünschen wir Erhellung über die Lage auf Deutschlands Baustellen und die Bereitschaft, aus dem Befund die nötigen Schlüsse zu ziehen.

Dr. Sebastian Reddemann

Sprecher des Vorstands, VHV Allgemeine Versicherung AG

Dr. Sebastian Reddemann

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

selten waren so viele neue Materialien gleichzeitig im Einsatz wie heute: Recycling-Beton, Holz-Hybrid-Konstruktionen, biobasierte Dämmstoffe, neue Membranen, Vakuumdämmungen. Die Bauwirtschaft hat hier in den letzten Jahren beachtliche Fortschritte gemacht und leistet damit einen wichtigen Beitrag zu Klimaschutz und Ressourcenschonung. Die Kreislaufwirtschaft im Bau gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Genau diese Entwicklung hat uns bewogen, die siebte Ausgabe des VHV-Bauschadenberichts mit dem Fokus Hochbau unter den Titel »Innovation Material« zu stellen. Wie in jeder Ausgabe verbinden wir auch diesmal eine systematische Auswertung realer Schadenfälle mit einem breiteren Blick auf das, was die Branche aktuell bewegt.

Denn unsere Schadenstatistik zeigt: Innovation und Schadenrisiko hängen enger zusammen, als vielen Bauherren bewusst ist. Materialien, die im Labor brillieren, verhalten sich auf der Baustelle, im Verbund mit anderen Gewerken und über Jahrzehnte hinweg, manchmal anders als erwartet. Bauphysikalische Wechselwirkungen, fehlende Langzeiterfahrung und Ausführungsfehler bei ungewohnten Materialien sind regelmäßig die Ursachen für Schäden, die später teuer korrigiert werden müssen.

Das ist kein Argument gegen Innovation – im Gegenteil. Es ist ein Argument für sorgfältige Erprobung, für Praxisleitfäden, für Weiterbildung des ausführenden Gewerks und für einen ehrlichen Austausch über das, was funktioniert und was nicht. Genau hier setzt

der VHV-Bauschadenbericht an. Mit Daten und Fallbeispielen, aber auch mit einem breiten Blick auf Themen wie neue Baustoffe, nachhaltige Quartiersentwicklung, Extremwetterrisiken, Wärmespeicherung und veränderte Ausbildungsanforderungen. Aus Versicherersicht ergänze ich gern einen weiteren Gedanken: Belastbares Praxiswissen ist die Grundlage, auf der Innovation im Bau gelingt. Wer dieses Wissen systematisch aus Schäden gewinnt, schafft die Voraussetzung dafür, dass neue Materialien und Methoden ihr Potenzial wirklich entfalten können.

Mein Dank gilt den Autorinnen und Autoren sowie den beteiligten Institutionen und Forschungseinrichtungen, die mit ihren Beiträgen diesen Bericht möglich und vollständig gemacht haben.

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

VORWORTE **3**
Grant Hendrik Tonne 3
Dr. Susanne Schmitt 5
Axel Gedaschko 5
Prof. Dipl.-Ing. Architekt Dietmar Walberg 7
Dr. Sebastian Reddemann 9

EINLEITUNG **15**
Neu oder nicht? 16

1 BAUSTOFFE IM WANDEL **19**
1.1 Bau(stoff)forschung im Spannungsfeld zwischen Sicherheit, Rationalisierung, Dekarbonisierung und Schadenfreiheit 22
1.2 Was die Baubranche von der Natur über die Zukunft des Bauens lernen kann 29

2 RECHTSSICHER IN DIE ZUKUNFT **37**
2.1 Aktuelles zum Bau-Material-Recht 38
2.2 Die rechtlichen Fundamente der Bauwende: Anspruch und Realität der zirkulären Wertschöpfung auf dem Prüfstand 42
2.3 Künstliche Intelligenz (KI) in der Baupraxis – Einsatzmöglichkeiten, Chancen und Risiken 48
2.4 Cyberrisiken in der Bauwirtschaft – warum Deutschland ein beliebtes Ziel bei Cyberkriminellen ist 55

3 FOKUS BAUWENDE **61**
3.1 Bauen in der Realität 62
3.2 Mehr (und) nachhaltiger Wohnungsbau? Geht! 65
3.3 E wie einfach, experimentell und endlich! 68

4	**AKTUELLE SCHADENANALYSE**	**73**
4.1	Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten	73
4.2	Entwicklung der Schadenarten und Schadenbilder	88
4.3	Entwicklung der Schadenursachen	101
4.4	Entwicklung der Schadenstellen	105
4.5	Entwicklung der Schwerpunktschäden – Ursachen und Zusammenhänge	108
4.6	Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit	116
5	**SCHADENBEISPIELE**	**123**
5.1	Fallbeispiel Brandschaden an Modulen einer Aufdach-PV-Anlage aufgrund von Installationsmängeln	123
5.2	Fallbeispiel Feuchte und Schimmelpilz nach Anbringen einer Innendämmung	129
5.3	Fallbeispiel Unvollständige Ausführung einer wärmeübertragenden Gebäudehülle	136
5.4	Fallbeispiel Wassereintritte an bodentiefen Fensterelementen aufgrund mangelhafter Gebäudeabdichtung	141
6	**TRADITION TRIFFT INNOVATION: BEWÄHRTE WERKSTOFFE UND NEUE QUALITÄTEN IM BAU**	**149**
6.1	**Baustoffe von morgen: Perspektiven im Baustoffsektor**	**149**
6.1.1	Ziegel im Kreislauf	150
6.1.2	Zirkuläres Bauen mit Lehm – Fortschritt durch Rückbesinnung	157
6.1.3	Bauen neu denken mit Holz: Vom Start-up zur skalierbaren Bauweise	164
6.1.4	Nachhaltigkeit bei Dispersionsfarben: Zusammensetzung, Wirkung und naturbasierte Alternativen	172
6.2	**Zirkuläre Zukunft: Wirtschaften im Kreislauf**	**178**
6.2.1	Warum wir mit Abfallwirtschaft keine Kreislaufwirtschaft bauen können	178
6.2.2	R-Beton im Massivbau: Stand der Technik zwischen Normung, Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz	188
6.2.3	Mittendrin im Geschehen: die Sicht der Wohnungswirtschaft	200
6.2.4	Zwischen Gaming-Controller und Bohrkern – warum Digitalisierung in der Betonsanierung anders funktioniert	204
6.3	**Vom Entwurf zur Realität: Wegweisende Best-Practice-Projekte**	**214**
6.3.1	Formen, Forschen, Transformieren: Der Holz-Lehmbau Campus Berlin – HLCB – ein Reallabor für regeneratives Bauen	214
6.3.2	Transformation statt Abriss	228
6.3.3	Denkmalschutz und Klimaschutz – ein Widerspruch? Herausforderungen bei der Integration von Photovoltaikanlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden	241

6.4	**Smarte Prozesse: Prävention in der Sanierung**	**248**
6.4.1	KI in der Bauschadenprävention – Potenziale und erste Anwendungen	248
	Data Treasure: Ein Tool, um Wissen leichter zugänglich zu machen	251
6.4.2	Zwischen Messstation und Radarbild – RADOLAN als standardisierte Grundlage historischer Niederschlagsbewertungen	253
6.4.3	Besser bewerten, sicherer weiterverwenden: warum Materialdaten entscheidend sind	265
6.4.4	Zunehmende Wasserschäden durch fehlerhafte Pressfittings – ein unterschätztes Schadenpotenzial moderner Bauprojekte	272
7	**WEGWEISER ZUKUNFT: THEMEN, RISIKEN UND CHANCEN**	**279**
7.1	**Zukunftssichere Lebensräume: Resiliente Ziele für Städtebau und Quartiere**	**279**
7.1.1	Nach der Flut ist vor der Umsetzung: Praktikerwerkzeuge und die Kraft der lokalen Experten	280
7.1.2	IFB-Studie »Klimawandel und Extremwetterereignisse – Schadenentwicklung und Anforderungen an Wohngebäude«	282
7.1.3	SmartSylvan – mobile robotische Baum-Systeme als adaptive Klimainfrastruktur für urbane Räume	290
7.2	**Vom Labor auf die Baustelle: Wie Materialforschung die Praxis verändert**	**294**
7.2.1	Nachhaltige Baustoffe auf Basis von Pilzmyzel	295
7.2.2	Ressourceneffizient bauen – Innovation im Leichtbausegment	298
7.2.3	Alternativen zu fossilen Holzklebstoffen	305
7.3	**Forschung trifft Praxis**	**309**
7.3.1	IFB-Forschung: Wissenschaft im Dienst von Resilienz und Prävention	309
7.3.2	Neuartige Fluoreszenz als Indikator für Alterungsprozesse	313
7.3.3	Immersives VR-Training für Bewehrungsinspektionen und Multi-User-Interaktion in einer CAVE-Umgebung	318
7.3.4	Die Zukunft der Wärmespeicherung: innovative Deckenpaneele für die Energiewende	326
8	**PERSPEKTIVE**	**333**
9	**DANK**	**337**
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	**340**

EINLEITUNG

Die Bauwirtschaft befindet sich in einer Phase des fundamentalen Umbruchs. Auf der einen Seite bietet die Branche eine beispiellose Innovationskraft: Wegweisende Materialien wie Recycling-Beton, biobasierte Werkstoffe und intelligente Hybrid-Konstruktionen verändern in Kombination mit digitalen Fertigungsverfahren und Künstlicher Intelligenz (KI) das Planen und Bauen von Grund auf. Auf der anderen Seite wächst der Druck durch globale Megatrends. Der akute Bedarf an bezahlbarem Wohnraum, das Erfordernis klimaresilienter urbaner Strukturen und die zunehmende Verknappung von Ressourcen zwingen alle Akteure zum Umdenken. Die Kernaufgabe moderner Architektur und Ingenieurkunst besteht heute darin, dieses Spannungsfeld zwischen technologischem Fortschritt und ökologischer sowie gesellschaftlicher Verantwortung produktiv zu nutzen.

Themen wie Klimaresilienz, Energieversorgung, Mobilitätswende, Ressourcenknappheit und Fachkräftemangel zwingen die Branche dazu, Bauwerke anders zu planen und zu bauen, um die Anforderungen an die Zukunftsfähigkeit, etwa in Bezug auf Bezahlbarkeit, Nachhaltigkeit, Dauerhaftigkeit, Resilienz oder Sicherheit zu erfüllen. Der Einsatz innovativer Materialien kann dabei helfen: Er ermöglicht Planern und Bauschaffenden in diesem Zusammenhang vielfältige neue technische, ökonomische und ökologische Chancen. Diese können ein Schlüsselfaktor sein, um den vielfältigen Herausforderungen erfolgreich zu begegnen. So zeichnen sich moderne Baustoffe unter anderem durch optimierte Materialeigenschaften wie zum Beispiel höhere Festigkeit, geringeres Gewicht oder verbesserten Wärmeschutz aus. Diese Eigenschaften ermöglichen eine präzisere, flexiblere und nachhaltigere Bauweise, die sich positiv auf die Planungs- und Bauprozesse auswirken kann. So erlauben beispielsweise hochfeste Leichtbaumaterialien schlankere Tragstrukturen und damit eine effizientere Nutzung von Raum und Ressourcen. Langlebigere Baumaterialien können das Bauen und die Instandhaltung bzw. das zirkuläre Planen und Bauen vereinfachen. Innovationen helfen der Bauindustrie, energieeffizienter zu werden und die Umwelt zu schützen. Darüber hinaus können innovative Materialien die Energieeffizienz von Gebäuden verbessern. Durch den Einsatz von

Dämmstoffen mit veränderten Eigenschaften und multifunktionalen Werkstoffen lassen sich Wärmedämmstandards einhalten oder sogar übertreffen, was den Energiebedarf für Heizung und Kühlung deutlich reduziert. Dies trägt nicht nur zur Erfüllung zunehmend strengerer gesetzlicher Vorgaben bei, sondern unterstützt auch die nachhaltige Ausrichtung von Bauprojekten.

Neu oder nicht?

Der Begriff »Neue Materialien« ist etwas irreführend. Denn: die Mehrheit der Materialien ist nicht wirklich neu, da letztlich alle verfügbaren Stoffe auf Ressourcen bzw. Rohstoffen basieren, die auf der Erde natürlicherweise vorkommen. Neu sind lediglich die Technologien, mit deren Hilfe diese Materialien bzw. Rohstoffe zu neuen (Bau-)Produkten verarbeitet oder kombiniert werden können. So entstehen durch die Verarbeitung und/oder die Kombination von herkömmlichen Komponenten Hybridwerkstoffe mit verbesserten Eigenschaften.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil dieser »neuen« Materialien liegt in ihrer Umweltverträglichkeit und Ressourceneffizienz. Recycelbare und biobasierte Baustoffe minimieren den ökologischen Fußabdruck und ermöglichen eine Kreislaufwirtschaft im Bausektor. Gleichzeitig können innovative Fertigungstechnologien Bauprozesse beschleunigen und Kosten senken. Die Vereinfachung und Präzisierung von Bauabläufen durch vorgefertigte, materialoptimierte Bauelemente reduziert zudem den Materialverbrauch und erhöht die Wirtschaftlichkeit von Projekten.

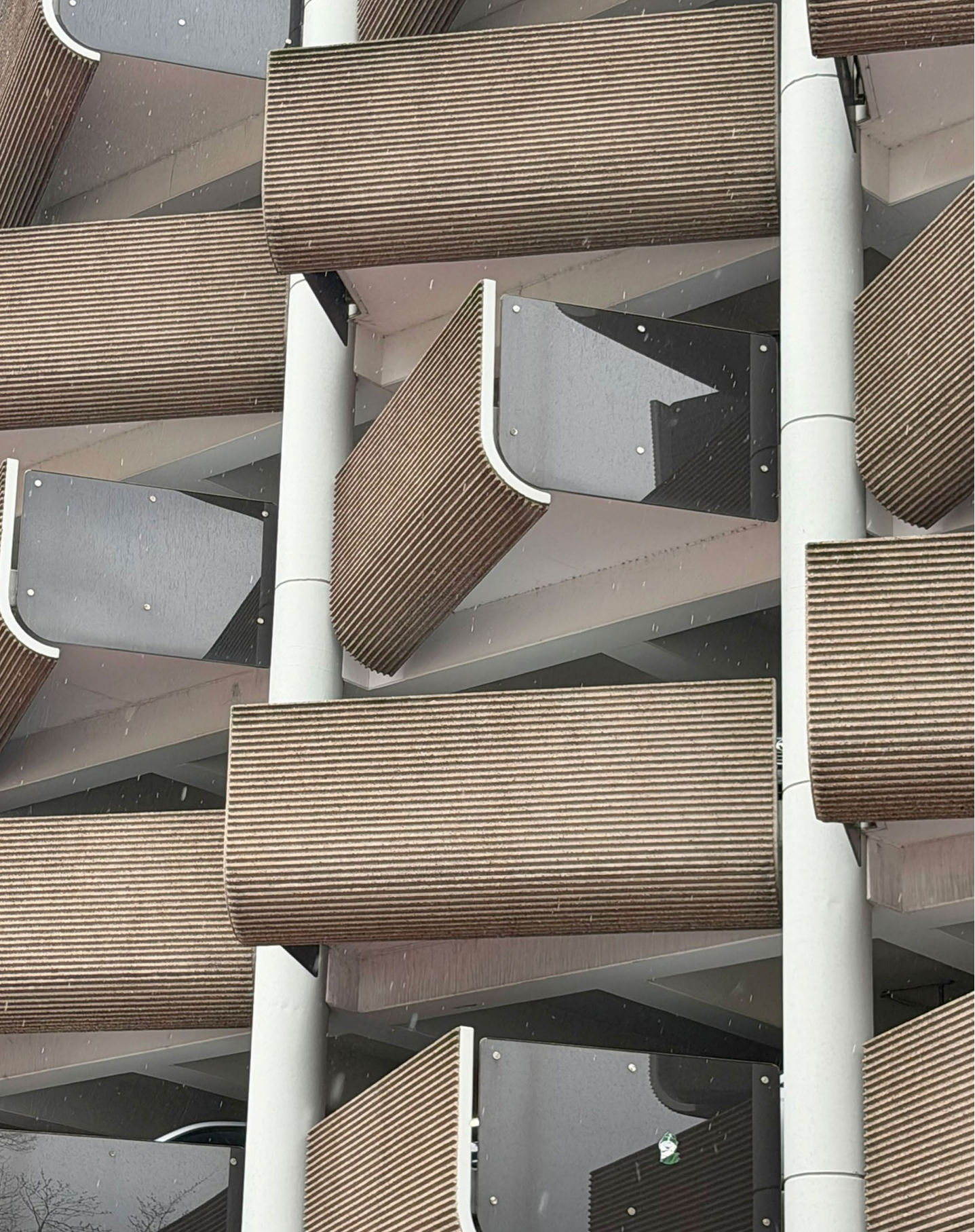
Aufgrund der zunehmenden Ressourcenknappheit bzw. der Notwendigkeit zu mehr Nachhaltigkeit und Ökologie im Bausektor treten zudem auch traditionelle bzw. in Vergessenheit geratene Materialien wieder neu in den Fokus. So sind etwa nachwachsende und regionale Rohstoffe wie Schilfrohr (Reet), Flachs oder Seegras sehr gute Dämmmaterialen, Lehm und Stroh hervorragende Baumaterialien. Diese wurden in traditionellen Bauweisen schon vor Hunderten von Jahren eingesetzt. Diese Naturmaterialien gibt es inzwischen als »neue«, marktkonforme und geprüfte Bauprodukte wieder auf dem Markt.

Der Einsatz innovativer Materialien ist jedoch kein Selbstläufer: Eine der Stellschrauben für den Erfolg neuer Materialkonzepte und deren Durchsetzungsfähigkeit im planerischen und baulichen Alltag ist die Kommunikation bzw. der Austausch zwischen

Entwicklern, Produzenten, Planern und Bauausführenden. Nur so können Potenziale, Bedürfnisse bzw. Anforderungen identifiziert und Möglichkeiten für sinnvolle Einsatzmöglichkeiten ausgelotet werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass neue Materialien das Planen und Bauen nicht nur durch technische Verbesserungen bereichern, sondern auch entscheidende Impulse für eine nachhaltige, kosteneffiziente und zukunftsorientierte Bauweise geben können. Die Integration dieser Roh-, Werk- und Baustoffe in den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes stellt somit einen zentralen Faktor für die Weiterentwicklung des modernen Planens und Bauens dar.

Der vorliegende Bauschadenbericht ist der siebte Band der Bauschadenberichtreihe. Der Fokus liegt auf den aktuellen Entwicklungen im Hochbau, insbesondere auf neuen Baumaterialien, zukunftsweisenden Bauverfahren sowie nachhaltigen Prozessen, veränderten Zielsetzungen und wirtschaftlichen Strategien. Ziel ist es, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie ein verantwortungsbewusstes, nachhaltiges und schadenfreies Bauen realisiert und das Ziel einer entsprechenden Bauqualität erreicht werden kann.



1 BAUSTOFFE IM WANDEL

Der Hochbau steht – wie die gesamte Baubranche – vor einer gewaltigen Transformation, die durch die zunehmende Komplexität gesellschaftlicher, ökologischer und ökonomischer Anforderungen geprägt ist. Im Kontext globaler Herausforderungen wie dem Klimawandel, der Ressourcenknappheit und der steigenden Urbanisierung kommt der Entwicklung innovativer Bauverfahren und nachhaltiger Materialkonzepte eine zentrale Bedeutung für die Zukunftsfähigkeit des Bauwesens zu. Die Bauindustrie, die für etwa 40 Prozent des globalen Energieverbrauchs und einen erheblichen Anteil der CO_2-Emissionen[1] verantwortlich ist, steht unter großem Druck, ihre Praktiken, Produkte und Prozesse grundlegend zu überdenken und nachhaltige Lösungsansätze zu implementieren.

Neue Materialien und innovative Bauweisen können eine große Rolle im Neubau und bei der Modernisierung des Planens und Bauens im Hochbau spielen. Sie ermöglichen nicht nur die Realisierung architektonisch anspruchsvoller und funktional optimierter Bauwerke, sondern tragen maßgeblich zur Ressourceneffizienz, Energieoptimierung und Kostenreduktion bei. Der vorliegende Bericht zeigt die transformativen Potenziale neuer Materialien im Hochbau auf und untersucht deren Auswirkungen auf Planungseffizienz, Bauqualität, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit. Dabei werden sowohl die technischen Innovationen als auch die systemischen Veränderungen in den Planungs- und Ausführungsprozessen betrachtet, die durch den Einsatz fortschrittlicher Baustoffe ermöglicht werden.

1 Vgl. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: www.bmwsb.bund.de/DE/bauen/innovation-klimaschutz/klimaschutz-in-gebaeuden/klimaschutz-in-gebaeuden_node.html [abgerufen am: 26.05.2026]

Optimierung von Planungs- und Bauprozessen durch innovative Materialien

Technische Leistungssteigerung und Planungsflexibilität

Der Einsatz neuer Materialien im Hochbau kann zu einer Verbesserung der technischen Leistungsfähigkeit von Bauwerken beitragen, parallel werden etwa Planungsoptionen erheblich erweitert. Hochleistungsbaustoffe wie ultrahochfeste Betone (UHPC), faserverstärkte Kunststoffe (FRP) oder innovative Verbundwerkstoffe ermöglichen durch ihre verbesserten mechanischen Eigenschaften die Realisierung schlankerer Tragstrukturen bei gleichzeitig erhöhter Tragfähigkeit. So lassen sich die Raumnutzung optimieren, Materialmengen reduzieren und architektonische Gestaltungsmöglichkeiten erweitern.

Prozessoptimierung und Baustelleneffizienz

Innovative Materialkonzepte verändern jedoch nicht nur die physischen Eigenschaften von Bauwerken, sondern revolutionieren auch die Bauprozesse selbst. So können etwa vorgefertigte Elemente aus neuen Materialien zu einer Reduktion der Bauzeiten beitragen – beispielsweise durch optimierte Logistik und vereinfachte Montageprozesse. Die Präzisionsfertigung unter kontrollierten Bedingungen minimiert zudem Qualitätsschwankungen und reduziert den Nachbearbeitungsaufwand auf der Baustelle.

Digitale Fertigungstechnologien wie der 3D-Druck oder robotergefertigte Holzbausteine ermöglichen eine nahtlose Integration von Planung und Ausführung. Durch die direkte Umsetzung digitaler Planungsdaten in physische Bauteile werden Übertragungsfehler minimiert und komplexe geometrische Formen kostengünstig realisierbar. Diese Technologien fördern eine datengesteuerte Bauweise, die eine präzise Ressourcenplanung und -kontrolle ermöglicht.

Nachhaltigkeit und Lebenszyklusoptimierung

Neue Materialien können zu mehr Nachhaltigkeit im Hochbau beitragen, indem sie den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken optimieren. Biobasierte Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen reduzieren die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen und minimieren den CO_2-Fußabdruck bereits in der Herstellungsphase. Recycelbare und kreislauffähige Werkstoffe ermöglichen eine Ressourcenschonung durch Wiederverwendung und -verwertung am Ende der Nutzungsphase. Multifunktionale Materialien können verschiedenste Eigenschaften in einem Werkstoff kombinieren und dadurch die Anzahl der benötigten Schichten und Komponenten reduzieren. So können beispielsweise moderne Dämmstoffe gleichzeitig strukturelle, thermische und akustische Funktionen erfüllen, was zu einer Vereinfachung des Bauteilaufbaus und einer Reduktion der Materialvielfalt führt.

Energieeffizienz und Gebäudeleistung

Die Integration neuer Materialien kann zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden beitragen. So vermögen Hochleistungsdämmstoffe mit optimierten thermischen Eigenschaften den Energiebedarf für Heizung und Kühlung zu reduzieren. Phasenwechselmaterialien (PCM) integrieren thermische Speicherfähigkeiten in die Gebäudehülle und tragen zur Temperaturregulierung bei. Transparente Dämmmaterialien und schaltbare Verglasungen ermöglichen eine dynamische Anpassung der Gebäudehülle an wechselnde Umgebungsbedingungen. Diese adaptiven Systeme können Energieverbräuche automatisch optimieren und verbessern gleichzeitig den Nutzerkomfort.

Wirtschaftliche Vorteile und Kostenoptimierung

Obwohl neue Materialien zum Teil zunächst höhere Anschaffungskosten verursachen können, sind in der Gesamtkostenbetrachtung häufig Einsparungen möglich. So können eine verbesserte Dauerhaftigkeit und reduzierte Wartungsanforderungen die Lebenszykluskosten von Bauwerken senken. Beschleunigte Bauprozesse durch vorgefertigte Elemente reduzieren zudem die Baustellenkosten und verkürzen die Finanzierungsdauer. Die höhere Präzision bei der Materialverwendung durch digitale Planungswerkzeuge und optimierte Materialien minimiert Verschnitt und Nacharbeiten. Dies führt zu einer effizienteren Ressourcennutzung und reduzierten Entsorgungskosten. Die systematische Integration neuer Materialien in den Hochbau stellt somit einen entscheidenden Faktor für die Realisierung zukunftsfähiger, nachhaltiger und wirtschaftlicher Bauwerke dar. Sie ermöglicht eine Optimierung des gesamten Wertschöpfungsprozesses von der Planung über die Ausführung bis hin zur Nutzung und dem Rückbau von Gebäuden.

Normen, einfaches Bauen und reduzierte Standards

Die erfolgreiche Einführung innovativer Materialien ist untrennbar mit modernen Bauvorschriften und dem Trend zum »einfachen Bauen« verknüpft. Das Festhalten an überholten, maximalen Komfort- und Sicherheitsansprüchen führt in der Praxis zu einer Übertechnisierung und treibt die Baukosten in die Höhe. Eine bewusste Reduzierung auf das rechtlich und funktional notwendige Maß – wie beim »Gebäudetyp E« – schafft dagegen neue Freiräume für zukunftsfähige Werkstoffe.

Das erste Kapitel des VHV-Bauschadenberichts Hochbau 2025/26 »Innovation Material« gibt einen Überblick über die Entwicklung von Baustoffen sowie über die Geschichte der Baustoff-Forschung. Ein weiteres Thema behandelt spannende Forschungsfelder: Hier wird unter anderem untersucht, was die Baubranche von der Natur über die Zukunft des Bauens lernen kann.

1.1 Bau(stoff)forschung im Spannungsfeld zwischen Sicherheit, Rationalisierung, Dekarbonisierung und Schadenfreiheit

Heike Böhmer

Vom Mangel zu Hightech: Die Evolution der Bau(stoff)forschung

Die europäische Bauforschungslandschaft durchläuft – adäquat der Baubranche insgesamt – derzeit die tiefgreifendste Transformation ihrer Geschichte. Getrieben durch neue, digitale Möglichkeiten, wie inverse Materialentwicklungen und KI-gestütztes Materialdesign, und das ambitionierte Ziel von klimaneutralen, zirkulären und resilienten Bauweisen vollzieht sich derzeit ein radikaler Wandel: Die historische Materialprüfung und makroskopische Schadenursachen-Forschung entwickeln sich zur interdisziplinären Schadenanalyse und Forensik mit dem Ziel der Schadenprävention. Daneben findet die Entwicklung biobasierter, kreislauffähiger und hochresistenter Materialien bis hin zu materialwissenschaftlichen Hightech-Entwicklungen auf Nanoebene statt.

Vor diesem Hintergrund lohnt sich ein gemeinsamer Blick in die Historie dieser Forschungsdisziplin, die mit ihren thematischen Epochen im Bereich der technischen Bau- und Baustoffforschung das Fundament des heutigen Schaden-, Präventions- und Entwicklungsgeschehens bildet und damit Basis der aktuellen Epoche der Innovation, Material- und Prozessoptimierung ist. Nachfolgend eine schlaglichtartige Zeitreise durch ihre Geschichte, fokussiert auf die entscheidenden Wendepunkte:

Standardisierung

Mit der Gründung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin im Jahr 1871 und der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) in Zürich 1880 wurden die ersten einheitlichen Qualitätsmaßstäbe für grundlegende Baustoffe definiert und es standen mechanische Belastbarkeit, Werkstoffprüfungen und die Definition verbindlicher Standards im Fokus. Mitten im Ersten Weltkrieg wurde dann das heutige Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) als »Normenausschuss der deutschen Industrie« (NADI, gegründet 1917) ins Leben gerufen. Die Zielsetzungen der Institutionen mit Begriffen »von heute«: Die Erhöhung der Sicherheit aufgrund zunehmender Industrialisierung und häufiger Materialschäden sowie die Standardisierung von Rüstungsgütern und Bauteilen zur Ressourcenschonung und Effizienzsteigerung in der Produktion.

Rationalisierung

Nach dem Zweiten Weltkrieg stand die Bewältigung des akuten Wohnungsmangels im Vordergrund. Der Wiederaufbau ganzer Städte musste durch radikale Rationalisierung, die Entwicklung neuer Typenbauweisen und den Einsatz innovativer Ersatzbaustoffe in Rekordzeit gelingen. Institute, wie unser Institut für Bauforschung e.V. in Hannover und die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. in Kiel (IFB und ARGE, gegründet 1946 und hervorgegangen aus der Deutschen Akademie der Bauforschung von 1920) sowie ab 1948 die Forschungsgemeinschaft Baustoffentwicklung, der Vorläufer des heutigen Friedrich-August-Finger-Instituts in Weimar (FIB), widmeten sich in dieser Phase zum Beispiel der Nutzbarmachung von Trümmerbaustoffen und der Erschließung örtlicher Baustoffreserven sowie der Entwicklung kostengünstiger, schneller Bauweisen zur zivilen Infrastruktursicherung. In dieser Zeit entstanden auch das Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, das französische wissenschaftliche und technische Zentrum für das Bauwesen (CSTB, gegründet 1947), und das belgische Partnerinstitut Buildwise, das offizielle Innovationszentrum für den Bausektor in Belgien (gegründet 1959 als Belgian Building Research Institute BBRI).

Industrialisierung und Baustoffentwicklung

In den 1950er- und 1960er-Jahren glich Deutschland einer riesigen Baustelle. Die Wirtschaft florierte, Städte wuchsen rasant, der Bedarf nach Wohnraum war riesig. Die Branche stand vor der Herausforderung, das Tempo massiv zu steigern, ohne die Prozesskontrolle zu verlieren. Gefragt waren Rationalisierung, Wirtschaftlichkeit und Industrialisierung. Das Bauen wurde quasi an das Fließband verlegt. Das Herzstück dieses Baubooms: Beton. In dieser Zeit begann die Entwicklung vom einfachen »Drei-Stoff-Gemisch« (Zement, Wasser, Zuschlagstoff) zu einem chemischen Hightech-Baustoff, bei dem erste Betonverflüssiger und Verzögerer großflächig zum Einsatz kamen. Das Material ließ sich nun viel leichter verarbeiten und Qualitäten exakter steuern.

Die nächste Entwicklungsstufe war die Großtafelbauweise mit Betonfertigteilen. Die Forschung konzentrierte sich nun fokussiert auf die Optimierung von Fertigteilen für den schnellen Wohnungsbau. Das Prinzip »Massen-Vorfertigung statt Handarbeit« funktionierte in Ost und West gleichermaßen – ob bei den Plattenbauten in der DDR oder den Großsiedlungen in der Bundesrepublik. Parallel dazu eroberten Kunststoffe den Bau im Sturm. Ob als Dichtungsbahnen, Rohre oder Bodenbeläge – Kunststoff war modern und günstig. Sogar die Forschung an glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) für tragende Bauteile steckte damals bereits in den Kinderschuhen.

An der damaligen Hochschule für Architektur und Bauwesen in Weimar, der heutigen Bauhaus-Universität, wurde in dieser Zeit durch F.A. Finger die neue Fakultät »Baustoffkunde und Baustofftechnologie« gegründet. 1958 folgte die Gründung des ersten Instituts für Baustoffkunde mit drei Lehrstühlen und Forschungsgebieten in allen Baustoffbereichen. Im Rahmen einer Hochschulreform im Jahr 1968 in die Sektion Baustoffverfahrenstechnik überführt, gingen die Ideen verloren und bedeuteten das Ende des Instituts.

Energiekrisen und Betonschäden

Die Ölkrisen von 1973 und 1979 beendeten die Phase des quasi unbegrenzten quantitativen Wachstums im Bauwesen. Angesichts explodierender Energiepreise und Rohstoffverknappung verlagerte sich der Fokus der Baustoffentwicklung hin zu Wärmedämmung und Energieeffizienz. Die (Weiter-)Entwicklung von Wärmedämmstoffen aus Kunststoffhartschäumen und Mineralwolle sowie Fensterelementen mit Mehrscheiben-Isolierverglasung erlebte einen massiven Innovationsschub. Regulatorisch verankert wurden diese Entwicklungen in Deutschland durch die erste Wärmeschutzverordnung (WSchV) von 1977.

Gleichzeitig traten erste konstruktive Mängel der industriellen Massenproduktion und durch veränderte Umweltbedingungen zutage. Vor allem an Stahlbeton traten vermehrt Schäden auf. Im Fokus standen Bewehrungskorrosion, Frost-Tausalz-Schäden und die Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR, »Betonkrebs«), auf deren Aufarbeitung der Schadenmechanismen sich die Werkstoffforschung konzentrierte. Die Dauerhaftigkeit von Beton kam weltweit in den Fokus der Wissenschaft. In Deutschland und der Schweiz waren es vor allem universitäre Institute der Bauingenieurwissenschaften und staatliche Materialprüfungsanstalten, die hier Wegbereiter waren. Dazu gehörte vor allem das F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde (FIB) der Bauhaus-Universität Weimar, das nach der Neugründung 1995 unter Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Stark intensiv an den Schadenmechanismen und der Vermeidung von Treiberscheinungen an Betonen forschte; ebenso wie das Institut für Baustoffe der Leibniz-Universität Hannover unter Prof. Dr.-Ing. Hans Wierig zu Karbonatisierung von Beton, zum Frost-Tausalz-Widerstand und zur Rissentstehung; daneben das Institut für Baustoffforschung der RWTH Aachen (ibac) als weltweit führendes Zentrum zur Karbonatisierung von Beton und zur chloridinduzierten Korrosion der Stahlbewehrung; das Centrum Baustoffe und Materialprüfung der TU München (cbm) mit der Forschung zu Transportmechanismen im Beton; das Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion der ETH Zürich mit der Entwicklung elektrochemischer Methoden zur Erkennung und Sanierung von Korrosionsschäden an Stahlbetonbrücken; das Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) in Düsseldorf mit Forschung zur Alkali-Kieselsäure-Reaktion; die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin zu zerstörungsfreien Prüfverfahren sowie das Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen und Stuttgart zu bauphysikalischen Ursachen. Die Dauerhaftigkeitsforschung wurde vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) zusammengefasst und führte 1983 zur »Richtlinie zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit von Außenbauteilen aus Stahlbeton«, die den Übergang zu einem modernen Lebensdauerverständnis im Bauwesen bildet.

Ökologie, Bauphysik und Wohngesundheit

In den 1980er- und 1990er-Jahren setzte in der Bau(stoff)forschung und -entwicklung ein Paradigmenwechsel in Richtung Markt- und Qualitätskonsolidierung ein. Im Zentrum der Forschung standen die Dauerhaftigkeit von Bauwerken, die Bauphysik, die Energieeinsparung und ein erwachendes Umweltbewusstsein. Dieser neue Fokus trieb unter anderem die Schadstoffprävention massiv voran: Das Erkennen akuter Gesundheitsrisiken führte zum Verbot von zum Beispiel Asbest, toxischen Holzschutzmitteln, Schwermetallen, Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW, später H-FCKW), alten künstlichen Mineralfasern (KMF) und stark formaldehydhaltigen Bindemitteln.

Zudem mündete die Erforschung neuer Materialien in verlässliche Standards. Getragen vom neuen ökologischen Denken, schlossen auch erste Pilotprojekte zum mineralischen Bauschutt- und Betonrecycling den Kreis hin zur modernen Kreislaufwirtschaft.

Angewandte Schaden- und Bau(stoff)forschung

Mit dem Einzug moderner Analysemethoden ab Mitte / Ende der 1990er-Jahre – maßgeblich vorangetrieben durch die offizielle Neugründung des FIB Weimar unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Stark – vollzog die Werkstoffkunde einen technologischen Quantensprung hin zur chemisch-physikalischen Analytik. Die Grenzen der klassischen Baustoffkunde verschoben sich von rein makroskopischen Druckprüfungen hin zur Mikrostruktur- und Kristallanalytik auf Nanoebene. Ein Beispiel: Die detaillierte Aufklärung der Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) – in der Praxis als zerstörerischer »Betonkrebs« gefürchtet – setzte neue Maßstäbe für die Dauerhaftigkeit von Ingenieurbauwerken und ist bis heute das Fundament für ein tiefes Verständnis von Transport- und Schädigungsmechanismen als Basis der Schadenprävention.

Nahezu synchron vollzog sich der Schritt zur Professionalisierung der Schadenanalyse: Im Jahr 2002 fusionierte unser IFB mit dem renommierten Institut für Bauschadensforschung e.V. (IBF) in Hannover. Das Bauschadensinstitut, viele Jahre unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Victor Rizkallah, widmete seine Forschungstätigkeit der wissenschaftlichen Schadenprävention, überwiegend im Tiefbau. Mit der Verschmelzung boten sich nun neue, erweiterte Möglichkeiten: Schäden wurden auf der Basis von umfassenden Versicherungs- und Praxisdaten wissenschaftlich analysiert, um systemische Fehler sowie Compliance-Verstöße in Planung und Ausführung im Hoch- und Tiefbau zu erkennen und im Zusammenhang mit den Praxiserfahrungen zu bewerten. Parallel dazu wurde am Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik (AiBau, gegründet 1985 von Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald), das aus einer Forschergruppe um Prof. Dr.-Ing. Erich Schild hervorgegangen ist, ebenfalls systematische Bauschadenforschung auf der Basis von Schadenerhebungen, Umfragen unter Sachverständigen sowie Vor-Ort-Untersuchungen betrieben. In beiden Instituten der Beginn und die Basis für Information und Kommunikation zur Mangel- und Schadenprävention, unter anderem mit der Idee der Veröffentlichung von Bauschadenberichten ab 1995.

Der Zusammenhang von Forschung und Kommunikation nahm zunehmend einen besonderen Stellenwert ein: Das 2006 vom Bauministerium gegründete Innovationsprogramm »Zukunft Bau« wird vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR, gegründet 2009) betreut und dient bis heute als zentrales Instrument zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovationen im deutschen Bauwesen. Die Kerntätigkeit umfasst die Förderung praxisnaher Forschung, ressortspezifischer Studien und experimenteller Modellvorhaben. Das übergeordnete Ziel war und ist der beschleunigte Wissenstransfer in die Praxis, wobei ein Fokus auf kreislauffähigen Baustoffen, zukunftsweisenden Bauweisen und effektiver Bauschadenprävention zur Sicherung langlebiger Gebäudequalität liegt.

Innovation, Material- und Prozessoptimierung

Insbesondere im Zusammenhang mit den Zielsetzungen der Nachhaltigkeit und Klimaneutralität im Bereich des Bauens entwickelt sich auch die Bau(stoff)forschung weiter. Bei der Materialentwicklung und -erforschung, Schadenerkennung und -prävention spielen nun zunehmend auch digitale Möglichkeiten sowie neue Anforderungen und Qualitäten eine Rolle. Im Mittelpunkt der Forschung stehen inhaltliche Themen wie Kreislaufwirtschaft, Dekarbonisierung, Materialinnovationen, Dauerhaftigkeit, Resilienz und Substitution. Schwerpunkt dabei: Der Brückenschlag zur Praxis! Während große universitäre Institutionen, wie das FIB der Bauhaus-Universität Weimar oder das cbm an der TU München die Grundlagenforschung mit angewandter Entwicklung verbinden – Fokusthemen zum Beispiel nachhaltige Baustoffe, Ressourceneffizienz, Digitalisierung von Bauprozessen sowie die Entwicklung von langlebigen, umweltfreundlichen Materialien – arbeiten Institute, wie das IFB in Hannover, im Auftrag, in Kooperationen und Netzwerken mit Versicherern, Herstellern, Berufsverbänden und Organisationen, um aus den Analysedaten von Mängeln und Schäden neue Anforderungen und notwendige Qualitäten für die Zukunft abzuleiten und zu veröffentlichen: Reallabor-Ergebnisse für Qualitätsstandards und -richtlinien für die Planungs- und Baubeteiligten sowie die Bildung.

Die Zukunft der Bau(stoff)forschung: Digital, kreislauforientiert und praxisnah

Heute und in Zukunft entwickelt sich die Bau(stoff)forschung weiter rasant von einer rein laborbasierten Materialprüfung hin zu einer digitalisierten, kreislauforientierten Systemwissenschaft. Im Zentrum stehen neue, hochrelevante Themen wie die Entwicklung CO_2-reduzierter Bindemittel und biobasierter Werkstoffe sowie eine echte Kreislaufwirtschaft, bei der Materialien bereits im Labor für ein späteres, sortenreines Recycling optimiert werden (»Design for Disassembly«).

Ermöglicht wird dieser Fortschritt durch bahnbrechende neue Methoden und eine enorme Zunahme verfügbarer Daten. Mittels Künstlicher Intelligenz und Machine Learning werden Materialeigenschaften virtuell simuliert, während zerstörungsfreie High-End-Analytik und eingebettete Mikrosensoren Echtzeitdaten über den Zustand von Bauteilen direkt an digitale Zwillinge senden.

Der entscheidende Schlüssel liegt dabei in der anwendungsorientierten Forschung, die einen direkten Praxisnutzen garantiert: Über optimierte Kommunikationsschnittstellen und digitale Materialpässe können Erkenntnisse nahtlos in die Softwareumgebung (BIM) von Planern, Herstellern und bauausführenden Firmen einfließen. Das Ergebnis ist eine neue Dimension von Risikobewertung und Qualitätssicherung sowie die schnelle Marktreife innovativer Produkte, die die strengen ökologischen und regulatorischen Anforderungen von morgen erfüllen.

Persönliches Fazit: Ein Weg im Zeichen des Wandels und des Fortschritts
Wenn ich heute auf meinen eigenen Weg in der Bau(stoff)forschung zurückblicke, spiegelt dieser die enorme Dynamik und Transformation unserer gesamten Branche wider. Und wo ist der Zusammenhang? Sie werden ihn erkennen:

Mein Fundament wurde während des Studiums in Weimar am F.A. Finger-Institut von Professor Stark gelegt – bei ihm durfte ich als Studentin und »HiWi« die Faszination der Baustoff- und Bausanierungswelt entdecken und das präzise wissenschaftliche Arbeiten lernen. Der temporäre Wechsel an die Leibniz Universität Hannover (LUH) und die Arbeit an der Materialprüfanstalt (MPA) für Professor Wierig öffneten mir darüber hinaus den Blick zu universitärer Spitzenforschung und harter baupraktischer Realität. All das hat mich nicht mehr losgelassen. Danke an die beiden »Grundsteinleger«!

Nach dem Studium folgte der logische Schritt in die Praxis: Durch einen Zufall war dies im Institut für Bauforschung in Hannover bei Prof. Arlt, der mir sein Vertrauen schenkte, in einer Zeit, in der das nicht selbstverständlich war. Für mich der perfekte Start. Anwendungsforschung und Baupraxis parallel, Analyse, Planung, Baubegleitung und Sachverständigentätigkeit. Später zunehmend auch die Präsentation von Ergebnissen als Referentin. Wer mich fragt, was meine Aufgaben sind, bekommt bis heute die Antwort »ein Spagat aus Sherlock Holmes und Noah (ja, der mit der Arche)«. Arbeit prägt, und das tut sie auch bei mir bis heute. Und es war, ist und bleibt mehr als das.

Seit ich im Jahr 2008 die Leitung unseres Instituts übernehmen durfte, gleicht meine Reise einer ständigen Neuorientierung und hochspannenden Anpassung. Wir haben nicht nur interne Strukturen, Themen und Ziele kontinuierlich verändert und geschärft, sondern müssen uns auch in einem völlig veränderten Umfeld behaupten. Die Bauwirtschaft stellt heute ganz andere Anforderungen an Leistungen, Kompetenzen und Wissen; die Forschungslandschaft ist globaler, digitaler und vernetzter geworden, und globale Megatrends wie der Umgang mit Klimawandel und Extremwetter, CO_2-Reduktion und Kreislaufwirtschaft bestimmen heute unseren Forschungs- und Praxisalltag. Gerade wenn sich alles verändert, zeigt sich der Wert echter Partnerschaft. Vielen Dank an alle Partner und Auftraggeber für Ihr Vertrauen und die starke Zusammenarbeit.

Verlässlichkeit ist gut, aber auch Veränderung ist gut. Und genau die Notwendigkeit und unsere Fähigkeit zur ständigen Neuausrichtung erfüllt mich mit großem Optimismus. Die technologischen Möglichkeiten, die uns heute durch Digitalisierung, KI und hochentwickelte Analytik zur Verfügung stehen, machen mehr machbar als jemals zuvor. Wir können heute Schäden präziser analysieren, bewerten und vorhersagen, Materialien besser einordnen und Prozesse effizienter gestalten. Sehr viel immer wieder neu. Unsere Kernaufgabe aber bleibt dabei unverändert: die Praxis da draußen mit fundiertem Wissen und verlässlichen Antworten zu unterstützen. Dass wir dabei auf die gesammelte Erfahrung und die große Expertise aus mittlerweile 80 Jahren IFB-Geschichte zurückgreifen können, ist unser großes Privileg – und ein ziemlich nachhaltiges Fundament für die Innovationen von morgen.

Ein solcher Weg lässt sich jedoch niemals alleine gehen. Ein ganz besonderer Dank gilt daher meinen Wegbegleitern, Mentoren und visionären Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft, die diesen Weg bereitet und geebnet haben, wie die Weimarer und Hannoveraner Professoren und alle, die mir immer wieder ihr Vertrauen schenken, und die den Weg über Jahre hinweg kritisch und konstruktiv begleitet haben.

Der größte und wichtigste Dank gebührt jedoch den Wegbereitern in den »historischen Instituten IFB und IBF«, vor allem aber meinem heutigen, großartigen Team im IFB: Ohne euren täglichen Einsatz, eure unermüdliche Neugier und die Bereitschaft, jede Idee und jeden Wandel aktiv mitzugestalten, wäre die Erfolgsgeschichte unseres Instituts schlichtweg nicht möglich. Gemeinsam haben wir das IFB zu dem gemacht, was es heute ist: Ein echter Wegweiser für die Praxis. Die Zukunft baut auf Wissen. Wir liefern die wissenschaftlichen Fundamente, setzen neue Trends in der Bauforschung und treiben Innovationen unermüdlich voran.

Dipl.-Ing. Heike Böhmer leitet seit 2008 das Institut für Bauforschung e.V. in Hannover und ist als Sachverständige, Referentin und Autorin aktiv. Sie studierte Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität Weimar und der Leibniz Universität Hannover mit den Schwerpunkten Baustoffe und Bausanierung, ist zertifizierte Gebäudeenergieberaterin und Energieeffizienzexpertin. Heute verknüpft sie die Rolle als Geschäftsführende Direktorin und Leiterin der Forschung mit ihrer Expertise in der Praxis. Im Zentrum ihrer Arbeit steht die Sicherung einer zukunftsfähigen Bauqualität durch gezielte Mangel- und Schadenprävention. Sie initiiert zukunftsweisende Forschungsprojekte und begleitet komplexe Planungs-, Bau- sowie Modernisierungsprozesse. Im Mittelpunkt stehen dabei Nachhaltigkeit, funktionale Robustheit, Sicherheit und Klimaresilienz.

1.2 Was die Baubranche von der Natur über die Zukunft des Bauens lernen kann

Lange wurde geplant, als wären Materialien selbstverständliche Träger der Entwürfe: Beton, Stahl, Glas – Hauptsache tragfähig, normgerecht, schnell skalierbar. Diese Logik hatte ihre Berechtigung in einer Welt, in der Ressourcen verfügbar und Konsequenzen unsichtbar waren. Heute verschieben sich beide Parameter gleichzeitig.

FOTO: FUTURE FOREST INITIATIVE

Wolf Goertz

FOTO: FUTURE FOREST INITIATIVE

Björn Kaminski

Was sich abzeichnet, ist kein branchenspezifischer Wandel, sondern ein struktureller: In der Wirtschaft insgesamt – von der Pharmaindustrie über Lebensmitteltechnologie bis zur Verpackungsbranche – gibt es eine Bewegung weg von erdöl- hin zu biobasierten Stoffen, zu regionaler Verfügbarkeit, zu Kreislauflogiken. Diese Bewegung erreicht nun auch die Bauwirtschaft. Drei Felder stechen dabei besonders hervor: der Wechsel zu biobasierten Materialien, das Prinzip Resilienz als neues Planungskriterium und die Transformation durch digitale Fertigungs- und Modulbautechnologien.

Der Status quo ist bekannt: Zement, Stahl, Glas und mineralische Zuschläge prägen Städte und Infrastrukturen – und verursachen zugleich rund 34 Prozent der globalen energie- und prozessbedingten CO_2-Emissionen des Gebäudesektors.[1] In Deutschland stammt mehr als die Hälfte des Abfallaufkommens aus Bau- und Abbruchabfällen – ein Indikator dafür, wie linear die heutigen Stoffströme organisiert sind. Hinzu kommt: Die deutsche Bauwirtschaft ist erheblich von importierten Vorleistungen abhängig; rund ein Viertel der direkt beschafften Waren und – über alle Wertschöpfungsstufen – etwa 40 Prozent der Gesamtwertschöpfung basieren auf Importen.[2]

1 Vgl. UN environment programme: Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025. www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction-20242025 [abgerufen am: 16.04.2026]

2 Vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR): Lieferketten in der deutschen Bauwirtschaft. www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2023/bbsr-online-52–2023-dl.pdf [abgerufen am: 16.04.2026]

FOTO: FUTURE FOREST INITIATIVE

Dr. Benjamin Kowalski

FOTO: FUTURE FOREST INITIATIVE

Rosalie Schuster

Die Notwendigkeit, von fossilen und nicht erneuerbaren Baustoffen hin zu biobasierten Materialien zu wechseln, trifft auf eine doppelte Ressourcenfrage: Zum einen steigen Nachfrage und Nutzungsdruck bei zugleich abnehmender Verfügbarkeit zentraler Rohstoffe wie Sand für Beton oder Biomasse. Zum anderen zeigen die hohen Abfallmengen im Bauwesen, dass wir vorhandene Materialien nicht effizient genug in Kreisläufe zurückführen. Vor diesem Hintergrund geht es nicht nur um einzelne Substitutionen, sondern um eine veränderte Gesamtperspektive: weg von linearen Stoffströmen hin zu einer Baupraxis, die Verfügbarkeit, Wiederverwendung und Verwertung von Ressourcen gemeinsam denkt. Die Frage, die uns umtreibt, lautet deshalb nicht: Haben wir zu wenig marktfähige Ressourcen? Sondern: Welche Ressourcenpotenziale sind noch unentdeckt?

Feld 1 – Biobasierte Materialien: Was direkt unter unseren Füßen wächst

Um biobasierte Baumaterialien nutzbar zu machen, braucht es zunächst ein tieferes Wissen über die Ressourcen selbst – und dieses Wissen ist in weiten Teilen noch im Entstehen. Besonders deutlich wird das am Beispiel des Myzels. Nach Schätzungen von Wissenschaftlern der Freien Universität Berlin und des Natural History Museum London sind nur etwa 10 Prozent der Pilzarten beschrieben.[3] Das bedeutet: Ein Großteil der biologischen Vielfalt in diesem Reich ist weiterhin unerforscht – und damit werden auch viele der Chancen, die in ihren Stoffwechselwegen und genetischen Bauplänen liegen, bislang nur ansatzweise erkannt. Die Natur hatte rund vier Milliarden Jahre Zeit, Lösungen für Struktur, Schutz und Ressourceneffizienz zu entwickeln; ein Teil dieser »Schatzkammer« liegt in den Genpools von Pilzen und Mikroorganismen verborgen, die wir gerade erst beginnen zu öffnen. Im Mittelpunkt standen bislang häufig die Stoffe, die Pilze abbauen oder herstellen können; potenziell interessante Materialeigenschaften ihrer Geflechte rücken erst heute allmählich in den Fokus der angewandten Forschung. Sie sind vollständig biologisch abbaubar und weisen gute Dämm- sowie Schallschutzeigenschaften auf. Anwendungsfelder reichen von Verpackung und Innenausbau bis zu leichten, nicht tragenden Baukomponenten.

3 Hawksworth, D.; Lücking, R.: Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. ASM Journals Microbiology Spectrum 5 (2017), Nr. 4, DOI:10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016

Die Langzeitmechanik, die Normierung und die Integration in bestehende Bauprozesse sind allerdings erst teilweise erforscht. Um diese Lücke zu schließen, wurde das Forschungsvorhaben »MYCO BUILD«[4] des Karlsruher Instituts für Technologie mit 10,3 Millionen Euro von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Materialwissen ist auch ein Sicherheitsfaktor. Der Rat für technologische Souveränität[5] hält in seinem Positionspapier fest, dass Materialinnovationen zu einem zentralen Baustein der Lösung globaler Herausforderungen geworden sind. Materialforschung wird darin ausdrücklich als stabilisierende Infrastruktur und Sicherheitsfaktor verstanden – weil sie darüber entscheidet, ob Wirtschaft und Gesellschaft Schlüsseltechnologien resilient, rohstoffeffizient und mit eigenen Ressourcen absichern können. Was es dafür braucht: eine Stärkung der Materialforschung an der Schnittstelle von Biologie, Baustoffkunde und digitaler Simulation – und die Bereitschaft, Produktionsprozesse grundlegend neu zu denken.

Praxisbeispiel – TYMBA Materials

Ein Blick auf TYMBA Materials[6] illustriert diesen Wandel. Das Unternehmen aus Hannover hat ein Verfahren entwickelt, das lokal verfügbares, schnell nachwachsendes Holz in hochperformante technische Hartholzwerkstoffe transformiert. Dabei wird die natürliche Fasermatrix des Holzes zunächst plastifiziert, gezielt verdichtet und anschließend durch einen biobasierten Reaktand restabilisiert. Das Ergebnis übertrifft tropische Hölzer in zentralen mechanischen Kennwerten – bei einer Brinell-Härte von bis zu 500 N/mm^2, einer Biegefestigkeit von bis zu 612 N/mm^2 und einer Dichte von 1,25 g/cm^3. Für die Bauwirtschaft besonders relevant: TYMBA-Werkstoffe könnten klassische Stahlbetonkomponenten in bestimmten Anwendungen strukturell ersetzen – bei erheblich geringerem Gewicht und einem emissionsarmen Materialprofil. Die CO_2-Bilanz: TYMBA gibt auf Basis eigener interner Berechnungen nach den Scopes 2 und 3 des Greenhouse Gas Protocol einen CO_2-Speicherwert von -1,9 t/m^3 an (erfasst über die Plattform ecocockpit.de[7], unter Annahme von Ökostromnutzung). Zukünftig wird das Material unter Einsatz robotischer Fertigung produziert.

4 Vgl. Karlsruher Institut für Technologie: Pilze als Baustoff. KIT prüft neuartige Werkstoffe. www.kit.edu/kit/202601-pilze-als-baustoff-kit-pruft-neuartige-werkstoffe.php [abgerufen am: 16.04.2026]

5 Vgl. Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt, Rat für technologische Souveränität. Materialinnovationen für die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft (Mat2Twin). www.bmftr.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/R/31870_Materialinnovationen.pdf?__blob=publicationFile&v=8 [abgerufen am: 16.04.2026]

6 Vgl. TYMBA Materials | High-Performance Engineered Cellulose. https://tymba.net [abgerufen am: 21.04.2026]

7 Vgl. ecocockpit. www.efa.nrw/fuer-unternehmen/angebote/beratung-ressourcenschonung/ecocockpit [abgerufen am: 16.04.2026]

Feld 2 – Resilienz: Bauen lernen vom Wald

Der Wald ist ein uraltes, hochkomplexes System. Er verteilt Wasser, Nährstoffe und Biomasse über vernetzte Wurzel- und Pilzgeflechte, reagiert auf Dürre, Schädlinge und Stürme – und skaliert seine Prozesse nicht linear, sondern adaptiv. Bäume entstehen, wachsen, sterben; die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems bleibt erhalten.

Das heutige Bauwesen denkt Gebäude überwiegend als Einzelobjekte mit definiertem Lebenszyklus. Diese Denkweise steht unter Druck: Klimawandel, veränderte Nutzungsanforderungen und technologische Sprünge machen statische Lebenszyklusannahmen fragwürdig. Eine resiliente Baupraxis muss deshalb – in Analogie zum Wald – vom Objekt- zum Systemdenken wechseln.

Die wirtschaftliche Dimension ist direkt greifbar: Steigende Preise und Engpässe bei Sand, Zement und Stahl – wie zuletzt im D.O.M.E.-Projekt im VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2023/24[8] illustriert – zeigen, wie angreifbar Geschäftsmodelle sind, die auf wenigen, global gehandelten Grundstoffen basieren. Regionale, erneuerbare Rohstoffketten erhöhen die Widerstandsfähigkeit: Wer Holz, sekundäre Baustoffe oder biogene Restströme in regionalen Kreisläufen nutzt, reduziert Transportabhängigkeiten, Währungsrisiken und Lieferzeitvolatilität.

Drei Prinzipien aus dem Systemverhalten des Waldes lassen sich auf das Bauen übertragen:

- Erneuerungsfähigkeit statt maximale Dauerhaftigkeit
  Im Wald sichern Vielfalt und die natürliche Sukzession (das zyklische Absterben und Nachwachsen einzelner Elemente) die Resilienz des Ganzen. Übertragen bedeutet das: Gebäude können so konzipiert werden, dass Bauteile selektiv ausgetauscht werden können – durch mikromodulare Holzbausysteme, demontierbare Fassaden oder reversible Verbindungen. Durch diese geplante Anpassungsfähigkeit (adaptive Skalierung) kann Resilienz gewährleistet werden.

- Standortbedingungen als Ausgangspunkt
  Wälder entwickeln sich aus Boden, Wasser, Klima und Topografie – der Standort ist Ausgangspunkt, nicht Randbedingung. Im Bauwesen dominieren hingegen standardisierte Lösungen, die unabhängig vom Ort eingesetzt und erst im Nachhinein technisch angepasst werden. Beobachtung aus dem Alltag: Braucht es bodentiefe Fenster, wenn der Straßenname des Wohnhauses schon »Zum Moore« heißt? Feuchtigkeitsschäden sind programmiert, weil die Umgebungskriterien ausgeschlossen wurden.

8 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2023/24. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2024, S. 375–384

- Kreislauflogik statt linearer Entsorgung
  Im Wald existiert kein Abfall: Jeder Stoff wird Teil eines neuen Prozesses. Die Bauwirtschaft erzeugt hingegen enorme Mengen an Abbruch- und Reststoffen. Projekte wie Urban Mining, zirkuläre Betonfertigteile oder Recyclinghäuser zeigen, wie Gebäude zu temporären Materialdepots werden können, deren Komponenten über mehrere Lebenszyklen zirkulieren. Biobasierte Materialien – von Holzverbunden bis Myzelkompositen – verstärken diese Logik durch ihre natürliche Rezyklierbarkeit und biologische Abbaubarkeit.

Für Versicherer ist diese Materialfrage wesentlich: Biobasierte Materialien in modularen Systemen können Wartungs-, Umbau- und Rückbaukosten senken, weil sie selektiven Ersatz statt vollständigen Abriss ermöglichen. Gleichzeitig bringen sie neue Risikoprofile mit sich – etwa, wenn Langzeitverhalten oder normative Einordnung noch offen sind.

Praxisbeispiel – Biowerkz

Vom Wald inspiriert übersetzt das Startup Biowerkz[9] diese Prinzipien in konkrete Produkte: Sie züchten aus landwirtschaftlichen Reststoffen und Pilzgeflechten biobasierte Baustoffe – etwa akustische Paneele oder Wärmedämmplatten. Myzelverbunde sind vollständig kompostierbar, weisen gute Dämm- und Schallschutzeigenschaften auf und können am Ende ihres Lebenszyklus ohne aufwendige Entsorgung in biologische Kreisläufe zurückgeführt werden. In der Praxis eignen sich diese Materialien derzeit vor allem für nicht tragende, innenliegende Anwendungen – ein realistischer Einstiegspunkt, der Versicherbarkeit und Marktzugang erleichtert.

Feld 3 – Modulbau und digitale Fertigung: Knappe Ressourcen, neue Möglichkeiten

Technologische Sprünge eröffnen der Bauwirtschaft neue Spielräume – besonders dort, wo Ressourcen knapp und Anforderungen komplex werden. Statt weltweit standardisierter Lieferketten entstehen kleinteiligere, regional vernetzte Systeme: additive Fertigung mit holzbasierten Pasten, robotergestützte Herstellung von Bausteinmodulen sowie digitale Planung, die direkt in industriell skalierbare Fertigungsprozesse übersetzt wird.

Wertschöpfung rückt damit näher an die Ressource – und entzieht sich zentralisierten Industrielogiken der Vergangenheit. Gebäude werden zunehmend über Lebenszykluskosten bewertet. Biobasierte Materialien in modularen, rückbaubaren Systemen können Wartungs-, Umbau- und Rückbaukosten senken, weil sie selektiven Austausch ermöglichen. In Quartiersentwicklungen werden diese Effekte kumulativ sichtbar.

9 Vgl. Biowerkz GmbH. https://biowerkz.com/ [abgerufen am: 16.04.2026]

Praxisbeispiel – Strong by Form

Strong by Form[10] entwickelt mit Woodflow eine biomimetische Technologie, die die Faserarchitektur von Bäumen nachahmt und Holzfasern so ausrichtet, dass sie Belastungen optimal aufnehmen. Die entstehenden Platten und Träger können in bestimmten Anwendungen Stahlbetondecken ersetzen, dabei bis zu 90 Prozent leichter sein und einen deutlich geringeren CO_2-Fußabdruck aufweisen. Für Bauunternehmen bedeutet das: geringere Lasten, kleinere Fundamente, schnellere Montage – und eine realistische Option, emissionsintensive Bauteile schrittweise zu substituieren.

Die Future Forest Initiative: Systemblick als Brückenbauer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

Der Systemblick der Future Forest Initiative ermöglicht den Transfer von der Wissenschaft in die Wirtschaft. Sie erkennt, welche Fragen Forschungsteams bewegen, bevor sie publizieren. Sie beobachtet, welche Geschäftsmodelle sich in frühen Phasen befinden und welche strukturellen Muster sich über Branchen hinweg wiederholen. Somit führt sie Signale aus der Bioökonomie, der Forstwirtschaft und den Materialwissenschaften zusammen, die innerhalb einzelner Fachgemeinschaften selten gleichzeitig sichtbar sind.

Der Trend hin zu biobasierten Materialien und zu Resilienz als Planungskriterium, wird in vielen Bereichen der Wirtschaft beobachtet. Dies könnte für eine biobasierte Bauwirtschaft bedeuten: eine strukturelle Neuausrichtung, die über einzelne Produktinnovationen hinausgeht. Ob und wie sich diese Entwicklungen in die Praxis der Bauwirtschaft übersetzen lassen – das können nur jene beurteilen, die diese Branche von innen kennen. Der Beitrag der Future Forest Initiative ist der übergeordnete Blick.

Die Future Forest Initiative adressiert diese Schnittstellen mit strukturierten Innovationsprogrammen: dem Future Forest Accelerator und dem Future GreenTech Incubator. Nature-Tech- und Green-Tech-Start-ups validieren darin neue Materialien und Geschäftsmodelle mit Unterstützung von mehr als 400 Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft. Die Mission »we do Planetary Health« fragt nicht, »ob« biobasierte Materialien relevant werden, sondern »mit welchen Partnern und Anwendungsfeldern« dieser Wandel gestaltet werden kann.

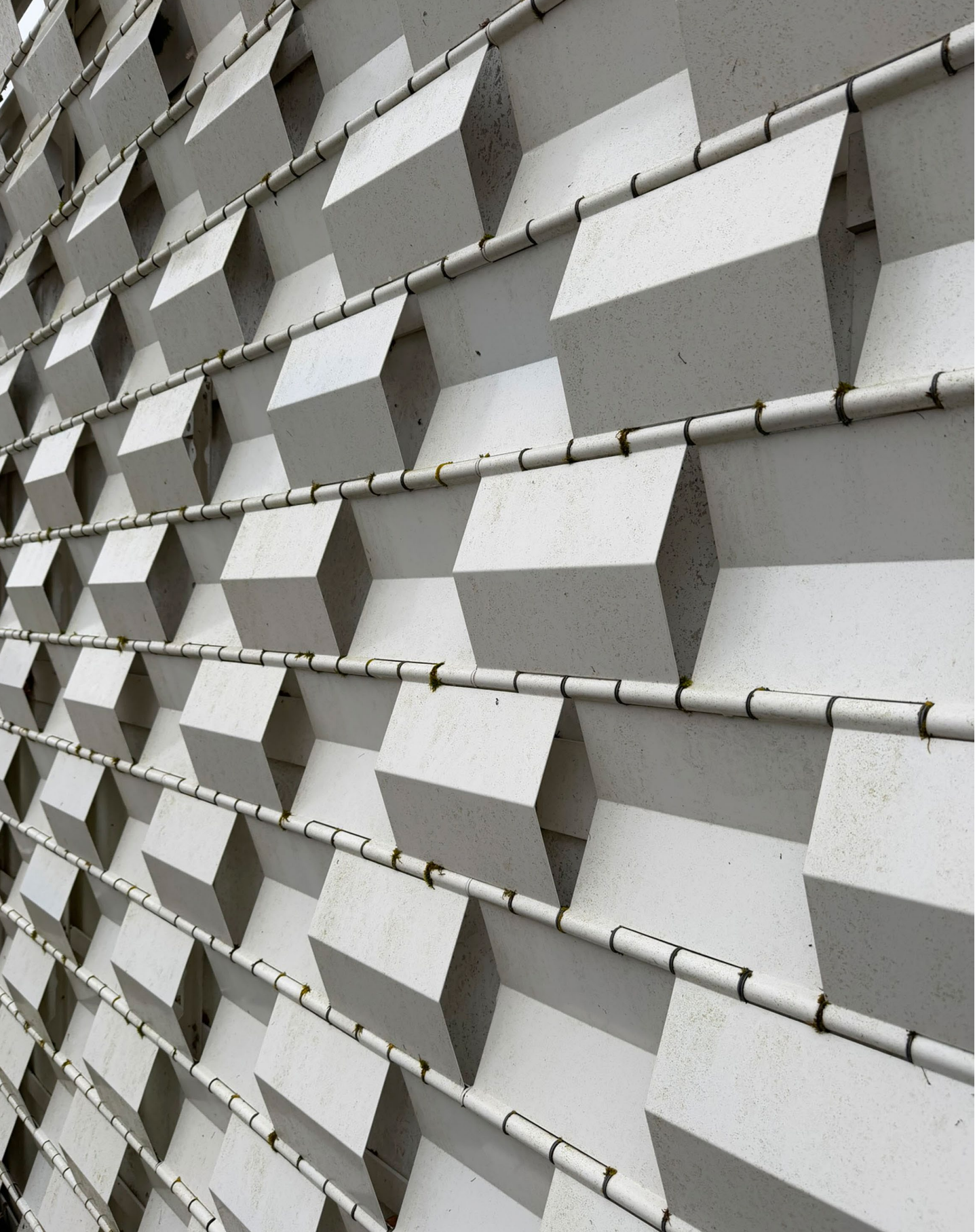
10 Vgl. Strong by form. www.strongbyform.com [abgerufen am: 16.04.2026]

Wolf Goertz ist Mitgründer der Future Forest Initiative, einem unabhängigen Innovation Hub im Harz. Die Initiative ist Teil der de:hub Initiative der Bundesregierung und arbeitet an der Schnittstelle von Unternehmertum, Waldpraxis und Technologie. Sie unterstützt Nature-Tech- und Green-Tech-Start-ups mit Inkubator- und Akzeleratorprogrammen, die durch Workshops, Industrievernetzung und Finanzierung gezielt Innovationskraft im Bereich Planetary Health stärken.

Dr. Benjamin Kowalski ist Mitgründer der Future Forest Initiative und verantwortet als Head of Science die inhaltliche Ausrichtung entlang aktueller klima- und waldökologischer Forschung. Er arbeitet daran, die Bioökonomie im Forst vom reinen Holzproduktionsmodell zu lösen und Waldbewirtschaftung als resilienten, multifunktionalen Dienstleister für Klima, Biodiversität und neue Materialien zu denken.

Björn Kaminski ist Mitgründer der Future Forest Initiative und begleitet sie als erfahrener Innovations- und Start-up-Mentor, der seit vielen Jahren Green- und Digital-Start-ups in Programmen wie dem Startup Camp Berlin unterstützt. Sein Fokus liegt darauf, Klimaschutz und Resilienzinnovationen so aufzusetzen, dass sie nicht nur technologisch überzeugen, sondern auch marktfähige Geschäftsmodelle und belastbare Partnerschaften entwickeln.

Rosalie Schuster verantwortet bei der Future Forest Initiative als Green Tech Research and Communication Managerin die Verbindung zwischen wissenschaftlicher Analyse, Start-up-Ökosystem und Kommunikation. Sie übersetzt Daten und Technologien von Green- und Nature-Tech-Start-ups in nachvollziehbare Geschichten, vernetzt die Teams mit passenden Partner:innen und Investor:innen und berichtet als Podcasthost von »Naturally Speaking« über Frauen, die nachhaltige Innovation vorantreiben.



2 RECHTSSICHER IN DIE ZUKUNFT

Die Anforderungen an Bauwerke und an das Planen und Bauen insgesamt verändern sich rasant. Diese Entwicklungen richten einen verstärkten Fokus auf innovative Baustoffe und neue Materialien. Deren Integration in bestehende Rechtssysteme wirft jedoch komplexe Fragestellungen auf, denn: Was zunächst als technologischer Fortschritt erscheint, kann vielfältige Risiken bergen, insbesondere in Bezug auf die Rechtssicherheit. Dies können beispielsweise veränderte Haftungsrisiken sein. So können etwa Anforderungen anzupassen sein, zum Beispiel in technischen Normen und bauaufsichtlichen Bestimmungen. Ein weiteres zentrales Thema stellt die Nachhaltigkeit dar, wobei insbesondere das Wiederverwenden bzw. das Recycling von Baustoffen oder Bauteilen sowie die Entwicklung biobasierter und kreislaufwirtschaftsfähiger neuer Materialien mit völlig neuen Problemstellungen bezüglich bauaufsichtlicher Zulassung, Produkthaftung und Gewährleistung verbunden sind. Die folgenden Beiträge beleuchten diese rechtlichen Herausforderungen. Die Autoren analysieren, welche regulatorischen Anpassungen erforderlich sind, um die Integration neuer Materialien in das Planen und Bauen rechtssicher zu gestalten. Dabei werden sowohl die Chancen als auch die Risiken innovativer Materialkonzepte aus juristischer Perspektive beleuchtet und Lösungsansätze für eine zukunftsfähige Rechtspraxis entwickelt.

2.1 Aktuelles zum Bau-Material-Recht

INTERVIEW – PROF. DR. JUR. GÜNTHER SCHALK

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 Prof. Schalk, danke, dass Sie sich wieder Zeit nehmen, mit mir den traditionellen, juristischen Blick auf unser Bauschadenbericht-Thema zu werfen, das diesmal »Innovation Material« heißt. Wir wissen: Beton, Ziegel, Stahl, Holz oder Lehm – die Zukunft des Bauens ist sehr davon abhängig, wie wir mit Materialien umgehen, wie wir sie gewinnen und herstellen, auswählen und kombinieren, wiederverwenden und in Kreisläufe integrieren. Dabei geht es nicht nur um CO_2-Bilanzen, sondern auch um Ressourcen, technische und technologische Innovationen. Unser Fokus richtet sich deshalb auf bewährte und neue Baustoffe und wie sich das Verhältnis und Verständnis zu Material im Bauwesen verändert. Zum Thema Innovation: Bei der Verwendung innovativer, neu entwickelter Baustoffe fehlt einer der wesentlichen Bausteine der »allgemein anerkannten Regeln der Technik«, nämlich die (Langzeit-)Bewährung, der Nachweis der dauerhaften, schadenfreien Funktion. Eine Innovationsbremse, die nicht selten Planer, Ausführende und auch Bauherren abschreckt. Zu Recht?

Prof. Dr. jur. Günther Schalk: Recht und Normung sind nun einmal leider grundsätzlich träge Systeme. Bis etwas in einem Gesetz, in der VOB oder in einer Norm steht, dauert es. Da sind viele Gremien dazwischen, viele Interessen, die abgewogen und manchmal ausgestritten werden müssen. Es hat ein Stück weit freilich auch seine Berechtigung, dass man sich dadurch darauf verlassen kann, dass das, was in einem Normenwerk steht, zumindest nominell »ausgegoren« und überlegt ist. Für die »User« führt das aber bis dahin zu einer Art Vakuum. Der Baustoff, das Material, das neue Verfahren ist schon da – aber kein Mensch weiß so richtig rechtssicher, wie er damit umgehen muss und soll. In den Normen steht zunächst einmal nichts. Also muss man erst mal eine ganze Weile »auf Sicht« fahren. Und dieser Zustand kann Jahre dauern. Es gibt beispielsweise allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, 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 sich das vorgestellt oder wie er das gehofft hatte. Wir

haben also das Problem, dass das rechtliche System tatsächlich ein großer Bremsklotz für die Etablierung von neuen Baustoffen ist.

Böhmer: Zum Thema Haftung: Aber das heißt ja, dass wir hier nie vorankommen, uns haftungstechnisch in Problembereichen befinden, sogar grob fahrlässig oder vorsätzlich handeln? Welche konkreten vertraglichen Absicherungen, Haftungsfreizeichnungen und Dokumentationspflichten müssen wir denn in Planungsverträgen vereinbaren, um innovative Baustoffe rechtssicher einzusetzen, solange sie noch nicht den »allgemein anerkannten Regeln der Technik« entsprechen?

Schalk: Wir kommen schon voran, so ist es ja nicht. Aber es dauert eben. Rechtlich ist und bleibt es schwierig, solange neue Baustoffe nicht wenigstens einen Hauch von offizieller »Anerkennung« haben. Das ist dann auch generell von der Haftung her schwer in den Griff zu kriegen. Ein Planungsvertrag und ein Bauvertrag sind jeweils ein Werkvertrag. Beide schulden jeweils einen bestimmten Erfolg. Das ist beim Planer eine mangelfreie, umsetzbare Planung und bei der Baufirma eine mangelfreie Bauleistung. In der VOB/B steht aber nun einmal ausdrücklich drin: Ein Bauwerk ist (nur) dann mangelfrei, wenn es auch die anerkannten Regeln der Technik einhält. Das gilt genauso für Bauverträge, bei denen nicht die VOB vereinbart ist und das gilt genauso für Planerverträge, hier eben nicht für die Ausführung der Bauleistungen, sondern für die Planungsleistungen.

Es gibt schon eine theoretische Möglichkeit, wie der Planer und der Bauunternehmer aus der Haftung kommen, wenn sie einen Baustoff einsetzen möchten, der nicht bereits genannt ist und deshalb nicht den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Das ist allerdings in meinen Augen vielfach nur eine theoretische Möglichkeit. Um sich aus der Haftung zu nehmen, müssten der Planer und der Bauunternehmer jeweils vorab Bedenken gegenüber dem Auftraggeber mitteilen. Das heißt, sowohl der Planer als auch der Bauunternehmer müssten dem Bauherrn sagen: »Schau mal her, wir haben da einen völlig neuen Baustoff, der noch in keiner Norm steht, für den es noch keinerlei offizielle Zulassung oder Anerkennung gibt, der aber super ist. Wir können allerdings nicht hundertprozentig garantieren, dass der auch funktioniert und das nicht auch noch Nebenwirkungen auftreten oder doch etwas rauskommt, was dir nicht gefällt«. Das müssten sowohl der Planer als auch die Baufirma so deutlich formulieren. Selbst wenn sie selbst davon überzeugt sind, dass der Baustoff gut ist, ist rechtlich erforderlich, dass sie auf drohende Gefahren hinweisen. Andernfalls ist das Marketing für den neuen Baustoff, aber keine Freizeichnung von der Haftung. Letztlich muss dann der Bauherr und Auftraggeber entscheiden, ob er sich auf dieses Wagnis einlässt. Und darum hatte ich gesagt, dass das eher eine theoretische Möglichkeit ist. Ich gehe davon aus, dass nur wenige Bauherren so innovativ sind, dass sie sich auf ein Risiko einlassen, wenn sie ein teures Bauwerk erstellen, das sie nicht hundertprozentig im Griff haben. Ich nehme an, dass in diesem Fall vermutlich die Mehrheit der Bauherren sagen würde: »Ja gut, wäre eine nette Idee, aber wenn mir weder der Planer noch der Bauunternehmer versichern können, dass das auch hundertprozentig klappt, dann will ich das nicht«. Und sobald Planer und Bauunternehmer uneingeschränkt versichern, dass es klappt, sind sie eben wieder in der Haftung dafür, dass es auch klappt.

Böhmer: Zum Thema Beratungspflicht: Haftet ein Planer zum Beispiel für nicht absehbare Spätschäden, wenn er aus Nachhaltigkeitsgründen beispielsweise einen innovativen, zementreduzierten Beton empfiehlt, der die geforderten Eigenschaften, wie die Druckfestigkeit, erreicht, aber nach einigen Jahren unerwartete Schäden, zum Beispiel durch Bewehrungskorrosion aufweist?

Schalk: Sobald sich herausstellt, dass tatsächlich dieser spezielle Beton technisch verantwortlich dafür ist, dass diese Spätschäden eintreten, wird der Pla-

ner in der Haftung dafür sein. Er kann dann hoffen, dass eine Haftpflichtversicherung einspringt – da ist genauso das Problem, ob der Versicherungsschutz tatsächlich besteht, wenn der Planer bewusst und ohne ausreichende und hinreichend klare Beratung gegenüber dem Bauherrn einen Baustoff einsetzt, der eben noch nicht restlos erprobt, insbesondere bereits genormt und damit »sicher« ist. Die einzige Ausnahme ist, wie vorhin gerade beschrieben, dass der Planer den Bauherrn vorher wirklich über alle Details und über alle möglichen Gefahren aufklärt und der Bauherr trotzdem der Verwendung dieses Betons zustimmt. Da haben wir dann schon das nächste Problem: Wenn der Architekt beispielsweise auf bestimmte mögliche Risiken hinweist, in seiner Beratung allerdings nicht darauf hingewiesen hat, dass auch Spätschäden auftreten können, weil der Beton möglicherweise die nötige Druckfestigkeit nicht erreicht, um die Bewehrung sicher einzuschließen und es deshalb zu einer Korrosion der Bewehrung kommen kann, dann ist er trotzdem in der Haftung, obwohl er beraten hat. Das gilt auch für die Baufirma. Sie ist nur hinsichtlich der Mängel aus der Haftung, die sie vorher in ihrer Beratung ausdrücklich als Möglichkeit oder Gefahr genannt hat. Es geht also nicht nur um die Frage, ob der Architekt und der Bauunternehmer hinsichtlich des neuen Werkstoffs beraten haben, sondern es geht ganz konkret um die Frage, über welche drohenden Mängel eine Beratung stattgefunden hat.

Böhmer: Zum Thema Vergabe: Neue Materialien werden derzeit vor allem hinsichtlich ihrer (nachhaltigen) Eigenschaften optimiert. Unter welchen juristischen Voraussetzungen dürfen zum Beispiel öffentliche Auftraggeber bei Ausschreibungen solche Kriterien wie den CO_2-Fußabdruck, die Recyclingfähigkeit oder die Verwendung von Rezyklaten oder allgemein die Nachhaltigkeit von Baustoffen als Zuschlagskriterium festlegen? Es gibt ja auch noch ein Diskriminierungsverbot?

Schalk: Das Vergaberecht ist hier leider ein wenig zweischneidig unterwegs. Es gibt einige Regelungen im Vergaberecht, sowohl im europäischen als auch im nationalen, die ausdrücklich darauf hinweisen, dass Nachhaltigkeit und Innovation Kriterien in einem Vergabeverfahren darstellen dürfen und ein Stück weit sogar sollten. Schwierig wird es allerdings dann bei der praktischen Umsetzung. Zum einen müssen sich solche Kriterien immer ganz konkret auf die zu vergebende Leistung beziehen. Das ist manchmal schon etwas schwierig. Noch schwieriger ist es in der Praxis, das Wertungskriterium der »Innovation« so klar und eindeutig zu beschreiben, dass es alle Bieter im gleichen Sinn verstehen können und müssen. Das ist nämlich eine weitere Voraussetzung, die das Vergaberecht ausdrücklich fordert. In der Praxis führt das vielfach dazu, dass ausschreibende Büros oder Auftraggeber diese Problematik sehr wohl erkennen. Vielleicht haben sie selbst schon entsprechende Erfahrungen gemacht, dass Bieter Ausschreibungen angefochten haben, weil sie eben nicht diese Eindeutigkeit erfüllt hatten. Damit stecken gerade die Ingenieurbüros, die oft die Ausschreibung für die öffentliche Hand erstellen, in einer Zwickmühle: Selbst wenn sie innovative Baustoffe oder Materialien fördern wollen würden, müssten sie vorab ihrem öffentlichen Auftraggeber sagen: »Lieber Auftraggeber, wenn wir diesen innovativen Baustoff ausschreiben, kann es sein, dass ein Bieter möglicherweise die Ausschreibung erfolgreich anficht und wir dann wieder auf null zurück müssen, die Ausschreibung abändern und noch eine Runde drehen müssen. Das kostet mehr Geld und erfordert wesentlich mehr Zeit«. Also gehen viele Büros und öffentliche Auftraggeber aufgrund dessen eher den herkömmlichen Weg, schreiben genormte Baustoffe aus und geben als Wertungskriterium allein den günstigsten Preis vor. Das ist dann eine blanke Zahl, da kann man wenig darüber diskutieren. Und die Innovation fällt damit wieder mal hinten runter.

Böhmer: Zum Thema Nachhaltigkeit: Abschließend würde ich den Blick noch ein wenig ausweiten. Mich würde Ihre juristische Meinung zu den derzeitigen Entwicklungen auf dem Weg zur »rechtssicheren« Nachhaltigkeit, insbesondere zum einfachen/experimentellen Bauen, aber auch zum »Gebäudetyp E« interessieren. Was raten Sie uns Planungs- und Baubeteiligten, die wir schon so lange auf verlässliche Regeln warten?

Schalk: Ich bin ja viel auch als Dozent und Referent bei Baufirmen mit Inhouse-Schulungen und Seminaren unterwegs und schule dort Führungskräfte und Bauleiter. Eines der am häufigsten gebuchten Seminare heißt »Wer schreibt, der bleibt«. Und das ist nicht umsonst so: Auch wenn es für die Betroffenen auf der Baustelle oder am Schreibtisch des Planers lästig ist: In vielen Fällen hilft nur schreiben. Hinweise, die Planer oder Baufirmen an die Auftraggeber geben, zum Beispiel hinsichtlich möglicher Risiken von innovativen Baustoffen, müssen schriftlich dokumentiert sein, sonst scheitert die Sache spätestens, sobald eine Baustelle vor Gericht geht. Mit dem Gebäudetyp E ist das momentan genauso problematisch: Da sind Planer und Baufirma letztlich das »Kindermädchen« für den Bauherrn. Selbst wenn der Bauherr gewillt ist, einfacher zu bauen, muss sowohl der Architekt als auch der ausführende Bauunternehmer genau hinschauen, mit welchen Leistungen geltende Normen unterschritten werden oder wo beispielsweise eben Materialien eingesetzt werden, die noch nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Für jedes einzelne Teil muss dann eine ausführliche Beratung und ein konkreter Hinweis erfolgen, was denn alles theoretisch passieren kann, wenn man dieses Material verbaut. Damit nicht genug: Im Zweifelsfall müssen Planer und Baufirma auch nachweisen können, dass dieser Hinweis auch beim Bauherrn angekommen ist und er diesen verstanden hat. Gerade wenn private Bauherren – die viel gefürchteten Verbraucher – bauen, ufert diese Aufklärungspflicht total aus, weil man ihnen letztlich erst einmal »das kleine Einmaleins« erklären muss. Sie haben vom Bauen schließlich keine Ahnung. Für Innovation gibt es letztlich also nur den steinigen Weg: beraten, aufklären, hinweisen, dokumentieren und vom Bauherrn bestätigen lassen. Alles andere ist hochriskant, sowohl für den Architekten als auch für den Bauunternehmer, der die Leistungen ausführt.

Lieber Prof. Schalk, wie immer darf ich Ihnen persönlich und im Namen der Leserschaft des VHV-Bauschadenberichts für unser Gespräch und das Teilen Ihrer Erkenntnisse danken!

2.2 Die rechtlichen Fundamente der Bauwende: Anspruch und Realität der zirkulären Wertschöpfung auf dem Prüfstand

INTERVIEW – MICHAEL HALSTENBERG

RA Michael Halstenberg

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 Bauprodukterecht, 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.

Konventionelle, energieintensive Baustoffe können nicht mehr die alleinige Basis der Baupraxis sein. Die Transformation der Baubranche hin zu Nachhaltigkeit und einer echten Kreislaufwirtschaft erfordert stattdessen eine tiefgreifende Neubewertung aller Materialien – insbesondere durch den verstärkten Einsatz von Recycling-Baustoffen. Doch der Übergang scheitert selten an der Technik. Vielmehr sind es komplexe rechtliche, politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, die das Recycling am Bau entweder ermöglichen oder massiv blockieren. Während die Politik ambitionierte Kreislauf-Ziele formuliert, vermisst die Praxis oft rechtssichere Vorgaben und klare Produktstatus-Regelungen.

Vor diesem Hintergrund werfen wir im folgenden Gespräch einen juristischen Blick auf die Voraussetzungen, Hürden und Gestaltungsmöglichkeiten beim Bauen mit Recycling-Materialien. Wie müssen die gesetzlichen Randbedingungen aussehen, um eine rechtlich tragfähige Neuausrichtung hin zu zukunftsfähigen Bauwerken zu sichern? Über die Diskrepanz zwischen politischem Anspruch und baurechtlicher Realität von Kreislaufwirtschaft und Recycling sprechen wir mit dem Baurechtsexperten RA Michael Halstenberg, MDir a. D.

Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Die Bauwirtschaft soll und muss ein zentraler Hebel für die Kreislaufwirtschaft sein. Politisch wird der Einsatz nachhaltiger Baustoffe durch Gesetze, EU-Initiativen und Förderprogramme stark gefordert. In der Praxis zeigt sich jedoch eine tiefe Kluft zwischen diesen politischen Zielbildern und der rechtlichen Realität. Akteure bemängeln, dass ambitionierte Absichten nicht in belastbare Gesetze übersetzt werden, es an klaren Vollzugsstrukturen fehle und die Programme zudem oft mit technischen Normen, dem Vergaberecht und Haftungsregelungen kollidieren. Teilen Sie diese Einschätzung? Auf welchen verlässlichen Grundlagen können Akteure heute überhaupt agieren, und wo liegen die größten strukturellen Lücken zwischen politischem Anspruch und baurechtlicher Realität?

RA Michael Halstenberg: Das Hauptproblem ist, wie bei vielen Ankündigungen und politischen Programmen, dass sie Vorstellungen wecken, die in der Realität aufgrund der Faktenlage gar nicht umsetzbar sind. Wenn man von Kreislaufwirtschaft redet, dann stellen sich die Leute vor, dass am Ende des ganzen Prozesses alle neuen Produkte aus gebrauchten

Produkten und Materialien hergestellt werden. Das mag bei einigen Produkten auch der Fall sein: Ein Auto, das zehn Jahre gelaufen ist, kann man sicherlich verschrotten und wesentliche Rohstoffe wieder nutzen. Im Baubereich ist das anders. Warum? Weil wir nicht annähernd so viel abreißen, wie wir dazu bauen. Wir bauen in der Regel nur dazu! Außerdem sollen die Bauwerke ja möglichst lange genutzt werden, also nicht in den Kreislauf zurückkehren. Das heißt, es existieren gar nicht die Stoffströme, um daraus eine Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Wenn es gut läuft, können wir vielleicht 15 Prozent des Materialbedarfs aus Abbruchvorhaben decken. Das heißt, wir werden immer nur einen Teilbedarf des Materials aus alten Projekten nutzen können.

Dazu kommt, dass das verfügbare Material nicht, wie bei einem Auto, leicht demontierbar ist, sondern es sind Gebäude, die abgerissen werden. Es sind Gebäude, die auf Wiederverwendung nicht ausgelegt sind. Gebäude, die vielfach aus den 1950er-, 60er-, 70er-Jahren stammen und oft mit Schadstoffen belastet sind, die faktisch mehr oder weniger aufgrund des Gefahrstoff- oder Abfallrechts eine Wiederverwendung ausschließen.

Eine komplette Kreislaufwirtschaft im Gebäude- oder Baubereich werden wir also nicht bekommen, stattdessen ist eine Materialkrise zu befürchten, weil auf Dauer nicht genügend Material für das, was wir bauen, zur Verfügung steht.

Böhmer: Wir müssen also zumindest den Teil von Materialien aus dem Abbruchbereich, der wiederverwertbar ist, nutzen? Was müssen Bauunternehmer, die solche Materialien oder Produkte verwenden wollen, beachten?

Halstenberg: Am einfachsten ist es, wenn das Material, das in Bauteilen steckt, wieder in den Kreislauf zurückkehrt. So fließen zum Beispiel alle Metalle, wie Stahl, Aluminium und Kupfer, schon heute zu über 90 Prozent in die Wiederverwertung. Diese Stoffe sind wertvoll und relativ leicht wieder in die Stoffkreisläufe zu integrieren. Das bräuchte man noch nicht einmal regeln, das funktioniert schon heute, weil diese Stoffe ausreichend wertvoll sind und die erneute Nutzung für neue Teile Gewinne verspricht. Komplizierter verhält es sich mit der Wiederverwendung von gebrauchten Bauprodukten an sich: Wenn also ein Stahlträger nicht eingeschmolzen, sondern an anderer Stelle wieder eingebaut werden soll. Es findet sich eher selten ein Hersteller, der diese gebrauchten Stahlteile qualitätsprüft, sie wieder in den Kreislauf bringt und dafür eine Herstellergarantie gibt. Dann muss ein Sachverständiger gefunden werden, der die Produkte technisch beurteilt und dafür die Haftung übernimmt.

Noch komplexer wird es, wenn ganze Bauteile, wie ein gebrauchtes Fensterelement, wiederverwertet, zum Beispiel in ein neues Gebäude eingebaut werden soll. Warum? Weil die Gesetze nicht zwischen neuen und gebrauchten Bauteilen bzw. Bauprodukten unterscheiden. Normalerweise gibt es einen Hersteller, der mit dem Produkt eine Leistungserklärung oder sonstige technischen Angaben verkauft, in denen steht: »Dieses Produkt erfüllt genau diese Anforderungen.« Der Unternehmer ist dann »nur« verpflichtet zu prüfen, ob diese Eigenschaften für den Einsatz im Bauprojekt ausreichend sind. Für ein gebrauchtes Bauteil, wie ein gebrauchtes Fensterelement, gibt es aber keinen Hersteller, denn der ursprüngliche Hersteller ist an einem zweiten Lebenszyklus des Produkts rechtlich nicht beteiligt und gibt insofern zu den Eigenschaften des gebrauchten Produkts keine Erklärung ab. Und damit steht der Nutzer vor dem grundsätzlichen Problem, die Anforderungen des gebrauchten Produkts selbst prüfen bzw. erklären zu müssen. Das ist bei Produkten, wie Türklinken oder Fußleisten, kein Problem. Das sind untergeordnete Bauprodukte, an die es keine gesetzlichen Anforderungen gibt.

Sobald es um weitergehende Anforderungen, wie zum Beispiel Statik, Brandschutz, Wärmeschutz und Schallschutz, wie es bei Fensterelementen der

Fall ist, geht, wird es schwierig: Wenn der Unternehmer ein altes Fenster ausbaut, um es wiederzuverwenden, muss er erst einmal klären, ob dieses gebrauchte Produkt die gesetzlichen Anforderungen erfüllt, und das ist natürlich ein Problem. Er ist eben nicht der Hersteller des Produkts. Er muss sich also um entsprechende Prüfungen, Nachweise oder Erklärungen kümmern.

Es besteht noch ein weiteres Problem: Der Besteller (Auftraggeber, Bauherr, Käufer) hat vom Grundsatz her, wenn nicht etwas anderes vereinbart ist, Anspruch auf ein neues Produkt, denn üblicherweise baut man neue Produkte ein. Das heißt, wenn ich ein neues Einfamilienhaus bauen lasse, habe ich die berechtigte Erwartung, auch neue Produkte zu erhalten. Da nützt es nichts zu sagen: »Aber das Waschbecken sieht aus wie neu und funktioniert.« Das ist es im Grundsatz auch und man kann es auch noch lange nutzen, aber es ist eben nicht üblich. Daher können Bauherren grundsätzlich neue Teile verlangen, es sei denn, etwas anderes ist ausdrücklich wirksam vereinbart. Das gilt selbst für Produkte, an die der Gesetzgeber keine Anforderungen stellt, wie etwa an ein Waschbecken. Und genau dort steckt auch der Zwiespalt der Planer und Ausführenden: Sie haben das Gefühl, man soll es machen, stoßen in der Realität aber auf diese grundsätzlichen Probleme und sagen: »Wenn das Rechtssystem nicht auf die Verwendung gebrauchter Teile ausgerichtet ist und sich hieraus Haftungsprobleme ergeben können, lasse ich es.«

Böhmer: Welche rechtlichen Barrieren im Abfall-, Umwelt- und Baurecht behindern denn den Einsatz von Recyclingbaustoffen, und lassen sich diese Widersprüche und die daraus resultierende mangelnde Versicherbarkeit auflösen, um Planern und Bauunternehmen mehr Rechtssicherheit zu bieten?

Halstenberg: Ein Bauprodukt befindet sich bildlich gesprochen in der Produktwelt, die ich nach der griechischen Mythologie gern als »Oberwelt« bezeichne. In dem Moment, in dem das Bauprodukt seinen ersten Verwendungszweck hinter sich hat, mit anderen Worten, ausgebaut wird oder im Rahmen eines Abrisses seine Funktion verliert, wird es qua Definitionen zu Abfall. Das gilt auch dann, wenn das Produkt noch weiter nutzbar wäre. Wenn ein Produkt erst einmal im Abfallbereich ist, folgt das gesamte »Abfallregime«, dann wechselt das Produkt von der Oberwelt in die Unterwelt, in den Hades. Und bekanntlich kommt man aus dem Hades nur sehr schwer wieder heraus. In unserem Fall lautet die Problembeschreibung: Man darf keinen Abfall einbauen. Das Produkt muss also erst einmal ein Recyclingverfahren durchlaufen, zu dem ich hier nur einmal stichwortartig die Chronologie aufzeige, die vom Abfall- und Umweltrecht berührt ist: Beginnend bei der Demontage und der Lagerung (Risiko: illegale Abfalldeponie!), über die Sortierung und den Transport, im Idealfall zu einem Verwertungsbetrieb, zu einer Prüfung und Bewertung, zum Beispiel bezüglich der Schadstofffreiheit. Im Anschluss folgt dann ein geeignetes Recyclingverfahren, damit das Produkt aus dem Abfallstatus wieder herauskommt. Ergebnis muss eine Art Ausreisepass für das Material zum Wechsel aus der Unterwelt in die Oberwelt sein, mit dem belegt wird, dass alle Grenzwerte und sonstigen Anforderungen erfüllt sind. Ein riesiger Aufwand und viele Unsicherheiten, die man unter Berücksichtigung von relevanten Schadstoffen, wie PCB oder Asbest, und dem Schutz von Wasser und Boden nachvollziehen kann, aber insgesamt doch eher abschreckend. Nicht zuletzt ist das alles natürlich auch preisbildend.

Böhmer: Würde eine gesetzliche Verankerung in einer End-of-Waste-Definition bzw. in einer Abfallende-Verordnung helfen oder gibt es andere Möglichkeiten?

Halstenberg: Die Abfallrechtler haben es aus welchen Gründen auch immer, bisher nie geschafft oder gewollt, in Deutschland eine End-of-Waste-Defini-

tion gesetzlich zu verankern, auch eine sogenannte Abfallende-Verordnung ist bis heute nicht da. Das will jetzt die EU übernehmen und möglicherweise definieren, wann etwas nicht mehr Abfall ist und damit dem recycelten Abfall einen Produktstatus in der beschriebenen »Oberwelt« als gebrauchtes Produkt ermöglichen. Man kann das alles vermeiden, indem man verhindert, dass ein Produkt in die Abfall-Unterwelt rutscht, indem man dem Produkt, bevor es seinen Zweck verliert, eine neue Zweckbestimmung gibt. Die muss aber hinreichend konkret sein. Rechtlich ist das möglich. Das wurde mit der entsprechenden rechtlichen Expertise auch schon umgesetzt. Ein Beispiel: Die Schalungen der Kelchstützen vom allseits bekannten Projekt Stuttgart 21 aus hochwertigem, massiven Brettschichtholz werden üblicherweise nur einmal genutzt, weil jede Kelchstütze im Detail anders ist. Eigentlich waren diese im Anschluss für die Verbrennung vorgesehen. Um das zu vermeiden, wurde ein Projekt mit der Universität Konstanz initiiert, das diese Teile vor dem Abfallstatus bewahrt hat. Rechtlich wurden die Schalungen zu Bauprodukten gemacht und dann unter Vermeidung der gesamten abfallrechtlichen Auflagen zu Teilen eines neuen Gebäudes. Die Entwürfe stammen von Studierenden, und ein Projekt ist auch tatsächlich gebaut worden: Der Jugendtreff Re-Use S210 in der Gemeinde Ingersheim ist gleichzeitig Reallabor. Großartig zum Anschauen.[1]

Böhmer: Ein beeindruckendes Projekt, das stimmt, aber eben ein Forschungsprojekt, oder? Kann man so etwas wirklich verallgemeinern oder vorschreiben, oder scheitert das in der Praxis an den wechselnden Rahmenbedingungen?

Halstenberg: Man muss jedes Bauvorhaben im Einzelnen bewerten, denn es kommt noch eins dazu, was viele vergessen: Das Ganze sollte auch der CO_2-Einsparung dienen. Wenn ich aber Material, wie dieses, über das wir gerade gesprochen haben, über mehr als 200 Kilometer bewege, dann ist der CO_2-Fußabdruck vermutlich größer, als wenn ich direkt neues Material gekauft hätte. In diesem Kontext ist noch ein Beispielgebäude interessant, das Modellprojekt Rathaus Korbach[2], bei dem man den Bestandsbau als Ressource für den Neubau genutzt hat. Das Betonrecycling mit den Transporten usw. hat am Ende genauso viel CO_2 verursacht, als wenn er neu bestellt worden wäre. Der positive Umwelteffekt wurde aus der Materialreduzierung gezogen. Und auch das muss von zwei Seiten bewertet werden, denn der abgebrochene Beton wäre sonst im Straßenbau wiederverwendet worden. Hier musste das fehlende Abbruchmaterial dann anderweitig ersetzt werden. Stichwort: Wir bauen dazu, nicht um. Das sind Umstände, die bei all dem eine Rolle spielen, ein Konglomerat aus Fakten der Marktbeschaffenheit, aus Abfall-, Bau und Umweltrecht mit rechtlich schwierigen Fragestellungen und auch dem Problem der Beschaffung. Es ist zu befürchten, dass der Erfolg der Kreislaufwirtschaft im Baubereich auf absehbare Zeit auf einzelne Bauprodukte und eine übersichtliche Zahl von Projekten beschränkt bleibt.

Böhmer: Zu diesem spannenden Urban Mining-Projekt haben wir schon einmal ein großartiges Interview mit den Planern und Forschern führen dürfen. Es sei deshalb auf den Bauschadenbericht 2023/24 »Bauen neu denken«, Kapitel 6.1.1, S. 194 ff. verwiesen.[3] Immer noch sehr aktuell! Aber ich will noch zu einem weiteren Thema kommen, das wir bereits kurz ange-

1 Vgl. www.stuttgart210.de/ [abgerufen am: 09.06.2026]

2 Vgl. www.akh.de/kreislaufwirtschaft/re-cycling-rathaus-korbach [abgerufen am: 09.06.2026]

3 Vgl. www.bauforschung.de/downloads-oeffentlich/ [abgerufen am: 09.06.2026]

sprochen haben, die Relevanz von Normen, Prüfverfahren und Zulassungen.

Halstenberg: Die technischen Regelwerke, gerade auch die Normen für Bauprodukte, richten sich an neuen Produkten aus, das heißt, viele gebrauchte Bauprodukte entsprechen nicht den aktuellen technischen Regelwerken. Und das ist auch ein vertragliches Problem. Wie kann ich mit dem Kunden vertraglich vereinbaren, dass ich gebrauchte Produkte einbauen darf? Dafür muss ich ihm erklären können, was die Unterschiede zwischen den Produkten sind, was das neue Produkt kann und das alte nicht. Dazu gehören zum Beispiel mögliche Leistungsunterschiede oder eine begrenzte Lebensdauer. Das muss ich im Detail erklären und nur, wenn der Kunde das verstanden hat, kann ich eine sogenannte Abweichungsvereinbarung wirksam schließen. Ist der Endkunde ein Verbraucher, ist das fast unmöglich. Man kann derartige Vereinbarungen vielleicht mit Bauträgern schließen, ob er dies dann aber dem Kunden entsprechend vermitteln kann, ist zweifelhaft.

Betrachten wir zum Beispiel ein simples Fensterelement: Ein Fenster muss heute Schallschutzanforderungen nach der DIN 4109 erfüllen, die ein gebrauchtes Fenster nicht leisten kann. Ein gebrauchtes Fenster kann ich also lediglich im Wege einer anderen Konstruktion einbauen, nämlich als Kastenfenster. Extrem unbeliebt in der Wohnungswirtschaft. Zweite Anforderung: Ich brauche einen Wärmeschutznachweis für das Gebäude, dafür den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) des Fensters. Dieser (ohnehin) Durchschnittswert ist abhängig von den Dämmeigenschaften, die wiederum aufgrund zunehmender Leckagen über die Lebensdauer abnehmen. Wie exakt, man weiß es nicht. Deswegen besteht auch ein Problem beim Wärmeschutznachweis. Wie komme ich jetzt an die benötigten Werte? Alternativ kann ich möglicherweise schlechtere Werte zugrunde legen, Sicherheitszuschläge machen oder eine andere Konstruktion wählen.

Das sind die Detailprobleme, die sich aufgrund der Tatsache ergeben, dass sich technische Regelwerke auf der Grundlage immer neuer Produkte weiterentwickeln und natürlich auch in den Arbeitsausschüssen bei DIN oder anderen Regelsetzern geschaut wird, was können wir heute mit unseren Möglichkeiten herstellen.

Böhmer: Und die gebrauchten Bauteile?

Halstenberg: Es gibt jetzt einen kleinen Fortschritt auf der europäischen Ebene: Die gerade novellierte EU-Bauproduktenverordnung (BauPVO, Verordnung (EU) 2024/3110) gilt seit dem 8. Januar 2026 mit einem Fokus auf Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung. Danach soll es künftig möglich sein, Normen für Bauprodukte bei CEN zu schreiben, die sich auch mit der Verwendung von gebrauchten Materialien auseinandersetzen, die also sozusagen technische Regelwerke auch für gebrauchte Produkte beinhalten. Das wird es allerdings frühestens in fünf Jahren geben und auch nur dann, wenn sich die Regelsetzer auf Regeln für gebrauchte Produkte verständigen können.

Eine gedachte Perspektive: Wenn wir in fünf Jahren eine Norm haben, in der gebrauchte Ziegel abgebildet sind und in der steht, wie eine Leistungserklärung geschaffen werden kann usw., dann werden diese gebrauchten Ziegel frühestens ab 2033 eingebaut. Gehen wir wiederum von einer Lebensdauer von 100 Jahren aus, ist derjenige, der sich als allererstes mit der Wiederverwendbarkeit dieses Ziegels beschäftigt, jemand im Jahre 2140. Erst da greift diese Strategie für Bauprodukte. Und wir haben nur über Bauprodukte gesprochen, nicht über Bauarten und wie ich die Produkte zusammenfüge, indem ich zum Beispiel klebe, vermörtele, verschweiße, verdübele oder stecke und schraube. Es fängt also nur beim Bauprodukt an, aber geht um deutlich mehr. Auch an diese Themen müssen wir ran.

Böhmer: Wie kommen wir denn jetzt aber mit diesen vielen Problemen zu einer sinnvollen, rechtlich abgesicherten Kreislaufwirtschaft in der Praxis, also zu einer positiven Perspektive?

Halstenberg: Meine erste Regel ist immer Realismus: Welche Materialien haben wir eigentlich in welchem Umfang an welcher Stelle zur Verfügung, und kann ich sie sinnvoll nutzen? In welchen Fällen gebe ich lieber den Stahlträger in den Primärkreislauf zurück, lasse ihn einschmelzen und bekomme ein neues Produkt mit einer Leistungserklärung und einer Herstellerhaftung? Es sind also die Fragen der sinnhaften Effizienz zu klären. Das geht schon jetzt!

Dann müssen wir die Schnittstelle zwischen Produktrecht und Abfallrecht, die End-of-Waste-Definition regeln, ein Regelungsdefizit, das einfach zu wahnsinnig vielen Problemen führen kann. Das könnte man regeln: Beim Schadstoffgehalt und entsprechenden Untersuchungen muss man sich entscheiden zwischen einem höheren Anteil an Wiederverwertung oder einer höheren Sicherheit in puncto Schadstoffe. Je nach Schwerpunkt kann ich weniger oder – mit einem möglicherweise höheren Risiko – mehr recyceln. Am Ende des Tages auch eine mehr oder weniger politische Frage zur Ziel- und Richtungssetzung.

Und da sind wir dann eigentlich auch bei einem völlig anderen Thema, nämlich dem Gebäudetyp E. Wie kann ich die Aufklärungspflichten so vereinfachen, dass ich auch den Einbau und die Verwendung von gebrauchten Materialien, gerade im Wohnungsbau, überhaupt ermögliche. Das ist ein komplexes Thema. Es braucht also eine Transformation bei den Regelungen durch Klarstellung und Vereinfachung, damit Haftungsrisiken beherrschbar werden. Dann müssen sich natürlich alle Beteiligten, sprich Banken, Notare, Gutachter, Anwälte usw. in ihrer Beratungs- und Vertragspraxis darauf einstellen und nicht nach der Prämisse handeln: »Das war schon immer so, das ändern wir nicht.« und damit dem Planer und dem Bauunternehmen gar keine Möglichkeit geben, gebrauchte Bauteile ohne zusätzliche Risiken einzubauen. Es ist und bleibt ein komplexes Problem, aber man bemerkt auch Veränderungen.

Böhmer: Vielen Dank für das spannende Gespräch! Kein »Juristen-Sprech«, sondern klarer, verständlicher Input, extrem wertvoll und mit viel Substanz, die man auch Tage später noch im Kopf sortiert!

2.3 Künstliche Intelligenz (KI) in der Baupraxis – Einsatzmöglichkeiten, Chancen und Risiken

Josie Charwat

Künstliche Intelligenz (KI) ist längst im privaten wie auch im beruflichen und wirtschaftlichen Alltag angekommen. Digitale Anwendungen eröffnen neue Möglichkeiten, Informationen effizient zu erfassen und auszuwerten, Prozesse zu strukturieren und Arbeitsabläufe gezielt zu optimieren. Auch in der Baupraxis gewinnt der Einsatz solcher Technologien zunehmend an Bedeutung: Bauunternehmen, Handwerksbetriebe, Planer, Projektsteuerer und Sachverständige nutzen verstärkt digitale Werkzeuge, um bei komplexen Projekten Effizienzpotenziale zu erschließen und den steigenden Anforderungen gerecht zu werden.

Der vorliegende Beitrag beleuchtet, wie KI den Baualltag bereits heute konkret unterstützt, welche Anwendungsfälle sich in der Praxis etabliert haben und welche Potenziale sich daraus ergeben. Zugleich werden die damit verbundenen Herausforderungen dargestellt. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei den rechtlichen Rahmenbedingungen sowie den aktuellen Entwicklungen in der Rechtsprechung, die den Einsatz von KI zunehmend prägen. Angesichts der Komplexität und Dynamik der Materie kann der Beitrag lediglich einen ersten Überblick bieten.

1 KI – Begriffsbestimmung und rechtlicher Rahmen

1.1 Allgemeines

Zum Begriff der »Künstlichen Intelligenz« gibt es keine allgemeingültige Definition; er lässt daher vielfältige Interpretationen zu. Im Allgemeinen versteht man darunter Computersysteme, die Aufgaben übernehmen, für die typischerweise menschliche Intelligenz erforderlich ist, etwa die Verarbeitung von Sprache, das Zusammenfassen von Informationen oder das Generieren von Texten. Der wesentliche Unterschied zu klassischen Computerprogrammen liegt dabei darin, dass KI-Systeme und -modelle nicht nach festen, von Menschen händisch programmierten Regeln arbeiten, sondern aus großen Datenmengen lernen, Muster erkennen und ihr Verhalten anpassen können. Sie reagieren also nicht lediglich auf Eingaben, sondern entwickeln ihre Ergebnisse auf Grundlage von Erfahrungen im Datenraum weiter. Bekannte Modelle sind GPT-4 (von OpenAI), Gemini (von Google) und Microsoft Copilot. Daneben existieren zahlreiche weitere Modelle und Anwendungen.

1.2 KI-Verordnung

Auch die Europäische Union hat sich im Rahmen des Gesetzgebungsverfahrens zur Verordnung (EU) 2024/1689 über Künstliche Intelligenz (AI Act oder auch KI-Verordnung) mit der Definition von KI befasst. Mit der KI-Verordnung[1] wurden erstmals zentrale Begriffsbestimmungen für ihren Anwendungsbereich geschaffen, insbesondere zu den Begriffen des KI-Systems und des KI-Modells.

Die Verordnung stellt ein Novum dar: Mit ihr hat die Europäische Union erstmals einen eigenständigen und umfassenden Regelungsrahmen für Künstliche Intelligenz geschaffen. Sie ist im August 2024 in Kraft getreten und wird ab August 2027 vollständig anwendbar sein; einzelne Regelungen treten bereits zuvor stufenweise in Kraft. Die Verordnung gilt unmittelbar in allen Mitgliedstaaten. Ziel ist es, das Funktionieren des Binnenmarkts zu verbessern, indem ein einheitlicher Rechtsrahmen für die Entwicklung, das Inverkehrbringen und die Nutzung von KI-Systemen geschaffen wird. Zugleich soll die Entwicklung einer vertrauenswürdigen und menschenzentrierten KI gefördert, ein hohes Schutzniveau für Gesundheit, Sicherheit und Grundrechte gewährleistet sowie Innovation im Binnenmarkt unterstützt werden (Art. 1 Abs. 1 KI-VO).

Die Verordnung definiert das »KI-System« als »*maschinengestütztes System, das für einen in unterschiedlichem Grade autonomen Betrieb ausgelegt ist und das nach seiner Betriebsaufnahme anpassungsfähig sein kann und das aus den erhaltenen Eingaben explizite oder implizite Ziele ableitet, wie Ausgaben wie etwa Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen erstellt werden, die physische oder virtuelle Umgebungen beeinflussen können*« (vgl. Art. 3 Nr. 1 KI-Verordnung). Die Verordnung enthält darüber hinaus in Art. 3 Nr. 2 bis 68 weitere Begriffsbestimmungen, die für die praktische Anwendung und die Bestimmung der rechtlichen Pflichten unter der Verordnung von Bedeutung sind. Daneben existieren bereits erste Leitlinien und Praxisleitfäden, die zur Konkretisierung beitragen sollen; weitere werden folgen.

Zielgruppe der KI-Verordnung sind Unternehmen, Behörden, Organisationen und weitere Akteure, die KI-Systeme in der EU einsetzen oder auf den Markt bringen. Im Hinblick auf die einzuhaltenden rechtlichen Pflichten verfolgt die KI-Verordnung einen risikobasierten Ansatz[2]: Je größer das Risiko eines KI-Systems, desto strenger sind die rechtlichen Anforderungen. Unterschieden wird wie folgt:

1 Vgl. EU Artificial Intelligence Act: https://artificialintelligenceact.eu/de/ai-act-explorer [abgerufen am: 22.05.2026]

2 Vgl. Bundesnetzagentur: www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Digitales/KI/2_Risiko/start_risiko.html [abgerufen am: 22.05.2026]

- **Unannehmbares Risiko** (verbotene Praktiken im KI-Bereich) nach Art. 5 KI-VO: zum Beispiel manipulative KI-Techniken, soziale Bewertungssysteme (Social Scoring), bestimmte Formen biometrischer Echtzeitidentifikation;
- **Hochrisiko-KI-Systeme** nach Art. 6 KI-VO: zum Beispiel KI-Systeme, die Zugang zu Arbeit, Bildung oder grundlegenden privaten oder öffentlichen Diensten regulieren; KI-Systeme in der Medizin, KI-Systeme in der kritischen Infrastruktur;
- **Begrenztes Risiko** nach Art. 50 KI-VO: zum Beispiel KI-Systeme mit Transparenz- und Kennzeichnungspflichten, etwa bei Interaktion mit natürlichen Personen oder bei der Generierung von Inhalten (zum Beispiel Texte, Bilder, Audio oder »Deep Fakes«);
- **Minimales Risiko** (zum Beispiel Spamfilter).

Es ist daher beim Einsatz von KI unerlässlich, sich frühzeitig mit den Vorgaben der KI-Verordnung sowie ergänzenden nationalen Regelungen auseinanderzusetzen, um rechtliche und wirtschaftliche Risiken zu minimieren. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass etwaige Verstöße – ähnlich wie DSGVO-Verstöße – mit erheblichen Bußgeldern sanktioniert werden können. Darüber hinaus ist über alle Risikoklassen hinweg sicherzustellen, dass die Personen, die KI-Systeme entwickeln, implementieren oder verwenden, über ausreichende KI-Kompetenz (Art. 4 KI-VO) verfügen. In der Verordnung heißt es dazu:

> *»Die Anbieter und Betreiber von KI-Systemen ergreifen Maßnahmen, um nach besten Kräften sicherzustellen, dass ihr Personal und andere Personen, die in ihrem Auftrag mit dem Betrieb und der Nutzung von KI-Systemen befasst sind, über ein ausreichendes Maß an KI-Kompetenz verfügen, wobei ihre technischen Kenntnisse, ihre Erfahrung, ihre Ausbildung und Schulung und der Kontext, in dem die KI-Systeme eingesetzt werden sollen, sowie die Personen oder Personengruppen, bei denen die KI-Systeme eingesetzt werden sollen, zu berücksichtigen sind.«*

1.3 Weitere rechtliche Rahmenbedingungen im Überblick

Neben der vorgenannten KI-Verordnung kommen weitere Rechtsgebiete in Betracht, die für die Arbeit mit KI von Bedeutung sein können, insbesondere:

- **Datenschutzrecht:** Beim Einsatz von KI sind regelmäßig datenschutzrechtliche Vorgaben zu beachten, insbesondere bei Verarbeitung personenbezogener Daten. Einschlägig sind insoweit die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) sowie das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG). Die KI-Verordnung steht dabei neben der DSGVO und ersetzt diese nicht, sodass die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Vorgaben stets gesondert zu prüfen und sicherzustellen ist. Besonders praxisrelevant ist dies etwa bei der Nutzung KI-gestützter Tools zur Baustellendokumentation (zum Beispiel Bild-, Video- und Drohnenaufnahmen), digitalen Zugangssystemen mit Personenbezug oder bei Projektmanagement-Tools, die Daten von Projektbeteiligten automatisiert auswerten.

- **Urheberrecht und gewerblicher Rechtsschutz:** Von praktischer Relevanz ist ferner die Frage, ob und in welchem Umfang urheberrechtlich geschützte Inhalte zum Training von KI-Systemen verwendet werden dürfen und wie KI-generierte Inhalte rechtlich einzuordnen sind. Es handelt sich hierbei um komplexe Fragestellungen, deren vertiefte Darstellung im Rahmen dieses Überblicks zu weit führen würde, die jedoch keinesfalls vernachlässigt werden sollten. Zudem können Fragen des Schutzes von Geschäftsgeheimnissen sowie marken- und wettbewerbsrechtliche Aspekte eine Rolle spielen, etwa bei der Verwendung interner Kalkulationsgrundlagen, projektspezifischer Planungsdaten oder sonstiger vertraulicher Projektinformationen.
- **Berufsrecht, Vertragsrecht und Haftung:** Daneben können auch besondere berufsrechtliche Vorgaben zu beachten sein, die im Umgang mit KI-generierten Ergebnissen eine erhöhte Sorgfalt erfordern. Zudem stellen sich vielfältige vertragliche und haftungsrechtliche Fragen. Dies betrifft etwa die Frage, wer für fehlerhafte oder unzutreffende KI-gestützte Ergebnisse einzustehen hat, in welchem Umfang KI-generierte Inhalte als geschuldete Leistung anzusehen sind oder lediglich als unterstützende Arbeitshilfe dienen und welche Auswirkungen sich hieraus auf Gewährleistung, Haftung sowie die Zuweisung von Verantwortlichkeiten ergeben.

2 Typische Anwendungsfälle von KI im Baualltag

Im Baualltag ist der Einsatz von KI in einer Vielzahl von Fällen und in sämtlichen Phasen der Projektrealisierung denkbar – von der Planung über die Ausführung bis hin zu Betrieb und Wartung.

2.1 Planung, Projektvorbereitung und Vergabe

Bereits in der Planungs- und Vorbereitungsphase können KI-Systeme vielfältig eingesetzt werden. Ein wesentlicher Anwendungsbereich liegt in der Erstellung und Strukturierung von Ausschreibungen und Leistungsverzeichnissen. KI-gestützte Anwendungen sind in der Lage, Standardpositionen vorzuschlagen, Textbausteine zu generieren oder bestehende Unterlagen systematisch auszuwerten. Zunehmend wird im planerischen Bereich zudem die Verzahnung von BIM-Modellen und KI-Anwendungen diskutiert, etwa zur verbesserten Planprüfung, zur Unterstützung der Termin- und Ablaufplanung sowie zur automatisierten Ableitung von Mengen, Leistungen oder Planungsvarianten. Ähnliche Unterstützung bietet KI bei der Vorstrukturierung von Verträgen und Baubeschreibungen, etwa durch die Zusammenfassung typischer Regelungsinhalte oder die Identifikation potenziell fehlender oder inkonsistenter Vertragsklauseln. Ergänzend wird KI zunehmend zur Recherche technischer und rechtlicher Fragestellungen eingesetzt, etwa zur Aufbereitung von Normen, technischen Regelwerken oder Rechtsprechung. Im Bereich der öffentlichen Vergabe kommen KI-gestützte Systeme darüber hinaus bei der Vorbewertung von Angeboten, der Erstellung von Bieterprofilen auf Grundlage historischer Projektdaten sowie bei Marktanalysen zur Auswahl geeigneter Beschaffungsstrategien zum Einsatz.

2.2 Bauausführung

Auch in der Phase der Bauausführung ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Vor allem bei der Baustellendokumentation ist KI immer häufiger anzutreffen, zum Beispiel bei der Erstellung von Baubesprechungsprotokollen, Mängellisten oder Tagesberichten. Darüber hinaus kann KI bei der Auswertung von Bauzeitenplänen und Kostenverläufen unterstützen und etwaige Verzögerungen sowie Budgetüberschreitungen frühzeitig erkennen und anzeigen.

Ein weiterer praktischer Anwendungsbereich ist das Nachtragsmanagement, bei dem KI-Systeme insbesondere dabei unterstützen können, Nachträge durch einen Abgleich des ursprünglich vereinbarten Leistungsumfangs mit der tatsächlich erbrachten Leistung zu strukturieren und die zugrunde liegenden Preisansätze unter Berücksichtigung von Kalkulationen, Preislisten oder Vergleichsprojekten auszuwerten.

2.3 Sachverständigen- und Gutachtertätigkeit

Auch im Bereich der Sachverständigen- und Gutachtertätigkeit findet KI zunehmend Anwendung. Im Vordergrund steht dabei insbesondere die Unterstützung bei der Gutachtenerstellung, etwa durch Gliederungs- und Formulierungsvorschläge sowie die systematische Aufbereitung komplexer Sachverhalte mit umfangreichen Dokumentationen.

3 Rechtsprechung und erste Tendenzen

Ein Blick in die Rechtsprechung zeigt, dass KI inzwischen auch die Gerichte beschäftigt, auch wenn baurechtliche Entscheidungen bislang noch selten sind. Im Folgenden werden ausgewählte Fallkonstellationen dargestellt.

3.1 VK Niedersachsen, Beschluss vom 16.04.2025 – VgK-14/2025

Im vergaberechtlichen Kontext von besonderem Interesse ist eine Entscheidung der Vergabekammer Niedersachsen (Beschluss vom 16.04.2025 – VgK-14/2025, IBRRS 2025, 3147). Dort heißt es im Leitsatz:

> *»Wenn der Bieter die rechtliche Prüfung der Vergabeunterlagen durch ein Large Language Model (hier: ChatGPT 4.5) durchführen lässt, gehen Fehler dieses Moduls zu Lasten des Bieters.«*

In dem der Entscheidung zugrundeliegenden Fall schrieb ein öffentlicher Auftraggeber europaweit eine Rahmenvereinbarung über die Lieferung von Chat- und Voicebots mit KI-Funktion einschließlich zugehöriger Dienstleistungen aus. Nach Abschluss der Wertung teilte der Auftraggeber dem Bieter mit, dass dessen Angebot nicht berücksichtigt

werde, da es nicht die höchste Gesamtpunktzahl erzielt habe. Hiergegen wandte sich der Bieter und rügte Vergaberechtsverstöße, die aus seiner Sicht für einen verständigen Bieter nicht aus den Vergabeunterlagen erkennbar gewesen seien. Diese seien erst im Rahmen einer späteren anwaltlichen Beratung aufgefallen. Der Auftraggeber berief sich demgegenüber auf Präklusion.

Zur Begründung seines Vorbringens führte der Bieter unter anderem an, die Vergabeunterlagen zuvor mithilfe von ChatGPT überprüft zu haben; auf dieser Grundlage seien die Verstöße nicht erkannt worden. Dieser Einwand blieb jedoch ohne Erfolg. Die Vergabekammer stellte klar, dass sich ein Bieter nicht darauf berufen kann, ein KI-gestütztes Tool habe den Vergabeverstoß ebenfalls nicht erkannt. Bedient sich ein Bieter bei der Prüfung der Vergabeunterlagen eines auf Large Language Models basierenden Systems wie ChatGPT, so hat er sich etwaige Fehler dieses Systems zurechnen zu lassen.

3.2 LG Darmstadt, Beschluss vom 10.11.2025 – 19 O 527/16

Eine weitere interessante Entscheidung kommt vom LG Darmstadt (Beschluss vom 10.11.2025 – 19 O 527/16, IBRRS 2026, 0018) und betrifft die Vergütung von Gerichtssachverständigen. Dort heißt es im Leitsatz:

> *»Verwendet ein Sachverständiger bei der Erstellung seines Gutachtens in erheblichem Umfang KI, ohne dies dem Gericht gegenüber zu deklarieren, so kann allein deswegen seine Vergütung auf 0,00 Euro festgesetzt werden.«*

In dem dieser Entscheidung zugrunde liegenden Fall wurde der Sachverständige mit Beschluss vom 08.07.2025 vom Gericht beauftragt, Fragen aus einem Beweisbeschluss zu beantworten. Die Fragen betrafen das Fachgebiet der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Bereits einen Monat später, am 10.08.2025, wurde dem Gericht ein Sachverständigengutachten übermittelt. Hierfür machte der Sachverständige eine Vergütung in Höhe von 2.374,50 Euro geltend. Es wurde ein Antrag auf gerichtliche Festsetzung der Vergütung gestellt, über den das Gericht wie im Leitsatz beschrieben entschied. Das Gericht stellte hierbei darauf ab, dass das Gutachten nicht verwertbar sei, da der Sachverständige auf Nachfrage nicht nachvollziehbar darlegen konnte, das Gutachten selbst erstellt zu haben, und zudem keine eigene Untersuchung der Klägerin vorgenommen hatte. Darüber hinaus war das Gericht davon überzeugt, dass das Gutachten in weiten Teilen unter Verwendung von KI erstellt worden sei und somit nicht – wie gesetzlich gefordert (§ 407a Abs. 1 ZPO) – persönlich verfasst wurde. Vor diesem Hintergrund wurde die Vergütung auf 0,00 Euro festgesetzt.

4 Fazit

Der Einsatz von KI bietet auch im Bauwesen zahlreiche Möglichkeiten, ist jedoch auch mit rechtlichen und praktischen Herausforderungen verbunden. Maßgeblich ist dabei nicht allein die technische Leistungsfähigkeit der Systeme, sondern vor allem der rechtliche Rahmen, der durch die KI-Verordnung erstmals unionsweit einheitlich vorgegeben wird. Für die Praxis folgt hieraus, dass KI nicht unkontrolliert in bestehende Arbeitsprozesse integriert werden sollte. Ebenso zentral ist die Qualifizierung der beteiligten Personen im Sinne der in der KI-Verordnung geforderten KI-Kompetenz. Die ersten Entscheidungen der Rechtsprechung zeigen bereits, dass sich Gerichte zunehmend mit Fragen des KI-Einsatzes befassen, insbesondere im Hinblick auf Zurechnung, Eigenverantwortung und Nachvollziehbarkeit. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass sich die rechtlichen Rahmenbedingungen in den kommenden Jahren weiter konkretisieren und fortentwickeln werden und daher kontinuierlich im Blick zu behalten sind.

Josie Charwat ist seit 2012 als Rechtsanwältin tätig und seit 2023 assoziierte Partnerin der KSB INTAX v. Bismarck Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater PartGmbB am Standort Hannover. Seit mehr als 13 Jahren liegen die Schwerpunkte ihrer anwaltlichen Tätigkeit im privaten Bau- und Architektenrecht einschließlich des Projektsteuerungs- und Bauträgerrechts. Sie begleitet überwiegend große Bauvorhaben von Beginn an bis zu ihrem Abschluss und berät Auftraggeber sowie Auftragnehmer in allen Fragen der Vertragsgestaltung und des Vertragsmanagements. Darüber hinaus vertritt sie ihre Mandanten erforderlichenfalls in streitigen Auseinandersetzungen vor Gericht.

2.4 Cyberrisiken in der Bauwirtschaft – warum Deutschland ein beliebtes Ziel bei Cyberkriminellen ist

FACHGESPRÄCH – MAREK NASER, HEIKE BÖHMER

Dipl.-Ing. Marek Naser

Dipl.-Ing. Heike Böhmer

Dipl.-Ing. Marek Naser studierte angewandte Geowissenschaften an der TU Darmstadt und arbeitete dort als Wissenschaftlicher Mitarbeiter. Er war Wissenschaftlicher Projektleiter des Industrieforschungsprojekts Detectino am Institut für Geowissenschaften an der Goethe Universität Frankfurt und später Leiter der F&E bei der Detectino GmbH in Hildesheim. Seit 2014 ist er bei der VHV Versicherung AG in Hannover tätig, seit 2016 in der Produktentwicklung und Underwriting der Cyberversicherung.

Dipl.-Ing. Heike Böhmer leitet seit 2008 das Institut für Bauforschung e.V. in Hannover und ist als Sachverständige, Referentin und Autorin aktiv. Sie studierte Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität Weimar und der Leibniz Universität Hannover mit den Schwerpunkten Baustoffe und Bausanierung, ist zertifizierte Gebäudeenergieberaterin und Energieeffizienzexpertin. Heute verknüpft sie die Rolle als Geschäftsführende Direktorin und Leiterin der Forschung mit ihrer Expertise in der Praxis.

Die fortschreitende Digitalisierung der Bauwirtschaft – von der vernetzten Baustellenlogistik bis hin zum Building Information Modeling (BIM) – optimiert Prozesse, schafft jedoch auch neue Angriffsflächen. Cyberrisiken sind längst kein reines IT-Problem mehr, sondern betreffen die Kernprozesse, die Sicherheit und die wirtschaftliche Stabilität von Bauunternehmen direkt. Datenverlust, Sabotage digitaler Baupläne oder Ransomware-Angriffe können zu massiven Bauverzögerungen und existenzbedrohenden Kosten führen. Dieses Fachgespräch, geleitet von Dipl.-Ing. Christian Bock, Mitarbeiter der VHV Versicherung AG, beleuchtet die aktuellen Bedrohungsszenarien in der Baubranche und zeigt praxisnahe Schutzstrategien aus der Sicht der Bau- und der Versicherungsbranche.

Cyberrisiken werden inzwischen in nahezu jeder Branche diskutiert. Ist die Bauwirtschaft hier ebenfalls betroffen?

Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Absolut. Lange Zeit herrschte die Annahme, dass die Bauwirtschaft – insbesondere kleinere Betriebe – für Cyberkriminelle weniger interessant sei. Diese Sichtweise ist heute klar überholt. Die zunehmende Digitalisierung, etwa durch CAD-Systeme, BIM oder cloudbasierte Projektplattformen, hat die Branche stark vernetzt und damit auch anfälliger gemacht. Zudem beobachten wir eine klare Verschiebung: Cyberangriffe treffen nicht mehr nur große Konzerne, sondern zunehmend kleine und mittelständische Unternehmen. Besonders Architekturbüros

standen zuletzt im Fokus von Angreifern. Das ist kritisch, weil deren Arbeitsfähigkeit stark von funktionierender IT abhängt.

Herr Naser, wie bewerten Sie die aktuelle Bedrohungslage aus Sicht der Cyberversicherung?

Marek Naser, Experte für Cyberversicherungen bei der VHV Allgemeine Versicherung AG: Die Bedrohungslage hat sich in den letzten Jahren spürbar verschärft. Cyberkriminelle gehen heute deutlich strukturierter vor und nutzen zunehmend auch neue Technologien. Gleichzeitig beobachten wir, dass bekannte Schwachstellen weiterhin eine große Rolle spielen – also eigentlich vermeidbare Risiken. Ein zentraler Punkt ist: Viele erfolgreiche Angriffe wären mit grundlegenden Sicherheitsmaßnahmen verhindert oder zumindest deutlich erschwert worden.

Warum ist Deutschland ein besonders attraktives Ziel?

Naser: Deutschland kombiniert wirtschaftliche Stärke mit einem hohen Digitalisierungsgrad – das macht Unternehmen attraktiv für Angreifer. Gleichzeitig sehen wir, dass Basisschutzmaßnahmen nicht überall konsequent umgesetzt sind. Hier müssen wir unsere Resilienz stärken.

Böhmer: Das liegt oft schlicht am Alltag: Projekte haben Vorrang, IT-Sicherheit wird vertagt. Gerade kleinere Betriebe haben keine eigene IT-Abteilung. Wenn Verantwortlichkeiten – etwa zwischen Geschäftsführung und IT-Dienstleister – nicht klar geregelt sind, entstehen schnell Lücken.

Welche typischen Angriffsszenarien begegnen Ihnen besonders häufig?

Naser: Die meisten Angriffe beginnen nach wie vor mit einer E-Mail. Mitarbeiter werden dazu gebracht, Anhänge zu öffnen oder auf Links zu klicken. Besonders kritisch ist, dass Angreifer häufig bereits kompromittierte E-Mail-Konten nutzen. Sie kennen dann Kommunikationsmuster und nutzen echte Projekte als Tarnung.

Böhmer: Gerade in der Bauwirtschaft, mit vielen Projektbeteiligten, entstehen dadurch massive Risiken. Ein kompromittierter Partner kann eine ganze Kette von Unternehmen betreffen.

Was sind die besonderen Auswirkungen eines Angriffs für Architekturbüros?

Böhmer: Die Folgen sind oft unmittelbarer als in anderen Branchen. Wenn die IT ausfällt, steht die Arbeit praktisch still – Pläne, Modelle, Ausschreibungen, alles ist digital. Zusätzlich ergibt sich eine hohe Abhängigkeit zwischen Projektbeteiligten. Fällt ein zentraler Akteur aus, verzögert sich schnell das gesamte Bauvorhaben.

Welche technischen Maßnahmen werden typischerweise unterschätzt?

Naser: Ein sehr häufig unterschätzter Bereich ist die Endgerätesicherheit. Der Zugriff auf Unternehmenssysteme sollte nur von Geräten erfolgen, die den Sicherheitsstandards entsprechen – also beispielsweise mit aktueller Software, aktiver Firewall, Verschlüsselung und Virenschutz. Das gilt ausdrücklich auch für mobile Geräte oder private Laptops im Homeoffice. Ein weiterer zentraler Punkt ist die Trennung von administrativen und normalen Benutzerkonten. Administrative Rechte sollten ausschließlich für administrative Tätigkeiten genutzt werden – nicht für E-Mails oder das Tagesgeschäft.

Back-ups werden oft erwähnt – worauf kommt es dabei konkret an?

Naser: Back-ups sind die letzte Verteidigungslinie. Entscheidend ist, dass sie nicht manipulierbar sind. Das heißt: Sie müssen so konfiguriert werden, dass sie nicht gelöscht oder verändert werden können.

Böhmer: Und mindestens genauso wichtig: Die Wiederherstellung muss getestet werden. Ein Back-up, das im Ernstfall nicht funktioniert, ist praktisch wertlos.

Welche Rolle spielen Updates und externe Zugriffe?

Naser: Systeme müssen konsequent aktuell gehalten werden. Veraltete Software ist eines der wichtigsten Einfallstore. Beim externen Zugriff gilt heute eigentlich ein klarer Standard: Zugriff nur verschlüsselt und zusätzlich abgesichert – beispielsweise durch Multi-Faktor-Authentifizierung. Das betrifft besonders Cloud-Dienste oder den Zugriff von unterwegs.

Viele Unternehmen arbeiten mit Microsoft 365 – gibt es hier Besonderheiten?

Naser: Ja, und zwar sehr konkrete. In diesen Umgebungen ist es entscheidend, dass die Multi-Faktor-Authentifizierung für alle Nutzer aktiviert ist, Zuständigkeiten für Administration und Sicherheit klar geregelt sind, administrative Tätigkeiten über separate Konten erfolgen und Sicherheitsprotokolle regelmäßig geprüft werden. Und ganz wichtig: Auch Cloud-Daten müssen zusätzlich gesichert werden – sie sind kein automatischer Ersatz für ein Back-up.

Wie wichtig ist der Faktor Mensch?

Böhmer: Extrem wichtig. Technik allein reicht nicht aus.

Naser: Die meisten erfolgreichen Angriffe erfordern ein in der Regel unbewusstes Handeln von Mitarbeitern. Sie bekommen eine E-Mail und sollen den Anhang öffnen, oder man wird als Mitarbeiter durch täuschend echte (Phishing)-E-Mails dazu verleitet, Nutzernamen oder Passwörter zu verraten. Schulungen und Sensibilisierung sind deshalb ein zentraler Bestandteil der Sicherheitsstrategie. Gute Cyberversicherungen bieten Unterstützung, etwa indem sie für ihre Kunden kostenfreie Schulungen, Phishingsimulationen oder Hilfe bei der Passwortwahl anbieten. Teilweise wird bei diesen Angeboten sogar das Darknet nach Informationen durchsucht und betroffene Unternehmen gewarnt, um gegebenenfalls einen bevorstehenden Angriff früher zu erkennen und die Mitarbeiter zu besonderer Vorsicht anzuhalten.

Was sollte ein Unternehmen tun, wenn es tatsächlich betroffen ist?

Naser: Schnelligkeit ist entscheidend. Wenn ein Angriff früh erkannt wird, kann er manchmal noch eingedämmt werden – etwa durch das Trennen betroffener Systeme vom Netzwerk oder das Sperren von Zugängen. Ist der Angriff weiter fortgeschritten, bleibt häufig nur der Neuaufbau der Systeme auf Basis sauberer Back-ups. Wichtig hierbei ist, dass vor dem Wiederaufbau genau geprüft wurde, wie die Angreifer ins System gekommen sind und welche Informationen die Cyberkriminellen über das System haben. Dies wird dann beim Wiederaufbau berücksichtigt, um zu vermeiden, dass die Angreifer gleich wieder Zugang zum IT-System bekommen.

Böhmer: Und genau hier zeigt sich, wie gut die Vorbereitung war.

Welche Rolle spielt die Cyberversicherung in dieser Situation?

Naser: Neben der finanziellen Absicherung liegt der Mehrwert vor allem in der Unterstützung im Ernstfall. Versicherer stellen häufig rund um die Uhr spezialisierte IT-Experten zur Verfügung, die bei Analyse, Eindämmung und Wiederherstellung helfen.

Gibt es typische Fehler, die Sie immer wieder sehen?

Naser: Ja, das sind die Unterschätzung des Risikos, fehlende Umsetzung grundlegender Maßnahmen und vor allem mangelnde Kontinuität. Ein weiterer wichtiger Punkt: Viele der genannten Maßnahmen sind vertraglich vereinbarte Obliegenheiten. Werden sie nicht eingehalten und sind sie ursächlich für den Schaden, kann das Auswirkungen auf den Versicherungsschutz haben.

Zum Abschluss: Ihre wichtigste Empfehlung an die Bauwirtschaft?

Böhmer: IT-Sicherheit ist ein Managementthema – kein IT-Nischenthema. Für die Bauwirtschaft bedeutet das vor allem: IT-Sicherheit strukturiert angehen – nicht nebenbei. Die Komplexität ist beherrschbar, wenn man die Grundlagen sauber umsetzt.

Naser: Genau. Wer die Grundlagen konsequent umsetzt – Zugriffsschutz, sichere Systeme, funktionierende Back-ups, klare Prozesse – reduziert sein Risiko erheblich. Einen hundertprozentigen Schutz gibt es nicht. Aber gute Vorbereitung macht den entscheidenden Unterschied zwischen einem beherrschbaren Schaden und einer existenziellen Krise. Diese Maßnahmen sind keine Kür, sondern die Basis. In vielen Schadenfällen sehen wir, dass genau hier angesetzt werden kann. Werden diese Punkte konsequent umgesetzt, lässt sich ein ganz erheblicher Teil der Risiken reduzieren.

Diese Maßnahmen bilden die Grundlage für einen wirksamen Schutz – und sind häufig auch Voraussetzung für den Versicherungsschutz.

1. Zugriff und Berechtigungen

- Verwendung sicherer, ausreichend komplexer Passwörter
- Umsetzung eines klaren Berechtigungskonzepts (»Least Privilege«)
- Nutzer erhalten nur die Zugriffsrechte, die sie für ihre Tätigkeit benötigen

2. Trennung von Rollen und Rechten

- Administrative Zugriffe ausschließlich für administrative Tätigkeiten
- Keine Nutzung von Administratorrechten im Tagesgeschäft (zum Beispiel für E-Mails, Planung, etc.)
- Einsatz separater Administrationskonten

3. Sicherheit von Endgeräten

- Zugriff auf Unternehmens-IT nur über sichere und geprüfte Geräte
- Mindestanforderungen:
  - aktuelle Software
  - aktive Firewall
  - Virenschutz
  - Geräteverschlüsselung
- Gilt auch für Homeoffice und private Endgeräte

4. Datensicherung (Back-up-Strategie)
- Back-ups müssen technisch getrennt und besonders geschützt sein
- Schutz vor Löschung, Verschlüsselung oder Manipulation
- Regelmäßige Überprüfung der Wiederherstellbarkeit

5. Aktualität der Systeme
- Regelmäßige Updates von Servern und Endgeräten
- Einsatz von Systemen mit aktivem Herstellersupport
- Grundlegende Schutzmechanismen wie Antivirenprogramme und Firewall sind Pflicht

6. Sicherer externer Zugriff
- Zugriff von außen ausschließlich:
  - verschlüsselt und
  - mit Multi-Faktor-Authentifizierung (MFA)
- Besonders relevant für Remote-Zugriffe und Cloud-Dienste

7. Mobile Geräte
- Mobile Endgeräte:
  - aktuell halten
  - verschlüsselt betreiben
  - nur für autorisierte Anwendungen
- Empfehlung: Einsatz eines Mobile Device Managements (MDM)

8. Cloud- und Microsoft-365-Umgebungen
- MFA verpflichtend für alle Nutzer
- Klare Zuständigkeiten für Administration und Sicherheit
- Regelmäßige Prüfung von Sicherheitsprotokollen
- Separate Admin-Konten
- Zusätzliche Sicherung der Unternehmensdaten (kein Ersatz durch Cloud)

9. Organisation und Verantwortlichkeiten
- Klare Regelung der Zuständigkeiten (intern und mit IT-Dienstleistern)
- Dokumentation von Maßnahmen und Prozessen
- Regelmäßige Überprüfung der Umsetzung

10. Sensibilisierung der Mitarbeiter
- Regelmäßige Awareness-Schulungen
- Fokus auf E-Mail-basierte Angriffe (Phishing)
- Dokumentation der Schulungen (auch haftungsrelevant)

SPAREKASSEN

3 FOKUS BAUWENDE

Die Voraussetzungen für das Planen und Bauen verändern sich aufgrund neuer Herausforderungen grundlegend. Faktoren wie Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung, Zeit- und Kostendruck gewinnen an Bedeutung, hinzu kommt der Fachkräftemangel – all dies rückt den Einsatz neuer Materialien immer mehr in den Fokus. Innovative Materialien eröffnen neue Möglichkeiten und zwingen Planer und Bauschaffende dazu, traditionelle Bauweisen zu hinterfragen und zukunftsfähige Konzepte zu entwickeln. Der Einsatz neuartiger Materialien stellt zudem eine fundamentale Herausforderung für bestehende Regelwerke, Normen und technische Anforderungen dar. Mit dem Wandel hin zu nachhaltigen und ressourceneffizienten Bauweisen müssen traditionelle Normen und Standards reevaluiert und an die spezifischen Eigenschaften innovativer Werkstoffe angepasst werden. Insbesondere in Bezug auf mechanische, thermische und ökologische Materialeigenschaften sind bislang etablierte Anforderungen oftmals nicht mehr ausreichend, um die komplexen Wechselwirkungen zwischen Material, Konstruktion und Gebäudetechnik adäquat abzubilden. Diese Diskrepanz erfordert ein systematisches Über- bzw. Neudenken in Planung und Umsetzung von Bauprojekten, das eine integrative Betrachtung von Materialwissenschaft, Konstruktionstechnik und Anlagentechnik einschließt.

Spitzenverbände wie der Zentralverband des Deutschen Baugewerbes zeigen neben den durchaus vorhandenen Herausforderungen auch Lösungen für die Bauwirtschaft auf: Der Zentralverband des Deutschen Baugewerbes sieht in der Transformation hin zu einer nachhaltigen Bauweise kein Verzichts-, sondern ein Gestaltungsprojekt, und der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie fordert mehr (und) nachhaltigen Wohnungsbau. Hochaktuelle Perspektiven, die die Zukunft des Planens und Bauens in den Fokus nehmen.

3.1 Bauen in der Realität

FOTO: ZDB/HUFNAGL

Felix Pakleppa

Die Bauwirtschaft steht vor einer der größten Aufgaben ihrer Geschichte. Der Bedarf an Wohnraum, der Ausbau und die Erneuerung der Infrastruktur sowie die Transformation hin zu klimafreundlichen Städten und Regionen erfordern in den kommenden Jahren eine hohe Bauleistung. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Ressourcenschonung, Klimaschutz und Nachhaltigkeit deutlich – gerade mit Blick auf die Bau- und Abbruchabfälle, die über 50 Prozent des Abfallaufkommens in Deutschland ausmachen. Zudem bleibt auch die Bauwirtschaft nicht vom demografischen Wandel verschont. Keine Diskussion über Materialien und Bauweisen kommt zukünftig an dieser Realität mehr vorbei.

So wichtig aber Kreislaufwirtschaft, Ressourceneffizienz und Bestandserhalt sind, sie allein werden die anstehenden Bauaufgaben nicht lösen können. Der Gebäudebestand kann einen wesentlichen Beitrag leisten, stößt jedoch an funktionale, technische und wirtschaftliche Grenzen. Gleiches gilt für Recyclingmaterialien. Sie sind ein zentraler Baustein einer nachhaltigen Bauweise, können aber den Bedarf an Baustoffen in einem wachsenden und sich wandelnden System nicht vollständig decken. Die Bauwirtschaft bewegt sich damit in einem oft unterschätzten Spannungsfeld. Sie muss mit weniger Personal mehr bauen und gleichzeitig weniger Ressourcen verbrauchen.

Die Bauaufgaben der kommenden Jahre sind zudem qualitativ deutlich komplexer. Neben klassischem Wohnungsbau und Infrastruktur rücken Themen wie Klimaanpassung, Energieversorgung, Mobilitätswende und Resilienz stärker in den Fokus. Das führt dazu, dass Bauwerke anders gebaut werden müssen, was die Vielfalt der Materialien und die Anforderungen an ihre Leistungsfähigkeit erhöht, etwa in Bezug auf Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit oder Sicherheit.

Eine realistische Materialstrategie muss die funktionalen Anforderungen an Bauwerke ebenso berücksichtigen wie ökologische Zielsetzungen. Nachhaltigkeit im Bau bedeutet nicht, Materialien grundsätzlich zu ersetzen, sondern sie entsprechend ihrer jeweiligen Stärken einzusetzen. Die Antwort liegt also nicht in einem einfachen Entweder-oder, sondern in einem intelligenten Zusammenspiel verschiedener Materialstrategien. So rückt eine zentrale Frage in den Mittelpunkt: Wie gelingt es, Materialströme so zu organisieren, dass sie sowohl den hohen Baubedarf decken als auch Ressourcen langfristig sichern?

Mehr bauen, weniger verbrauchen: Wie das gehen kann

Ein Teil der Antwort liegt in der Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft. Materialien müssen stärker im Nutzungskreislauf gehalten, Bauteile wiederverwendet und Stoffströme besser gesteuert werden. Dies erfordert nicht nur technische Lösungen, sondern auch eine stärkere Berücksichtigung von Rückbau- und Weiterverwendungspotenzialen sowie Qualitätsstandards. Gleichzeitig darf die Rolle der Primärrohstoffe nicht ausgeblendet werden. Auch in einer zirkulären Bauwirtschaft wird es dauerhaft einen Bedarf an neuen Materialien geben. Entscheidend sind ein verantwortungsvoller Umgang mit den Ressourcen und ein intelligenter Mix.

Diese Perspektive spiegelt sich auch in der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie wider, die Zirkularisierung ausdrücklich mit Fragen der Rohstoffsicherung und der wirtschaftlichen Resilienz verknüpft. In einer Situation zunehmender geopolitischer Spannungen und volatiler Rohstoffmärkte wird deutlich, dass die Verfügbarkeit von Materialien nicht allein eine Umweltfrage ist, sondern zunehmend zu einer Frage der wirtschaftlichen Handlungsfähigkeit wird. Erhalt und Nutzung von Materialien im eigenen System gewinnen damit eine strategische Bedeutung, die über klassische Nachhaltigkeitsaspekte hinausgeht.

Dazu gehören eine effiziente Nutzung, die Vermeidung von Überdimensionierung sowie eine Planung, die Flexibilität, Langlebigkeit und spätere Anpassungen ermöglicht. Daneben spielen Prozesse eine zentrale Rolle: Planung, Ausschreibung und Bauausführung sind heute vielfach noch auf lineare Abläufe ausgerichtet. Eine stärkere Integration von Kreislaufansätzen erfordert ein Umdenken entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der ersten Idee über die Materialwahl bis hin zum Rückbau und zur erneuten Nutzung.

Auch wirtschaftliche Rahmenbedingungen sind entscheidend. Der Einsatz nachhaltiger und zirkulärer Lösungen muss sich in der Praxis abbilden lassen – technisch, organisatorisch und wirtschaftlich. Nur wenn Materialien verfügbar sind, Qualität verlässlich nachgewiesen werden kann und die Anwendung in Ausschreibungen und Bauprozessen berücksichtigt wird, kann sich eine nachhaltige Bauweise flächendeckend durchsetzen.

Hinzu kommt, dass die Neuausrichtung der Materialbasis nicht isoliert betrachtet werden kann. Sie steht in engem Zusammenhang mit Fragen der Planungssicherheit, der Genehmigungsprozesse und der Verfügbarkeit von Bauleistungen insgesamt. Verzögerte Verfahren, unsichere Rahmenbedingungen oder fehlende Marktzugänge können dazu führen, dass nachhaltige Lösungen in der Praxis nicht umgesetzt werden, selbst wenn sie technisch möglich wären. Auch muss vor dem Hintergrund fragiler Lieferketten verstärkt über den Einsatz heimischer Ressourcen nachgedacht und es müssen die Voraussetzungen für deren Einsatz (wieder) geschaffen werden.

Transformation ist eine Gestaltungsaufgabe

Die Transformation der Bauwirtschaft ist eine Gesamtaufgabe. Neben technischen Innovationen und neuen Materialien braucht es verlässliche Rahmenbedingungen, klare Zuständigkeiten und eine stärkere Verzahnung der beteiligten Akteure. Nur wenn es gelingt, Materialstrategien, Bauprozesse und regulatorische Rahmenbedingungen zusammenzudenken, kann der notwendige Wandel seine Wirkung entfalten.

Deutschland gehört in vielen Bereichen der Aufbereitungs- und Recyclingtechnik zur Weltspitze. Diese industrielle Kompetenz ist ein Standortvorteil, der gezielt genutzt werden kann, sowohl zur Weiterentwicklung von Materialkreisläufen als auch zur Sicherung der Rohstoffversorgung.

Die Transformation hin zu einer nachhaltigen Bauweise ist kein Verzichts-, sondern ein Gestaltungsprojekt – und eine zentrale Voraussetzung dafür, dass unsere Branche die anstehenden Bauaufgaben auch in Zukunft zuverlässig erfüllen kann.

Felix Pakleppa studierte Rechtswissenschaften in Bonn und Passau. Seit 2011 vertritt er als Hauptgeschäftsführer des Zentralverbands Deutsches Baugewerbe (ZDB), des größten Bauverbands in Deutschland, die Interessen von rund 35.000 mittelständischen Bauunternehmen.

3.2 Mehr (und) nachhaltiger Wohnungsbau? Geht!

Tim-Oliver Müller

Die Aufgabenstellung ist herausfordernd: Einerseits gibt es einen immensen Bedarf an kostengünstigen Wohnungen, andererseits soll das Bauen die Anforderungen von Nachhaltigkeit und Klimaschutz erfüllen – im Neubau wie im Bestand. Angesichts des Umfangs und der Dringlichkeit der Aufgabe gilt es daher mehr als zuvor, mit jedem eingesetzten Euro den höchstmöglichen Effekt zu erzielen, sowohl im Hinblick auf private Finanzierung wie auch auf öffentliche Fördergelder.

Aus der Perspektive des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie lässt sich dies nur durch ganzheitliche Konzepte lösen. Ein mutiger Schritt über die Grenzen herkömmlicher Silos hinaus ist gefragt: im Zusammenspiel aller Beteiligten, über Gebäudegrenzen hinweg, über alle Lebenszyklusphasen – und schlussendlich auch durch eine über starre Sektorengrenzen hinausgehende umfassende Betrachtung und Bilanzierung. Aus der Politik kommen positive Signale: Die Überarbeitung vom Gebäudeenergiegesetz hin zu einem Gebäudemodernisierungsgesetz lassen auf eine systemische Herangehensweise hoffen. Entscheidend wird jedoch sein, wie mutig dieser Weg zu Ende gedacht und in ein kohärentes Regelwerk gegossen wird. Nicht zuletzt wird auch entscheidend sein, verlässliche Zielwerte und CO_2-Minderungen einzuführen. Es ist an der Zeit, die Lösungsansätze für diese gesamtgesellschaftliche Aufgabe neu zu diskutieren. Rahmenbedingungen und Förderung müssen konsequent marktwirksam, systemisch, flexibel und technologieoffen ausgestaltet werden. Für die Branche ist zudem eine langfristige Planungssicherheit entscheidend: Regeln und Förderkulissen müssen verlässlich sein und über Legislaturperioden hinaus Bestand haben.

Vom Silo zum System

Die Logik des Klimaschutzgesetzes 2019 griff aus Sicht der Bauindustrie zu kurz, weil die Branche stark fragmentiert ist und über mehrere Sektoren bilanziert wird: Gebäudebetrieb (Gebäude/Energie), Baustoffproduktion (Industrie/Landwirtschaft) und Transport (Verkehr). Sektoren- und jahresscharfe Vorgaben konnten zu starren Korsetts und »Verschiebebahnhöfen« führen und intelligente, lebenszyklusorientierte Lösungen eher blockieren. Positiv ist, dass die aktuelle Novelle des Klimaschutzgesetzes mehr Spielraum über Zeiträume und zwischen Sektoren eröffnet. Gerade die Verzahnung des Gebäudemodernisierungsgesetzes mit der kommunalen Wärmeplanung ist notwendig. Entscheidend dafür ist die Bauwerksebene: Hier wird investiert – also sollte hier bilanziert und mit technologieoffenen Anreizen gesteuert werden, um Synergien an Schnittstellen (Energie, Gebäude, Material) zu heben.

Konzept für effizientere Gebäude

Klimakonzepte müssen Gebäudehülle, Haustechnik und Energie- beziehungsweise Wärmelieferung gemeinsam optimieren. In der Praxis gibt es je Baustein einen wirtschaftlichen Grenznutzen: Im Neubau wird er etwa bei EH 55 erreicht, während EH 40 häufig ein deutlich schlechteres Verhältnis von CO_2-Einsparung zu Kosten aufweist. Starre Vorgaben – etwa ein pauschaler EH-40-Fokus – können kostentreibend wirken, Investitionen bremsen und teils kontraproduktive Effekte begünstigen. Nötig sind klare Ziele und eine Gesamtschau für Neubau und Bestandsbauten, gerade auch für eine vorausschauende Planung der energetischen Sanierung mit Blick auf lokale Wärme- und Energiequellen.

Vom Gebäude zum Quartiers- und Portfolioansatz

Quartiere zeigen, wie gebäudeübergreifende Optimierung Emissionen wirksam senken kann: Wärme- und Energiekonzepte, Contracting und lebenszyklusbasierte Refinanzierung sollten erleichtert werden. Größere Projektzuschnitte sowie Anrechenbarkeit von Zielwerten über Gebäudegrenzen hinweg (Quartier/Portfolio) können eine Skalierung, serielle Verfahren und eine bessere Kostenverteilung unterstützen. Gebäudeübergreifende Konzepte können zudem städtebauliche Defizite adressieren: Nachverdichtung im Bestand (Lückenschluss, Aufstockung) spart CO_2 und reduziert Neuerschließungen sowie verkehrsbedingte Emissionen.

Einsatz klimafreundlicher Baustoffe

Ein relevanter Anteil der Emissionen entsteht bei der Herstellung und dem Transport von Baustoffen. Deshalb braucht es eine material- und energieoptimierte Planung, kurze Wege, langlebige Konstruktionen sowie eine Wieder- und eine Weiterverwendung. Trennfähige Bauweisen und klimafreundliche Produkte ermöglichen Kreislaufwirtschaft und reduzieren »graue« Emissionen über den Lebenszyklus.

CO_2-Reduktion als Fördermaßstab

Der Maßstab für den Klimaschutz ist die tatsächlich erreichte CO_2-Reduktion. Sinnvoll bewerten lässt sie sich nur ganzheitlich: Eine Lebenszyklusanalyse macht Wirkung und Effizienz von Maßnahmen messbar und hilft, Interdependenzen zu berücksichtigen, statt auf Teilgrößen wie Primärenergie zu fokussieren. Werkzeuge für eine Ökobilanzierung sind vorhanden, müssen aber weiter vereinheitlicht und datenbasiert ausgebaut werden – auch und gerade für innovative Baustoffe. Wichtig ist, mit praxistauglichen Standards zu starten und schrittweise zu lernen, selbst wenn zunächst nur ein Teil der Emissionen erfasst wird. Weil Klimaziele verbindlich sind, sollte der Einsatz öffentlicher Mittel an nachweislich eingesparten CO_2-Emissionen ausgerichtet werden. Förderprogramme dürfen weder Einzeltechnologien noch Baustoffe isoliert bevorzugen, sondern müssen lebenszyklus- und systemorientierte Lösungen honorieren.

Anreize sollten zudem die Angebotsseite und neue Geschäftsmodelle adressieren, um eine Skalierung und kostengünstige Lösungen zu ermöglichen. Zielgröße bleibt dabei einzig die CO_2-Reduktion – flankiert durch eine vereinfachte und klare Regulierung, bestenfalls definiert in einem praxisgerechten Absenkpfad.

Handlungsspielraum nutzen – Verantwortung stärken

Der größte Hebel liegt bekanntlich im Gebäudebestand. Hier muss in den kommenden Jahren ein Investitionsbooster ausgelöst werden. Das novellierte Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) kann Investitionszyklen besser unterstützen, weil Emissionen über mehrere Jahre und sektorübergreifend betrachtet werden. Das stärkt die Planungssicherheit und reduziert die Gefahr kurzfristiger, ineffizienter Einzelmaßnahmen. Durch das Zusammenspiel des überarbeiteten Gebäudemodernisierungsgesetztes und des Klimaschutzgesetzes eröffnen sich neue Spielräume, und die kommunale Wärmeplanung schafft die gebäudeübergreifende Schnittstelle. So können Sanierungsfahrpläne ganzheitlich am jeweiligen Optimum der Emissionsminderung ausgerichtet werden – perspektivisch unter Einbezug von Strom- und Kälteversorgung. Belastungen für Mieter und Eigentümer lassen sich damit abfedern. Denn sektorübergreifende Lösungen im Zusammenspiel mit einer Wärmeplanung sind oft wirksamer und weniger aufwendig als kleinteilige Gebäudeeinzelmaßnahmen. Für Kommunen können erneuerbare Wärmenetze zudem langfristig verlässlicher sein als dauerhaft steigende Subjektförderungen. Wir kommen nicht drum herum: Zukünftige Sanierungspflichten brauchen Flexibilität und Sozialverträglichkeit. Die Regulatorik für Investitionen und Förderungen muss konsequent an der Lebenszyklus-CO_2-Bilanz ausgerichtet und starre Quoten durch adaptive, bestandsbezogene Zielpfade ersetzt werden. Nur so erhöhen wir die Sanierungsquote – und stemmen diese Generationenaufgabe gemeinsam und sektorenübergreifend.

Tim-Oliver Müller ist seit Juli 2021 Hauptgeschäftsführer des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie. Davor 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.

3.3 E wie einfach, experimentell und endlich!

Dirk Salewski

Unsere Branche lechzt schon lange nach den nötigen Veränderungen, die es uns ermöglichen, mehr bezahlbaren Wohnraum zu erstellen und anzubieten. Wir haben in den vergangenen Jahrzehnten und auch in jüngerer Vergangenheit gesehen, dass immer mehr Regelungen und komplexe Vorschriften ein teures Spinnennetz gesponnen haben, in dem wir uns jetzt fast bewegungsunfähig verfangen haben. Alles bis ins kleinste Detail zu reglementieren, ist vor allem kostspielig. Und wir bauen deswegen, was niemand mehr bezahlen kann.

Das ist übrigens bei unseren Nachbarn in Europa nicht der Fall. Keine Frage, bei Themen, wie der Sicherheit, darf es keine Abstriche geben. Ansonsten verfahren wir in Deutschland gerne nach dem Motto: Viel hilft viel! Es scheint an der Zeit zu sein, uns daraus zu befreien.

Deutschland steckt weiterhin in einer Bau- und Wohnungskrise. Viel zu wenige Wohnungen werden errichtet und angeboten, das belastet den Wohnungsmarkt – und die Bauwirtschaft. Die Wohnungsfrage hat sich in den letzten Jahren zu dem zentralen sozialen Thema entwickelt, von dem immer mehr Menschen betroffen sind. Wir erleben vor allem in den Ballungsräumen, dass der Wohnungsmarkt fast statisch geworden ist.

Wir stecken dadurch in einem veritablen Dilemma. Viele Menschen ächzen unter den zu hohen Wohnkosten und die politischen Parteien haben erkannt, dass dies ein wahlentscheidendes Thema ist. Die Mietenden sind in unserem Land eine potenziell wahlentscheidende Gruppe – über die Hälfte der Bevölkerung lebt zur Miete, das sind immerhin 43 Millionen Personen. Da wird kräftig versprochen, was am Ende nur denen hilft, die schon eine Wohnung haben und aus der sie erst mal nicht mehr ausziehen werden, angesichts des dürftigen Angebots.

Aktuell leben rund 9,3 Millionen Menschen in Deutschland in überbelegten Wohnungen. Die fehlende Dynamik hat enorme Auswirkungen auch auf den Fachkräftemangel. Denn wo sollen Fachkräfte aus dem Ausland, die unsere Wirtschaft benötigt, wohnen?

Zurzeit in aller Munde ist das Einfache Bauen. Die Diskussionen um den Gebäudetyp E haben das Interesse vieler geweckt, die Technikausstattung wieder etwas zurückzunehmen. Es ist ein radikales Experiment in einer Zeit, die vor Sensoren um uns herum – zum Beispiel in Autos oder modernen Häusern – nur so surrt und summt.

Die Rückbesinnung auf einfachere Standards – wie den Gebäudetyp E – kann die Branche effizienter und wettbewerbsfähiger machen. Die steigenden technischen Anforderungen bieten oft keinen tatsächlichen Mehrwert. Hohe Standards gelten aber als ein wesentlicher Grund für hohe Baukosten. Hohe Baukosten wiederum bremsen den Bau neuer Wohnungen.

Der Wohnungsbau liegt weit hinter dem zurück, was nötig wäre, um in unserem Land für eine Entlastung auf dem Wohnungsmarkt zu sorgen. Wir wollen bauen, doch nur mit bezahlbaren, praktikablen Standards kann der Wohnungsbau sein volles Potenzial entfalten. Einen Ausweg bietet der Gebäudetyp E.

In den vergangenen Monaten wurde immer wieder über den Gebäudetyp E diskutiert und geschrieben. In Hamburg und Niedersachsen gab es hierzu schon wichtige Impulse. Die Lösung hat viele Namen: Hamburg Standard, Regelstandard Erleichtertes Bauen. Einfacher bauen ist dabei auch eigentlich nicht die Herausforderung. Das Problem ist die fehlende Rechtssicherheit.

Wir brauchen einen bundesweiten Systemwechsel, und zwar so schnell wie möglich.

Wir haben hierzu ein Gutachten erstellen lassen. Das Gutachten zeigt auf, wie überhöhte baukostensteigernde Standards einfach und rechtssicher vermieden werden können. Zugelassen wird insbesondere eine technisch gleichwertige Ausführung, auch wenn sie von technischen Regelwerken abweicht. Die bauordnungsrechtlichen Mindeststandards sollen auch im Zivilrecht grundsätzlich ausreichend sein, sofern die Parteien nichts anderes vertraglich vereinbaren. Damit führt die gesetzliche Umsetzung des Gebäudetyp-E-Prinzips zu einem Systemwechsel, der kostengünstigeres Bauen ermöglicht. Dieses Gutachten macht konkrete, schnell umsetzbare Vorschläge, die sofort Wirkung entfalten können.

Wir sind auch schon ein gutes Stück weitergekommen: Die Idee, einfacher zu bauen und Kosten zu sparen, hat viele Menschen überzeugt. Im Bundesbauministerium und im Bundesjustizministerium wird an einem Gesetzentwurf gearbeitet, er soll noch in diesem Sommer vorgestellt werden.

Die Wertschöpfungskette der Immobilien- und Wohnungsunternehmen findet komplett inländisch statt und hat das Potenzial, zu mehr Wachstum und Beschäftigung zu führen. Nutzen wir dieses Potenzial mit dem Gebäudetyp E endlich!

Dirk Salewski ist seit über 35 Jahren in der Immobilienbranche tätig und geschäftsführender Gesellschafter der beta Eigenheim- und Grundstücksverwertungsgesellschaft in Bergkamen-Rünthe. Das Unternehmen gibt es seit 1977 und hat sich zum marktführenden Bauträger in der Region Dortmund/Kreis Unna/Hamm und Umgebung entwickelt. Parallel engagiert sich Dirk Salewski seit vielen Jahren im Landesverband NRW und im BFW Bundesverband Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen, stieg 2010 in dessen Vorstand auf und wurde im Mai 2022 zum Präsidenten gewählt.

Dem BFW Bundesverband Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen als Interessenvertreter der mittelständischen Immobilienwirtschaft gehören derzeit rund 1.600 Mitgliedsunternehmen an. Als Spitzenverband wird der BFW von Landesparlamenten und dem Bundestag bei branchenrelevanten Gesetzgebungsverfahren angehört. Die Mitgliedsunternehmen stehen für 50 Prozent des Wohnungs- und 30 Prozent des Gewerbeneubaus. Sie prägen damit entscheidend die derzeitigen und die zukünftigen Lebens- und Arbeitsbedingungen in Deutschland. Mit einem Wohnungsbestand von 3,1 Millionen Wohnungen verwalten sie einen Anteil von mehr als 14 Prozent des gesamten vermieteten Wohnungsbestands in der Bundesrepublik. Zudem verwalten die Mitgliedsunternehmen Gewerberäume von ca. 38 Millionen Quadratmetern Nutzfläche.

4 AKTUELLE SCHADENANALYSE

Wie bei den Vorgängerberichten basiert auch die Schadenanalyse des vorliegenden VHV-Bauschadenberichts »Innovation Material« 2025/26 auf Schadendaten der VHV Allgemeine Versicherung AG (VHV). Dafür standen annähernd 130.000 anonymisierte Datensätze aus der gewerblichen Haftpflichtversicherung zur Analyse bereit. Aus diesem Datenbestand wurden sämtliche Schäden aus dem Bereich Hochbau selektiert, die als Grundlage für die weitere Bearbeitung dienten. Die daraus gebildete Datenbasis umfasst insgesamt 48.212 Datensätze, die Schäden an Neubauprojekten sowie Sanierungsvorhaben und Umbauten im Bestand abbilden. Berücksichtigt wurden dabei ausschließlich gemeldete und versicherte Schäden.

Für die Schadenanalyse wurden erneut zwei Betrachtungszeiträume gewählt. So wird mit der für die Bauschadenberichte üblichen 5-Jahres-Auswertung die Schadenentwicklung anhand der Schadenzahlen und -kosten, der Schadenarten und -bilder sowie der Schadenursachen und Schadenstellen für die Jahre 2020 bis 2024 dargestellt. Die längerfristige Auswertung der Jahre 2013 bis 2024 wird punktuell eingesetzt. Hiermit wird eine differenziertere Bewertung der beschriebenen Schadenentwicklung ermöglicht.

4.1 Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten

Einen ersten Überblick über die aktuellen Schadenzahlen aus den Jahren 2020 bis 2024 gibt die Grafik in Abb. 01. Hier wird die Entwicklung der Schadenzahlen aus dem Bereich der Berufs- und Betriebshaftpflichtversicherungen über einen Zeitraum von fünf Jahren dargestellt.

Demnach liegt der Mittelwert (MW) über den gesamten Betrachtungszeitraum bei 9.642 gemeldeten Schadenfällen, wobei für die einzelnen Jahre leichte Abweichungen von diesem Wert nach oben bzw. nach unten festzustellen sind. Insgesamt ist für den Betrachtungszeitraum ein Anstieg der gemeldeten Schadenfälle um rund 4,5 Prozent (4,45 Prozent) zu verzeichnen. Wie der Grafik zu entnehmen ist, verläuft der Anstieg zwischen 2020 und 2024 nahezu linear und wird nur durch einen leichten Rückgang (minus 3,9 Prozent) im Jahr 2022 unterbrochen.

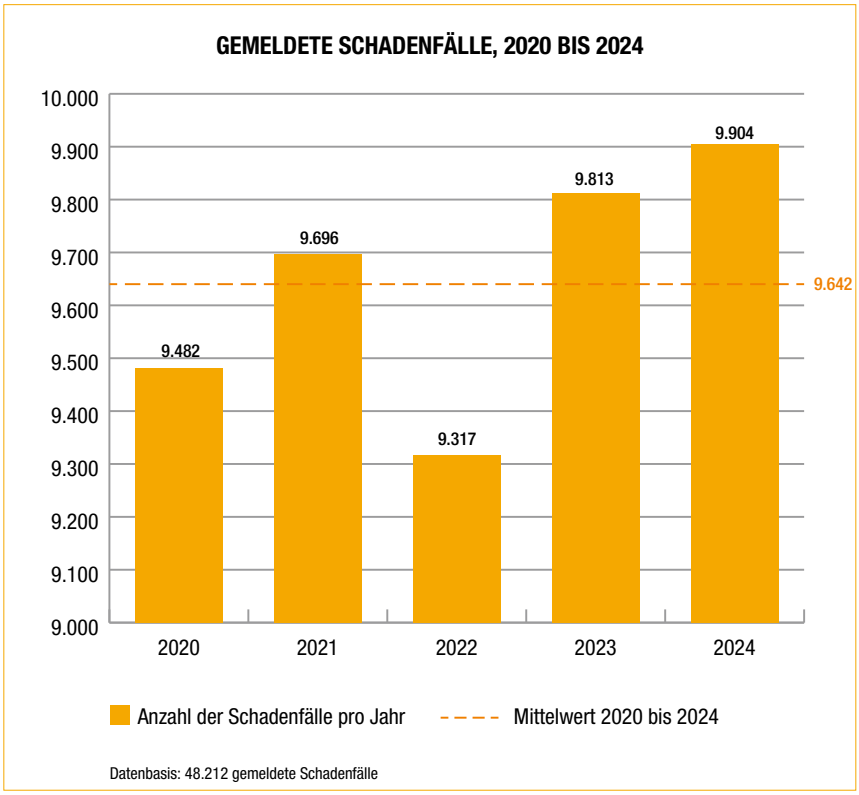


Abb. 01: Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

In diesem Zusammenhang soll als Hintergrundinformation kurz auf die baukonjunkturelle Entwicklung im betreffenden Zeitraum eingegangen werden. So ist für die Jahre 2020 und 2021 trotz der COVID-19-Pandemie ein Anstieg des Bauvolumens[1] zu verzeichnen, getragen vor allem durch den Wohnungsbau. Insgesamt blieb die Nachfrage nach Bauleistungen in beiden Jahren stabil, doch die stark gestiegenen Baupreise infolge von Materialengpässen bremsten das reale Wachstum des Bauvolumens.

Im Jahr 2022 führte die pandemiebedingte Auftragsschwäche in Kombination mit der durch den Ukrainekrieg verschärften Materialknappheit zu teils drastischen Preissteigerungen für Baumaterialien und Energie sowie zu (weiterhin) unterbrochenen Lieferketten. Diese erhebliche Belastung der Bauwirtschaft hatte einen deutlichen Einbruch bei

1 Das Bauvolumen ist definiert als die Summe aller Bauleistungen, die die Herstellung, Instandhaltung und Reparatur von Gebäuden und Bauwerken betrifft. Dabei wird zwischen nominalem und realem Bauvolumen unterschieden. Das nominale Bauvolumen bildet den finanziellen Gesamtwert der Bauleistungen in einem bestimmten Zeitraum zu aktuellen Preisen ab, während das reale Bauvolumen inflationsbereinigt ist und damit die baukonjunkturelle Entwicklung unabhängig von Preisentwicklungen dargestellt werden kann.

den Auftragseingängen und eine verringerte Bautätigkeit zur Folge.[2, 3] Insgesamt ging das Bauvolumen zurück, vor allem im Wohnungsbau, da sich viele (private und öffentliche) Bauherren mit der Beauftragung von Bauprojekten zurückhielten.

Gestützt durch den öffentlichen Hochbau (und den Wirtschaftstiefbau) kam es ab dem Jahr 2023 wieder zu einem leichten Anstieg bei den Auftragseingängen, während die Auftragseingänge im Wohnungsbau auch im Folgejahr weiter (leicht) zurückgingen. In diesem Bereich kam es stattdessen zu einem Anstieg der Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden, wobei es sich vor allem um energetische Sanierungen und Instandsetzungsarbeiten handelte.[4] Dieser Aspekt wird in Kap. 4.5 »Entwicklung der Schwerpunktschäden – Ursachen und Zusammenhänge« noch genauer beleuchtet.

Die beschriebene baukonjunkturelle Entwicklung der letzten 5 Jahre spiegelt sich in den vorliegenden Schadenzahlen (= gemeldete Schadenfälle) nachvollziehbar wider. Da im Rahmen der vorliegenden Auswertung aber nur ein vergleichsweise kurzer Zeitraum betrachtet wird, lassen sich belastbare Trendaussagen nur in eingeschränktem Maße treffen. Zudem ist erneut hervorzuheben, dass es sich ausschließlich um Daten der VHV Versicherungen handelt, sodass kein repräsentatives Gesamtbild auf Basis aller bei sämtlichen Versicherungsunternehmen gemeldeten Schadenfälle entsteht.

Um den Betrachtungszeitraum etwas zu erweitern, wird auf die entsprechenden Auswertungen der drei vorhergehenden VHV-Bauschadenberichte[5, 6, 7] zurückgegriffen. Mit den Daten aus den Jahren 2013 bis 2024 stehen uns vergleichbare Zahlen für einen Betrachtungszeitraum von dann 12 Jahren zur Verfügung, die in der Grafik in Abb. 02 zusammengeführt werden. Hier zeigt sich erwartungsgemäß ein differenzierteres Bild als in der 5-Jahres-Auswertung (Abb. 01). So ist ab dem Jahr 2015 eine gewisse Gleichmäßigkeit bei Rückgang und Zunahme der Schadenfälle bzw. eine relative Stabilisierung der Schadenzahlen im Bereich des arithmetischen Mittelwerts (MW: 9.912 gemeldete Schadenfälle) zu erkennen, die vorab beschriebene »Corona-Delle« (2020) und den Beginn des Ukrainekriegs (2022) einmal ausgenommen.

2 Statistisches Bundesamt (DESTATIS): Auftragseingang im Bauhauptgewerbe 2022 um 9,6 % niedriger als im Vorjahr. Pressemitteilung Nr. 072 vom 24. Februar 2023. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23_072_441.html [abgerufen am: 02.02.2026]

3 Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR) (Hrsg.): BBSR-Analysen KOMPAKT 03/2023. Bericht zur Lage und Perspektive der Bauwirtschaft 2023. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2023/ak-03-2023.html [abgerufen am: 02.02.2026]

4 Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW Berlin): DIW Wochenbericht 1+2 2025. Trendwende in der Bauwirtschaft in Sicht – politischer Handlungsdruck nimmt dennoch zu. https://www.diw.de/de/diw_01.c.931570.de/publikationen/wochenberichte/2025_01_1/trendwende_in_der_bauwirtschaft_in_sicht_____politischer_handlungsdruck_nimmt_dennoch_zu.html [abgerufen am: 08.04.2026]

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

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

7 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2023/24: Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2024

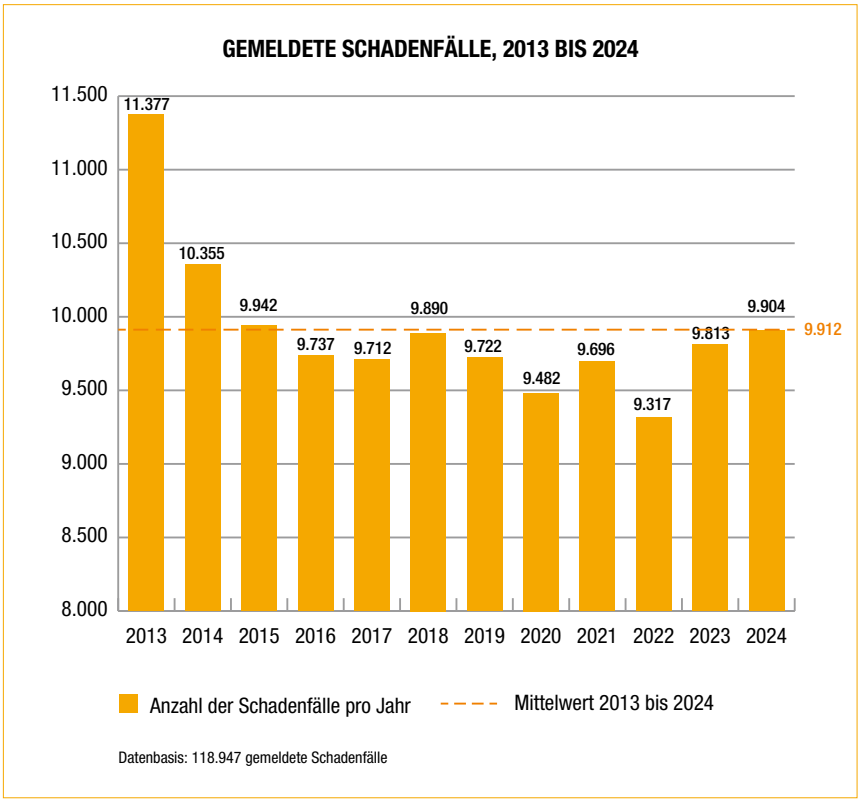


Abb. 02: Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2013 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

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 ungefähr 18 Prozent der Schadenfälle liegt zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung ein Jahr (bzw. 12 bis 23 Monate), während weitere 4,8 Prozent der Schadenfälle nach rund 2 Jahren (24 bis 35 Monate) gemeldet werden. Dass die Schadenmeldung nach 5 oder mehr Jahren erfolgt, kommt dagegen sehr selten vor (Abb. 03).

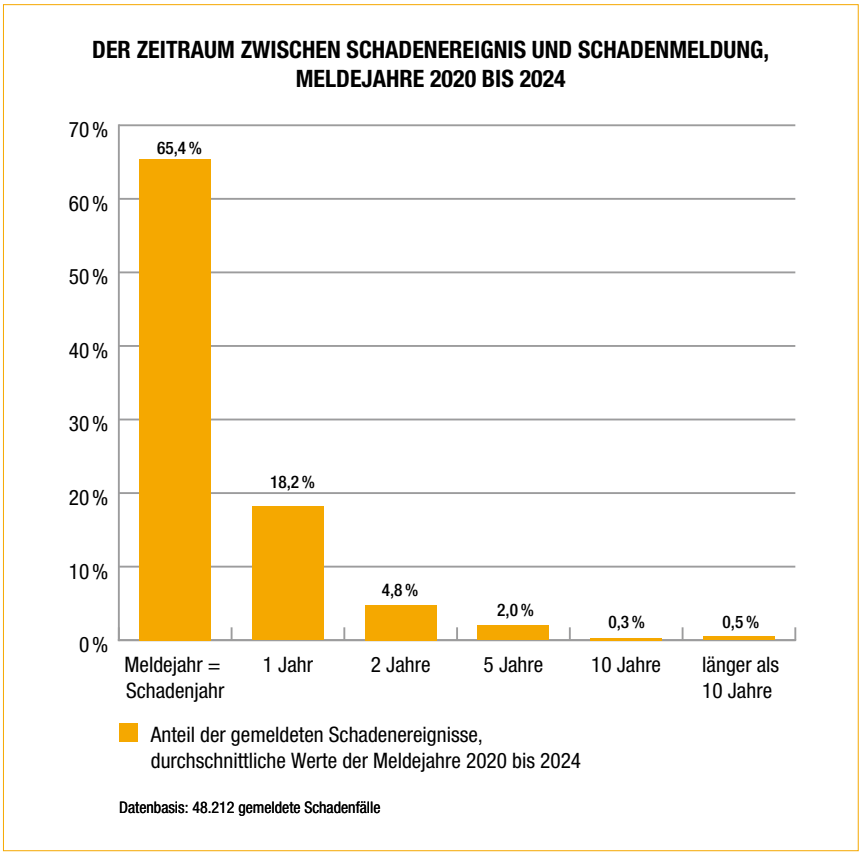


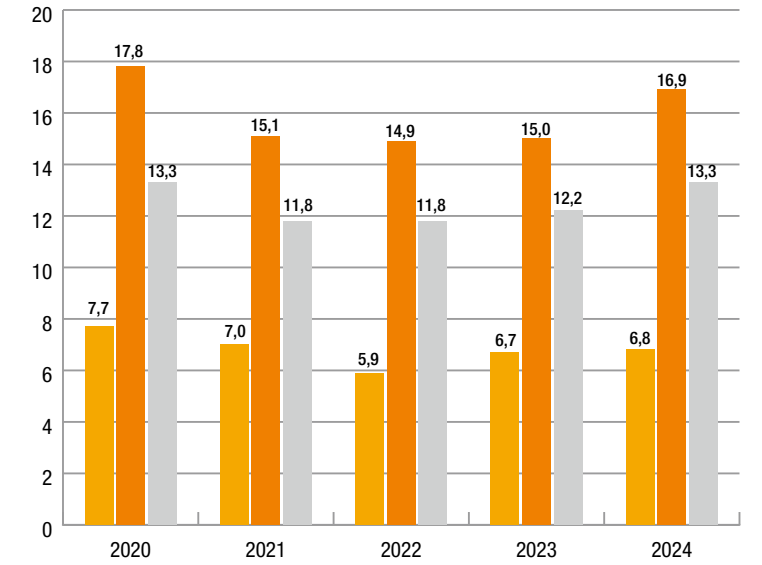
Abb. 03: Zeitraum zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung, Meldejahre 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Hieraus ergibt sich, dass die vorliegenden Schadenzahlen nicht nur geschlossene 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. 04 zu entnehmen ist, gibt es diesbezüglich erhebliche Unterschiede zwischen den geschlossenen 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 6,8 Monate. Die tatsächlichen Werte der Jahre 2020 bis 2024 (7,7 Monate bis 6,8 Monate) liegen jeweils nur geringfügig darüber oder darunter und bleiben 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 Monaten ein deutlich längerer Zeitraum als bei den geschlossenen Schadenfällen. Dabei ist über den gesamten Betrachtungszeitraum ein leichtes Absinken des Zeitraums zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung zu erkennen. Dieser beträgt im Meldejahr 2020 durchschnittlich 17,8 Monate, im Meldejahr 2024 dagegen nur noch durchschnittlich 16,9 Monate (Abb. 04).

DIE DURCHSCHNITTLICHE ANZAHL DER MONATE ZWISCHEN SCHADENEREIGNIS UND SCHADENMELDUNG BEI GESCHLOSSENEN UND NOCH OFFENEN SCHADENFÄLLEN, MELDEJAHRE 2020 BIS 2024



durchschnittliche Anzahl der Monate bei abgeschlossenen Schadenfällen (MW: 6,8 Monate)

durchschnittliche Anzahl der Monate bei Schadenfällen in Bearbeitung (MW: 15,9 Monate)

durchschnittliche Anzahl der Monate bei den gesamten Schadenfällen (MW: 12,5 Monate)

Datenbasis: 48.212 gemeldete Schadenfälle

Abb. 04: Durchschnittliche Anzahl der Monate zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung bei geschlossenen 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 geschlossenen zu noch offenen Schadenfällen zum Stichtag 31. Dezember 2024 (Stand der Datenerhebung) liefert die Grafik in Abb. 05. Die Bearbeitungsquote bezieht sich auf die im jeweiligen Jahr gemeldeten Schadenfälle.

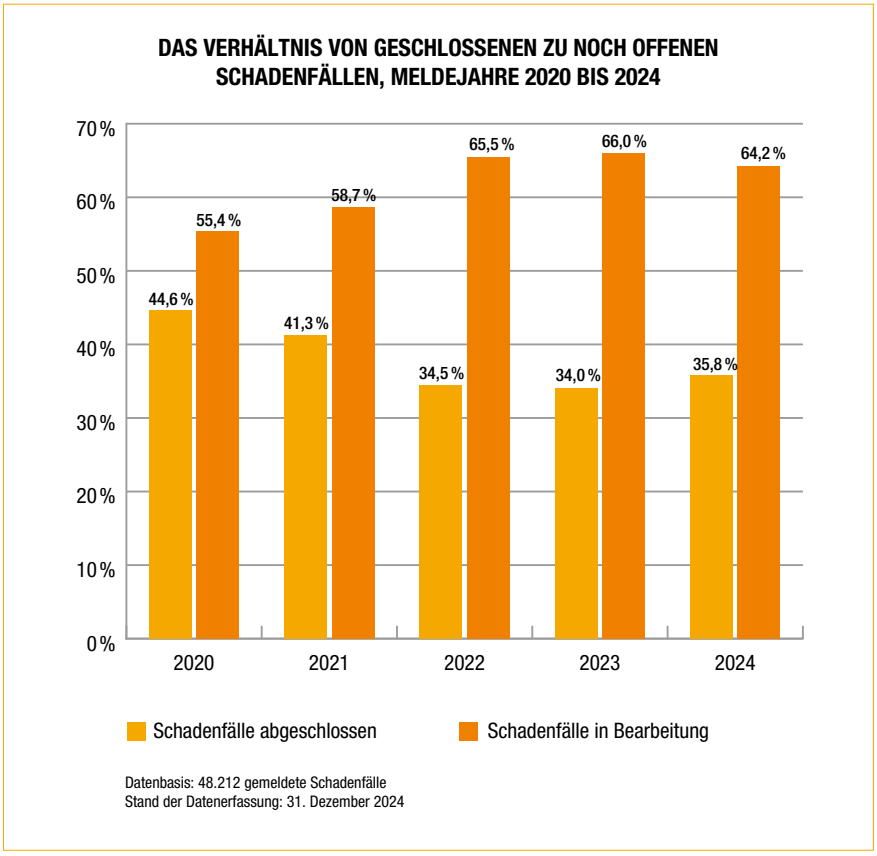


Abb. 05: Verhältnis der geschlossenen zu den noch offenen Schadenfällen, Meldejahre 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Wie der Grafik zu entnehmen ist, ändert sich die Relation von den geschlossenen zu den noch offenen Schadenfällen über den Untersuchungszeitraum deutlich. So sind von den im Jahr 2020 gemeldeten Schadenfällen zum Stichtag (Stand der Datenerhebung) rund 45 Prozent abgeschlossen bzw. fertig bearbeitet, während die Bearbeitungsquote der

in den Folgejahren gemeldeten Schadenfälle kontinuierlich absinkt und für die im Jahr 2024 gemeldeten Schadenfälle bei rund 36 Prozent liegt. Der Anteil der noch offenen bzw. in Bearbeitung befindlichen Schadenfälle steigt dementsprechend mit zunehmender Aktualität des Meldejahrs an.

Zu einer vollständigen Beschreibung der Entwicklung der Schadenfälle gehört neben der Betrachtung der Schadenzahlen auch die der anfallenden Aufwendungen (»Schadenkosten«). Wie die Grafik in Abb. 06 zeigt, steigen diese über den gesamten Betrachtungszeitraum kontinuierlich an. Liegt der Gesamtaufwand im Jahr 2020 bei rund 102 Millionen Euro, so beträgt er ein Jahr später 108 Millionen Euro und steigt bis zum Jahr 2024 auf weit über 136 Millionen Euro pro Jahr an. Auf den gesamten Betrachtungszeitraum bezogen entspricht das einem Anstieg von 34 Prozent, was bedeutet, dass die Aufwendungen innerhalb von fünf Jahren um ein Drittel angestiegen sind.

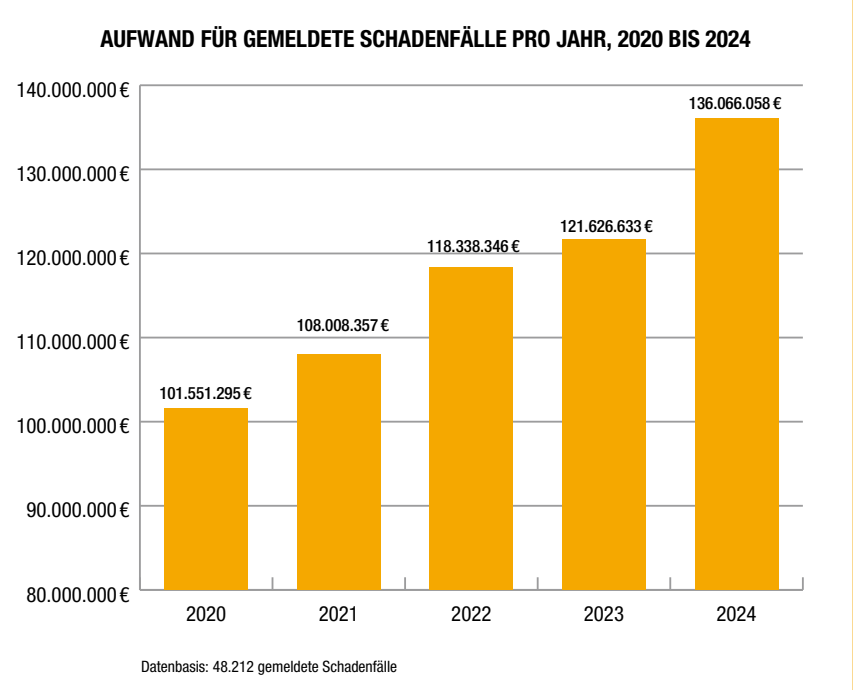


Abb. 06: Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle pro Jahr, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine weitere differenzierte Betrachtung der aufzuwendenden Schadenkosten ist der Grafik in Abb. 07 zu entnehmen. Hier werden die durchschnittlich pro Schadenfall und Jahr anfallenden Kosten dargestellt, die – in Übereinstimmung mit der Entwicklung der Gesamtschadenkosten – über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg deutlich zunehmen. Der Anstieg verläuft weitgehend kontinuierlich, bis auf einen leichten Rückgang im Jahr 2023. Insgesamt steigen die durchschnittlichen Aufwendungen um 3.000 Euro von 10.700 Euro auf rund 13.700 Euro je Schadenfall und Jahr.

Mit dieser erheblichen Steigerungsrate und den daraus resultierenden Kosten setzt sich ein Trend fort, der bereits in den vorherigen Hochbauberichten zu beobachten war. Aus dem Ergebnis lässt sich zudem ableiten, dass die Regulierung eines Hochbauschadens offenbar immer höhere Kosten verursacht. Um diese Annahme zu überprüfen, werden die vorliegenden Daten genauer untersucht.

Wie aus Abb. 07 hervorgeht, sind für das Jahr 2020 rund 9.500 Schadenfälle gemeldet, wobei der hierfür anfallende durchschnittliche Aufwand bei rund 10.700 Euro je Fall und Jahr liegt; hierbei handelt es sich um die niedrigsten Schadenkosten des Betrachtungszeitraums. Im Folgejahr steigen die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle und die aufzuwendenden Schadenkosten leicht an (plus 2,3 Prozent bzw. plus 4,0 Prozent), während im Jahr 2022 die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle fällt (minus 3,9 Prozent) und die Schadenkosten weiter deutlich steigen (plus 14,0 Prozent). Im Jahr 2023 dreht sich die Vorjahrestendenz um und die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle steigt deutlich an (plus 5,3 Prozent), während die Schadenkosten leicht sinken (minus 2,4 Prozent). Für das darauffolgende Jahr ist sowohl bei der Anzahl der gemeldeten Schadenfälle als auch bei den Schadenkosten ein Anstieg zu verzeichnen, wenn auch unterschiedlich stark. So steigen die Schadenzahlen eher gering (plus 0,9 Prozent), während die Schadenkosten wesentlich stärker zulegen (plus 10,9 Prozent); mit Schadenkosten von rund 13.700 Euro je Fall und Jahr handelt es sich damit um die höchsten durchschnittlichen Aufwendungen des Betrachtungszeitraums.

Insgesamt beläuft sich der Anstieg des durchschnittlichen Aufwands je Schadenfall pro Jahr über den Betrachtungszeitraum auf rund 28 Prozent, womit sich die Annahme der steigenden Aufwendungen für die Regulierung von Hochbauschäden grundsätzlich bestätigt. Dies ist unter anderem auf die Preisentwicklung im Baugewerbe zurückzuführen. Wie Untersuchungen des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie zeigen, sind zwischen 2021 und 2024 die Preise im Bauhauptgewerbe um 38 Prozent und im Ausbaugewerbe um 45 Prozent gestiegen.[8] Als Gründe für das starke Wachstum sind vor allem die ebenfalls stark gestiegenen Rohstoff- und Energiepreise zu nennen. Demnach stieg im gleichen Zeitraum der Erzeugerpreisindex für Betonstahl in Stäben um 33 Pro-

8 Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/publikationen/bauwirtschaft-im-zahlenbild [abgerufen am: 10.02.2026]

zent und für Energie um 87 Prozent.[9] Aber auch Materialknappheit und logistische Probleme wie unterbrochene Lieferketten, Personalmangel und verminderte Transportkapazitäten als direkte Folgen der COVID-19-Pandemie und des Ukrainekriegs tragen zu den erheblichen Kostensteigerungen bei.

Darüber hinaus ist die Entwicklung der Baukosten und der Schadenkosten (Aufwendungen) immer auch in Verbindung mit der Entwicklung der Lohnkosten zu sehen. Wie Untersuchungen des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie zeigen[10], steigen die Tarifstundenlöhne und Lohnzusatzkosten im Bauhauptgewerbe seit dem Jahr 2007 kontinuierlich an, was zusätzlich zu einem Anstieg der anfallenden Aufwendungen beiträgt. Die Grafik in Abb. 07 zeigt die Auswirkungen der hier beschriebenen Preisentwicklung im Baugewerbe auf die Entwicklung des durchschnittlichen Aufwands je Schadenfall pro Jahr sehr anschaulich.

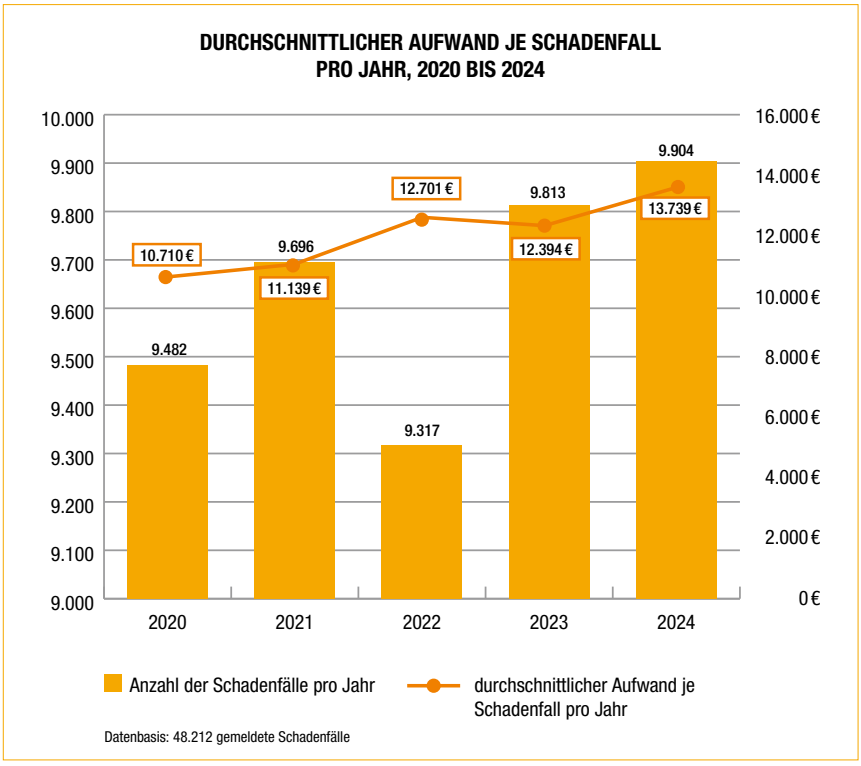


Abb. 07: Durchschnittlicher Aufwand je Schadenfall pro Jahr, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

9 Vgl. https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/publikationen/bauwirtschaft-im-zahlenbild [abgerufen am: 10.02.2026]

10 Vgl. ebd.

In diesem Zusammenhang soll kurz auf die Unterschiede eingegangen werden, die die Aufwendungen für geschlossene 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 2023 gibt es bei den Schadenkosten einen »Ausreißer« nach oben. Über den gesamten Betrachtungszeitraum geht die Anzahl der betreffenden Schadenfälle um rund 16 Prozent zurück, während die anfallenden Aufwendungen für die im Meldejahr abgeschlossenen Schadenfälle um rund 11 Prozent sinken. Bezogen auf einen einzelnen abgeschlossenen Schadenfall ergibt sich so ein durchschnittlicher Aufwand von 1.300 Euro, wobei die tatsächlichen Summen nur wenig von dem Mittelwert abweichen.

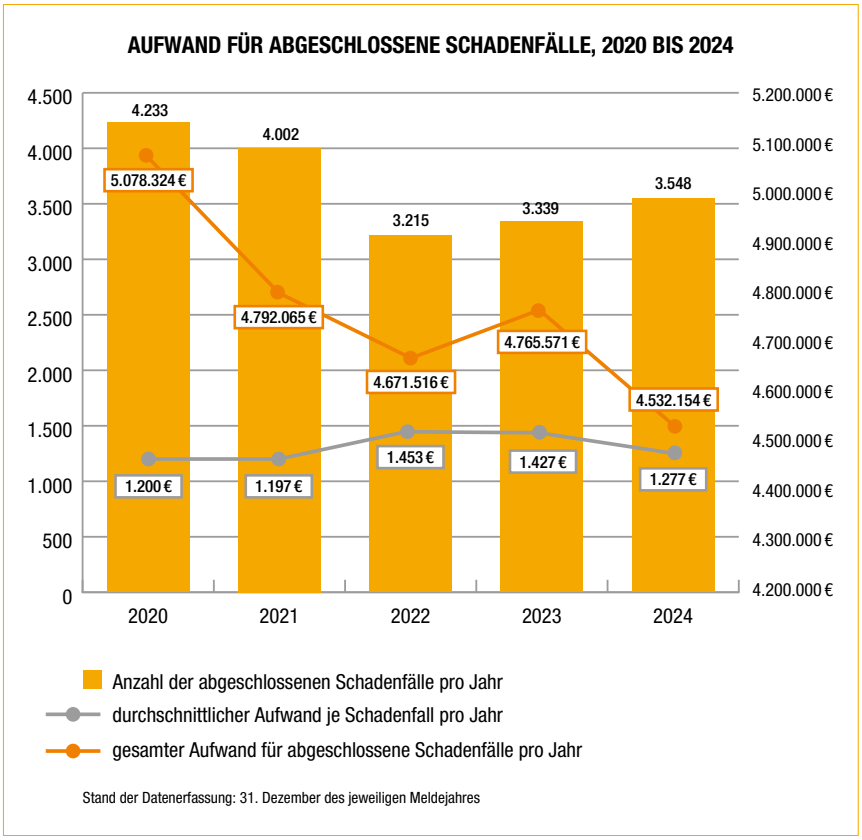


Abb. 08: Aufwand für abgeschlossene Schadenfälle, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine entgegengesetzte Entwicklung ist bei den anfallenden Aufwendungen für die Schadenfälle in Bearbeitung zu erkennen (Abb. 09). So zeigt sich über den gesamten Betrachtungszeitraum ein Anstieg von rund 96,5 Millionen Euro im Jahr 2020 auf

rund 131,5 Millionen Euro im Jahr 2024, was einem Zuwachs von rund 36 Prozent entspricht. Parallel dazu steigen auch die betreffenden Schadenzahlen an, wobei dieser Anstieg um rund 21 Prozent nicht ganz so deutlich ausfällt wie bei den Aufwendungen. Bezogen auf den einzelnen Schadenfall bedeutet diese Entwicklung, dass der durchschnittliche Aufwand für einen Schadenfall in Bearbeitung bei rund 18.800 Euro liegt. Dabei liegen die tatsächlichen Summen relativ nah am Mittelwert, einzig für das Jahr 2024 ist ein durchschnittlicher Aufwand von über 20.000 Euro und damit ein erheblich über dem Mittelwert liegender Wert ermittelt worden.

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.

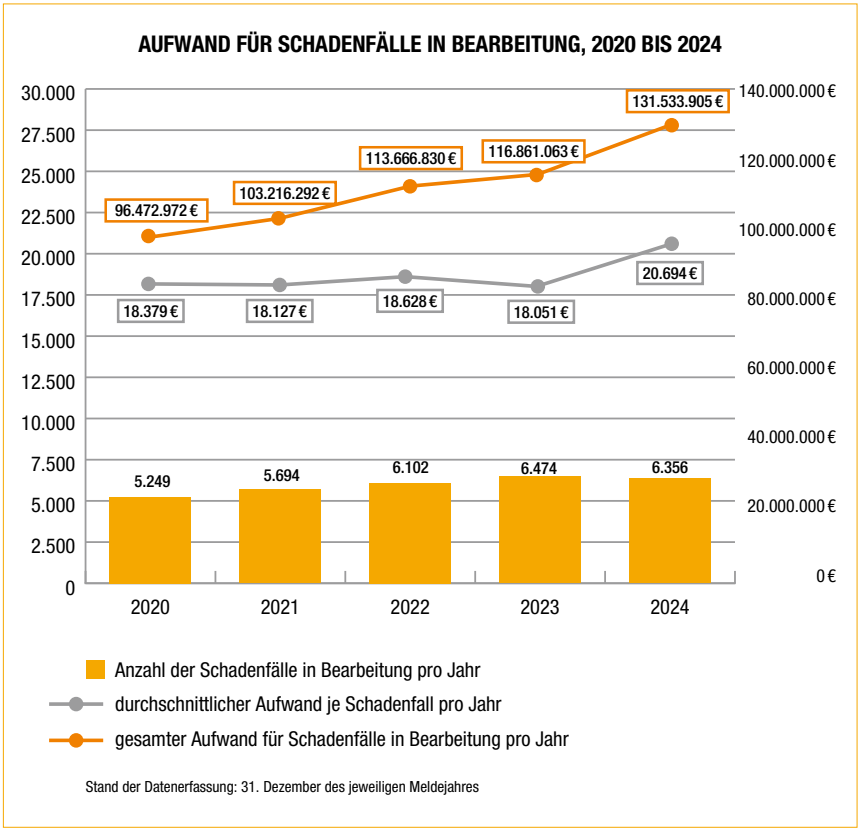


Abb. 09: Aufwand für Schadenfälle in Bearbeitung, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Nachfolgend soll der Begriff »Aufwand« präzisiert werden. Hierbei handelt es sich um die Gesamtheit aller mit einer Schadenbeseitigung einhergehenden Kosten. Diese gliedern sich in die Kosten 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 maximal alle 6 Monate 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.

In der Grafik in Abb. 10 wird die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten und damit deren Größenverhältnis zueinander dargestellt. Wie aus der grafischen Darstellung 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 89,2 Prozent des Gesamtaufwands, während der Anteil der tatsächlich geleisteten Zahlungen mit jährlich durchschnittlich 9,3 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.

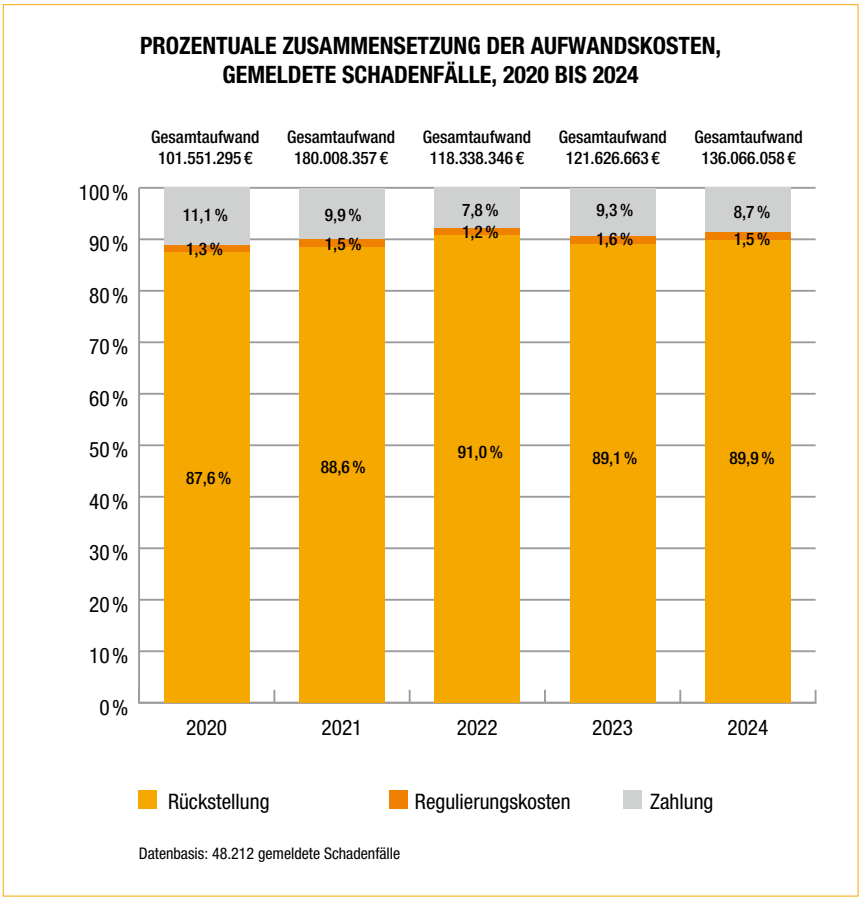


Abb. 10: Die prozentuale Zusammensetzung der Aufwandskosten aller gemeldeten Schadenfälle, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Ergänzend werden die einzelnen Kostenkomponenten pro Schadenfall und Jahr mit den realen Summen abgebildet. Wie aus der Grafik in Abb. 11 hervorgeht, steigen die Regulierungskosten über den gesamten Betrachtungszeitraum um mehr als 40 Prozent an (trotz des hohen Anstiegs bewegen sich die Summen selbst auf einem niedrigen Niveau), während die Zahlungen relativ stabil sind. Eine ganz andere Entwicklung zeigt sich bei den Rückstellungen, die zwischen 2020 und 2024 um fast ein Drittel steigen. Hier weisen vor allem die Jahre 2022 (plus 17 Prozent) und 2024 (plus 11,8 Prozent) erhebliche Steigerungen zum jeweiligen Vorjahr auf.

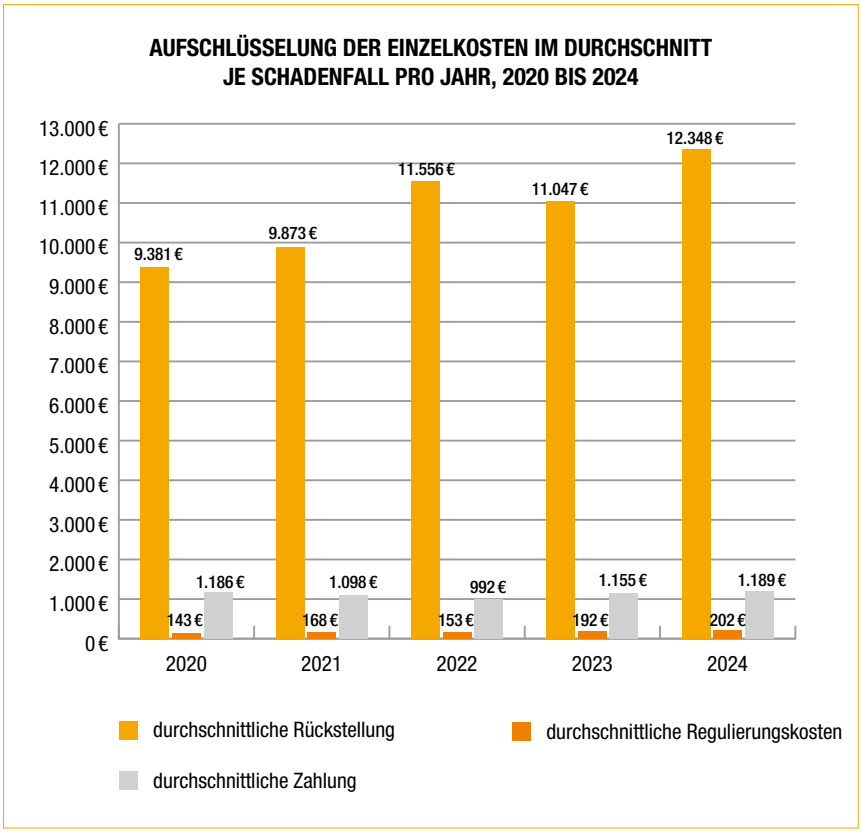


Abb. 11: Die Aufschlüsselung der durchschnittlichen Einzelkosten je Schadenfall pro Jahr, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Um den Grund für diesen deutlichen Anstieg zu verstehen, wurden die vorliegenden Unterlagen gezielt vor diesem Hintergrund untersucht. Demnach sind für die hervorgehobenen Jahre zum Teil stark steigende Aufwendungen bei gleichzeitig sinkenden bzw. nur gering zunehmenden Schadenfällen dokumentiert worden (Abb. 07). Aus diesem Grund wird vermutet, dass die beschriebene Entwicklung bei den Rückstellungen mit der Art der Schäden in Verbindung stehen könnte. Entsprechende Untersuchungen und die Ergebnisse werden in Kap. 4.2 »Entwicklung der Schadenarten und Schadenbilder« dargestellt.

4.2 Entwicklung der Schadenarten und Schadenbilder

Nachdem bislang die abstrakten Schadenzahlen sowie die daraus abgeleiteten Kosten betrachtet worden sind, richtet sich der Fokus nun auf die konkreten Schäden. Dafür werden die jeweiligen Schadenarten und Schadenbilder genauer betrachtet.

Schadenarten beschreiben ganz grundsätzlich, um welchen Schaden es sich im betreffenden Fall handelt. Wie der Grafik in Abb. 12 zu entnehmen ist, verteilen sich die Schäden zwischen 2020 und 2024 im Wesentlichen auf einige wenige Schadenarten. Demnach liegt der Schwerpunkt mit einem Anteil von 37 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 letztlich zu Wasser- und Feuchteschäden führen, so entfallen rund 70 Prozent aller Schäden auf nur zwei Schadenarten. Mit einigem Abstand folgen die (nicht ausdifferenzierten) sonstigen Schäden mit einem Anteil von rund 21 Prozent. Andere festgestellte Schadenarten sind Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen, Schäden an technischen Anlagen, Brandschäden und Umweltschäden. Mit insgesamt rund 10 Prozent stellen diese Schadenarten einen relativ geringen Anteil an den Gesamtschadenarten dar.

Mit Blick auf die entsprechenden Untersuchungen der drei vorhergehenden Bauschadenberichte ist festzustellen, dass nach wie vor Schäden an der Baukonstruktion die mit Abstand am häufigsten festgestellte Schadenart sind, gefolgt von Wasser-/Feuchteschäden und sonstigen Schäden. Auch bei den jeweiligen prozentualen Anteilen der weiteren Schadenarten ist über die betrachteten Jahre keine wesentliche Änderung zu erkennen.

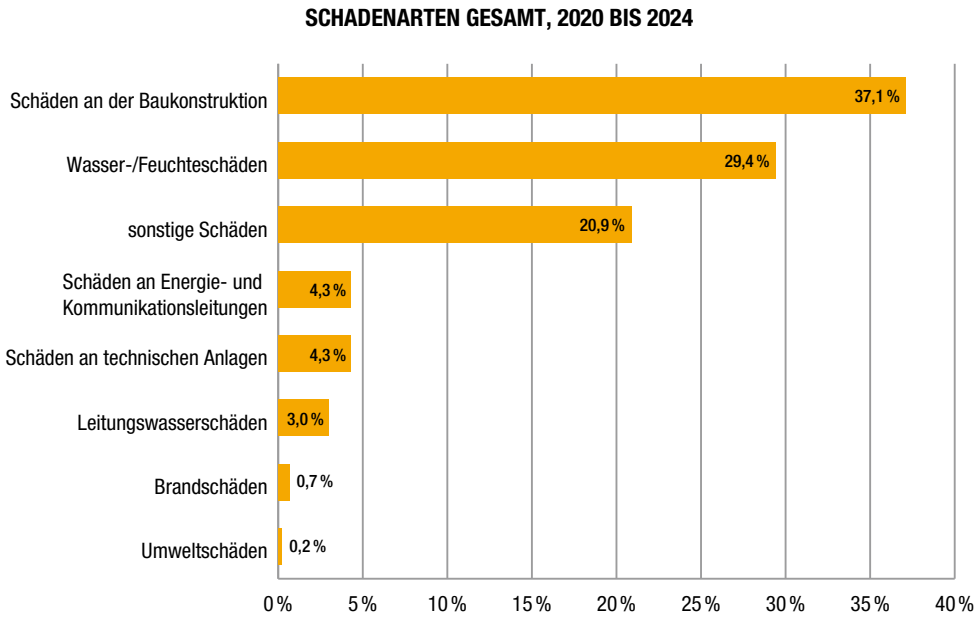


Abb. 12: Die festgestellten Schadenarten, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Die Entwicklung der Schadenarten über den Betrachtungszeitraum ist der Grafik in Abb. 13 zu entnehmen. Hier wird der jeweilige prozentuale Anteil der fünf häufigsten Schadenarten an der Gesamtschadenzahl dargestellt. Demnach ist bei den sonstigen Schäden ein langsamer Anstieg zu erkennen, während sich der Anteil der Wasser- und Feuchteschäden und der Anteil der Schäden an technischen Anlagen auf mehr oder weniger gleichbleibendem Niveau bewegen. Bei den Schäden an der Baukonstruktion sowie bei den Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen ist dagegen ein zum Teil deutlicher Rückgang zu erkennen.

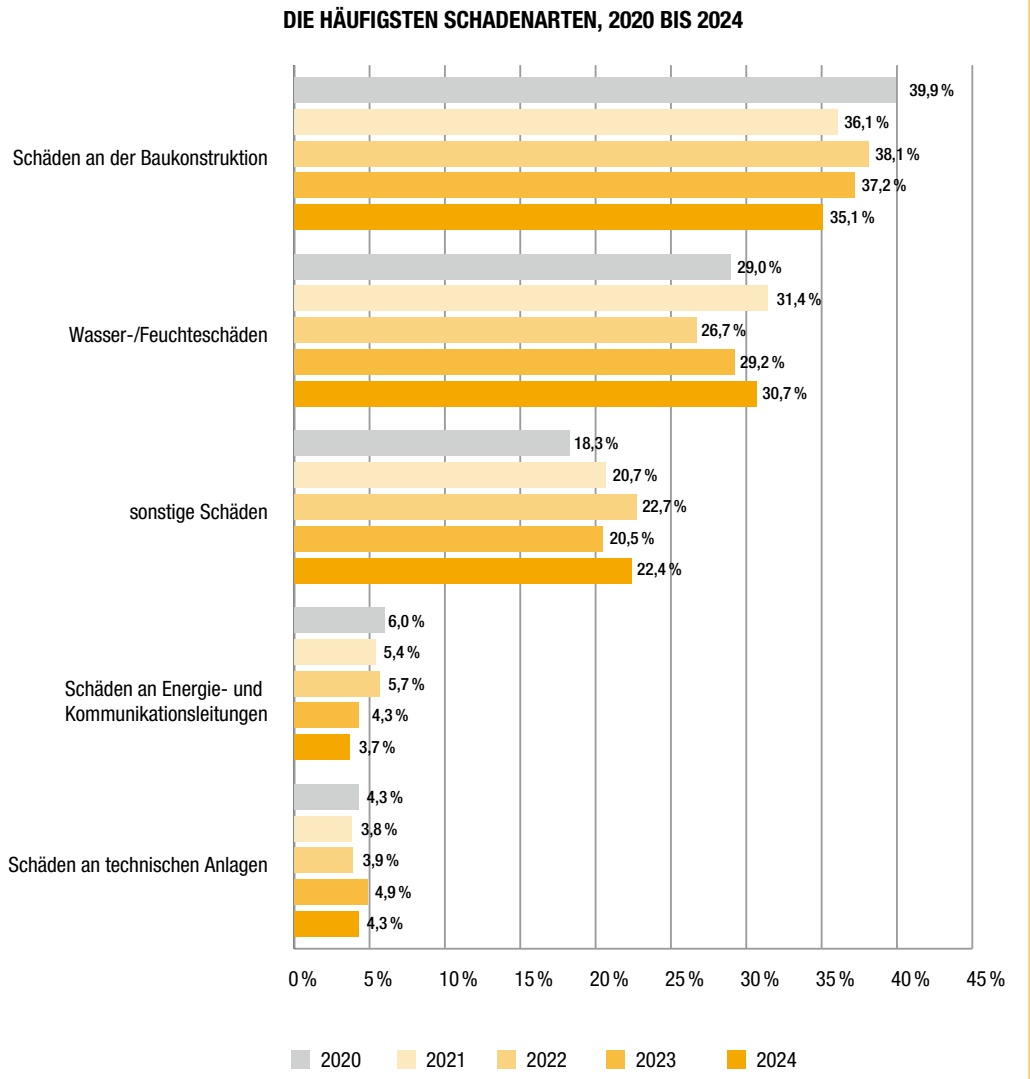


Abb. 13: Die häufigsten festgestellten Schadenarten, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Für eine detaillierte Schadenanalyse ist neben der Aufschlüsselung in die einzelnen Schadenarten auch 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. 14 dargestellt. Dabei fällt auf, wie sehr sich vor allem die Anteile der versicherungstechnischen Rück-

stellungen und die der Zahlungen je nach Schadenart unterscheiden. So entfallen bei Schäden an technischen Anlagen, Brandschäden und Schäden an der Baukonstruktion durchschnittlich weit mehr als 90 Prozent der gesamten Aufwendungen auf die Rückstellungen, während der Anteil für die Zahlungen entsprechend geringer ist und durchschnittlich zwischen 4 und 7 Prozent liegt.

Demgegenüber werden bei anderen Schadenarten deutlich geringere Reserven gebildet bzw. höhere Zahlungen geleistet, wie beispielsweise bei Leitungswasserschäden zu erkennen ist. Hier beträgt der durchschnittliche Anteil der Zahlungen fast 17 Prozent und damit ein Sechstel der gesamten Aufwendungen. Ähnlich hohe Zahlungen sind bei Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen sowie bei Umweltschäden zu verzeichnen, die einen Anteil von durchschnittlich rund 16 Prozent aufweisen.

Hier ist allerdings zu betonen, 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. Daraus ergibt sich, dass die vorliegende Auswertung eine Momentaufnahme darstellt, da parallel sowohl die Rückstellungen für die noch nicht geschlossenen Schadenfälle als auch die Zahlungen für die bereits geschlossenen Schadenfälle enthalten sind.

Es ist daher wenig wahrscheinlich, dass das Verhältnis von Rückstellung zu Zahlung jederzeit wie in der Grafik in Abb. 14 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.

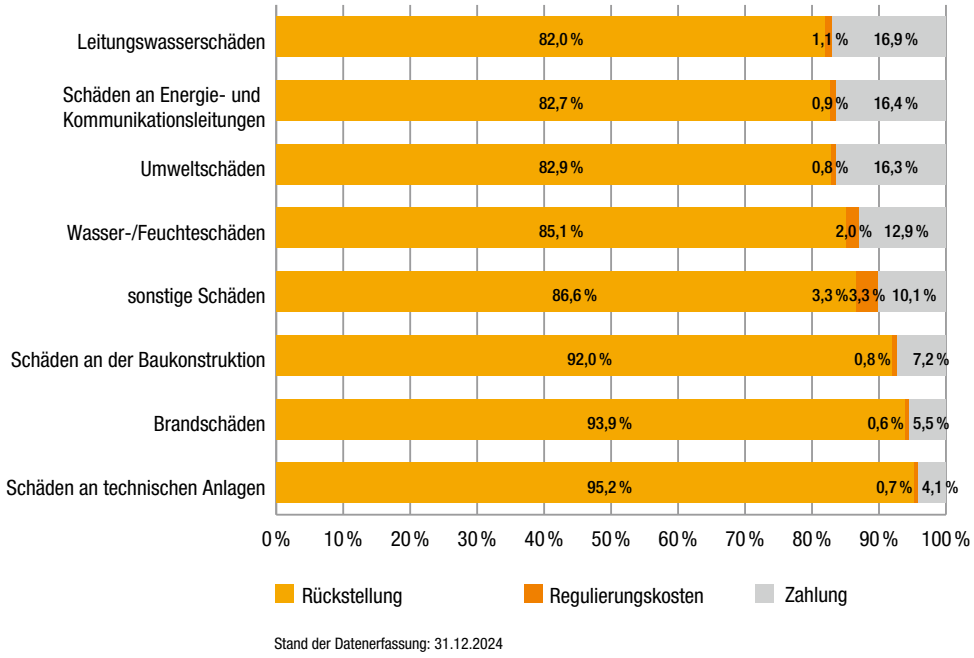


Abb. 14: Die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Aufwendungen je Schadenart, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Während mit der Grafik in Abb. 14 das relative Verhältnis der einzelnen Kostenkomponenten zueinander dokumentiert wird, werden im Folgenden diese Daten zusätzlich mit absoluten Zahlen – also mit konkreten Summen – hinterlegt. Wie die Grafik in Abb. 15 zeigt, lässt sich so die Relevanz der einzelnen Schadenarten wesentlich plastischer 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 eine Höhe von rund 260 Millionen Euro aufweisen. Damit ist diese Summe nicht nur im Vergleich mit den entsprechenden Ergebnissen der letzten Auswertung[11] erneut um mehr

11 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2023/24. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2024

als 10 Prozent gestiegen. Auch im Vergleich mit den weiteren aktuellen Zahlen fällt auf, dass die Rückstellungen für Schäden an der Baukonstruktion nur geringfügig niedriger ausfallen als die Rückstellungen aller weiteren Schadenarten zusammen (Σ = rund 264 Millionen 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 zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind. So wird zum Beispiel bei einem Setzungsriss in einer tragenden Außenwand nicht nur der Riss an sich geschlossen. Darüber hinaus sind die Tragfähigkeit des Baugrunds und der Gründung zu prüfen, im Extremfall muss die Standsicherheit des gesamten Gebäudes nachgewiesen werden. Aufgrund dieser und ähnlich umfangreicher Schadenbehebungsmaßnahmen werden vor allem bei Schäden an der Baukonstruktion relativ große Reserven gebildet. Auch für Wasser- und Feuchteschäden sind hohe Rückstellungen zu verzeichnen, wobei hier – wie weiter oben im Text schon angedeutet – die Leitungswasserschäden noch hinzugezählt werden müssen. Mit insgesamt rund 154 Millionen Euro stellen diese beiden Schadenarten den zweitgrößten Part bei den Rückstellungen, denn auch hier erfordert die Schadenbehebung meist umfangreiche Maßnahmen.

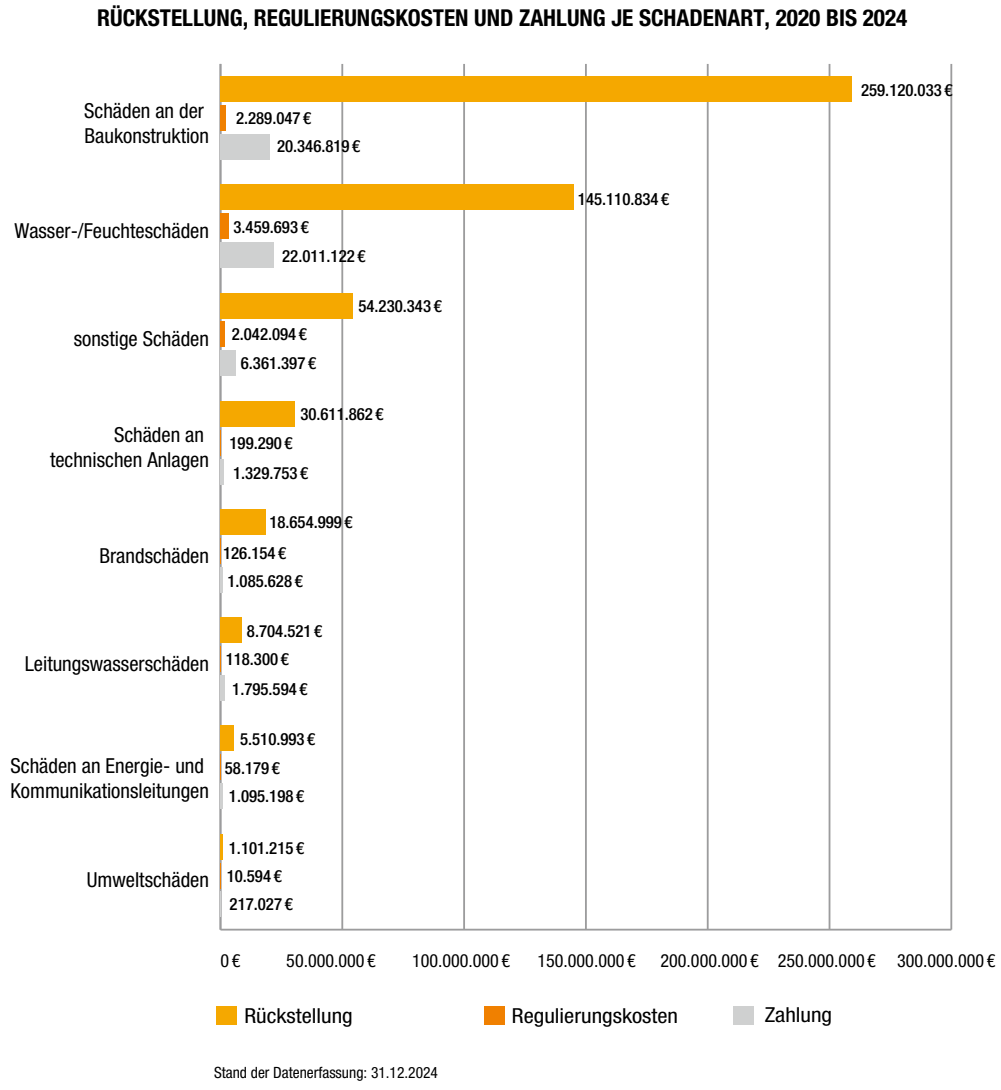


Abb. 15: Rückstellung, Regulierungskosten und Zahlung je Schadenart, 2020 bis 2024
[Grafik: IFB, Daten: VHV]

Neben den Rückstellungen werden auch die Regulierungskosten und die Zahlungen untersucht, denn von den Baubeteiligten wird immer wieder die Vermutung geäußert, dass die Behebung eines Schadens zunehmend mehr Kosten verursacht. Um diese Annahme zu überprüfen, werden die Entwicklung der Regulierungskosten und der Zahlungen nachfolgend genauer betrachtet.

Wie der Grafik in Abb. 16 zu entnehmen ist, gibt es bei den Regulierungskosten keine einheitliche Tendenz. Demnach ist bei Wasser- und Feuchteschäden, sonstigen Schäden, Schäden an technischen Anlagen, Brandschäden und Leitungswasserschäden ein zum Teil erheblicher Anstieg der Kosten festzustellen. So haben sich beispielsweise die Regulierungskosten bei Schäden an technischen Anlagen mehr als verdoppelt (plus 139 Prozent) und bei sonstigen Schäden mehr als verdreifacht (plus 220 Prozent). Diese deutlich erhöhten Regulierungskosten sind vor allem mit einem verstärkten Einsatz von Gutachtern, Prüfern und Vor-Ort-Terminen zu erklären, um hier die tatsächliche Schadenart zu identifizieren.

Demgegenüber kann für Schäden an der Baukonstruktion und für Umweltschäden keine klare Prognose gegeben werden. Wie die Grafik in Abb. 16 zeigt, steigen bzw. fallen hier die Regulierungskosten im Jahresrhythmus. Vereinzelte »Ausreißer« sorgen durch besonders hohe Kosten für die auffälligen Ausschläge in der grafischen Auswertung.

Rückläufige Regulierungskosten sind dagegen bei Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen zu verzeichnen, hier sind die Kosten zwischen 2020 und 2024 um rund zwei Drittel gesunken (minus 65 Prozent). 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.

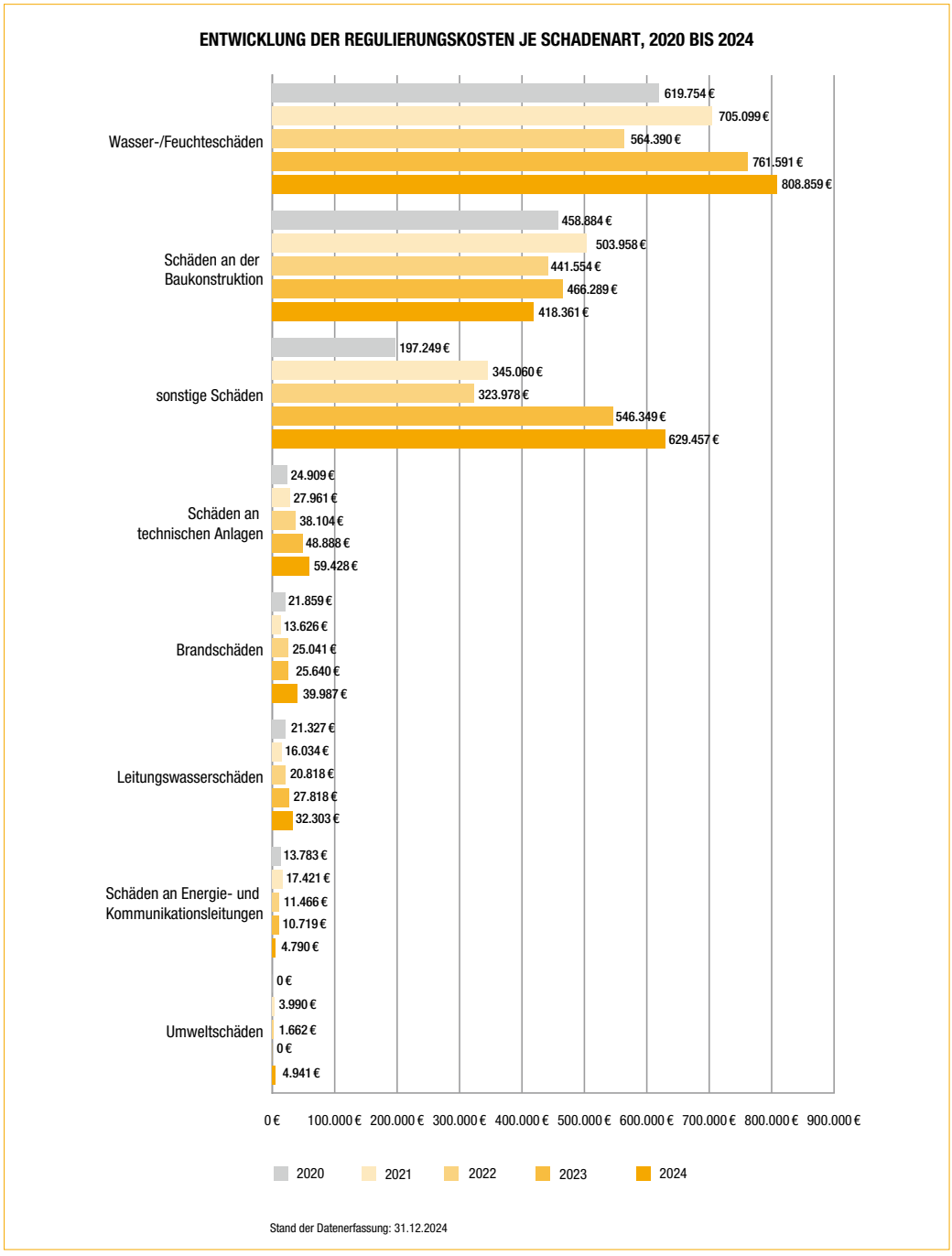


Abb. 16: Die Entwicklung der Regulierungskosten je Schadenart, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Auch bei der Entwicklung der Zahlungen, also den ermittelten und ausbezahlten Schadenbeträgen, gibt es über den Betrachtungszeitraum keinen einheitlichen Trend. Wie die Grafik in Abb. 17 zeigt, sind bei den Schadenarten sowohl steigende als auch sinkende Zahlungen zu erkennen.

Den quantitativ höchsten Anstieg gibt es bei Brandschäden, hier haben sich die Zahlungen zwischen 2020 und 2024 fast verdoppelt (plus 96 Prozent). Insgesamt schwanken die Zahlungen über den Betrachtungszeitraum stark, wobei in den Jahren 2020 und 2024 besonders hohe Werte erreicht werden. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei sonstigen Schäden und Schäden an technischen Anlagen. Hier gibt es bei den Zahlungen ebenfalls auffällige Ausschläge nach oben und nach unten, wenn auch nicht so ausgeprägt wie bei den Brandschäden. Obwohl bei den genannten Schadenarten die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle im Betrachtungszeitraum teilweise gestiegen ist (Abb. 13), kann dieser Anstieg nur eingeschränkt als Ursache für die höheren Auszahlungen angesehen werden. So zeigt sich bei genauerer Betrachtung der vorliegenden Daten, dass es jeweils einige wenige Schadenfälle mit vergleichsweise extrem hohen Schadenbeträgen gibt, die für die auffälligen Ausschläge in der grafischen Auswertung sorgen.

Relativ stabil zeigen sich die Zahlungen für Wasser-/Feuchteschäden, Schäden an der Baukonstruktion und Umweltschäden, auch wenn zum Teil erhebliche Anstiege bzw. Rückgänge zu verzeichnen sind. So fällt bei Umweltschäden das Jahr 2021 mit einer extrem hohen Gesamtzahlung auf. Diese Summe ist auf einige wenige Schadenfälle mit vergleichsweise hohen Schadenbeträgen zurückzuführen. Ebenfalls auffällig ist die Situation bei Wasser-/Feuchteschäden und Schäden an der Baukonstruktion, bei denen für die Jahre 2021 (Schäden an der Baukonstruktion) und 2022 (Wasser-/Feuchteschäden) jeweils relativ niedrige Gesamtzahlungen zu verzeichnen sind. Hier beruhen die betreffenden Werte auf deutlich weniger gemeldeten Schadenfällen mit jeweils vergleichsweise geringen Zahlungen.

Eine entgegengesetzte Entwicklung zeigt sich bei Leitungswasserschäden und Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen. Hier ist im Wesentlichen ein Rückgang der Zahlungen (minus 49 Prozent und minus 16 Prozent) bei parallel sinkenden Schadenmeldungen zu erkennen, auch wenn bei Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen im Jahr 2022 die Zahlungen aufgrund eines einzelnen, besonders hohen Schadenbetrags plötzlich stark ansteigen.

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

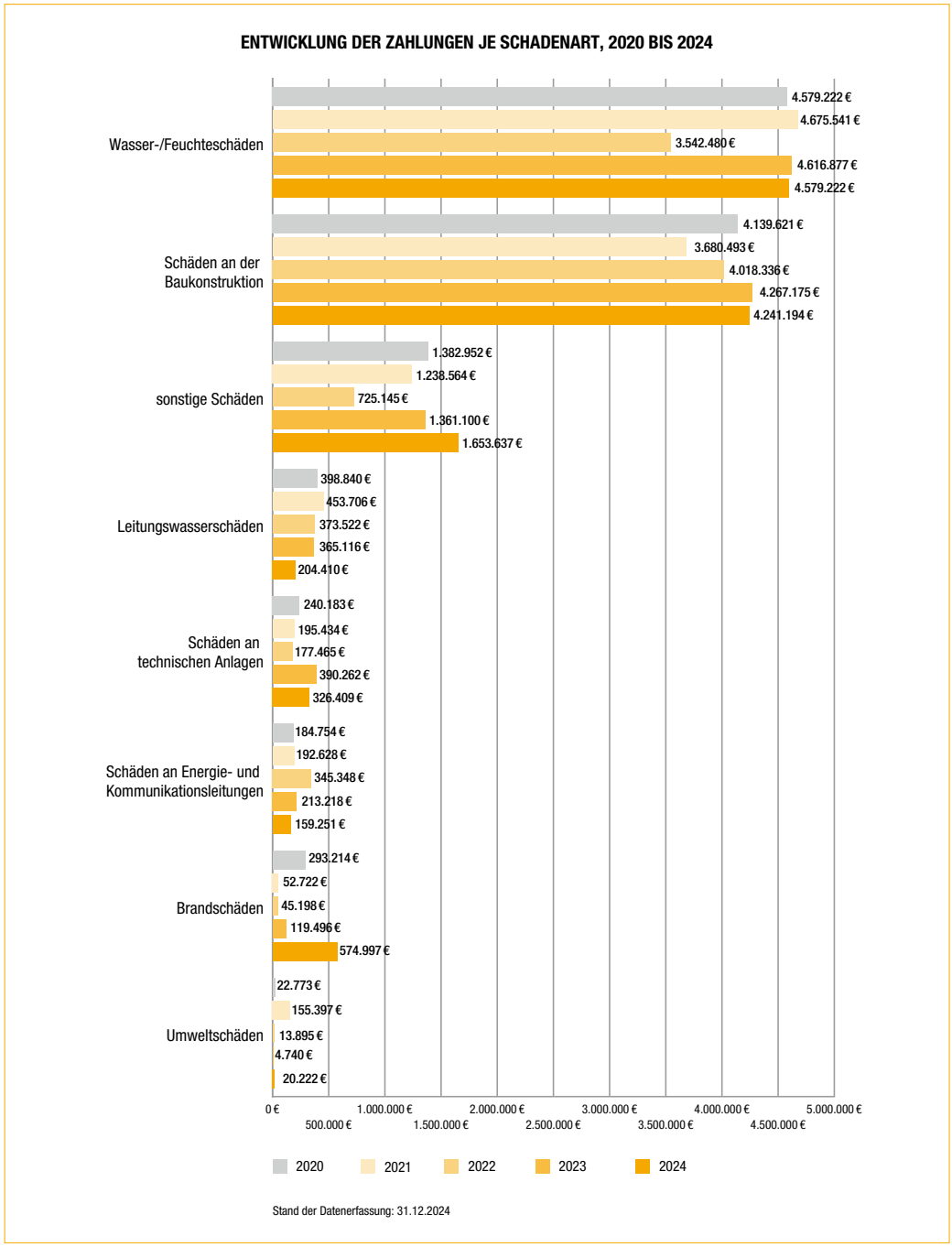


Abb. 17: Die Entwicklung der Zahlungen je Schadenart, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Abschließend wird der Fokus auf die Bauschäden selbst gerichtet. Bauschäden können in den unterschiedlichsten Formen auftreten. Mithilfe des Kriteriums »Schadenbild« wird die visuelle Erscheinung 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. 18 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 holzzerstörende Pilze wie zum Beispiel den Braunen Kellerschwamm oder den Echten Hausschwamm.

Mit deutlichem Abstand folgt das Schadenbild »Rissbildungen« mit einem Anteil von 7 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.

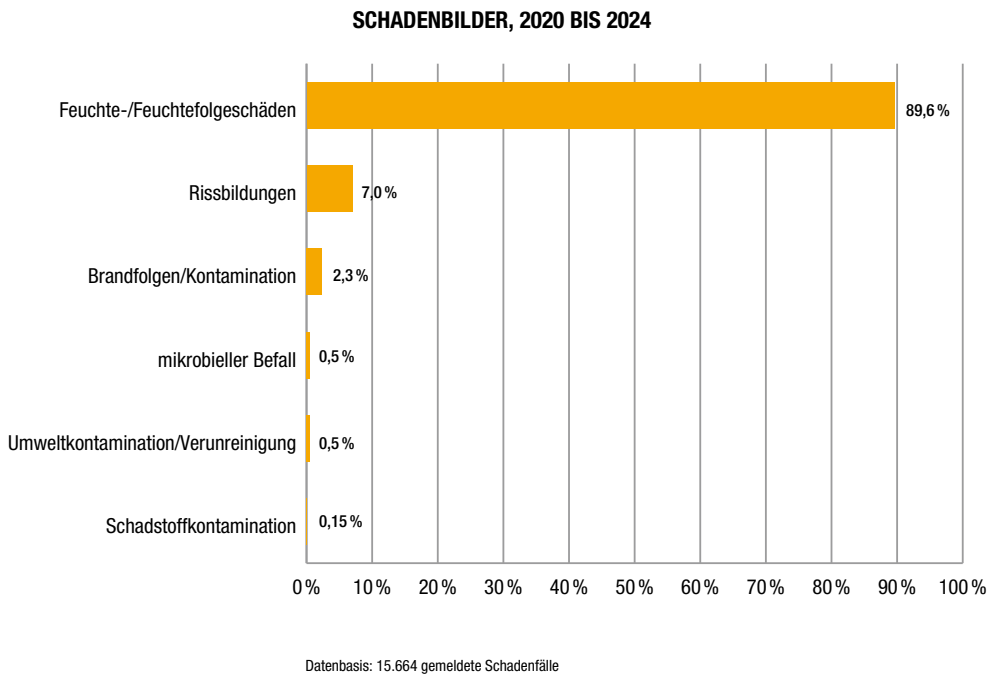


Abb. 18: Die festgestellten Schadenbilder, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Rund zwei Drittel aller Schadenarten sind in der Auswertung in Abb. 18 demnach nicht enthalten. Die jeweiligen Schadenbilder sind so vielfältig, dass eine vollständige Auflistung oder Darstellung im Rahmen dieses Berichts nicht möglich ist. Es handelt sich dabei überwiegend um Schadenbilder, die nicht auf den ersten Blick zu erkennen sind, beispielsweise falsch ausgeführte Attika- oder Traufdetails, unzureichende Betondeckung über Bewehrungsstählen, falsch verklebte oder unzureichend verdübelte Fassadendämmplatten, ungenügend abgedichtete (Keller-)Wanddurchdringungen, fehlende Estrichranddämmstreifen und unzureichenden Brandschutz bei Leitungsdurchführungen.

4.3 Entwicklung der Schadenursachen

Für die umfassende Analyse eines Bauschadens müssen neben den Schadenarten auch die Schadenursachen – also die Auslöser für das Auftreten eines Bauschadens – betrachtet werden. Ohne diese genaue Untersuchung ist es kaum möglich, die richtigen Schlüsse aus den Auswertungen zu ziehen, die im besten Fall zu einem insgesamt geringeren Schadenaufkommen führen können.

Wie der Grafik in Abb. 19 zu entnehmen ist, wurden im Rahmen der Datenanalyse sehr viele verschiedenartige Schadenursachen ermittelt. Deutlich wird aber auch, dass für die große Mehrheit der aufgetretenen Schäden nur einige wenige Auslöser schadenursächlich sind. Demnach sind rund 90 Prozent der Schadenfälle auf gerade einmal fünf unterschiedliche Schadenursachen zurückzuführen. Hierbei handelt es sich um:

- Ausführungs-/Montagefehler mit einem Anteil von rund 33 Prozent (zum Beispiel unzureichend verdichteter Beton bei Fundamenten, Verwendung ungeeigneter Dämmstoffe zum Erreichen der Effizienzhaus-Stufe 55),
- Schnittstellenproblematik/Kommunikation mit einem Anteil von rund 28 Prozent (zum Beispiel nicht abgestimmte Höhen von Estrich und Türzargen, keine klare Leistungsabgrenzung unter den beteiligten Gewerken bei der Abdichtung von Bodenplatte und aufgehenden Wänden),
- mangelhafte Schutzmaßnahmen mit einem Anteil von rund 11 Prozent (zum Beispiel fehlender Schutz einer fertiggestellten Gebäudeabdichtung vor mechanischer Beschädigung, unzureichende Nachbehandlung von Beton),
- fehlerhafte Ausführungsplanung mit einem Anteil von rund 11 Prozent (zum Beispiel unklare Maßangaben und/oder fehlende Höhenbezüge, keine Kollisionsprüfung der beteiligten Gewerke) und
- unzureichende Bauüberwachung mit einem Anteil von rund 6 Prozent (zum Beispiel keine regelmäßigen Baustellenbegehungen, keine schriftlichen Abnahmeprotokolle).

Alle weiteren Schadenursachen werden vergleichsweise selten festgestellt.

Hierzu zählt auch die Schadenursache Produktmangel, die mit einem Anteil von rund 0,1 Prozent zu den eher selten auftretenden Ursachen zählt. Wie der äußerst geringe Anteil an der Gesamtheit der festgestellten Schadenursachen zeigt, stellen Produktmängel kein nennenswertes Problem bei der Schadenentstehung dar, denn die eingesetzten (Bau-)Produkte weisen im Wesentlichen eine hohe Qualität auf. Mängel und Schäden im Zusammenhang mit (Bau-)Produkten entstehen vor allem durch den falschen Einsatz bzw. fehlerhaften Einbau.

Werden die relevanten Schadenursachen themenbezogen zusammengefasst, zeigt sich, dass ein erheblicher Anteil der gemeldeten Schäden auf eine mangelhafte Überwachung vor Ort zurückzuführen ist. Hierzu zählen die Aspekte »Schnittstellenproblematik/Kommunikation«, »Schutzmaßnahmen«, »Bauüberwachung«, »Verkehrssicherungspflichten« und »Absprachen/Einweisung/Koordination«, die mit einem Anteil von rund 50 Prozent die Hälfte aller gemeldeten Schadenursachen ausmachen.

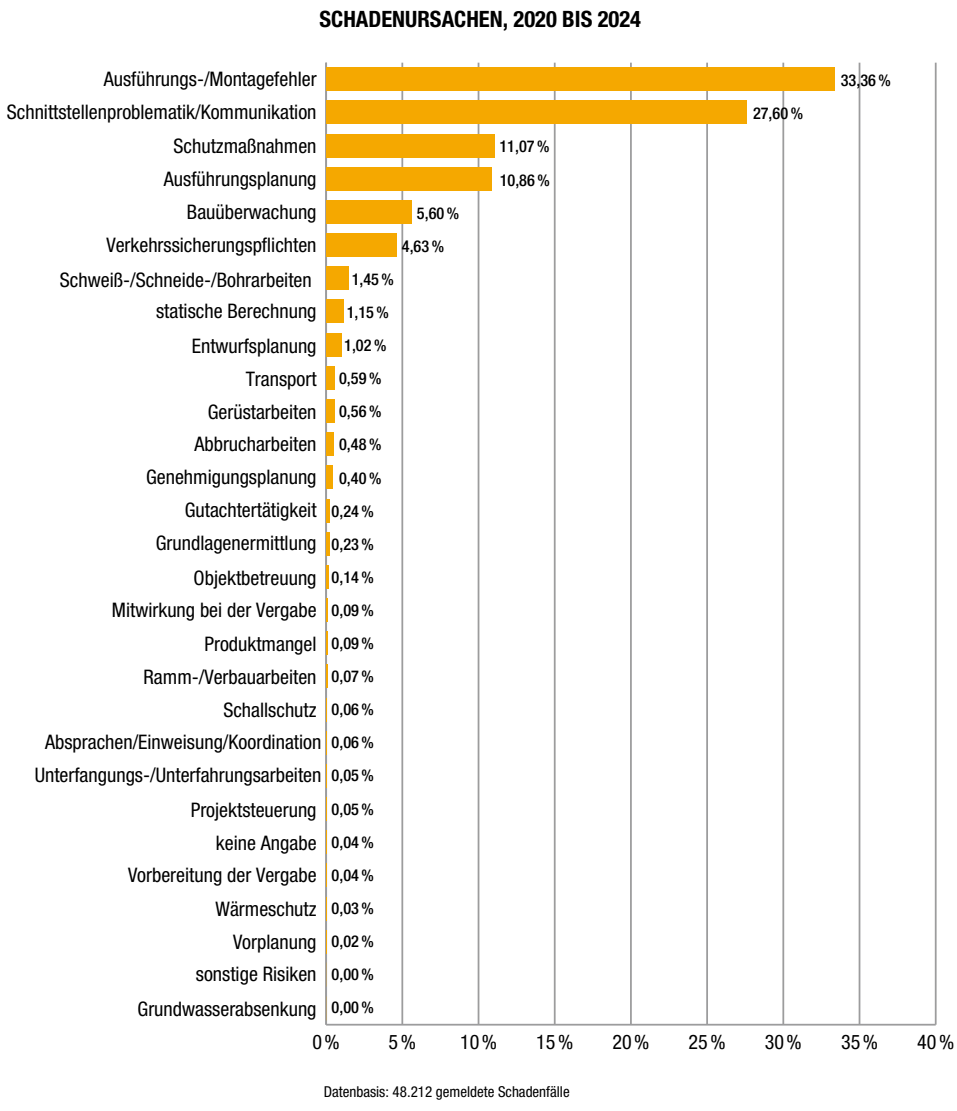


Abb. 19: Die festgestellten Schadenursachen, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Etwas geringer fällt der Anteil der Schadenfälle durch mangelhafte Arbeitssorgfalt aus. Unter diesem Oberbegriff werden die Schadenursachen »Ausführungs-/Montagefehler«, »Schweiß-/Schneide-/Bohrarbeiten«, »Gerüstarbeiten«, »Abbrucharbeiten«, »Ramm-/Verbauarbeiten« und »Unterfangungs-/Unterfahrungsarbeiten« zusammengefasst, die für rund 36 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«. Diese Schadenursachen sind mit einem Anteil von insgesamt rund 14 Prozent eher von geringer Bedeutung.

Eine detaillierte Darstellung der Entwicklung einiger ausgewählter Schadenursachen ist der Grafik in Abb. 20 zu entnehmen. Hier wird der jeweilige prozentuale Anteil der fünf häufigsten Schadenursachen an der Gesamtschadenzahl über den gesamten Untersuchungszeitraum abgebildet. Demnach ist bei Schadenfällen durch mangelhafte Ausführungsplanung und bei Schadenfällen durch Ausführungs-/Montagefehler ein leichter Anstieg der Häufigkeit um 12,5 Prozent (Ausführungsplanung) bzw. um 11 Prozent (Ausführungs-/Montagefehler) festzustellen.

Die Grafik zeigt jedoch auch Schadenursachen auf, deren Häufigkeit über den Betrachtungszeitraum gesunken ist. So hat sich der Anteil der Schadenfälle aufgrund unzureichender Bauüberwachung, mangelhafter Schutzmaßnahmen und Schnittstellenproblematik/Kommunikation teilweise erheblich verringert. Den größten Rückgang gibt es bei Schutzmaßnahmen (minus 18,2 Prozent), gefolgt von Schnittstellenproblematik/Kommunikation (minus 12 Prozent) und Bauüberwachung (minus 10,8 Prozent).

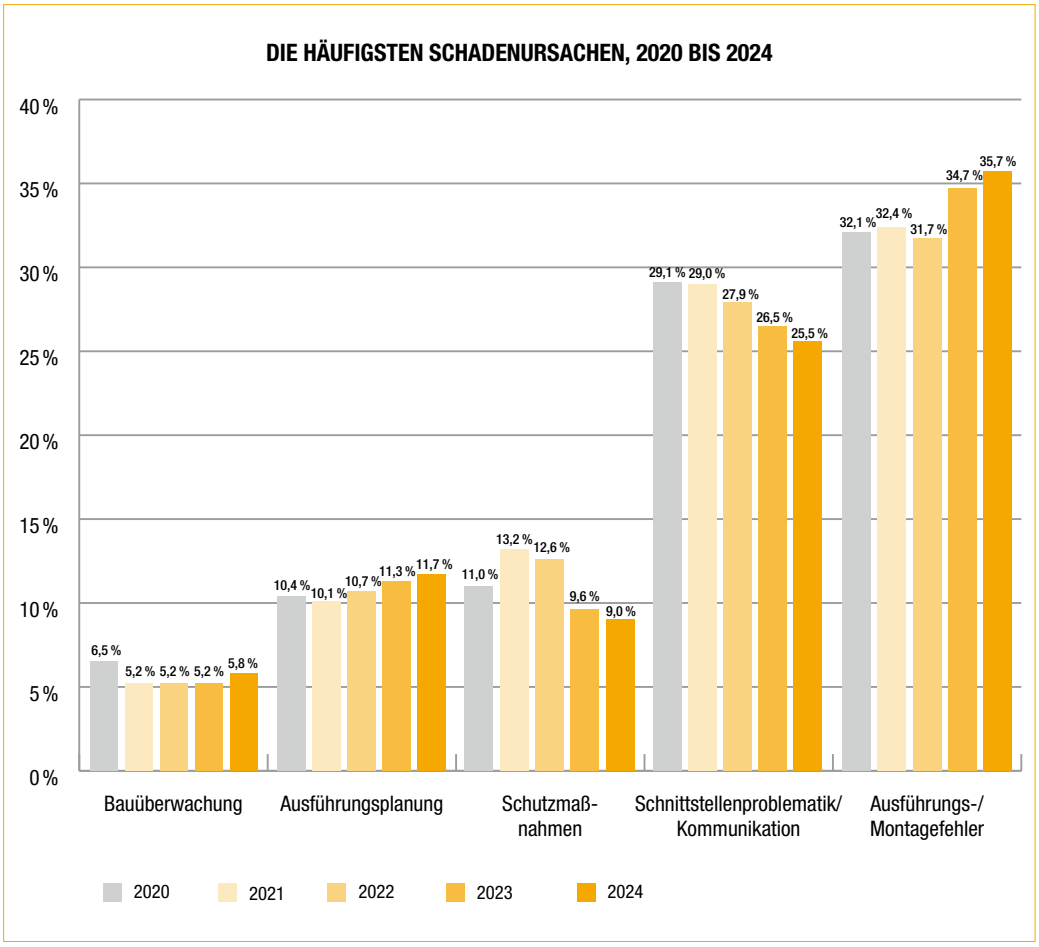


Abb. 20: Die häufigsten festgestellten Schadenursachen, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

4.4 Entwicklung der Schadenstellen

Die umfassende Analyse eines Bauschadens beinhaltet neben der Beschäftigung mit den Schadenkosten, dem Schadenbild und der Schadenursache auch die Untersuchung der Schadenstelle, also des Bauteils, an dem der Schaden aufgetreten ist. Wie die Grafik in Abb. 21 zeigt, verteilen sich rund 86 Prozent der gemeldeten Schadenfälle auf gerade einmal fünf Schadenstellen bzw. Bauteile. Hierbei handelt es sich um:

- Fassaden und Fenster, die mit rund 40 Prozent den mit Abstand größten Anteil an den Schadenstellen aufweisen (zum Beispiel Gebäudeabdichtung im Sockelbereich, Anschlussfugen zwischen Fenster und Fassade),
- Anlagen im Bereich Sanitär/Heizung/Klima (SHK) mit einem Anteil von rund 20 Prozent (zum Beispiel Fittings/Rohrverbinder in Versorgungsleitungen, Ventilatoren und Luftfilter in Raumlufttechnischen Anlagen),
- Dach und (Geschoss-)Decken mit einem Anteil von rund 13 Prozent (zum Beispiel Anschluss Flachdachabdichtung an aufgehende Bauteile, schalltechnische Entkopplung im Geschossdeckenaufbau),
- Fußbodenaufbauten mit einem Anteil von rund 7 Prozent (zum Beispiel Hohlstellen im Estrich, Dämmschicht zwischen aufgehender Wand und Estrich) und
- Elektroleitungen und -anlagen mit einem Anteil von rund 7 Prozent (zum Beispiel fehlender Potenzialausgleich (»Erdung«), Kabelnetze für die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik).

Die übrigen Schadenfälle finden sich an diversen weiteren Schadenstellen wie zum Beispiel Kommunikationsleitungen (zum Beispiel Schutzummantelung von Glasfaserkabeln), Trinkwasserleitungen (zum Beispiel Dämmung von Warmwasserleitungen) und Abwasserleitungen (zum Beispiel fehlende Revisionsöffnung).

Rund ein Drittel aller Schadenarten sind in der Auswertung in Abb. 21 nicht enthalten. Hierbei handelt es sich um Schäden, die nicht einer konkreten Schadenstelle zugeordnet werden können, wie zum Beispiel Risse, Wasser-, Brand- und Umweltschäden, Schimmelpilzbefall und Asbestkontamination.

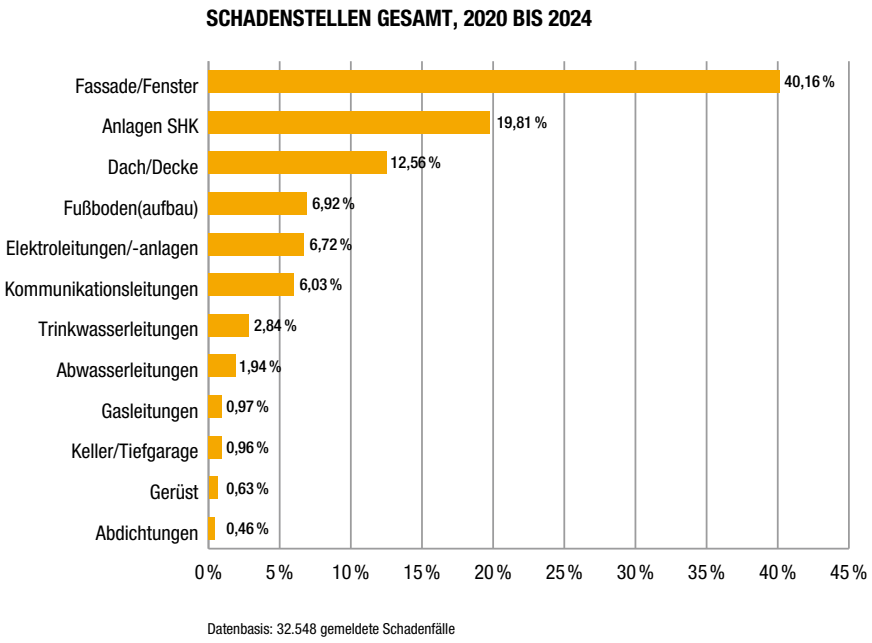


Abb. 21: Die festgestellten Schadenstellen, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine genauere Auswertung ist der Grafik in Abb. 22 zu entnehmen, die sich auf die fünf häufigsten Schadenstellen fokussiert. Daraus ergibt sich, dass bei der Entwicklung dieser Schadenstellen im Wesentlichen nur geringe Veränderungen festzustellen sind. So erhöht sich der Anteil im Bereich Sanitär/Heizung/Klima (SHK) über den Betrachtungszeitraum leicht um 2,5 Prozent, während der Anteil im Bereich Dach/Decken um rund 5 Prozent ansteigt. Die grundsätzlich steigende Tendenz der Schadenstelle im Bereich Dach/Decke ist bereits in den vorhergehenden Bauschadenberichten festgestellt worden und setzt sich damit (auf niedrigem Niveau) fort. Hier bleibt abzuwarten, ob dieser Trend auch in den kommenden Jahren zu beobachten sein wird.

Geringfügige Rückgänge sind bei der kombinierten Schadenstelle Fassade/Fenster und bei Elektroleitungen/-anlagen festzustellen; insgesamt gesehen ist der jeweilige Anteil an der Gesamtheit der festgestellten Schadenstellen relativ stabil. So sinkt der Anteil im Bereich Elektroleitungen/-anlagen über den Betrachtungszeitraum leicht um 1,5 Prozent, während der Anteil im Bereich Fassade/Fenster um rund 2 Prozent zurückgeht. Zwar ist auch hier anhand der vorliegenden Auswertung nicht absehbar, ob es sich dabei um einen andauernden Trend handelt. Unter Berücksichtigung der Daten aus den vorhergehenden Hochbauberichten ist aber festzustellen, dass der Anteil der Schadenstellen im Bereich Fassade/Fenster seit dem Jahr 2016 rückläufig ist.

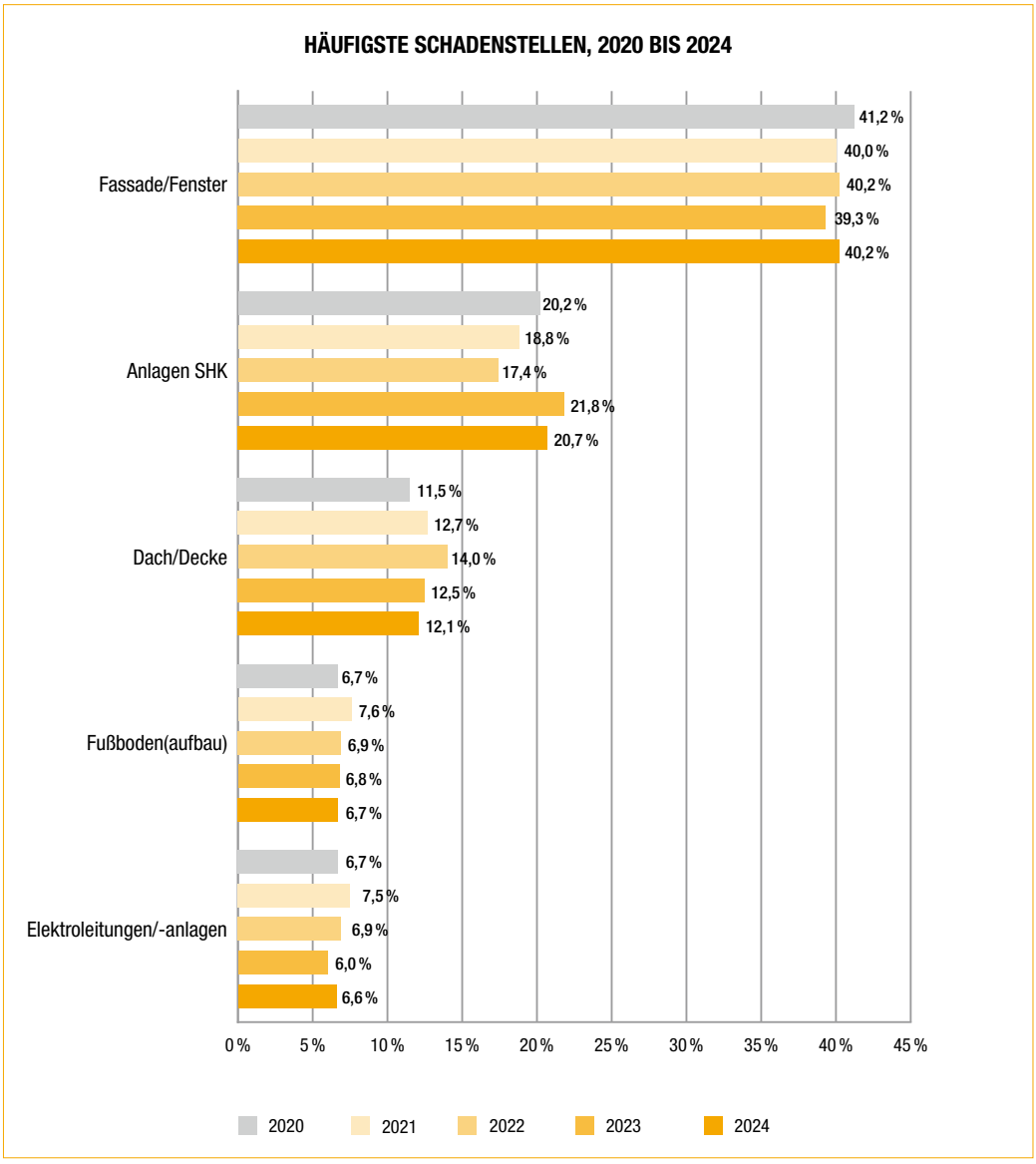


Abb. 22: Die häufigsten festgestellten Schadenstellen, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

In diesem Zusammenhang wurden bereits im ersten Hochbaubericht[12] sinkende Zahlen festgestellt. Da hier allerdings im Detail andere Suchkriterien verwendet worden sind, können die absoluten Zahlen nur eingeschränkt miteinander verglichen werden.

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

4.5 Entwicklung der Schwerpunktschäden – Ursachen und Zusammenhänge

Wie in den vorhergehenden Auswertungen herausgearbeitet wurde, haben wir es im Bereich der Hochbauschäden im Wesentlichen mit Schadenarten und Schadenursachen zu tun, deren Häufigkeit sich über den Betrachtungszeitraum (2020 bis 2024) nur geringfügig verändert hat. Der Vergleich mit den Ergebnissen der bisherigen Bauschadenberichte führt zu dem gleichen Resultat und kann insofern nicht (mehr) überraschen. Demnach stellen Schäden an der Baukonstruktion nach wie vor die weitaus häufigste Schadenart dar, gefolgt von Wasser- und Feuchteschäden. Bei den Schadenursachen überwiegen Ausführungs-/Montagefehler sowie Schnittstellenproblematiken und mangelhafte Kommunikation.

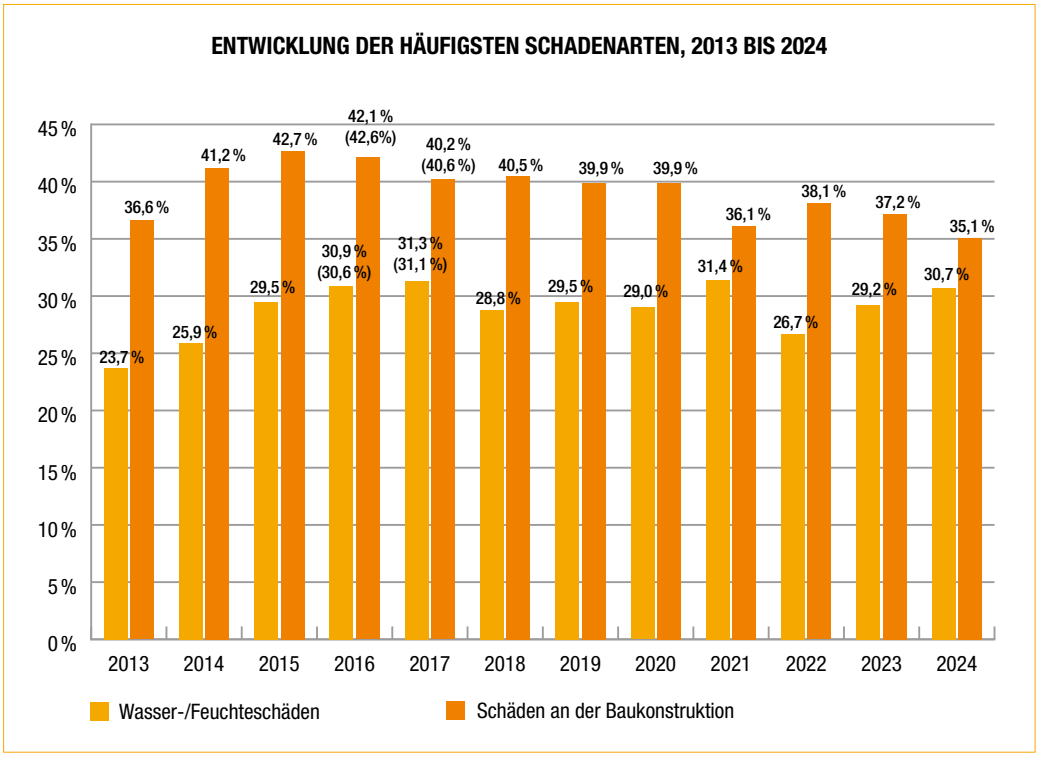


Abb. 23: Die Entwicklung der häufigsten Schadenarten, 2013 bis 2024[13] [Grafik: IFB, Daten: VHV]

13 Die minimalen Differenzen bei den Schadenzahlen der Jahre 2016 und 2017 beruhen auf einer Anpassung der Suchkriterien im Jahr 2022; inhaltlich gibt es keine Änderungen.

Mit den früheren Untersuchungen, in denen die entsprechenden Schadendaten aus den Jahren 2013 bis 2022 ausgewertet worden sind[14], stehen uns vergleichbare Zahlen als Erweiterung der aktuellen Daten (Kap. 4.2) zur Verfügung, die in der Grafik in Abb. 23 zusammengeführt werden. Hier zeigt sich, dass bei den Wasser- und Feuchteschäden tendenziell ein Anstieg der Zahlen zu verzeichnen ist, während der Anteil der Schäden an der Baukonstruktion über den gesamten Untersuchungszeitraum eine leicht rückläufige Tendenz aufweist.

Schwerpunktschäden: Bauphysikalische Zusammenhänge

Obwohl sich der Anteil der Schwerpunktschäden am Gesamtschadenaufkommen in den vergangenen 12 Jahren nicht signifikant verändert hat, gibt es doch einige Auffälligkeiten in Form von besonders hohen Schadenzahlen, die im Folgenden genauer analysiert werden sollen. Ausgangspunkt der Untersuchung ist die These, dass tiefgreifende Änderungen von Gesetzen und/oder Regelungen, die die Planung und Ausführung von Gebäuden betreffen, in der Schadenstatistik ablesbar sein müssten.

Schäden an der Baukonstruktion sowie Wasser- und Feuchteschäden zählen zu den häufigsten und gravierendsten Schäden im Hochbaubereich. Sie beeinträchtigen nicht nur die Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit von Bauwerken, sondern wirken sich auch negativ auf die Energieeffizienz und den Feuchteschutz aus. Im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung wurde zudem festgestellt, dass für Schäden an der Baukonstruktion der in Summe höchste Schadenbeseitigungsaufwand anfällt (vgl. auch Abb. 15 und Abb. 17) und die Schäden überwiegend durch Ausführungs-/Montagefehler sowie eine mangelhafte Ausführungsplanung verursacht werden. Davon sind vor allem Teile der Gebäudehülle betroffen, insbesondere Dächer, Fassaden und Fenster.

Das verstärkte Auftreten der betreffenden Bauschäden in bestimmten Jahren legt die Vermutung nahe, dass externe Einflussfaktoren eine Rolle spielen könnten. In diesem Zusammenhang wird untersucht, inwiefern gesetzliche Neuregelungen im entsprechenden Zeitfenster als möglicher Einflussfaktor in Betracht kommen. Hier liegt der Fokus auf dem Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung aus dem Jahr 2007, das der Reduzierung von Treibhausgasemissionen, der Steigerung der Energieeffizienz und dem Ausbau erneuerbarer Energien diente und dessen umfangreiche Maßnahmen auch den Gebäudebereich betrafen.

14 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2019/20. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020
VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2022
VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2023/24. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2024

In diesem Kontext wurde im Jahr 2009 die Energieeinsparverordnung[15] (EnEV) überarbeitet und die energetischen Anforderungen an Gebäude im Vergleich zum Stand von 2007 um rund 30 Prozent deutlich erhöht. Vor diesem Hintergrund wurde für Neubauten und umfangreiche Sanierungsmaßnahmen die Erarbeitung eines Lüftungskonzepts gemäß DIN 1946-6[16] verpflichtend. Mit dieser Maßnahme sollen der Mindestluftwechsel und damit der Feuchteschutz nutzerunabhängig sichergestellt werden. Die Novellierung der EnEV im Jahr 2013, die 2014 in Kraft trat (EnEV 2014), sah ab dem Jahr 2016 eine weitere Verschärfung der Anforderungen an die Energieeffizienz von Neubauten vor (sogenannte EnEV ab 2016). Eine Folge dieser Entwicklung war zum Beispiel der verstärkte Einsatz von besonders luftdichten und wärmedämmenden Fenstern mit Dreifachverglasung, die mit der Einführung der EnEV 2014 sukzessive zur Standardausführung wurden.

Im Jahr 2020 wurden die Regelungen der Energieeinsparverordnung, des Energieeinsparungsgesetzes[17] (EnEG) und des Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetzes[18] (EEWärmeG) in dem neuen Gebäudeenergiegesetz[19] (GEG) zusammengeführt, womit eine bundesweit einheitliche Gesetzesgrundlage für die Planung und Ausführung von Neubauten und Sanierungsmaßnahmen geschaffen werden sollte. Um die für den Gebäudesektor vereinbarten Klimaschutzziele einzuhalten, wurde das GEG ab 2022 stufenweise novelliert. Dabei wurden unter anderem die Effizienzanforderungen an Neubauten weiter erhöht und der Fokus stärker auf die Nutzung von Erneuerbaren Energien gelegt. Die Gesamtheit der Verschärfungen, vor allem die höheren Anforderungen an den Feuchte- und Wärmeschutz, führten dazu, dass Gebäude insgesamt luftdichter und energieeffizienter ausgeführt werden. Dies belegen auch die Ergebnisse der Sachverständigenleistungen des IFB in der Praxis.

Eine generelle Zunahme von Bauschäden infolge der mehrfachen Nachschärfungen lässt sich nach aktuellem Kenntnisstand nicht eindeutig nachweisen. Eine differenzierte Betrachtung deutet jedoch auf einzelne mögliche Zusammenhänge hin.

So wurden im Zuge der strengeren energetischen Anforderungen der EnEV und des GEG die Bauweisen komplexer und die Toleranz gegenüber Ausführungsfehlern geringer. Begünstigt durch (luft-)dichtere Gebäudehüllen und einen geringeren natürlichen Luftaustausch wurden die korrekte Planung und die Umsetzung des jeweiligen Lüftungskonzepts immer wichtiger, denn bei einer mangelhaften Planung und/oder Ausführung sind

15 Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)

16 DIN 1946-6 Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung

17 Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz – EnEG)

18 Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG)

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

Feuchte- und Schimmelpilzschäden die Folge. Dickere Dämmschichten, eine weitere Folge der verschärften energetischen Anforderungen an Gebäude, verändern das Temperatur- und Feuchteverhalten von Bauteilen. Schlecht geplante Bauteilanschlüsse können zu Wärmebrücken und in der Folge zu Tauwasserausfall und durchfeuchteten Bauteilen führen.

Mit Blick auf die Auswertung in Abb. 23 sind diese Prozesse gut nachvollziehbar, auch wenn die Datenbasis nicht bis in das Jahr 2009 zurückreicht. Deutlich zu erkennen ist der kontinuierlich ansteigende Anteil von Wasser- und Feuchteschäden bis zum Jahr 2017, danach gehen die Schäden merklich zurück. Hier dürften die Auswirkungen der tiefgreifenden Überarbeitungen der EnEV 2009 und EnEV 2014 langsam verklungen sein. Eine ähnliche Entwicklung ist dann noch einmal ab dem Jahr 2022 zu beobachten. Mit der Novellierung des GEG steigt auch der Anteil der Wasser- und Feuchteschäden wieder deutlich an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die verschärften Gesetze und Regelungen selbst nicht die Ursache für die steigende Anzahl an Bauschäden darstellen, sondern vielmehr Planungs- und Ausführungsfehler, eine mangelhafte oder fehlende Qualitätssicherung sowie falsches Nutzerverhalten. Dies lässt sich durch die Praxiserfahrungen des IFB im Rahmen der Sachverständigentätigkeit stützen.

Darüber hinaus wurden der Wegfall und die spätere Wiedereinführung der Meisterpflicht im Handwerk als weitere mögliche Erklärungsansätze für die auffälligen Schadenzahlen herangezogen.

Schwerpunktschäden: Qualifikation

Die Meisterpflicht ist im Jahr 2004 in vielen Handwerksberufen vor allem aus wirtschafts- und arbeitsmarktpolitischen Gründen gelockert bzw. teilweise abgeschafft worden. Zentrale Gründe der damaligen Bundesregierung hierfür waren vor allem die Förderung des Wettbewerbs. Der Wegfall der Meisterpflicht als Voraussetzung für die Selbstständigkeit sollte für mehr Konkurrenz und damit für niedrigere Preise sorgen. Da durch die Reform der Handwerksordnung auch Quereinsteigern die Selbstständigkeit ermöglicht wurde, bestand die Hoffnung, dass mehr Handwerksbetriebe gegründet und damit mehr Arbeitsplätze geschaffen werden würden.

Insgesamt waren 53 Gewerke von (zu dem Zeitpunkt) 94 zulassungspflichtigen Handwerken vom Wegfall der Meisterpflicht betroffen, darunter beispielsweise Estrichleger, Fliesen-, Platten- und Mosaikleger, Parkettleger, Fuger und Betonstein- und Terrazzohersteller. Kritiker der Abschaffung, wie beispielsweise der Zentralverband des Deutschen Handwerks, warnten vor möglichen Qualitätsverlusten im Handwerk und prognostizierten zudem mittelfristig sinkende Ausbildungszahlen sowie langfristig einen Fachkräftemangel.

Final lässt sich für den Wegfall der Meisterpflicht kein eindeutiger Zusammenhang mit einem generellen Anstieg der Bauschäden in den betroffenen Gewerken nachweisen. In einzelnen Bereichen traten jedoch vermehrt Qualitätsprobleme bei der Ausführung auf, etwa im Fliesen-, Platten- und Mosaiklegerhandwerk.[20] Anlass zur Besorgnis gab insbesondere die abnehmende Qualifikation der ausführenden Personen, zumal parallel die Zahl der Handwerksbetriebe zunahm.[21]

Im Jahr 2020 wurde für 12 Gewerke die Meisterpflicht wiedereingeführt, darunter für Estrichleger und Fliesen-, Platten- und Mosaikleger. Bisher existieren keine allgemein anerkannten Studien, die nachweisen, dass die Häufigkeit der Bauschäden nach der Wiedereinführung der Meisterpflicht grundsätzlich gesunken wäre. Mit einer differenzierteren Betrachtung lassen sich allerdings doch einige Zusammenhänge darstellen. Dafür wurden aus dem dieser Studie zugrunde liegenden Datenpool beispielhaft die Schadenzahlen der Gewerke Estrichleger und Fliesen-, Platten- und Mosaikleger herausgefiltert und der Verlauf grafisch dargestellt. So zeigt die Auswertung in Abb. 24 einen Rückgang der gemeldeten Schadenfälle ab dem Jahr 2020, der vor allem für das Gewerk der Fliesen-, Platten- und Mosaikleger besonders deutlich ausfällt.

20 Vgl. auch Institut für Bauforschung e.V.: Studie Auswertung von Sachverständigen-Gutachten zu Schadenfällen bei Fliesen-, Estrich- und Betonsteinarbeiten. Hannover: Selbstverlag, 2018

21 Vgl. auch Fachverband Fliesen und Naturstein im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes: Beantwortung der Fragen zur Konsultation zur Wiedereinführung der Meisterpflicht bei zulassungsfreien Gewerken des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Navigation/DE/Service/Stellungnahmen/Wiedereinfuehrung-Meisterpflicht/stellungnahmen-wiedereinfuehrung-meisterpflicht.html?gtp=%2526497c3bea-e224-47df-8477-327d58123026_list%253D2 [abgerufen am: 15.04.2026]

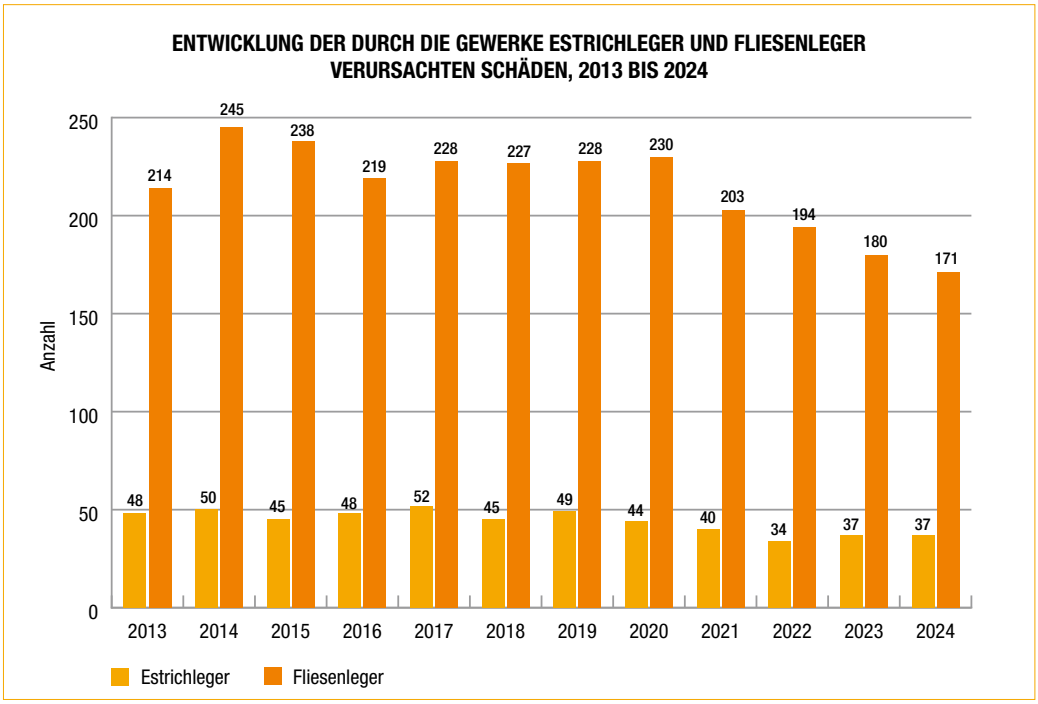


Abb. 24: Die Entwicklung der durch die Gewerke Estrichleger und Fliesenleger verursachten Schäden, 2013 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Zusammengefasst lässt sich anhand der vorliegenden Informationen ein grundsätzlicher Rückgang der gemeldeten Schadenfälle mit Wiedereinführung der Meisterpflicht im Handwerk durchaus präsumieren.

Schwerpunktschäden: Baukonjunkturelle Zusammenhänge

Bei der durch die COVID-19-Pandemie und den Ukrainekrieg stark belasteten Bauwirtschaft sind ein erheblicher Einbruch bei den Auftragseingängen und eine verringerte Bautätigkeit zu verzeichnen, was sich vor allem in den Jahren 2020 bis 2022 durch tendenziell sinkende Schadenzahlen andeutet.

Was sich darüber hinaus zeigt, ist eine sukzessive Veränderung bei der Art der (genehmigten) Baumaßnahmen.[22] Lagen die Genehmigungszahlen für Neubau- und Bestandsmaßnahmen bis zum Jahr 2021 noch ungefähr auf gleichem Niveau, so sank der Anteil der genehmigten Neubaumaßnahmen ab 2022 deutlich, während der Anteil der Baumaßnahmen im Bestand im Wesentlichen konstant blieb (Abb. 25).

22 Dies bezieht sich auf die Wohnungsbautätigkeit.

Genehmigungszahlen für Baumaßnahmen in Deutschland
Indexiert, Monatsdurchschnitt 2021 = 100

Quelle: Statistisches Bundesamt.

© DIW Berlin 2025

Für Bestandsgebäude wurden 2023 und 2024 wesentlich mehr Baugenehmigungen erteilt als für Neubauten.

Abb. 25: Genehmigungszahlen für Baumaßnahmen in Deutschland[23] [Quelle: DIW Berlin]

Baumaßnahmen bei Wohngebäuden in Deutschland

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	In jeweiligen Preisen in Milliarden Euro									Veränderung gegenüber Vorjahr in Prozent							
Neubauvolumen[1]	71,7	75,4	79,2	85,6	89,5	86,5	80,3	80,5	86,0	5,1	5,0	8,1	4,6	−3,3	−7,2	0,3	6,8
Bauleistung an bestehenden Gebäuden[2]	153,1	165,5	173,5	189,1	217,6	229,2	228,5	231,2	239,2	8,1	4,8	9,0	15,0	5,4	−0,3	1,2	3,5
Wohnungsbauvolumen insgesamt	224,8	240,9	252,7	274,7	307,1	315,8	308,8	311,7	325,2	7,2	4,9	8,7	11,8	2,8	−2,2	0,9	4,3
	Anteile in Prozent																
Neubauvolumen[1]	31,9	31,3	31,3	31,1	29,1	27,4	26,0	25,8	26,4								
Bauleistung an bestehenden Gebäuden[2]	68,1	68,7	68,7	68,9	70,9	72,6	74,0	74,2	73,6								
Wohnungsbauvolumen insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0								
	Index, 2015 = 100																
Preisentwicklung	110,3	115,2	117,3	127,3	145,7	155,0	159,5	162,8	166,0	4,5	1,8	8,5	14,4	6,4	2,9	2,1	1,9
	Real, Kettenindex 2015 = 100																
Neubauvolumen[1]	115,6	116,4	120,1	119,5	107,8	97,4	87,5	85,9	90,1	0,7	3,2	−0,5	−9,8	−9,7	−10,1	−1,8	4,9
Bauleistung an bestehenden Gebäuden[2]	105,9	109,8	113,1	113,6	114,3	113,2	109,5	108,5	110,2	3,6	3,0	0,5	0,6	−1,0	−3,2	−0,9	1,5
Wohnungsbauvolumen insgesamt	108,9	111,8	115,2	115,4	112,4	108,4	102,8	101,6	104,1	2,7	3,1	0,2	−2,6	−3,5	−5,1	−1,2	2,4

1 Geschätzt über veranschlagte Baukosten (Bautätigkeitsstatistik), ergänzt um Zuschläge für Architekturleistungen und Gebühren, Außenanlagen und Eigenleistungen der Investoren.
2 Gebäude- und Wohnungsmodernisierung (einschließlich Um- und Ausbaumaßnahmen) sowie Instandsetzungsleistungen des Baugewerbes.

Quellen: Statistisches Bundesamt; DIW Bauvolumenrechnung.

© DIW Berlin 2025

Abb. 26: Baumaßnahmen bei Wohngebäuden in Deutschland[24] [Quelle: DIW Berlin]

23 Danne, Christian; Gornig, Martin; Pagenhardt, Laura: Trendwende in der Bauwirtschaft in Sicht – politischer Handlungsdruck nimmt dennoch zu. DIW Wochenbericht (2025), Nr. 1 + 2, S. 12

24 Vgl. ebd., S. 10

Der Blick auf die Tabelle in Abb. 26 verdeutlicht das Ausmaß der Verschiebungen. Während die Bauleistungen für Neubauten ab dem Jahr 2022 ganz erheblich abnahmen, stiegen die Bauleistungen an bestehenden Gebäuden parallel deutlich an. Aufgrund der relativ hohen Energiepreise und der energetischen Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes an Bestandsgebäude ist davon auszugehen, dass es sich bei den Baumaßnahmen im Bestand vor allem um energetische Gebäudemodernisierungen handelte.

Wie im Rahmen dieser Bearbeitung festgestellt wurde, haben die durch ungenügende Schutzmaßnahmen sowie durch Schnittstellenproblematiken und mangelhafte Kommunikation verursachten Bauschäden im Betrachtungszeitraum (2020 bis 2024) kontinuierlich abgenommen (vgl. auch Abb. 20). Schutzmaßnahmen betreffen beispielsweise die Sicherung bzw. Nachbehandlung von (Frisch-)Beton und neu erstelltem Mauerwerk. Diese Arbeiten sind für Baumaßnahmen im Bestand bzw. energetische Sanierungsmaßnahmen eher untypisch. Wird zudem davon ausgegangen, dass ein Großteil der energetischen Sanierungsmaßnahmen Einzelmaßnahmen sind (zum Beispiel nachträgliche Dämmung der Fassade, Einbau moderner Fenster), so wird es eher selten zu Problemen in der Kommunikation und Koordination verschiedener Gewerke kommen.

Deutlich zugenommen haben dagegen die Ausführungs- und Montagefehler. Dies kann mit der zunehmenden Komplexität des Bauens und den steigenden Anforderungen an Gebäude durch höhere energetische Standards erklärt und zudem mit den Praxiserfahrungen des IFB unterlegt werden.

Zusammenfassend sind Zusammenhänge von verschärften energetischen Anforderungen an Gebäude und baukonjunkturellen Entwicklungen mit der Zunahme von Bauschäden zwar nicht im Detail anhand einzelner quantitativer Entwicklungen nachweisbar, wohl aber im Rahmen vergleichender Betrachtungen von Datenanalysen und Praxiserfahrungen.

4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit

Die Analyse zur Entwicklung der Schadenfälle in der Berufs- und Betriebshaftpflichtversicherung zeigt im betrachteten Zeitraum zwischen 2020 und 2024 einen Anstieg der Schadenzahlen. Im Durchschnitt wurden jährlich 9.642 Schäden gemeldet, mit lediglich geringen Schwankungen in den einzelnen Jahren. Insgesamt stiegen die Schadenzahlen fast linear um rund 4,5 Prozent an, unterbrochen nur durch einen leichten Rückgang im Jahr 2022. Die Auswertung der aktuell letzten Datenbasis des Jahres 2024 weist mit 9.904 Schadenmeldungen eine Schadenzahl aus, die nur geringfügig unter dem Durchschnitt der Schadenzahlen der Langzeit-Auswertung von 2013 bis 2024 liegt, und sich dabei in der Größenordnung der höheren Schadenzahlen der Vor-Corona-Zeit (2015 und 2018) bewegt. Der Trend der abnehmenden bzw. gleichbleibenden Schadenzahlen, wie er in den Analysen der vorherigen Bauschadenberichte nachgewiesen wurde, setzte sich nicht fort (vgl. Kap. 4.1).

Für die Schadenbeseitigungskosten (Aufwendungen) lässt sich aufgrund des kontinuierlichen Anstiegs ebenfalls eine – im Vergleich zu den vorherigen Untersuchungen unverändert – steigende Tendenz bestätigen. Über den gesamten Betrachtungszeitraum zwischen 2020 und 2024 ist ein stetiger Aufwärtstrend der Kosten zu beobachten. Während der Gesamtaufwand 2020 noch bei ca. 102 Millionen Euro lag, stieg er 2022 auf mehr als 118 Millionen Euro und erreichte 2024 einen Wert von weit über 136 Millionen Euro. Insgesamt ergibt sich hieraus ein Zuwachs von 34 Prozent. Die Aufwendungen haben sich somit innerhalb von 5 Jahren um ein Drittel erhöht.

Die durchschnittlich pro Schadenfall und Jahr anfallenden Kosten stiegen von 10.700 Euro auf rund 13.700 Euro. Diese Steigerung setzt den Trend vergangener Hochbauberichte nahtlos fort. Aus den Daten lässt sich ableiten, dass die Regulierung von Hochbauschäden offenbar immer höhere Kosten verursacht. Die Entwicklung der Baukosten (bedingt durch zum Beispiel Material-, Energie- und Lohnkosten sowie erhöhte Anforderungen an Gebäude), aber auch der Anstieg der Bearbeitungskosten der Schadenfälle (in eindeutiger Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Feststellung) spielen dabei eine relevante Rolle (vgl. Kap. 4.1).

Darüber hinaus lieferte die tiefergehende Schadenanalyse Erkenntnisse, die in ihren Grundzügen den langjährigen Erfahrungen bzw. vorab aufgestellten Erwartungen entsprachen. Für das Autorenteam stellte es insofern keine Überraschung dar, dass Schäden an der Baukonstruktion sowie Wasser- und Feuchteschäden das Gesamtschadengeschehen unverändert mit deutlichem Abstand dominieren. Rund 70 Prozent aller Schadenarten entfallen auf Schäden an der Baukonstruktion sowie Wasser- und Feuchteschäden inklusive Leitungswasserschäden. Den zweitgrößten Block bilden sonstige Schäden mit fast 21 Prozent. Die verbleibenden rund 10 Prozent teilen sich Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen, Schäden an technischen Anlagen sowie Brand- und Umweltschäden. Die detaillierte Analyse der zuordnungsfähigen Schadenkosten zeigt unterschiedlichste Entwicklungen und Verteilungen bei den anteiligen Regulierungskosten, Rückstellungen und Zahlungen und lässt auf der Grundlage dieser Datenanalysen die uneingeschränkte Bestätigung der allgemein vorherrschenden Annahme steigender Kosten für die Behebung von Bauschäden nicht zu (vgl. Kap. 4.2).

Die Auswertung der Schadenbilder, die erfahrungsgemäß lediglich etwa ein Drittel der Schäden eindeutig erfasst, zeigt, dass der Schadenschwerpunkt mit fast 90 Prozent unverändert bei den Feuchte- und Feuchtefolgeschäden liegt. Sichtbar sind sie zum Beispiel in oberflächlichen Verfärbungen des Untergrunds, Wasserrändern und -ablaufspuren über chemisch-physikalische Reaktionen wie Salzausblühungen bis hin zu massiven Materialschädigungen in Form von zum Beispiel Farb- und Putzablösungen oder beschädigten Holzbauteilen durch holzzerstörende Pilze. Mit lediglich einem Anteil von 7 Prozent folgt das Schadenbild der Rissbildungen, wozu zum Beispiel abgetreppte Risse im Mauerwerk, Diagonalrisse an Fensterecken und netzartige Risse auf der Oberfläche von Estrich- oder Putzschichten zählen. Im Analysebereich der Schadenbilder lassen sich im Vergleich zu den vorangegangenen Analysen keine signifikanten Veränderungen oder Trendwenden feststellen.

Die ursachenbezogene Schadenanalyse macht deutlich, dass rund 90 Prozent aller Schadenfälle auf fünf Hauptursachen zurückzuführen sind. Den größten Anteil nehmen Ausführungs- und Montagefehler (33 Prozent) sowie Schnittstellen- und Kommunikationsprobleme (28 Prozent) ein. Letztere äußern sich vor allem in mangelnden Abstimmungen oder unklaren Leistungsabgrenzungen zwischen Gewerken. Mit jeweils 11 Prozent folgen Defizite bei Schutzmaßnahmen (zum Beispiel beim Schutz von Abdichtungen und Wärmedämmschichten) sowie Fehler in der Ausführungsplanung und mit 6 Prozent Versäumnisse bei der Bauüberwachung.

Mit lediglich 0,1 Prozent sind Produktmängel als isolierte Schadenursache vernachlässigbar. Die eingesetzten Bauprodukte/Materialien besitzen grundsätzliche eine hohe Qualität. Die Auswertungen zeigen, dass Schäden in diesem Bereich primär durch fehlerhaften Einbau (Montage) oder falschen Einsatz entstehen.

Fokussiert man die Veränderungen der Ursachen im Betrachtungszeitraum, werden positive und negative Tendenzen sichtbar: Der Anteil der Schadenfälle aufgrund unzureichender Bauüberwachung, mangelhafter Schutzmaßnahmen und Schnittstellenproblematik/Kommunikation hat sich zum Teil erheblich verringert. Schadenfälle durch mangelhafte Ausführungsplanung und Ausführungs-/Montagefehler weisen einen leichten Anstieg der Häufigkeit um 12,5 Prozent (Ausführungsplanung) bzw. um 11 Prozent (Ausführungs-/Montagefehler) auf (vgl. Kap. 4.3).

Die Analyse der in den Schadenfällen betroffenen Bauteile (Schadenstellen) zeigt, dass sich rund 86 Prozent der zuordnungsfähigen Schäden auf fünf (Haupt-)Bauteile bzw. Bauteilgruppen konzentrieren. Bei der Entwicklung dieser Schadenstellen sind nur geringe Veränderungen gegenüber den vorangegangenen Analysen festzustellen. Den größten Schwerpunkt bilden unverändert Schäden an Fassaden und Fensterelementen (40 Prozent), gefolgt von Schäden an SHK-Anlagen (20 Prozent) sowie Schäden an Dächern und Decken (13 Prozent). Schäden an Fußböden und Elektroanlagen machen jeweils 7 Prozent aus. Seltenere Schadenstellen betreffen Kommunikations- sowie Wasserleitungen. Etwa ein Drittel der ausgewerteten Schäden – darunter Rissbildungen, Feuchte-, Brand- oder Schimmelpilzschäden – fehlen jedoch in dieser Statistik, da sie keiner alleinigen/spezifischen Schadenstelle zugeordnet werden können (vgl. Kap. 4.4).

In diesem Zusammenhang können die relevanten Analyseergebnisse folgendermaßen zusammengefasst werden: Schäden an der Baukonstruktion sind tendenziell rückläufig, aber unverändert die häufigste Schadenart; Wasser- und Feuchteschäden zeigen tendenziell ansteigende Schadenzahlen; die Hauptschadenursachen liegen bei Ausführungs-/Montagefehlern, Schnittstellenproblematiken und Schäden durch mangelhafte Kommunikation. Vor diesem Hintergrund wurde im aktuellen Bauschadenbericht untersucht, welche Ursachen und Zusammenhänge möglicherweise einen Einfluss auf die Entwicklung der Schwerpunktschäden haben könnten. Insbesondere die Einordnung der Analyseergebnisse in die (Sachverständigen-)Praxis der Autoren erfordert immer wieder eine fokussierte Betrachtung bestimmter Zusammenhänge.

Dazu gehören Betrachtungen bauphysikalischer Zusammenhänge im Kontext mit der These, dass grundsätzliche Änderungen von Gesetzen und/oder Regelungen, die die Planung und Ausführung von Gebäuden betreffen, in der Schadenstatistik ablesbar sein müssten.

Betrachtet wurden hierbei unter anderem Fakten, die auf den Ergebnissen der Schadenanalysen aufbauen: Baukonstruktions-, Wasser- und Feuchteschäden stellen die häufigsten und schwerwiegendsten Schäden im Hochbau dar, die die Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Energieeffizienz der Gebäudehülle – insbesondere von Dächern, Fassaden und Fenstern – massiv gefährden. Diese Schadenbilder verursachen den statistisch höchsten finanziellen Beseitigungsaufwand und resultieren in der Praxis meist aus Planungs-, Ausführungs- oder Montagefehlern. Da zudem jahresspezifische Häufungen bei den Schadenzahlen auffallen, lag der Verdacht externer Einflussfaktoren nahe, weshalb explizit untersucht wurde, inwiefern gesetzliche Neuregelungen im betrachteten Zeitfenster eine kausale Rolle bei der Schadenentstehung gespielt haben könnten.

Weiterhin wurde der Zusammenhang zur Qualifikation in der Bauausführung am Beispiel des Wegfalls und der späteren Wiedereinführung der Meisterpflicht im Handwerk als weiterer möglicher Erklärungsansatz für auffällige Schadenzahlen untersucht, darüber hinaus baukonjunkturelle Zusammenhänge, die insbesondere mögliche Folgen der veränderten Leistungsanteile im Neubaubereich und im Gebäudebestand fokussiert.

Quantitative Nachweise, die eine generelle Zunahme von Bauschäden infolge von Neuregelungen und möglicher komplexerer Anforderungen wegen fehlender Qualifikationen oder der Verschiebung von Leistungsbereichen zweifelsfrei belegen, lassen sich anhand der Datenlage allein aktuell nicht eindeutig erbringen. Die jeweils differenzierten Betrachtungen und vergleichenden Praxiserfahrungen weisen jedoch auf mögliche Zusammenhänge hin (vgl. Kap. 4.5). Diese sind aus Sicht der Autoren im Rahmen präventiver Maßnahmen in jedem Fall zu berücksichtigen.

Zusammengefasst lassen sich die identifizierten Schwerpunktschäden auf einige wenige grundlegende Ursachen zurückführen. Maßgeblich hierfür sind insbesondere der kontinuierlich steigende Zeit- und Kostendruck, der Mangel an Fachkräften sowie die gleichzeitig zunehmenden technischen Anforderungen an Gebäude. Zusätzlich wird die Situation durch eine zunehmend erschwerte Kommunikation zwischen den Baubeteiligten verschärft (vgl. Kap. 4.5). In ihrer Gesamtheit führen diese Umstände zu einem wahrgenommenen Qualitätsverlust bei Bauausführungen, der sich auch anhand konkreter Kennzahlen belegen lässt. Auf Grundlage der aktuellen Studie zeigt sich bei einer Datenbasis von rund 48.000 Schadenfällen innerhalb von 5 aufeinanderfolgenden Kalenderjahren und einer weitgehend konstanten Anzahl an Versicherungsverträgen ein Gesamtschadenaufwand von etwa 586 Millionen Euro (vgl. Kap. 4.1).

Fazit

Von analogen Qualitätsstandards über digitale Prozesse zur ganzheitlichen Schadenprävention im Bauwesen

Die Vermeidung von Bauschäden und die damit verbundene Reduzierung der Schadenbeseitigungskosten erfordern eine lückenlose Qualitätskette über den gesamten Planungs- und Bauprozess. Bereits in der Planungsphase wird das Fundament für den Projekterfolg gelegt. In der anschließenden Ausführungsphase liegt die Verantwortung bei qualifizierten Fachkräften vor Ort. Auf dieser Grundlage lassen sich die klassischen, analogen Maßnahmen der Schadenprävention wie folgt darstellen:

- sachkundige Vorbereitung sowie die gewissenhafte Umsetzung durch qualifiziertes Personal,
- transparente Kommunikations- und Koordinationskultur, die durch regelmäßige Baubesprechungen unter Einbindung von Planern, Auftraggebern und Bauleitung gelebt wird,
- das Schärfen des Bewusstseins für eigene Verantwortlichkeiten und logistische Zusammenhänge,
- eine unabhängige, externe Qualitätssicherung durch spezialisierte (Ingenieur-)Büros, die die reguläre Bauüberwachung ergänzt und Mängel frühzeitig aufdeckt.

Um der Entwicklung steigender Schadenkosten nachhaltig entgegenzuwirken, ist jedoch ein grundsätzliches Umdenken erforderlich. Daraus resultieren die folgenden Kernforderungen für eine höhere Bauqualität in Deutschland:

- Intensivierung der Fachkräftequalifikation,
- kontinuierlicher Kompetenzerwerb sowie
- eine signifikante Verbesserung des Kommunikationsverhaltens.

Einen substanziellen Beitrag zu dieser Transformation leistet die Digitalisierung der Baubranche. Sie dient als moderner Hebel der Schadenprävention, indem sie Produktivität, Transparenz und Zusammenarbeit entlang des gesamten Bauprozesses verbessert. Diese Transformationswirkung zeigt sich insbesondere in der praktischen Anwendung digitaler Technologien in verschiedenen Phasen der Projektabwicklung:

- **BIM-basierte Planung und Kollisionsmanagement:** Durch den plattformunabhängigen Zugriff auf Projektdaten in Echtzeit wird das Arbeiten mit veralteten Plänen vermieden. Planungskonflikte zwischen verschiedenen Gewerken werden dadurch bereits vor Baubeginn identifiziert und nicht erst während der Ausführung sichtbar.
- **Echtzeit-Reporting und Software:** Informationsdefizite an den Schnittstellen werden durch permanent aktualisierte Datenströme minimiert.
- **Automatisierung und Sensorik:** Der Einsatz von Drohnen für präzise Inspektions- und Vermessungsarbeiten, Robotik zur Effizienzsteigerung sowie Künstliche Intelligenz (KI) zur Optimierung des Arbeitsschutzes bilden technologische Bausteine, die Fehlerquellen menschlichen Ursprungs systematisch reduzieren.

Zusammenfassend kann das Schadenrisiko nur durch das Zusammenspiel einer höheren fachlichen Qualifikation der Baubeteiligten, durch optimierte analoge Prozesse und durch den konsequenten Einsatz digitaler Werkzeuge nachhaltig reduziert werden.

5 SCHADENBEISPIELE

5.1 FALLBEISPIEL

BRANDSCHADEN AN MODULEN EINER AUFDACH-PV-ANLAGE AUFGRUND VON INSTALLATIONSMÄNGELN

Was ist passiert?

Die südöstlich ausgerichtete Dachfläche eines Wohngebäude-Steildachs wurde nachträglich mit einer Photovoltaik-Anlage (Photovoltaik wird im Folgenden PV genannt) ausgestattet. Die Anlage mit einer Leistung von rund 11 kWp wurde dachparallel, also direkt über der Dachhaut mit demselben Neigungswinkel wie das Dach selbst, montiert. An einem sonnen- und stromertragreichen Sommertag kam es zu einem massiven und anhaltenden Leistungsabfall (sogenannte Degradation) beim Stromertrag der Anlage.

SCHADENQUELLE

Wie kam es dazu?

Vom Suchen und Finden der Ursache

Die Sichtkontrolle an der PV-Anlage durch den beauftragten Gutachter mittels Drohnenüberflug ergab optische Schäden an mehreren aneinandergrenzenden PV-Modulen (Abb. 01 und Abb. 02). Diese traten in Form von Rissen im Glas der Solarmodule sowie Verfärbungen und vereinzelten Brandflecken zutage. Zudem wies die Verkabelung der PV-Anlage partiell Anzeichen eines Brandes auf.

Im Rahmen der Begutachtung des Schadens wurde festgestellt, dass für die Verkabelung der Anlage keine UV-beständigen Solarkabel gemäß DIN EN 50618[1], sondern Standardkabel verwendet wurden. Solarkabel sind gleichstromtauglich und für die dauerhafte Verwendung im Außenbereich unter wechselnden Klimabeanspruchungen (Kälte, Hitze, Wasser und UV-Bestrahlung) geeignet.

Abb. 01: Durch starke Hitzeeinwirkung beschädigtes PV-Modul

Überdies wurden die Kabel partiell nicht fachgerecht fixiert, sodass es aufgrund von direkter UV-Strahlung in Kombination mit mechanischer Reibung aufgrund von Windereignissen zur Beschädigung der Kabel kam. Die Isolierung wurde porös und partiell abgerieben, zudem kam es zu Kabelbrüchen an einzelnen Knickstellen. An Fehlstellen im Kabel (beispielsweise an Bruchstellen), an denen der Stromfluss unterbrochen wurde, kam es offensichtlich zur Lichtbogenbildung. Der Stromfluss »sprang« dabei über die Trennstelle im Kabel hinweg und erzeugte einen Lichtbogen. Durch die dabei entstandenen hohen Temperaturen wurden die tangierenden PV-Module beschädigt. Da der Gleichstrom (Direct Current, kurz DC) einer PV-Anlage keinen Nulldurchgang[2] hat, reißt der Lichtbogen nicht ab, solange die Sonne Strom erzeugt.

1 DIN EN 50618 Kabel und Leitungen – Leitungen für Photovoltaik Systeme

2 Wechselstrom (Alternating Current, kurz AC) im Heimnetzbetrieb durchläuft 100-mal pro Sekunde den Wert Null. Bei Gleichstrom (DC) geschieht das nicht, er fließt kontinuierlich. Das Fehlen des Nulldurchgangs bei PV-Anlagen gilt als zentrales Sicherheitsmerkmal zwischen Solarmodulen und Wechselrichter (im Gleichstrom-Bereich).

Abb. 02: Wie Abb. 01

Ergänzend war der Wechselrichter im vorliegenden Fall nicht mit einer Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (Arc Fault Detection Devices, kurz AFDD) ausgestattet. Diese Geräte analysieren den Strom- und Spannungsverlauf mittels digitaler Signalverarbeitung und unterbrechen den Stromkreis bei Signaturen, die typisch für Schwellichtbögen sind. Damit werden Überhitzungen und infolgedessen Brände verhindert. Das Fehlen eines solchen Gerätes führte dazu, dass der Wechselrichter trotz der Beschädigungen an der Verkabelung nicht abschaltete. Der Lichtbogen wurde weiter mit Energie versorgt. So wurde das Schadenpotenzial zusätzlich erhöht, denn sobald die Anlage sonnenbedingt Strom produzierte, wiederholte sich der Prozess, sodass sich der Schaden täglich vergrößerte.

Da das Dach mit einer harten Bedachung aus Betondachsteinen gedeckt war, konnte trotz der Hitzeentwicklung durch den Lichtbogen ein Dachstuhlbrand vermieden werden. Allerdings zeigten sich an einigen Dachsteinen ebenfalls Brandspuren, Abplatzungen und Risse aufgrund der Hitzeentwicklung.

SCHADENBEHEBUNG

Der Weg zur geeigneten Sanierung

Was wurde unternommen?

Der erste Schritt nach Feststellung des Schadens war die sofortige Stilllegung der PV-Anlage. Dafür wurde die Anlage umgehend vom Stromnetz getrennt und gesichert, um ein Entstehen weiterer Lichtbögen zu verhindern. Anschließend konnte der bereits entstandene Schaden repariert werden.

Dafür wurden die betroffenen/beschädigten Komponenten ausgetauscht. Dazu zählten im vorliegenden Fall die beschädigten Kabel und die beschädigten Module, der Wechselrichter sowie ein beschädigter Stecker. Diese Komponenten wurden komplett ersetzt.

Es ist grundsätzlich sicherzustellen, dass alle neu eingebauten Komponenten, die Installationsarbeiten und am Ende die gesamte PV-Anlage den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Mögliche Abweichungen, Fehler und Mängel sind im Rahmen der Reparaturarbeiten zu beheben.

Nach Abschluss der Reparaturarbeiten wurde eine umfassende Isolationsmessung nach DIN VDE 0100-712[3] durchgeführt, um sicherzustellen, dass keine weiteren Defekte an der Anlage vorhanden sind. Erst danach konnte die Anlage wieder in Betrieb genommen werden.

Insgesamt ist zu beachten, dass PV-Anlagen auch bei Trennung vom Stromnetz aufgrund von Sonneneinstrahlung unter hoher Gleichstrom-Spannung stehen können. Aus diesem Grund dürfen Reparaturen ausschließlich von qualifizierten Elektrofachkräften vorgenommen werden.

SCHADENREGULIERUNG

Klärung der Verantwortlichkeiten

Wer ist wofür verantwortlich?

Die Regulierung eines Schadens durch Lichtbogenbildung an einer PV-Anlage ist davon abhängig, wer den Fehler verursacht hat und welcher Versicherungsschutz zum Zeitpunkt des Schadenereignisses bestand. Für Schäden durch höhere Gewalt kann der Betreiber die Anlage selbst versichern.

Möglicher Versicherungsschutz für Betreiber von PV-Anlagen:

- PV-Versicherung: Diese Versicherung geht oft, je nach Police, über den Brandschutz hinaus. Häufig werden auch innere Betriebsschäden (wie Lichtbögen ohne Feuerfolge), Ertragsausfall und technische Defekte an Komponenten wie dem Wechselrichter von einer solchen Versicherung mit abgedeckt.
- Wohngebäudeversicherung: Wenn die PV-Anlage dem Versicherer als fester Gebäudebestandteil gemeldet ist, übernimmt die Wohngebäudeversicherung in der Regel Schäden am Haus durch Feuer. Allerdings muss die Anlage dafür ausdrücklich in der Police aufgeführt sein, da sie oft nicht automatisch mitversichert ist.

3 DIN VDE 0100-712 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

- Betreiberhaftpflichtversicherung: Diese greift, wenn der Lichtbogen einen Brand verursacht, der auf Nachbargebäude oder Dritte übergreift.

Für Schäden, die aufgrund von Planungs- oder Montagefehler entstehen, haftet in der Regel die Betriebshaftpflichtversicherung des installierenden Fachbetriebs. Dies war hier der Fall.

Die Schadenregulierung erfolgte durch die Betriebshaftpflichtversicherung des Installateurs (Solarteur).

SCHADENVERMEIDUNG

Sinnvolle Lösungsansätze

Wie geht es richtig? ⚠

PV-Anlagen als Teil der Energiepolitik decken einen nicht unwesentlichen Anteil an der Stromproduktion durch Solarenergie – mit steigender Tendenz. Die Technik gilt als ausgereift, sicher und etabliert. Die Brandgefahr wird laut dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), absolut betrachtet, als gering eingeschätzt, wobei im Brandfall das Schadenpotenzial durch Lichtbögen oft hoch ist. Diese sind wiederum häufig auf Installationsfehler zurückzuführen.

Die häufigsten Installationsschäden lassen sich durch eine fachgerechte, den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechende Planung und Montage der PV-Anlage vermeiden. Dazu zählt die Verwendung von kompatiblen, genormten und der jeweiligen Anwendung entsprechenden Komponenten, wie Kabel und Steckverbindungen (Verwendung gemäß DIN EN 62852[4]).

Kabel sind fachgerecht einzubauen und, um Scheuerstellen zu vermeiden, mit UV-beständigen Kabelbindern zu fixieren. Kabelkanäle bilden einen zusätzlichen Schutz vor Feuchtigkeit und UV-Strahlung.

Trotz sorgfältiger Planung und Ausführung sind Schäden nie ganz auszuschließen. Um in einem solchen Fall Folgeschäden zu vermeiden, empfiehlt es sich, bestimmte Sicherheitseinrichtungen zu installieren bzw. die vorhandenen Schutzvorrichtungen entsprechend zu nutzen:

4 DIN EN 62852 Steckverbinder für Gleichspannungsanwendungen in Photovoltaik-Systemen – Sicherheitsanforderungen und Prüfungen

- Die Installation einer Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD) am Wechselrichter dient dazu, die Anlage vor möglichen Bränden durch Lichtbögen aufgrund von Installationsschäden zu schützen. Wird das charakteristische Muster eines Lichtbogens durch die Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung identifiziert, wird am Wechselrichter der Einspeisebetrieb unterbrochen, sodass die Energiezufuhr gestoppt wird.
- Am Wechselrichter ist zudem ein sogenannter DC-Trennschalter zur manuellen Unterbrechung des Stromkreises installiert. Vor Wartungsarbeiten am Wechselrichter ist der DC-Trennschalter auszuschalten, um den Stromfluss zu unterbrechen. DC-Trennschalter verhindern die Entstehung von Lichtbögen, wenn Gleichstromleitungen unter Last getrennt werden.

Außerdem ist zu empfehlen, Reparaturarbeiten oder Umbaumaßnahmen an PV-Anlagen ausschließlich nach Abschalten des DC-Trennschalters oder bei Dunkelheit durchzuführen, da dann keine Spannung auf den Modulen liegt.

Und auch für PV-Anlagen gilt: Regelmäßige Wartung und Überprüfung kann dazu beitragen, Mängel und Fehler frühzeitig zu erkennen, sodass Schäden an der Anlage vermieden werden können.

5.2 FALLBEISPIEL

FEUCHTE UND SCHIMMELPILZ NACH ANBRINGEN EINER INNENDÄMMUNG

Was ist passiert?

In einer bestehenden Wohnung wurde eine Innendämmung an den Innenflächen der Außenwände eingebaut, wobei die Dämmmaßnahmen nur die Wandflächen und nicht die Fensterlaibungen umfassten. Nach mehreren Monaten kam es auf den neu gedämmten Innenwandflächen zu Durchfeuchtungen und Schimmelpilzbewuchs.

SCHADENQUELLE

Wie kam es dazu?

Vom Suchen und Finden der Ursache

In einem Mehrfamilienhaus aus den 1960er-Jahren wurde eine 4-Raum-Wohnung verkauft. Bis auf neue, doppeltverglaste Fenster (zum Zeitpunkt ca. 10 Jahre alt) wurde das Gebäude bislang nicht energetisch ertüchtigt. Gemäß dem vorliegenden Beschluss der Wohnungseigentümergemeinschaft war dies kurz- und mittelfristig für das Gebäude auch nicht geplant. Aufgrund dessen entschieden sich die neuen Eigentümer vor Einzug im Rahmen der Renovierungsarbeiten, eine Innenwanddämmung an den Innenflächen der Außenwände anzubringen. Diese Arbeiten ebenso wie die Malerarbeiten erfolgten in Eigenleistung durch die Eigentümer. Es wurde eine XPS-Dämmung 035 in einer Schichtdicke von 4 Zentimetern flächig auf die Innenflächen der Außenwände aufgeklebt und verputzt. Die Flächen wurden anschließend tapeziert und mit einer im Baumarkt erhältlichen Dispersionsfarbe angestrichen.

Nach dem ersten Winter zeigten sich insbesondere an den Fensterlaibungen und an den Deckenanschlüssen Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall (Abb. 01 bis Abb. 03). Diesem konnte nach Aussage der Bewohner auch durch regelmäßiges Heizen und Lüften nicht entgegengewirkt werden. Der Schimmelpilzbefall wurde in regelmäßigen Abständen mit Alkohol beseitigt, trat aber nach kurzer Zeit immer wieder in Erscheinung.

Abb. 01: Schimmelpilzbefall im Bereich der Fensterlaibungen

Abb. 02: Wie Abb. 01

Mit der Begutachtung wurde ein Bausachverständiger für Schäden an Gebäuden beauftragt. Auf Grundlage der vorliegenden Unterlagen, Pläne, der Baubeschreibung zum Gebäude sowie der detaillierten Fotodokumentation, die die Eigentümer von den eigenen (Wärmedämm-)Arbeiten erstellt hatten, wurden die Schadenursachen wie folgt bewertet:

Der Einbau der Innendämmung hat die bauphysikalischen Eigenschaften der Außenwand verändert. Der U-Wert der Wand wurde durch die Innendämmung von 1,24 W/(m²K) auf 0,51 W (m²K) verbessert. Allerdings wurden die Fensterlaibungen im Innenbereich nicht energetisch ertüchtigt. Diese blieben »kalt«, sodass sich hier die Temperaturdifferenz zwischen der kalten Fensterlaibung und der Oberfläche der Außenwand erheblich erhöht hat. Die Einbauebene der Fenster blieb technisch unverändert. Durch die Innendämmung hat sich die Einbauebene der Fenster jedoch bauphysikalisch verändert, da die Dämmebene durch die Innendämmung nach innen verlegt wurde und die Laibungen »kalt« geblieben sind. Hierdurch sind an den Übergängen der Fensterrahmen zu den Laibungen Wärmebrücken entstanden, an denen insbesondere bei kälteren Außentemperaturen im Winter feuchte Luft kondensiert. Verstärkt wurde der Effekt zusätzlich durch die neuen luftdicht eingebauten Fenster. Kann die Feuchte nicht austrocknen und werden die Bereiche der Wand immer feuchter, kann dies langfristig als idealer Nährboden für Schimmelpilzbefall dienen. Wenn die Feuchtigkeit auch im Sommer nicht komplett austrocknen kann, potenziert sich der Effekt im Winter.

Das Gebäude hat bauphysikalisch in der alten Struktur funktioniert. Die Außenwände hatten aufgrund ihrer Bauart und der verwendeten Baumaterialien einen U-Wert von rund 1,24 W/(m²K). Der U_W-Wert der alten Fenster lag mit rund 2,7 W/(m²K) weit darunter. Zusätzlich war bei Errichtung des Gebäudes der luftdichte Fenstereinbau nicht üblich, sodass die Fugen für einen zusätzlichen (unplanmäßigen) Luftaustausch gesorgt haben. So war gewährleistet, dass die Fenster das schlechteste Bauteil in der Konstruktion darstellten. Entstehendes Tauwasser kondensierte am schlechtesten Bauteil, den Fenstern, und konnte (auch) aufgrund der Undichtheiten abtrocknen. Die Außenwände blieben dadurch schadenfrei. Energetisch war dies allerdings nicht effizient, der Heizkostenbedarf entsprechend hoch. Die später neu eingebauten doppeltverglasten Fenster stellten mit einem U_W-Wert von 1,3 W/(m²K) immer noch das schlechteste Bauteil in der Wandkonstruktion dar. Der Effekt blieb derselbe, obwohl die Fenster viel dichter eingebaut wurden. Bei regelmäßigem Heizen und Lüften war eine dauerhafte Schadenfreiheit der Konstruktion gewährleistet. Mit der Innendämmung wurde allerdings der bauphysikalische Zustand der Wand insoweit verändert, dass eine dauerhafte Schadenfreiheit nicht mehr gewährleistet war.

Abb. 03: Schimmelpilzbefall im Anschlussbereich Außenwand-Decke

Das Schadenbild des Schimmelpilzbefalls, insbesondere in den Anschlussbereichen zur Decke und zur Innenwand, lässt zudem vermuten, dass die Innenwanddämmung nicht fachgerecht (vollflächig) auf die Wand aufgebracht wurde. Eine (partielle) Hinterlüftung der Wärmedämmung kann zur Tauwasserbildung an den kalten Flächen hinter der Dämmung führen. In der Folge kann dies zur Durchfeuchtung und zu Schimmelpilzbefall führen, der sich in den Anschlussbereichen zeigt und auch auf den Flächen hinter der Dämmung vorhanden sein kann.

Zusätzlich ist die Wirkung einbindender und anschließender Bauteile als Wärmebrücke im Anschlussbereich der Außenwand zur Decke relevant. Bleiben die in die Außenwand einbindenden Bauteile ungedämmt, spielen aufgrund des verbesserten U-Werts der Wand in den Anschlussbereichen die Temperaturunterschiede eine zunehmende Rolle. Das in diesen Bereichen kondensierende Tauwasser bildet die Basis von Feuchte und Schimmelpilzbefall.

SCHADENBEHEBUNG

Der Weg zur geeigneten Sanierung

Was wurde unternommen?

Im ersten Schritt ist zu evaluieren, ob auch der Bereich hinter der Wärmedämmung betroffen ist. Falls die Wärmedämmung nicht fachgerecht (vollflächig) auf eine glatte Oberfläche aufgebracht wurde, kann dies dazu führen, dass die Dämmung durch warme, feuchte Luft hinterströmt wird. Kondensiert diese dann auf den kalten Außenwandflächen hinter der Dämmung aus, kann das zu Tauwasserbildung, Durchfeuchtung der Wandflächen bis hin zu Schimmelpilzbefall führen.

Ob dies hier der Fall ist und welche Wände betroffen sind, lässt sich nur durch eine Bauteilöffnung sicher feststellen, die hier bislang noch nicht erfolgte. In drei der vier Räume der betroffenen Wohnung wurde die Außenwand mit einer Innendämmung energetisch ertüchtigt und an allen gedämmten Wandflächen zeigen sich ähnliche Schadenbilder. Insofern werden alle energetisch ertüchtigten Wände dahingehend untersucht. Die Maßnahmen zur Schadenbehebung sind der bei der Bauteilöffnung vorgefundenen Situation entsprechend zu planen und umzusetzen.

Mögliche Situation 1: Nur die Laibungen sind betroffen

Wenn sich im Rahmen der Bauteilöffnung herausstellt, dass die Innendämmung fachgerecht auf der Wandfläche aufgebracht und befestigt wurde, sind ausschließlich die Wärmebrücken an den Fensterlaibungen zu beseitigen.

Hierfür ist der Untergrund gründlich zu reinigen und vom Schimmelpilz zu befreien. Befallene Tapeten und Putz sind zu entfernen. Anschließend ist der Untergrund einer gründlichen Trocknung zu unterziehen. Vor dem Aufbringen der Wärmedämmung muss die Laibung vollständig ausgetrocknet sein. Zur Untergrundvorbereitung wird anschließend ein Haftgrund aufgetragen. Danach können die Laibungsdämmplatten (zum Beispiel Kalziumsilikat) eingebaut werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Wärmedämmung fachgerecht und ohne Hinterlüftung auf die Oberfläche aufgebracht wird und luftdicht an den Fensterrahmen anschließt. Auch nach dieser Maßnahme bleiben regelmäßiges Heizen und Lüften für die dauerhafte Schadenfreiheit essenziell.

Mögliche Situation 2: Zusätzlich ist auch das Anbringen der Innendämmung mangelhaft

Stellt sich im Rahmen der Bauteilöffnung heraus, dass die Innendämmung nicht fachgerecht eingebaut wurde, so ist diese vollständig zu entfernen. Dafür sind die Dämmplatten und die Tapete komplett zu entfernen. Anschließend ist der Schimmel von den verputzten Wandflächen zu entfernen. Danach muss die Wand komplett austrocknen, gegebenenfalls mithilfe von Bautrocknungsgeräten. Erst nach vollständiger Trocknung kann mit den Arbeiten fortgefahren werden.

Für die Innendämmung von Wandflächen, für die die energetische Ertüchtigung auf den Außenwandflächen schwierig ist, finden heute primär diffusionsoffene kapillaraktive Systeme Anwendung. Hierfür geeignet sind beispielsweise Kalziumsilikatplatten. Diese mineralischen Platten eignen sich auch für Feuchträume oder für Räume mit Feuchteproblemen. Allerdings ist bei der Ausführung der Dämmarbeiten einiges zu beachten, wie zum Beispiel:

- Vollflächige Verklebung: Die Platten sind lückenlos, vollflächig und ohne Hohlräume mit dem entsprechenden Systemkleber an der Wand anzubringen, um Tauwasserbildung hinter den Platten/auf der Wand zu vermeiden.
- Flankendämmung: Wird die Außenwand von innen gedämmt und bleiben die einbindenden Bauteile wie Innenwand oder Decke ungedämmt, so können hier Wärmebrücken entstehen. Um dies zu vermeiden, wird die Innendämmung als Flankendämmung ausreichend weit auf angrenzende Innenwände und Decken geführt. Auch Fensterlaibungen werden in die Dämmarbeiten mit eingebunden.

Für die Verarbeitung von Innendämmplatten muss der Wanduntergrund sauber, glatt, trocken und tragfähig sein. Beim Verkleben ist der Systemkleber sowohl auf der Platte wie auch auf der Wand aufzutragen; Hohlräume sind dabei zu vermeiden.

Nach der Trocknung können die Fugen und die gesamte Fläche dünn mit einem Systemspachtel überzogen werden. Ist dieser trocken, können Unebenheiten abgeschliffen und die Wand anschließend mit einem Anstrich versehen werden.

SCHADENREGULIERUNG

Klärung der Verantwortlichkeiten

⚠ **Wer ist wofür verantwortlich?**

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden.

Hier erfolgten die Wärmedämmmaßnahmen in Eigenleistung durch die Eigentümer. Der Fehler wurde nicht durch Dritte begangen, sodass die Verantwortlichkeit hier eindeutig beim Eigentümer liegt. Die Sanierung des Schadens liegt kostentechnisch zu 100 Prozent beim Eigentümer der Wohnung.

SCHADENVERMEIDUNG

Sinnvolle Lösungsansätze

Grundsätzlich sind energetische Maßnahmen, die die bauphysikalischen Eigenschaften eines Bauteils oder Systems verändern, den Gegebenheiten vor Ort angepasst, basierend auf einer umfassenden Bestandsaufnahme, fachgerecht und detailliert zu planen und auszuführen.

Am Anfang steht dabei eine detaillierte Bestandsaufnahme vor Ort und der Abgleich auf Übereinstimmung mit den Planunterlagen und der Baubeschreibung. Darauf aufbauend und unter Berücksichtigung tangierender Bauteile erfolgt die detaillierte Planung und Ausführung einer solchen Maßnahme. Ziel sollte die energetische Verbesserung bei gleichzeitiger dauerhafter Funktionstüchtigkeit sein.

Im vorliegenden Fall war eine energetische Ertüchtigung auf der Wandaußenseite nicht möglich. Aufgrund dessen kam nur eine Innendämmung infrage. Um sowohl die Fensterlaibungen wie auch die kompletten Wandflächen nach der Maßnahme schadenfrei zu halten, muss sowohl die Einbauebene der Fenster wie auch die Taupunktebene der Wand Berücksichtigung finden. Da die Einbauebene der Fenster nicht veränderbar ist, empfiehlt sich eine Laibungsdämmung, um hier Feuchte und Schimmelpilzbefall zu vermeiden. Für die Wandflächen empfiehlt sich ein kapillaroffenes System, da die baulichen Gegebenheiten ein sperrendes Wandsystem anfällig für Mängel und letztlich Schäden machen.

5.3 FALLBEISPIEL

UNVOLLSTÄNDIGE AUSFÜHRUNG EINER WÄRMEÜBERTRAGENDEN GEBÄUDEHÜLLE

Was ist passiert?

Ein Bestandsgebäude wurde in mehreren Schritten energetisch saniert. Die Wärmedämmung der Gebäudehülle wurde dabei nur unvollständig ausgeführt, was die Ausbildung von Wärmebrücken zur Folge hatte. Hier kam es zu Feuchte- und Feuchtefolgeerscheinungen.

SCHADENQUELLE

Wie kam es dazu?

Vom Suchen und Finden der Ursache

Ein bestehendes Zweifamilienhaus aus den 1960er-Jahren mit je einer Wohneinheit im EG und im OG ist energetisch saniert worden. Es gab eine Energieberatung vor Ort durch einen Energieeffizienz-Experten. Eine detaillierte Sanierungsplanung erfolgte nicht. Die oberste Geschossdecke war zu einem früheren Zeitpunkt bereits wärmegedämmt worden. Ziel der aktuellen Maßnahme war die energetische Ertüchtigung der Außenwände und der Fenster. Später sollten weitere Maßnahmen am Gebäude erfolgen.

Bei den bestehenden Fenstern handelte es sich um isolierverglaste Kunststofffenster aus dem Jahr 1992 mit einem U_W-Wert von 2,7 W/(m²K). Die neu eingebauten Fenster sind dreifachverglast, mit einem U_W-Wert von 0,91 W/(m²K). Die massiv errichtete Außenwand besteht oberhalb der Kellerdecke aus einer doppelschaligen (verputzten) Mauerwerkskonstruktion mit einer innenliegenden Luftschicht (Hohlraum) von ca. 6 bis 7 Zentimetern. In diesen Hohlraum wurde eine Einblasdämmung mit einer Wärmeleitstufe (WLS) von 039 eingebracht. Eine Besonderheit des Gebäudes besteht darin, dass der Keller mit halber Höhe über Gelände und das erste Wohngeschoss damit im Hochparterre liegen (Abb. 01). Die massiven, einschaligen Kelleraußenwände und die massive Kellerdecke des Gebäudes wurden nicht in die Wärmedämmmaßnahmen mit einbezogen.

Parallel zur energetischen Ertüchtigung der Gebäudehülle wurde die Küche umgebaut und renoviert. Der Raum befand sich im Hochparterre über dem nicht gedämmten Keller. Im Rahmen des Umbaus wurde der Heizkörper von der Außenwand auf eine Innenwand verlegt und die Küchenzeile angrenzend an die Außenwand und eine Gebäudeaußenecke neu aufgebaut.

Einige Monate nach Beendigung der Sanierungsmaßnahmen wurde in der Küche ein muffig-modriger Geruch festgestellt, der auch durch intensives Lüften nicht verschwand. Der eingeschaltete Bausachverständige ließ die Küchenzeile zurückbauen und stellte im Fußpunktbereich eine Durchfeuchtung der Wand (Abb. 02) und im Bereich der Gebäudeaußenwandecke einen starken Schimmelpilzbefall fest (Abb. 03).

Abb. 01: Blick auf den Gebäudesockel

Abb. 02: Durchfeuchtete Wand im Fußpunktbereich

Abb. 03: Schimmelpilzbefall in der Raumecke, Aufnahme nach Rückbau der Küchenzeile

Im Rahmen der Begutachtung wurde festgestellt, dass durch die Hohlraumdämmung der Außenwand im Anschlussbereich zur nicht gedämmten Kelleraußenwand und zur nicht gedämmten massiven Kellerdecke bzw. zum unbeheizten Keller eine Wärmebrücke entstanden ist. Die bauphysikalischen Eigenschaften der Konstruktion haben sich insoweit verändert, dass sich durch die energetische Maßnahme die Oberflächentemperaturdifferenz zwischen der wärmegedämmten Außenwand ab der Kellerdecke zum

massiven, nicht gedämmten Sockel/Kelleraußenwand erhöht hat. Verstärkt wurde der Effekt noch durch die Einbindung der massiven Kellerdecke im Anschlussbereich und in den Gebäudeecken. In diesen Anschlusspunkten entstanden besonders »kalte« Bereiche. Hier hatte sich Kondenswasser niedergeschlagen und zur Durchfeuchtung und zum beschriebenen Schimmelpilzwachstum geführt.

Die im Bereich der entstandenen Wärmebrücke bündig vor der Außenwand aufgestellte Küchenzeile verstärkte den Effekt zusätzlich, da hierdurch eine Hinterlüftung und damit eine Trocknung des entstandenen Tauwassers mindestens verringert wurde. Ein weiterer Faktor war der versetzte Heizkörper. Im Bereich der Wärmebrücke hätte er für einen Wärmeschleier gesorgt, der die Wand »warm« und trocken gehalten hätte. Die veränderte Lage des Heizkörpers hat das Trocknen des entstehenden Tauwassers zusätzlich unterbunden.

SCHADENBEHEBUNG

Der Weg zur geeigneten Sanierung

Was wurde unternommen?

Eine nachträgliche Überdämmung des massiv gemauerten Sockels von außen war aus technischen Gründen nicht möglich.

Um sicherzustellen, dass die Wärmebrücken an den Anschlusspunkten minimiert werden, wurden an der Unterseite der Kellerdecke Deckendämmplatten angebracht, die an den Außenwänden als Flankendämmung noch ausreichend weit heruntergeführt wurden. Mit dieser Maßnahme wurde die vorhandene Wärmebrücke geometrisch verlängert. Dies zielt darauf ab, die Oberflächentemperatur an Stellen, an denen die Innenoberfläche eines Bauteils kleiner ist als die wärmeabgebende Außenoberfläche (beispielsweise an Gebäudeecken und Anschlusskanten), zu erhöhen, um Tauwasser und Schimmelpilzwachstum zu vermeiden.

Zusätzlich wurde in der Küche eine elektrische Fußleistenheizung montiert, die dafür sorgt, dass die Oberflächentemperatur in den kritischen Bereichen nicht unter den Taupunkt fällt. Als weitere Maßnahme wurde vor dem Schließen der Küchenzeile ein digitaler Temperatur-/Feuchtesensor eingebaut, um die bauphysikalischen Bedingungen im Fußpunktbereich dauerhaft zu überwachen.

SCHADENREGULIERUNG

Klärung der Verantwortlichkeiten

Wer ist wofür verantwortlich?

Die energetische Ertüchtigung des Gebäudes war im vorliegenden Fall in einzelnen Abschnitten geplant. Die Wärmedämmung der obersten Geschossdecke war bereits

erfolgt. Die Wärmedämmung der Außenwand und der Austausch der Fenster wurden als Einzelmaßnahmen an Fachunternehmen vergeben. Die ebenfalls geplante und durch den Energieberater empfohlene Wärmedämmmaßnahme an der Kellerdecke wollte der Eigentümer in Eigenleistung durchführen. Dies sollte spätestens mit Beginn der Maßnahmen an der Außenwand abgeschlossen sein. Allerdings wurde die Maßnahme an der Kellerdecke immer wieder verschoben und erfolgte vorerst nicht. Insofern ist hier zwar ein Schaden entstanden, dieser wurde allerdings durch die ohnehin geplante Maßnahme an der Kellerdecke behoben. Verantwortlich ist hier zu 100 Prozent der Eigentümer.

Die Schadenbeseitigungskosten betrugen rund 8.700 Euro. Diese Summe setzte sich zusammen aus den Kosten für die Deckendämmplatten aus Mineralwolle, den Einbau der elektrischen Fußleistenheizung und die Montage des digitalen Temperatur-/Feuchtesensors.

SCHADENVERMEIDUNG

Sinnvolle Lösungsansätze

⚠ **Wie geht es richtig?**

Ein Gebäude ist grundsätzlich als funktionales Gesamtsystem zu betrachten, dessen Komponenten aufeinander abgestimmt sind, die einander ergänzen. Dies gilt sowohl für Neubauprojekte wie auch für den Bestand und entsprechend auch für Sanierungsvorhaben. Sanierungsmaßnahmen an Bauteilen bestehender Gebäude sind deshalb so aufeinander abzustimmen, dass durch die jeweilige Maßnahme angrenzende Bauteile nicht beeinträchtigt werden bzw. weiterhin schadenfrei ihre Funktion erfüllen. Das gilt für sicherheitsrelevante Bereiche wie Statik oder Brandschutz, aber auch für bauphysikalische Eigenschaften. Um dies zu erreichen, ist bei Maßnahmen im Bestand ein Sanierungskonzept, das sowohl die Bau- wie auch die Anlagentechnik miteinbezieht, unerlässlich. Darauf aufbauend sind sowohl die Maßnahmen selbst wie auch deren Priorisierung und zeitliche Umsetzung zu planen und fachgerecht umzusetzen. Denn die Gefahr von Mängeln und Schäden besteht nicht nur bei mangelhafter Planung und Ausführung von Bau- und Sanierungsmaßnahmen. Sie können auch dann entstehen, wenn Maßnahmen, die Teil des funktionalen Sanierungskonzeptes sind, nicht oder erst verspätet umgesetzt werden.

5.4 FALLBEISPIEL

WASSEREINTRITTE AN BODENTIEFEN FENSTERELEMENTEN AUFGRUND MANGELHAFTER GEBÄUDEABDICHTUNG

Was ist passiert?

Im Erdgeschoss eines neu erstellten Jugendwohnheims kam es nach einem Starkregenereignis zu zahlreichen Wassereintritten an den bodentiefen Fensterelementen. Hier wurde die Gebäudeabdichtung nicht entsprechend den Vorgaben des Baugrundgutachtens geplant und ausgeführt.

SCHADENQUELLE

Wie kam es dazu?

Vom Suchen und Finden der Ursache

Der Neubau eines mehrgeschossigen, unterkellerten Jugendwohnheims war gerade bezogen worden, als es zu starken, unwetterartigen Regenfällen kam. Vor dem Gebäude bildeten sich großflächige Pfützen, da das anfallende Niederschlagswasser offenbar nicht ausreichend schnell versickern oder anderweitig abfließen konnte. Weiterhin kam es in den ebenerdig gelegenen Räumen im Bereich der bodentiefen Fenster zu umfangreichen Wassereintritten. Daraufhin erfolgte eine gutachterliche Untersuchung mit Ortstermin zur Feststellung der Schadenursache.

Zum Zeitpunkt der Ortsbesichtigung, die einige Tage nach dem Starkregenereignis stattfand, war im Bereich des Spritzschutzstreifens vor dem Gebäude noch immer nicht versickertes Niederschlagswasser zu erkennen (Abb. 01).

Abb. 01: Aufgestautes Niederschlagswasser vor dem Neubau

Wie das vorangehende Studium der vorliegenden Unterlagen ergab, ist vor Planungsbeginn ein Baugrundgutachten erstellt worden. Daraus geht hervor, dass am vorgesehenen Bauwerksstandort ein bindiger Boden (vor allem Ton) über Festgestein vorliegt, sodass der Baugrund als wenig wasserdurchlässig einzustufen ist. Um vor den erdberührten Bauteilen aufstauendes (nicht versickerndes) Niederschlagswasser dauerhaft zu vermeiden, wurde eine Dränung nach DIN 4095[5] in Verbindung mit einer Gebäudeabdichtung gemäß Wassereinwirkungsklasse W1.2-E »Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wände mit Dränung« nach DIN 18533-1[6] geplant. Konkret sah die Detailplanung eine im Kiesbett verlegte Dränleitung DN 100 mit einem Gefälle von 0,5 Prozent Gefälle vor.

5 DIN 4095 Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung

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

Die im Rahmen des Ortstermins vorgefundene Situation, im Einzelnen die zahlreichen Wassereintritte in die ebenerdig gelegenen Räume sowie das weiterhin vor dem Gebäude vorhandene Stauwasser, deutete auf Undichtigkeiten in der Gebäudeabdichtung und eine fehlerhaft ausgeführte Dränung hin. Zur genaueren Untersuchung der ausgeführten Abdichtungs- und Dränarbeiten wurde an einigen exemplarisch ausgewählten Stellen die umlaufende Kiesschicht (= Dränschicht) unterhalb der bodentiefen Fensterelemente entfernt. Dabei fiel auf, dass die in der Planung vorgesehene Dränleitung nicht vorhanden war.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass für die Gebäudeabdichtung eine einlagig aufgebrachte Polymerbitumenschweißbahn auf Bitumenvoranstrich verwendet worden ist. Diese Abdichtungsbauart ist gemäß DIN 18533-1 für die Abdichtung erdberührter Bauteile bei der Wassereinwirkung W1.2-E geeignet. Damit entspricht die Gebäudeabdichtung den Voraussetzungen, die der ursprünglichen Abdichtungsplanung zugrunde lagen (Gebäudeabdichtung plus Dränung). Für die tatsächliche Ausführung ohne Dränung ändern sich die Voraussetzungen für eine schadenfreie Gebäudeabdichtung aber signifikant. So führen die beschriebenen hydrogeologischen Gegebenheiten ohne die Anordnung einer Dränung zu der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E »Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser«. In diesem Fall ist eine einlagige Abdichtung mit Polymerbitumenschweißbahnen nicht zulässig, gefordert wären hier mindestens zwei Lagen.

Um herauszufinden, wie es zu den Wassereintritten in mehrere ebenerdig gelegene Räume kam, wurden Probewässerungen durchgeführt. Parallel dazu wurden in den betroffenen Innenräumen die durchfeuchteten Fußbodenaufbauten rückgebaut. Die Probewässerung selbst wurde von außen mit einem Gartenschlauch durchgeführt. Hier sollte das auf die Fensterelemente auftreffende Wasser einen starken und andauernden Wasseranfall simulieren. Nach kurzer Zeit kam es in allen durchgeführten Probewässerungen zu (unterschiedlich starken) Wassereintritten unterhalb der Fensterprofile.

Untersuchungen in diesen Bereichen ergaben, dass die Gebäudeabdichtung teilweise nicht vollflächig auf dem Untergrund haftete und die Nähte offenstanden. Weiterhin waren an einigen Stellen Hohllagen in den Abdichtungsbahnen zu erkennen. Wie sich durch Bauteilöffnungen herausstellte, hatten sich in den betreffenden Bereichen stehendes Wasser und sandige Ablagerungen angesammelt (Abb. 02 und Abb. 03).

Abb. 02: Bauteilöffnung, stehendes Wasser und sandige Ablagerungen unter der Abdichtungsbahn[7]

Abb. 03: Wie Abb. 02[8]

7 Begutachtung und Fotos von THEES*PARTNER Beratende Ingenieure, Trier-Hannover-Stuttgart-München

8 Begutachtung und Fotos von THEES*PARTNER Beratende Ingenieure, Trier-Hannover-Stuttgart-München

Zusammengefasst konnte das angefallene Niederschlagswasser nicht, wie in der Planung ursprünglich vorgesehen, sicher über die Dränleitung abgeführt werden. Stattdessen staute sich das Wasser vor den für diesen Lastfall ungenügend abgedichteten erdberührten Bauteilen (Kellerwände), wobei die Gebäudeabdichtung zudem noch mangelhaft ausgeführt war. Durch Undichtigkeiten und Hohllagen in der Abdichtungsebene konnte das angestaute Niederschlagswasser über die bodentiefen Fensterelemente in einige der Räume gelangen und dort die Fußbodenaufbauten komplett durchfeuchten.

SCHADENBEHEBUNG

Der Weg zur geeigneten Sanierung

Was wurde unternommen?

Zur Behebung der Schäden wurde ein Sanierungskonzept erarbeitet. In diesem Rahmen sollte die Gebäudeabdichtung rückgebaut und entsprechend den Vorgaben aus dem Baugrundgutachten erneuert werden. Dies beinhaltete vor allem auch die Herstellung einer Dränung gemäß DIN 4095.

Insgesamt war hier von einem systematischen Ausführungsmangel der Gebäudeabdichtung auszugehen, daher wurde die Erneuerung der gesamten Abdichtung empfohlen, und nicht nur an den exemplarisch begutachteten Stellen.

Nach der Sanierung bzw. Erneuerung der Gebäudeabdichtung konnte die Sanierung der Innenräume durchgeführt werden. Die durchfeuchteten Fußböden, im Einzelnen der Estrich und die unter dem Estrich liegenden Dämmschichten, waren (wie beschrieben) bereits kurz nach Entdecken des Wasserschadens entfernt worden, sodass die raumumschließenden Wände nur eine geringe Durchfeuchtung aufwiesen.

Mithilfe einer Raumlufttrocknung wurde der Feuchtegehalt der betroffenen Wände so weit entfernt, dass auch deren Sanierung erfolgen konnte. Dazu wurden der beschädigte Innenputz entfernt, die Fehlstellen angeputzt und die Wandflächen malermäßig überarbeitet. Weiterhin wurde ein neuer Fußboden 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

Wer ist wofür verantwortlich?

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lagen diese bei dem Bauunternehmen, das unter anderem für die Ausführung der Gebäudeabdichtung verantwortlich war, sowie bei dem für die externe Bauüberwachung bzw. Bauqualitätssicherung der Ausführungsarbeiten zuständigen Ingenieurbüro. Die (technischen) Verantwortlichkeiten wurden folgendermaßen quotiert:

- Bauunternehmen (Ausführung) – 60 Prozent
- Ingenieurbüro (Bauüberwachung) – 40 Prozent

Das **Bauunternehmen** hat die Gebäudeabdichtung mangelhaft ausgeführt. Durch das Weglassen der Dränung entsprach die Abdichtung zudem nicht der Planung bzw. den hydrogeologischen Gegebenheiten.

Bei der Gebäudeabdichtung handelt es sich um ein besonders überwachungsbedürftiges Gewerk. Das **Ingenieurbüro** hat aber im Rahmen der Bauüberwachung die nicht fachgerechte und nicht der Planung entsprechende Ausführung der Gebäudeabdichtung übersehen.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 90.000 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 im Innen- und Außenbereich, das Aufstellen und den Betrieb der Trocknungsgeräte in den Innenräumen sowie die Begleitung des Sanierungsprozesses der Gebäudeabdichtung.

SCHADENVERMEIDUNG

Sinnvolle Lösungsansätze

Wie geht es richtig?

Eine Gebäudeabdichtung ist nicht fachgerecht eingebaut und entgegen den Vorgaben des Baugrundgutachtens ohne Dränung ausgeführt worden. Nach einem Starkregenereignis staute sich Niederschlagswasser vor den Kellerwänden, das aufgrund des vor Ort anstehenden bindigen Bodens und der fehlenden Dränung nicht abfließen konnte. Durch die nicht fachgerecht ausgeführte Gebäudeabdichtung konnte das aufgestaute Wasser über einige bodentiefe Fensterelemente in das Erdgeschoss eindringen.

Abdichtungen nach DIN 18533-1 dienen als »bautechnische Maßnahme dem Schutz eines Bauteils und Bauwerks vor Wasser oder Feuchte«. Die wichtigste Anforderung an eine (Gebäude-)Abdichtung besteht demnach darin, zu verhindern, dass Wasser oder Feuchte in ein Bauwerk eindringt. In diesem Zusammenhang sind mehrere Aspekte zu beachten, unter anderem die sogenannte Wassereinwirkungsklasse, die die Art der Wassereinwirkung auf die Abdichtungsschicht beschreibt, und damit auch von der Wasserdurchlässigkeit des Baugrunds abhängig ist.

Im vorliegenden Schadenfall wurde die Gebäudeabdichtung entsprechend den vor Ort vorgefundenen Gegebenheiten geplant, allerdings nicht vollständig ausgeführt. Wenn eine Dränung gemäß Baugrundgutachten vorgesehen ist, sollte diese aber auf jeden Fall auch ausgeführt werden. Gerade bei bindigen Böden stellt die Kombination aus Gebäudeabdichtung und Dränung eine sinnvolle Lösung dar, um zeitweise aufstauendes und dann drückendes Wasser vor den erdberührten Bauteilen zu verhindern.

6 TRADITION TRIFFT INNOVATION: BEWÄHRTE WERKSTOFFE UND NEUE QUALITÄTEN IM BAU

Dieses Kapitel beschäftigt sich sowohl mit bewährten als auch innovativen Werkstofftechnologien im Hochbau, wobei der Fokus neben technologischen Neuentwicklungen auch auf traditionelle Materialien mit neu definierten Einsatzgebieten gerichtet ist. Bewährte Werkstoffe im Zusammenspiel mit modernen Materialien eröffnen synergetische Potenziale zur Optimierung bautechnischer Leistungsparameter, wie Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Umweltfreundlichkeit und Adaptionsfähigkeit im Hinblick auf zukunftsorientierte Bauaufgaben. Die Wiederentdeckung vermeintlich veralteter Materialien und Verfahrenstechniken kann zudem innovative Lösungsansätze zur Bewältigung komplexer bautechnischer Herausforderungen eröffnen, insbesondere in Bezug auf Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und bauphysikalische Eigenschaften.

6.1 Baustoffe von morgen: Perspektiven im Baustoffsektor

Der Fokus dieses Kapitels liegt auf Chancen und Konzepten, die Lösungen aufzeigen, wie auf das sich rasant verändernde Planen und Bauen reagiert werden kann. Dazu werden verschiedene, praxisorientierte Projekte vorgestellt. Es geht unter anderem um die Wiederverwendung von Ziegeln in verschiedensten Formen. Ein weiterer Beitrag beweist, dass Fortschritt manchmal auch durch Rückbesinnung entsteht – etwa durch zirkuläres Bauen mit Lehm. Zudem wird ein Start-up vorgestellt, das Bauen mit Holz vollkommen neu denkt und dies bereits international erfolgreich umsetzt – insgesamt alles praxisnahe Beispiele, die zeigen, wie der Einsatz neuer Materialien bereits heute erfolgreich und rechtssicher funktioniert.

6.1.1 Ziegel im Kreislauf

Linda Hildebrand

Bauen mit Ziegeln ist eine kulturelle Praxis, die seit Jahrtausenden in vielen Regionen der Welt verankert ist. Durch ihre Sichtbarkeit in der Gebäudehülle prägen Ziegel die Architektur und lösen bei Betrachtern vielfältige Assoziationen aus. Sie vermitteln lokale Bezüge durch ortsspezifische Farbigkeit und Formate, die sich aus der Zusammensetzung des Tons sowie aus der Herstellung und der Verarbeitung ableiten. Gleichzeitig orientiert sich die Größe der Steine am menschlichen Maßstab und stellt eine unmittelbare Verbindung zum Handwerk her. Die Art der Fügung und Anordnung ermöglicht sowohl funktionale als auch dekorative Strukturen, wie sie in unterschiedlichen Epochen und Baukulturen dokumentiert sind. Die Freude an der Kleinteiligkeit sowie die Präzision in der Ausführung haben dazu beigetragen, dass sich Ziegel als Träger baukultureller Werte etabliert haben.

Neben diesen kulturellen Qualitäten rückt zunehmend ein weiterer Aspekt in den Mittelpunkt: die Umweltwirkung und damit die Zukunftsfähigkeit des Bauens. Angesichts planetarer Grenzen sind auf kontinuierliches Wachstum ausgerichtete Wirtschaftsmodelle nicht mehr tragfähig. Der Bausektor spielt hierbei eine zentrale Rolle, da er maßgeblich in Stoffströme, Emissionen und Flächenverbrauch eingreift. Während in den letzten Jahrzehnten vor allem die Energieeffizienz im Gebäudebetrieb verbessert wurde, rückt heute verstärkt die Gebäudesubstanz selbst in den Fokus. Faktoren wie Rohstoffgewinnung, Herstellungsaufwand, Transportwege sowie Energieeinsatz und -quelle bestimmen wesentlich die ökologische Bilanz eines Baustoffs.

Seit Jahrtausenden Kulturgut

Ziegel bestehen im Wesentlichen aus Ton, einem in vielen Regionen verfügbaren Rohstoff, der vergleichsweise einfach gewonnen werden kann. Historisch erfolgte die Entnahme manuell oder mithilfe von Nutztieren, die Weiterverarbeitung beschränkte sich auf wenige Schritte: Mischen, Formen, Trocknen und Brennen. Bereits seit etwa 8.000 Jahren werden Ziegel auf diese Weise hergestellt, wobei sich regionale Unterschiede in Materialzusammensetzung, Farbe und Format ausbildeten. Die Farbigkeit reicht von rötlichen Tönen durch Eisenoxid über gelbliche Varianten bei kalkhaltigem Ton bis hin zu bräunlichen oder grau-grünlichen Nuancen, die durch Manganoxide oder spezifische Brennverfahren entstehen.

Abb. 01: Bereits seit etwa 8.000 Jahren werden Ziegel hergestellt. Dabei bildeten sich regionale Unterschiede in Materialzusammensetzung, Farbe und Format aus. [Foto: A. Kollmann/L. Hildebrand]

Mit der Industrialisierung veränderte sich die Produktion grundlegend. Das manuelle Formen wurde durch Strangpressverfahren ersetzt, und mit der Entwicklung des Ringofens im 19. Jahrhundert konnte ein kontinuierlicher Brennprozess etabliert werden. Dies führte zu einer Standardisierung der Produkte und machte Ziegel zu einem industriellen Massenbaustoff. Gleichzeitig stieg der Energiebedarf, insbesondere durch mechanische Prozesse und Transport. Der Brennvorgang blieb jedoch der entscheidende Faktor für die Umweltwirkung, da hier ein Großteil der Treibhausgasemissionen entsteht.

Auch heute basiert die Ziegelproduktion auf ähnlichen Prinzipien, ist jedoch deutlich effizienter. Verbesserte Ofentechnologien und optimierte Prozesse reduzieren den Energieverbrauch, dennoch bleibt der Brennprozess emissionsintensiv. Für die Herstellung eines Ziegels entstehen im Durchschnitt zwischen 0,2 und 1 Kilogramm CO_2-Äquivalent, abhängig von Produkt und Brenntemperatur. Strategien zur Reduktion dieser Emissionen umfassen effizientere Brennverfahren, materialoptimierte Geometrien sowie Ansätze zur Elektrifizierung der Trocknung und den Einsatz alternativer Energieträger wie Wasserstoff.

Hohe Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit

In der Nutzung zeichnen sich Ziegel durch ihre hohe Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit aus. Sie werden in Innen- und Außenwänden sowie als Bodenbelag eingesetzt und können über viele Jahrzehnte ihre Funktion erfüllen. Besonders hoch gebrannte Ziegel sind unempfindlich gegenüber Witterungseinflüssen und Frost. Gleichzeitig erfordert eine Ziegelfassade nur geringen Wartungsaufwand, was sich positiv auf die Gesamtbilanz auswirkt. Im Innenraum können die thermischen Eigenschaften zur Stabilisierung des Raumklimas beitragen. Mit einer Lebensdauer von etwa 100 Jahren stellt der Ziegel aus ökologischer Perspektive ein langlebiges Material dar.

Dennoch endet die Nutzung von Ziegeln häufig vor ihrem technischen Lebensende. Gründe hierfür liegen meist auf Gebäudeebene, etwa durch veränderte Anforderungen, wirtschaftliche Abwägungen oder funktionale Defizite. In der Praxis werden Gebäude überwiegend zerstörend abgebrochen, wodurch gemischte mineralische Abfälle entstehen, die anschließend zerkleinert und als Rezyklat weiterverwendet werden. Ziegelbruch macht dabei nur einen vergleichsweise kleinen Anteil aus. Zwar kann er in begrenztem Umfang wieder in neue Produkte integriert werden, jedoch ist dieser Kreislauf nur eingeschränkt möglich.

Ein wesentlicher Faktor für die Wiederverwendung ist der verwendete Mörtel. Während historische Kalkmörtel eine vergleichsweise einfache Trennung von Stein und Fuge ermöglichten, erschwert der seit dem 20. Jahrhundert verbreitete Zementmörtel die Rückgewinnung intakter Ziegel erheblich. Beim Versuch, den Mörtel zu entfernen, brechen die Steine häufig, was ihre Wiederverwendung als Bauelement einschränkt.

Umdenken im Umgang mit Bestandsgebäuden

Gleichzeitig lässt sich ein zunehmendes Umdenken im Umgang mit Bestandsgebäuden beobachten. Angestoßen durch politische Initiativen und gesellschaftliche Bewegungen wird der Erhalt von Bausubstanz verstärkt als ökologisch und kulturell wertvoll betrachtet. Verbesserte Bewertungsmethoden und digitale Werkzeuge tragen dazu bei, Sanierungen wirtschaftlich attraktiver zu machen und Alternativen zum Abriss aufzuzeigen.

Ein Beispiel hierfür ist die ehemalige Schule in der Aachener Franzstraße, deren Klinkerfassade im Zuge eines geplanten Neubaus untersucht wurde. In Kooperation zwischen Stadt, Planungsteam und Studierenden wurden unterschiedliche Strategien zur Weiterverwendung der Ziegel entwickelt. Dabei wurden Rückbau, Aufbereitung und Wiedereinsatz systematisch analysiert und hinsichtlich Aufwand und Nutzen gegenübergestellt.

Abb. 02: Die ehemalige Schule in der Aachener Franzstraße [Foto: L. Hildebrand]

Die Strategien für eine Ziegelwiedernutzung unterscheiden sich erheblich in ihren Anforderungen an Aufwand, Eingriffstiefe und gestalterisches Potenzial. Grundsätzlich lassen sich vier Ansätze unterscheiden: die Wiederverwendung ganzer Bauteile oder Elemente, die Nutzung einzelner Ziegelsteine, die Verarbeitung zu Riemchen sowie die Verwertung als Substrat.

Verschiedene Varianten der Wiederverwendung

Die Wiederverwendung als Element stellt die direkteste Form dar. Ganze Bauteile oder größere Wandabschnitte werden ausgebaut und an anderer Stelle wieder eingesetzt. Diese Strategie ist materialschonend und erhält die ursprüngliche Konstruktion sowie die graue Energie weitgehend, erfordert jedoch eine sorgfältige Demontage, Lagerung und Planung. Ihr Einsatz ist häufig an spezifische Geometrien und Projekte gebunden.

Die Wiederverwendung auf Ziegelsteinebene ist flexibler, da einzelne Steine nach dem Rückbau gereinigt und erneut vermauert werden können. Diese Methode ist handwerklich etabliert, jedoch arbeitsintensiv und stark von der Qualität des Rückbaus abhängig. Sie ermöglicht eine hohe gestalterische Freiheit, da die Steine neu kombiniert und in unterschiedlichen Kontexten eingesetzt werden können.

Abb. 03: Die Wiederverwendung von Ziegelsteinen ist flexibel, aber arbeitsintensiv und stark von der Qualität des Rückbaus abhängig. [Foto: Concular GmbH]

Eine weitere Strategie ist die Verarbeitung zu Ziegelriemchen. Hierbei werden bestehende Ziegel gesägt und als dünne Verkleidungsschicht genutzt. Dies reduziert Materialstärke und Gewicht und erleichtert den Einsatz in Bestandsgebäuden, insbesondere bei Fassadensanierungen. Gleichzeitig geht jedoch ein Teil der ursprünglichen Materialsubstanz verloren, und der Energieaufwand für die Bearbeitung steigt.

Abb. 04: Ziegelriemchen als dünne Verkleidungsschicht [Foto: L. Hildebrand]

Am weitesten von der ursprünglichen Nutzung entfernt ist die Verwendung als Substrat. Ziegel werden zerkleinert und beispielsweise als Zuschlagstoff, Füllmaterial oder im Landschaftsbau eingesetzt. Diese Form der Verwertung ist technisch einfach und breit anwendbar, führt jedoch zu einem Verlust der ursprünglichen Form und Funktion und ist daher aus zirkulärer Perspektive weniger hochwertig.

Abb. 05: Ziegelbruchabfolge [Foto: L. Hildebrand]

Spannungsfeld zwischen Erhalt und Transformation

Im Vergleich zeigt sich ein Spannungsfeld zwischen Erhalt und Transformation: Während die Wiederverwendung als Element und als Ziegelstein die höchste Materialkontinuität ermöglichen, bieten Riemchen und Substrat größere Flexibilität bei gleichzeitig höherem Bearbeitungsgrad und Materialverlust. Die Wahl der Strategie hängt somit wesentlich von den projektbezogenen Rahmenbedingungen, dem verfügbaren Material sowie den gestalterischen und ökologischen Zielsetzungen ab. Insgesamt wird deutlich, dass Ziegel nicht nur ein traditionsreicher Baustoff sind, sondern auch im Kontext zirkulären Bauens ein erhebliches Potenzial besitzen. Dieses Potenzial zu erschließen. erfordert jedoch eine differenzierte Betrachtung entlang des gesamten Lebenszyklus sowie die Bereitschaft, bestehende Prozesse und Bewertungsmaßstäbe zu hinterfragen.

Linda Hildebrand ist Architektin mit Schwerpunkt auf ökologischem und zirkulärem Bauen. Sie promovierte an der TU Delft zu Ökobilanzen in der Architektur, hatte die Juniorprofessur für Rezykliergerechtes Bauen an der RWTH Aachen inne und ist Mitbegründerin von Concular. Mit ihrem Büro für Zirkularität im Bauwesen c u b e kooperiert sie mit Architektur- und Ingenieurbüros, Institutionen und Unternehmen und forscht am kreislaufgerechten Bauen. Darüber hinaus koordiniert Linda Hildebrand das Hochschulnetzwerk »Gemeinsam für die Bauwende« bei Architects for Future, ist Mitglied der Expert*innengruppe Zukunft Bau beim Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und engagiert sich bei der DGNB sowie in der Initiative Wohnen 2050. Gemeinsam mit Lisa Rammig gründete sie die Initiative CircuClarity, um Zirkularität in der Glasbranche zu fördern.

Die deutsche Wienerberger GmbH mit Hauptsitz in Hannover zählt zu den führenden Ziegelherstellern in Deutschland. Sie ist hundertprozentige Tochter der österreichischen Wienerberger AG und seit 1986 auf dem deutschen Markt präsent. Sie entwickelt und produziert Tonbaustoffe für die Gebäudehülle vom Boden über die Wand bis zum Dach sowie für die Gestaltung von Freiflächen. 2024 wurde die Creaton GmbH in das Unternehmen integriert. Mit umfangreichen Systemlösungen für das Steildach inklusive Photovoltaik zählt Creaton zu den führenden Dachmarken Europas und ergänzt das wienerberger-Portfolio perfekt. Wienerberger beschäftigt insgesamt rund 1.800 Mitarbeitende an über 20 Standorten in Deutschland. Als Tochter der traditionsreichen Wienerberger AG profitiert das Unternehmen von mehr als 200 Jahren Erfahrung in der Kunst des Ziegelbrennens.

6.1.2 Zirkuläres Bauen mit Lehm – Fortschritt durch Rückbesinnung

FOTO: STEFAN SCHULZE

Dr. Ipek Ölcüm

Als einer der ältesten bekannten Baustoffe der Menschheit kann mit Lehm zirkulär, einfach und robust zugleich gebaut werden. Die heutige Relevanz dieses tradierten Baustoffs ist auf die Verfügbarkeit des Rohstoffs, die industrielle Herstellung mit geringem Energieaufwand, die Kreislauffähigkeit in Kombination mit den hervorragenden bauphysikalischen Eigenschaften zurückzuführen. Letzteres ermöglicht unter anderem mit der Speicherfähigkeit und Diffusionsoffenheit konkrete Einsparungen bei wartungsintensiver und oft viel zu komplexer Klimatechnik. Im Hinblick auf Raumklima und Nutzerkomfort in Zeiten des Klimawandels und zunehmender Temperaturen wird das Kühlen bedeutsam. Insofern sind Baustoffe aus Lehm für das zukunftsgerichtete Bauen wenig überraschend verstärkt in den Fokus der Bauakteure gerückt.

Während seine bauphysikalischen Vorteile den mineralischen ungebrannten Baustoff zu einem starken Partner für hybride Konstruktionen machen, wird Lehm medial immer noch zu sehr romantisiert oder eher in der Denkmalsanierung oder im Selbstbau verortet. Dabei ist heute der erfolgreiche Einsatz von industriell hergestellten Lehmbaustoffen oder vorgefertigten hybriden Konstruktionen weniger eine Frage des Materials, der Verarbeitbarkeit oder spezialisierter Handwerker. Vielmehr geht es darum, das vorhandene Wissen in die Planung und auch in die Ausführung auf der Baustelle zu bringen.

Der folgende Beitrag beleuchtet Lehmbaustoffe und Lehmbauteile daher nicht als nostalgische Alternative, sondern als ernstzunehmenden Bestandteil einer zukunftsfähigen robusten Baupraxis. Dafür werden zunächst die Baustoffe bzw. Bauteile vorgestellt. Zudem stehen im Fokus die Potenziale für die Bau- und Nutzerqualität, die Herausforderungen in der Anwendung sowie Erfahrungen aus der Praxis, die zeigen, Lehm fügt sich sowohl in das heutige Baustellengefüge hinsichtlich der Verarbeitbarkeit als auch in die bauordnungsrechtliche Regelungssystematik ein.

Vom Rohstoff Lehm zu Baustoffen und Bauteilen

Zunächst noch zum Rohstoff Lehm, bei dem es sich um ein Gemisch aus Ton, Schluff und Sand handelt. Die bautechnischen Eigenschaften weichen je nach Zusammensetzung des Rohmaterials und der späteren Formgebung ab. Dabei ist der Rohstoff regional in Deutschland verfügbar und fällt vor allem als Nebenprodukt bei Bau- und Infrastrukturprojekten oder bei der Kies- und Sandgewinnung an.

Lehmbaustoffe sind reine Naturprodukte. Sie werden allein durch Trocknung statt durch chemische Abbindung oder energieintensive Brennprozesse hergestellt. Daher haben sie im Vergleich zu konventionellen Baustoffen einen äußerst geringen CO_2-Fußabdruck. Die Herstellung der Lehmbaustoffe reicht heute von handwerklichen Verfahren vor Ort über Manufakturen bis hin zu industriell auf Grundlage von DIN-Normen gefertigten Produkten wie Lehmsteinen, Lehmplatten, Lehmmauermörtel, Lehmputzmörtel sowie hybriden Deckenkonstruktionen oder Fertigbauteilen.

Abb. 01: Lehmsteinmauerwerk [Foto: KIMM Baustoffe]

Lehmsteine, Lehmmauermörtel, Lehmputzmörtel und Lehmplatten sind ausweislich der Normenreihe DIN 18945 bis DIN 18948 über ein Jahrzehnt und bereits in dritter Generation geregelt. Ausweislich der Bemessungsnorm DIN 18940:2023 kann Lehmsteinmauerwerk nichttragend und auch tragend bis Gebäudeklasse 4 gerechnet, geplant und ausgeführt werden. Unter Einhaltung der in der Norm geregelten Wanddicken können die Feuerwiderstandsklassen REI 30 und REI 60 erreicht werden. Auch hat ein Lehmsteinhersteller eine Brandwand erfolgreich geprüft. Insoweit fügen sich Lehmbaustoffe sowohl in das baupraktische als auch bauordnungsrechtliche Gefüge ein. Da die Industrie die Baustoffe fortwährend weiterentwickelt, gibt es auch schon kombinierte allge-

meine bauaufsichtliche Zulassungen/Bauartgenehmigungen für diejenigen Bauweisen, die noch nicht in den vorgenannten Normen geregelt sind. Insofern ist auch die Gebäudeklasse 5 aufgrund der möglichen Festigkeiten der Lehmsteine realisierbar, die mit Lehm-Dünnbettmörtel gemauert, die wirtschaftliche Ausführung innerhalb der auf der Baustelle üblichen Arbeitszeitraster ermöglichen.

Darüber hinaus gibt es Lehmsteine als Lehmeinhängesteine für Balkendeckenkonstruktionen. Auch vorgefertigtes Lehmsteinmauerwerk oder Stampflehm auf Maß als Fertigteil ist heute keine Zukunftsmusik und wurde in verschiedenen Bauvorhaben realisiert. Dabei liegt die Besonderheit darin, dass nicht nur die Herstellung automatisiert wurde, sondern die Weiterentwicklung über die alleinige Wiederbelebung alten Wissens hinausgeht: Holzmassivdecken werden mit fließfähigem Lehm hergestellt unter Beibehaltung der Eigenschaften des Lehms. Auch Heiz- und Kühlsysteme, die in Lehmplatten oder Holzweichfaserplatten mit Lehmputz vormontiert angeliefert werden, sind heute Teil des Bauens mit Lehm. Die Lehmplatte findet ihren Platz im klassischen Trockenbau, aber auch als brandschutztechnisch wirksame Bekleidung beim Holzbau in den Gebäudeklassen 4 und 5.

Zwar ist die industrielle Dimension der Lehmbaustoffe für Architekten, Bauunternehmer und Handwerker noch recht neu. Die Hersteller haben sich damit aber schon über mehrere Jahrzehnte beschäftigt, um alle vorgenannten Baustoffe und Bauteile in die Bauabläufe reibungslos integrieren zu können.

Bauphysikalische Eigenschaften

Wie in der Einführung dargestellt, muss zukunftsfähiges Konstruieren und Bauen heute die dem Klimawandel zugrunde liegenden simulierbaren Veränderungen der Außentemperaturen in der Zukunft berücksichtigen, um robuste und klimaangepasste Gebäude für die Zukunft zu ermöglichen. In diesem Kontext können Lehmbaustoffe die Planung und Ausführung und damit den späteren Betrieb sowohl in monolithischen als auch in hybriden Konstruktionen ohne zusätzliche energie- und wartungsintensive Gebäudetechnik ermöglichen. Als massive Baustoffe haben sie eine hohe Rohdichte (Speicherfähigkeit). Diese ermöglicht den Hitzeschutz im Sommer und speichert im Winter Wärme, sodass Energie eingespart werden kann. Besonders die Sorptionsfähigkeit des Lehms springt im Vergleich zu anderen Baustoffen ins Auge: Luftfeuchtigkeit kann aufgenommen, gespeichert und bei Bedarf wieder abgegeben werden. Mit reduzierter Klimatechnik kann Lehm so maßgeblich zu einem ausgeglichenen und als angenehm empfundenen Raumklima beitragen.

Weitere Eigenschaften, die das technikreduzierte Bauen unterstützen, sind der gute Schallschutz, der mit der hohen Rohdichte einhergeht, sowie der Brandschutz. Als mineralisches Material brennt Lehm grundsätzlich nicht (vgl. DIN 4102-Teil 4). Insbesondere im Hinblick auf die Anwendung der Lehmplatte im Holzbau gibt es gebaute Beispiele in der DACH-Region, die zum Nachmachen einladen. Aber auch Fachwerk 2.0, wo das Holz für das Tragkonstrukt genutzt wird und die Lehmsteine, die ebenfalls nicht brennen, als Masse und als Gefache hereingebracht werden.

Ökologische Bewertung

Im Vergleich zu konventionellen Baustoffen benötigen Baustoffe aus Lehm wesentlich weniger Primärenergie zur Herstellung. Brennprozesse entfallen, sodass die CO_2-Bilanz entsprechend günstig ausfällt. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass Baustoffe aus Lehm nahezu vollständig kreislauffähig sind und damit ein zirkuläres Planen und Bauen ermöglichen: Lehmbaustoffe können rückgebaut, aufbereitet und erneut verwendet werden. Zudem können sie auch zum Enabler des sortenreinen Bauens mit anderen Wandbaustoffen wie beispielsweise dem Ziegel werden, wenn Lehmdünnbettmörtel zum Mauern verwendet wird. Anders als Gips- oder Zementmörtel bleibt der Lehmmörtel wasserlöslich, sodass durch Hinzugabe von Wasser das Mauerwerk gelöst und in die einzelnen Wandbausteine zerlegt werden kann. Ein Ziegel-Lehmdünnbettmörtel-System hat für das tragende Bauen bereits eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erwirkt.

Darüber hinaus sind Baustoffe aus Lehm grundsätzlich frei von Schadstoffen und können damit einen Beitrag zur Wohngesundheit leisten. Vor dem Hintergrund aktueller Nachhaltigkeitsanforderungen im Bauwesen wird Lehm daher zunehmend als relevanter Baustoff für CO_2-reduziertes, ressourcenschonendes, zirkuläres und wohngesundes Bauen betrachtet.

Planung und Konstruktion

Der Einsatz von Lehm erfordert eine angepasste Planung. Insbesondere der Witterungsschutz in der Bauphase als auch der konstruktive Feuchteschutz spielen eine zentrale Rolle, da Lehm empfindlich auf Durchfeuchtung reagiert. Daher sollte der entsprechende Schutz als eine vollwertige Leistung von Anfang eingeplant und eingepreist werden. Die Bemessungsnorm DIN 18940 regelt hinsichtlich des Lehmsteinmauerwerks die notwendigen Details.

Eine weitere Stärke des Lehms ist, dass er sich mit anderen Baustoffen gut kombinieren lässt: Sowohl beim Holzbau als auch beim monolithischen Bauen können sich die Eigenschaften des Lehms gut entfalten. Typische Anwendungen reichen vom Massivlehmbau über Fachwerkkonstruktionen mit Lehmausfachung bis hin zu modernen Trockenbausystemen oder Lehmplatten als brandschutztechnisch wirksame Bekleidung bei Holzbauten der Gebäudeklassen 4 und 5.

Abb. 02: Lehm-Trockenbau im Rohbau [ClayTec GmbH & Co. KG]

Ausführung und Baupraxis

Die Verarbeitung von Lehm erfordert weder spezifisches Fachwissen noch Erfahrung. Lehmsteinmauerwerk lässt sich von Maurern genauso ausführen wie konventionelles Mauerwerk. Gleiches gilt für den Lehmputz und das Anbringen der Lehmplatten. Allerdings muss auf den Feuchteschutz auf der Baustelle und auf längere Trocknungszeiten geachtet werden. Fehler entstehen häufig weniger durch das Material selbst als durch eine unsachgemäße Anwendung, etwa bei unzureichendem Witterungsschutz während der Bauphase oder falscher Schichtdicke bei Putzen.

Gleichzeitig bietet Lehm eine hohe Fehlertoleranz, da viele Bauteile nachträglich korrigiert oder angepasst werden können. Dies eröffnet insbesondere im handwerklichen Kontext Vorteile, setzt jedoch, wie auch bei anderen Baustoffen, eine qualifizierte Aus-

führung voraus. Aktuelle Praxisbeispiele zeigen, dass Lehm sowohl im Wohnungsbau als auch in öffentlichen Gebäuden erfolgreich eingesetzt werden kann, wobei Planung und Ausführung gut aufeinander abzustimmen sind.

Bei sachgerechter Planung können Lehmbauten eine sehr lange Lebensdauer erreichen, wie historische Gebäude eindrucksvoll belegen. Der Instandhaltungsaufwand ist in der Regel überschaubar. Oberflächen wie Lehmputze lassen sich vergleichsweise einfach ausbessern oder erneuern. Gleichzeitig erfordert der Baustoff ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit, insbesondere in stark beanspruchten oder exponierten Bereichen.

Wirtschaftlichkeit und Kosten

Die Kostenstruktur bzw. die Wirtschaftlichkeit von Lehmbaustoffen kann nicht generalisiert werden. Sie ist in Bezug auf Bauweise und Kombination der Lehmbaustoffe und Lehmbauteile zu betrachten. So bleibt die St. Mauritius-Sekundarschule in Halle der Edith-Stein-Stiftung eine Holz-Lehmstein-Konstruktion unterhalb der für Schulbauten sonst abgerufenen Durchschnittswerte. Während die Materialkosten häufig beim Lehmstein und Lehmputzmörtel gleichauf mit den konventionellen Pendants sind, können die Kosten aufgrund des höheren handwerklichen Anteils steigen. Demgegenüber stehen jedoch Einsparungen durch geringere Energiekosten in der Herstellung, mögliche Vorteile im Gebäudebetrieb sowie eine hohe Lebensdauer. Auch die regionale Verfügbarkeit kann sich positiv auf die Gesamtkosten auswirken.

Wahrnehmung und Hemmnisse

Trotz der genannten Vorteile ist Lehm im heutigen Bauwesen noch immer mit Vorbehalten behaftet. Allzu häufig wird er mit traditionellen oder improvisierten Bauweisen assoziiert, während seine Eignung für moderne Anwendungen genauso unterschätzt wird wie die industrielle Herstellung, die heute State of the Art ist.

Hinzu kommen Wissensdefizite bei Planenden und Ausführenden sowie teilweise fehlende Standards, die verunsichern und den breiten Einsatz erschweren. Eine stärkere Integration in Ausbildung, Forschung und Normung könnte hier Abhilfe schaffen. Auch eine stark anwendungsorientierte Forschung, die in Gestalt von Reallaboren darauf setzt, fehlende bauordnungsrechtliche Nachweise oder Prüfungen für bestehende sinnvolle Konstruktionen zu erbringen, wären ein Hebel für die stärkere Durchdringung.

Fazit und Zukunftsperspektiven

Industriell hergestellte Lehmbaustoffe sowie Lehmbauteile sind weit mehr als ein Relikt vergangener Bauweisen. Sie vereinen ökologische Vorteile, bauphysikalische Qualitäten und gestalterische Möglichkeiten, die sie zu einem relevanten Bestandteil einer zukunftsfähigen Baupraxis machen. Mit Blick auf die Klimaziele und die Transformation des Bausektors bietet Lehm erhebliche Potenziale. Insbesondere in Kombination mit industrieller Vorfertigung und hybriden Bauweisen können die Baustoffe ihre Fähigkeiten entfalten. Auch im urbanen Kontext gewinnt der Baustoff an Bedeutung, etwa durch den Einsatz in modularen Systemen. Ihr erfolgreicher Einsatz hängt jedoch entscheidend von einer fachgerechten Planung und Ausführung ab. Unter diesen Bedingungen kann Lehm eine sinnvolle Ergänzung in einem zunehmend kreislauforientierten und technikreduzierten robusten Bauwesen sein.

Dr. Ipek Ölcüm ist in Berlin geboren und Fachanwältin für Bau- und Architektenrecht und Wirtschaftsmediatorin (IHK). Sie ist Gründungsmitglied des Startup-Verbands Industrieverband Lehmbaustoffe e.V. und seit Juni 2023 Geschäftsführerin desselben. Zuvor war sie Geschäftsführerin beim Bundesverband Mineralische Rohstoffe e.V. und zeichnete dort verantwortlich für rechtliche Fragen im Zusammenhang mit Rohstoffsicherung, Umweltschutz und Folgenutzung. Nach dem Zweiten Juristischen Staatsexamen und der Promotion war sie fünf Jahre als Rechtsanwältin tätig. Ihre Tätigkeitsschwerpunkte waren das Private Baurecht, Architekten- und Ingenieurrecht und das Vergaberecht. Anschließend arbeitete sie beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) zunächst als Justiziarin und später leitete sie das Referat für Marktüberwachung sowie die Gemeinsame Marktüberwachungsbehörde der Länder für harmonisierte Bauprodukte. Ehrenamtlich ist sie aktiv als Vorsitzende der Schiedsstelle des Naturschutzbundes (NABU Bundesverband), Leiterin des Clusters Bauwirtschaft bei der Wirtschaftsvereinigung der Grünen und Auswahlkommissionsmitglied der Bucerius Law School.

6.1.3 Bauen neu denken mit Holz: Vom Start-up zur skalierbaren Bauweise

FOTO: TRIQBRIQ AG

Lewin Fricke

FOTO: TRIQBRIQ AG

Maximilian Wörner

Die Bauwirtschaft steht vor einer doppelten Transformation: Sie muss gleichzeitig bezahlbaren Wohn- und Nutzraum schaffen und ihren Ressourcen- sowie Energieverbrauch deutlich reduzieren. Klassische Bauweisen stoßen dabei zunehmend an Grenzen – nicht nur aufgrund ihrer CO_2-Bilanz, sondern auch wegen steigender Komplexität, hoher Kosten und wachsender Anforderungen an Rückbau und Kreislauffähigkeit. Holzbau wird in diesem Kontext häufig als zentrale Lösung diskutiert. Gleichzeitig zeigt die Praxis, dass viele bestehende Systeme nur bedingt geeignet sind, die Anforderungen der Zukunft zu erfüllen: Sie sind konstruktiv komplex, häufig stark von Klebstoffen oder Verbundmaterialien abhängig und im Rückbau nur eingeschränkt trennbar. Damit bleiben zentrale Potenziale der Kreislaufwirtschaft bislang ungenutzt. Vor diesem Hintergrund ist mit TRIQBRIQ ein Ansatz entstanden, der den Holzbau nicht nur materialseitig, sondern systemisch neu denkt.

Vom Experiment zur Unternehmensgründung

Die TRIQBRIQ AG wurde 2021 in Stuttgart gegründet mit dem Ziel, Massivholzbau grundlegend zu vereinfachen und gleichzeitig kreislauffähig zu machen. Ausgangspunkt war dabei keine neue Holzart oder ein weiteres Verbundprodukt, sondern eine grundlegende konstruktive Fragestellung: Wie lässt sich Holz so einsetzen, dass es im Bauwerk langfristig nutzbar bleibt – und nach der Nutzung erneut verwendet werden kann? Die Antwort darauf ist ein mikro-modulares Bausystem aus standardisierten Holzbausteinen, den sogenannten BRIQs. Diese werden aus Industrie-, Kalamitäts- und teilweise auch aus rückgebautem Holz gefertigt – also aus Ressourcen, die bislang häufig nur eingeschränkt im Bau eingesetzt oder energetisch verwertet wurden. Entscheidend ist dabei das konstruktive Prinzip: Die Bausteine werden ohne Klebstoffe oder metallische Verbindungsmittel verarbeitet und rein mechanisch miteinander verbunden. Dadurch entsteht eine tragende Massivholzkonstruktion, die sortenrein rückbaubar ist und deren Materialwert erhalten bleibt. Was zunächst wie ein einfaches Stecksystem wirkt, ist in der Konsequenz ein industriell gedachtes Bauprinzip: standardisiert, skalierbar und auf Kreislaufwirtschaft ausgelegt.

Vom Prototyp zur industriellen Fertigung

In den ersten Jahren nach der Gründung stand die technische Entwicklung im Vordergrund. Neben der konstruktiven Ausarbeitung des Systems wurden insbesondere Produktionsprozesse aufgebaut, die eine gleichbleibend hohe Qualität der Bausteine ermöglichen. Hier setzt TRIQBRIQ früh auf robotergestützte Fertigung. Ziel ist es, komplexe Arbeitsschritte von der Baustelle in die Produktion zu verlagern und dort unter kontrollierten Bedingungen zu standardisieren. Dieser Ansatz folgt einem übergeordneten Trend im Bauwesen: der zunehmenden Industrialisierung von Bauprozessen, um Fehlerquellen zu reduzieren und die Ausführung planbarer zu machen. Parallel dazu wurde das System kontinuierlich baupraktisch weiterentwickelt – insbesondere im Hinblick auf Tragverhalten, Bauphysik und standardisierte Details zur Reduktion von Schnittstellenproblemen. Im Zentrum dieser Entwicklung steht das Wandsystem selbst. TRIQBRIQ basiert auf mikro-modularen Holzbausteinen, die im Verband aufeinandergesetzt und über Holzdübel mechanisch miteinander verbunden werden – vollständig ohne Klebstoffe oder metallische Verbindungsmittel. So entsteht eine massive, monolithische Holzwand, die tragfähig ist und gleichzeitig sortenrein rückgebaut werden kann.

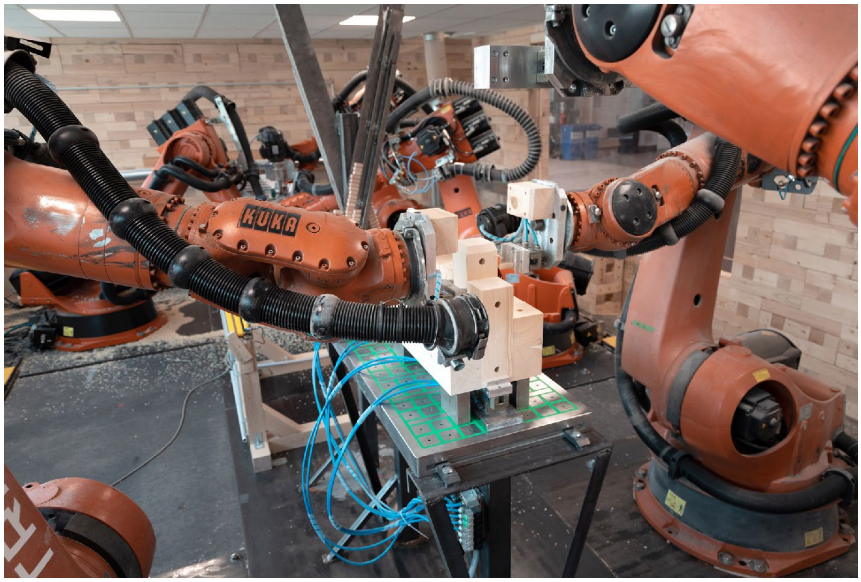


Abb. 01: Produktion der BRIQs [Foto: TRIQBRIQ AG]

Das aktuell meistgefragte System ist die Baureihe WS25 mit einer Wandstärke von 25 Zentimetern, die vor allem für tragende Außenwände eingesetzt wird. Konstruktiv besteht das System aus wenigen, klar definierten Elementen: einem Hauptelement mit 50 Zentimetern Länge, das den Großteil der Wandfläche bildet, sowie einem Ergänzungselement mit halber Länge, das insbesondere bei Öffnungen und im Verband zum Einsatz kommt. Beide Bausteine folgen einem einheitlichen Raster von 25 Zentimetern Höhe und Tiefe und lassen sich damit in bekannten Maßlogiken planen und verarbeiten. Die Wand entsteht lagenweise im Versatz, vergleichbar mit klassischem Mauerwerksbau. Die einzelnen Bausteine greifen über Zapfen und korrespondierende Aufnahmen ineinander und werden nach dem Aufsetzen durch Holzdübel kraftschlüssig verbunden. Ergänzend stehen systemeigene Bauteile wie Stützen und Biegeträger zur Verfügung, die Öffnungen, Lastabtrag und konstruktive Übergänge innerhalb desselben Prinzips abbilden. Für die Planung und Ausführung bedeutet das: wenige Bauteiltypen, ein klares Raster und wiederholbare Details. Gleichzeitig bleibt das System flexibel, da Anpassungen – etwa bei Öffnungen oder Wandlängen – innerhalb des Rasters oder durch einfache Ergänzungen erfolgen können. Ergänzend stehen Varianten mit 20 und 15 Zentimetern Wandstärke zur Verfügung, die je nach Anforderung etwa für Innenwände oder weniger stark belastete Bauteile eingesetzt werden können. Die konstruktive Logik bleibt dabei identisch und ermöglicht eine durchgängige Planung über unterschiedliche Anwendungen hinweg.

Vom Pilotprojekt zur breiten Anwendung

Der entscheidende Schritt für jede Bauinnovation liegt in der Anwendung. TRIQBRIQ hat diesen Schritt früh gesucht und das System zunächst in Pilotprojekten erprobt – und inzwischen in die Breite gebracht: Aktuell sind rund 40 Projekte realisiert oder befinden sich im Bau. Den Ausgangspunkt bildete ein erstes Projekt in Frankfurt im Jahr 2023, bei dem das System erstmals unter realen Bedingungen eingesetzt wurde. Bei dem mehrgeschossigen Wohngebäude ging es vor allem darum, die konstruktiven Prinzipien, die Montageprozesse und das Zusammenspiel mit anderen Gewerken zu validieren. Dieses frühe Projekt markiert den Übergang von der Entwicklung in die Anwendung.

Mit einem EDEKA-Markt in Braunschweig folgte ein erster größerer Anwendungsfall im gewerblichen Kontext. Rund 11.000 Holzbausteine wurden verbaut, um die tragenden Wandkonstruktionen vollständig im System abzubilden. Das Projekt zeigt exemplarisch, dass sich zirkuläre Bauprinzipien auch unter wirtschaftlichen und betrieblichen Anforderungen umsetzen lassen – bei gleichzeitig deutlicher Reduktion der CO_2-Emissionen gegenüber konventionellen Bauweisen. Parallel dazu wurde das System im Wohnungsbau weiterentwickelt und 2025 in Tübingen erstmals im Mehrfamilienhausbau eingesetzt. Damit konnte gezeigt werden, dass sich das Prinzip nicht nur für Einzelprojekte oder Sonderlösungen eignet, sondern auch auf skalierbare Gebäudetypologien übertragbar ist.

Abb. 02: Projekt EDEKA-Markt in Braunschweig [Foto: Lars Krumfuss]

Ein weiterer wichtiger Schritt ist der Einsatz im Bestand, etwa bei der Erweiterung einer Netto-Filiale unter laufendem Betrieb. Hier zeigt sich die Stärke der mikro-modularen Bauweise besonders deutlich: Eingriffe lassen sich präzise planen und mit vergleichsweise geringem Aufwand umsetzen – ein entscheidender Vorteil in Projekten mit engen zeitlichen und räumlichen Rahmenbedingungen. Mit zunehmender Projekterfahrung erweiterte sich auch das Anwendungsspektrum. Projekte wie »Kleiner Wohnen @ Land« der Raab Baugesellschaft zeigen, wie sich das System im Kontext neuer Wohnkonzepte und ländlicher Nachverdichtung einsetzen lässt. Hier entstehen insgesamt 24 Wohneinheiten in genossenschaftlicher Struktur, wovon 12 Wohneinheiten mit dem TRIQBRIQ-System umgesetzt werden – ein Volumen von 9.000 BRIQs.

Gleichzeitig wurden erste internationale Projekte umgesetzt, unter anderem in Italien und Chile. Sie zeigen, dass sich das Prinzip auch unter anderen klimatischen, regulatorischen und marktseitigen Bedingungen anwenden lässt. Damit verschiebt sich der Charakter der Projekte: von einzelnen Pilotvorhaben hin zu einer wachsenden Zahl realer Anwendungen, die das System unter unterschiedlichen Bedingungen erproben – und gleichzeitig die Grundlage für die weitere Skalierung bilden.

Abb. 03: Einfamilienhaus in Frankfurt [Foto: TRIQBRIQ AG]

Zirkuläres Bauen in der Praxis

Während diese Bauprojekte weltweit die Vorteile des Systems zeigen, geht ein Projekt einen Schritt weiter: die CRCLR HUT. Der Pavillon wurde 2024 von der Firma Hochtief auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens Berlin TXL aufgebaut. Dank zirkulärer Planung und zirkulärer Partnerunternehmen im Produktbereich war es möglich, den Pavillon 2025 vollständig zurückzubauen und an anderer Stelle neu zu errichten – mit nahezu identischen Bauteilen. 98 Prozent der Materialien konnten wiederverwendet werden. Rück- und Wiederaufbau wurden von der Firma Züblin durchgeführt. Dieses Projekt markiert einen wichtigen Entwicklungsschritt, weil es den Übergang von theoretischer Kreislauffähigkeit zur praktischen Umsetzung zeigt. Besonders relevant ist dabei auch die wirtschaftliche Dimension: Der Wiederaufbau war deutlich kostengünstiger als der ursprüngliche Neubau und hat inklusive Rückbau gerade einmal zwei Tage länger gedauert als der initiale Aufbau. Damit wird ein zentraler Aspekt deutlich, der für die Skalierung entscheidend ist: Zirkuläres Bauen ist nicht nur eine ökologische, sondern auch eine ökonomische Fragestellung.

Abb. 04: Aufbau CRCLR HUT [Foto: TRIQBRIQ AG]

Vom Projektgeschäft zur globalen Systemlösung

Mit zunehmender Anzahl realisierter Projekte hat sich der Fokus des Unternehmens verschoben. Während in der frühen Phase die technische Machbarkeit im Vordergrund stand, geht es heute zunehmend um Skalierung. Ein wichtiger Schritt ist dabei die Weiterentwicklung der Produktionskapazitäten. Neue Anlagen ermöglichen eine höhere Stückzahl und schaffen die Voraussetzung, größere Bauvorhaben zuverlässig zu bedienen. Ab Sommer 2026 produziert TRIQBRIQ im Stammwerk in Tübingen mit zwei roboterbasierten, vollautomatisierten Produktionslinien, die einen monatlichen Output von 20.000 BRIQs haben. Parallel dazu treibt das Unternehmen die Internationalisierung voran. Mit der Gründung einer Lizenzgesellschaft in Österreich ist das System erstmals strukturiert außerhalb Deutschlands etabliert. Weitere Partner finden sich aktuell in den Vereinigten Staaten, Schweden und Portugal. Ziel ist es, regionale Holzressourcen zu erschließen und die Bauweise in weiteren Märkten verfügbar zu machen. So entwickelt sich das System zunehmend von einer Einzelinnovation zu einer global skalierbaren Bauweise.

Einordnung für Planung und Baupraxis

Für Architekten, Planer und ausführende Unternehmen ergibt sich daraus eine veränderte Perspektive auf den Holzbau. Nicht mehr das einzelne Material steht im Vordergrund, sondern das Zusammenspiel aus Material, Konstruktion und Prozess. Das TRIQBRIQ-System adressiert dabei mehrere zentrale Herausforderungen gleichzeitig:

- Reduktion von Schnittstellen durch systematisierte Konstruktion,
- Vereinfachung der Ausführung durch klare, wiederholbare Prinzipien,
- Integration von Rückbau und Wiederverwendung bereits in der Planung.

Damit entsteht ein Ansatz, der nicht nur nachhaltiger ist, sondern auch robuster gegenüber typischen Fehlerquellen im Bauprozess. Ohne entsprechende Digitalisierung sind solche Prozesse unmöglich. Auf der Website des jungen Holzbau-Unternehmens kann daher eine Vielzahl von Planungsdienstleistungen BIM-ready in Anspruch genommen werden.

Ausblick

Die bisherigen Entwicklungen zeigen, dass zirkuläres Bauen technisch und wirtschaftlich umsetzbar ist. Gleichzeitig wird deutlich, dass die eigentliche Herausforderung in der Breite liegt: in der Übertragung auf unterschiedliche Gebäudetypen, Rahmenbedingungen und Akteure. Hier kommt der Zusammenarbeit eine zentrale Rolle zu. TRIQBRIQ versteht sich zunehmend als Systempartner und Plattform für zirkuläres Bauen – mit dem Ziel, gemeinsam mit Architekturbüros, Fachplanern, Projektentwicklern und Bauunternehmen neue Anwendungsfelder zu erschließen. Um diese Herausforderungen gemeinsam anzugehen, hat die TRIQBRIQ AG ein Partnernetzwerk ins Leben gerufen. Zugang ist über die TRIQBRIQ-Website möglich.

Lewin Fricke ist Kommunikations- und Public-Affairs-Experte mit Schwerpunkt auf Bau- und Immobilienwirtschaft, nachhaltiger Transformation und zirkulärem Bauen. Als Leiter Öffentlichkeitsarbeit der TRIQBRIQ AG verantwortet er die interne und externe Kommunikation eines der profiliertesten Holzbau-Start-ups im deutschsprachigen Raum. Dazu gehören Medienarbeit, politische Kommunikation, Veranstaltungsauftritte und die strategische Positionierung des Unternehmens gegenüber Bauwirtschaft, Immobilienbranche, Politik und Öffentlichkeit. Sein Schwerpunkt liegt darauf, disruptive Innovationen im Bausektor verständlich, glaubwürdig und anschlussfähig zu erklären. Dazu verbindet er journalistische Themenlogik, politisches Verständnis und technisches Grundverständnis. In seiner Rolle begleitet er die kommunikative und strategische Entwicklung der TRIQBRIQ AG seit ihrer Gründung und macht sichtbar, wie Massivholzbau, Ressourceneffizienz und zirkuläres Produktdesign zu einer industriell skalierbaren Alternative im Rohbau werden.

Maximilian Wörner ist Unternehmer, Serial-Founder und Vorstand der TRIQBRIQ AG. Als Gründer des Unternehmens verantwortet er die strategische Entwicklung eines der profiliertesten Holzbau-Start-ups im deutschsprachigen Raum – von der Produktentwicklung und der Skalierung bis zur Internationalisierung und Marktpositionierung im Bereich des kreislauffähigen Bauens. Sein Schwerpunkt liegt darauf, wirtschaftlich tragfähige Lösungen für die Transformation der Bauwirtschaft zu entwickeln. Mit TRIQBRIQ treibt er ein industriell skalierbares Massivholz-Bausystem voran, das Ressourceneffizienz, Kreislauffähigkeit und wirtschaftliche Umsetzbarkeit miteinander verbindet. Dabei verfolgt er die Überzeugung, dass die Bauwende nur gelingt, wenn nachhaltige Bauweisen auch ökonomisch wettbewerbsfähig sind. Vor der Gründung der TRIQBRIQ AG baute Maximilian Wörner mehrere Unternehmen in der Baubranche auf, darunter die AERMAX GmbH. Seine unternehmerische Erfahrung verbindet praktische Baustellenexpertise mit Innovationsdenken und strategischem Unternehmensaufbau. Unter seiner Führung entwickelte sich TRIQBRIQ innerhalb weniger Jahre von einer Produktidee zu einem international wachsenden Holzbau-Scale-up.

6.1.4 Nachhaltigkeit bei Dispersionsfarben: Zusammensetzung, Wirkung und naturbasierte Alternativen

Michael Maier

Die am häufigsten genutzte Innenwandfarbe in Deutschland ist die Dispersionsfarbe. Das Produkt ist allgegenwärtig, erschwinglich und technisch ausgereift. Moderne Innenwandfarben sind heute oft emissionsarm, wasserbasiert sowie lösemittel- und weichmacherfrei formuliert. Während Emissionen regulatorisch zunehmend adressiert werden, bleibt das erdölbasierte Bindemittel branchenweiter Standard: Fast alle in Deutschland verkauften Dispersionsfarben enthalten synthetische Polymere auf Erdölbasis. Die Nachhaltigkeitsbeurteilung verschiebt sich also zur Rohstoffbasis des Bindemittels. Der folgende Beitrag beschreibt die Zusammensetzung konventioneller Dispersionsfarben, erklärt die damit verbundenen Gesundheits- und Umweltfragen und gibt einen Überblick über naturbasierte Alternativen.

1 Dispersionsfarbe: Was steckt drin?

Dispersionsfarben dominieren seit den 1960er-Jahren den Markt für Innenraumanstriche. Ihre Durchsetzung war technisch logisch: Synthetische Polymere wie Acrylharze und Polyvinylacetat ermöglichen gute Verarbeitbarkeit, hohe Nassabriebbeständigkeit und industrielle Skalierbarkeit. Nahezu alle der in Deutschland verkauften Dispersionsfarben enthalten bis heute erdölbasierte Bindemittel dieser Art.[1]

Eine typische Dispersionsfarbe besteht aus Wasser als Trägermittel, einem synthetischen Kunstharzbindemittel, Pigmenten, mineralischen Füllstoffen sowie Additiven. Das Bindemittel ist das funktionale Herzstück: Es bildet nach dem Trocknen einen festen synthetischen Polymerfilm auf der Wand, also Kunstharz. Dieser gehört zur selben Materialklasse, die umgangssprachlich als Kunststoff bezeichnet wird. Dieser Polymeranteil kann bei Abrieb, Renovierung oder Rückbau potenziell zu Mikroplastikemissionen beitragen. Neben dem Bindemittel enthalten viele Produkte Konservierungsmittel sowie in manchen Rezepturen Weichmacher, auch wenn emissionsarme und weichmacherfreie Formulierungen heute weiter verbreitet sind.

1 Vgl. WECOBIS, Ökologisches Baustoffinformationssystem des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung: Dispersionsfarben. https://www.wecobis.de/bauproduktgruppen/oberflaechenbehandlungen-pg/farben-lacke-lasuren-pg/wand-deckenfarben-innen-aussen-pg/dispersionsfarben-pg.html [abgerufen am: 18.06.2026]

Der Anteil petrochemischer Inhaltsstoffe variiert je nach Produktqualität erheblich. Der Polymeranteil liegt dabei bei etwa 5 Prozent bei einfachen Produkten und rund 15 bis 20 Prozent bei professionellen Innenfarben.[2]

Produktkategorie	Petrochemischer Anteil (Gew.-%)	Petrochemischer Anteil (kg/l)
Günstige Innenwandfarbe	ca. 5 %	ca. 0,07 kg/l
Premium-Innenwandfarbe	ca. 15 bis 20 %	ca. 0,21 bis 0,28 kg/l

Abb. 01: Petrochemischer Anteil konventioneller Innenwandfarben [Quelle: Verschoor et al. (2016), EA (2022); eigene Berechnung auf Basis der Farbdichte 1,4 kg/l]

Ein handelsüblicher 10-Liter-Eimer Innenfarbe enthält je nach Produkt zwischen 0,7 und 2,8 Kilogramm synthetische Polymere. In der öffentlichen Diskussion wird dieser Anteil mitunter als Mikroplastik bezeichnet. Regulatorisch erfasst ist das Bindemittel in flüssiger Form jedoch nicht: Die EU-Verordnung 2023/2055 unter REACH gilt nur für feste synthetische Polymere.[3] Je höher die Nassabriebklasse nach DIN EN 13 300, desto höher ist in der Regel der synthetische Polymeranteil. Wer eine abriebfeste Qualitätsfarbe kauft, kauft damit zwangsläufig mehr petrochemisches Bindemittel.

2 Inhaltsstoffe und ihre Wirkung

Die Bewertung konventioneller Dispersionsfarben setzt bereits bei der Herstellung an. Die Gewinnung fossiler Rohstoffe für Bindemittel ist mit erheblichem Energieeinsatz, Emissionen und vor allem Umweltrisiken verbunden. Bei Weichmachern und Konservierungsmitteln gelangen zusätzlich Schadstoffe in Innenraumluft und Umwelt, wobei viele aktuelle Produkte hier bereits strenge Emissionsanforderungen erfüllen. Die eigentliche Lücke liegt heute weniger bei flüchtigen Emissionen als beim synthetischen Polymeranteil des Bindemittels, der weder deklarationspflichtig noch mengenmäßig begrenzt ist.

2.1 Flüchtige und halbflüchtige organische Verbindungen

Beim Streichen und in den ersten Tagen danach können flüchtige organische Verbindungen (VOC) freigesetzt werden. Sie sind verantwortlich für den typischen Farbgeruch und können kurzfristig Atemwegsreizungen und Schwindel auslösen. Quellen sind organische Lösungsmittelanteile, die der Farbe zur Unterstützung von Verarbeitung und Filmbildung beigemischt

2 Vgl. Paruta, P., Pucino, M., Boucher, J.: Plastic Paints the Environment. A global assessment of paint's contribution to plastic leakage to Land, Ocean & Waterways. Environmental Action (EA), Lausanne, 2022.
Berechnung auf Basis einer Farbdichte von 1,4 kg/L. Vgl. zur generellen Einordnung von Farben als Mikroplastikquelle im Bau- und DIY-Sektor auch Verschoor, A. et al.: Emission of microplastics and potential mitigation measures: Abrasive cleaning agents, paints and tyre wear. RIVM Report 2016- 0026. Bilthoven, 2016

3 REACH (Verordnung EU 2023/2055) beschränkt synthetische Polymermikropartikel, definiert als feste Polymere unter 5 Millimeter. »Mikroplastik« ist dabei kein Rechtsbegriff der Verordnung, sondern der umgangssprachliche Begriff. Flüssige Polymerdispersionen wie Farbenbindemittel erfüllen die Festkörper-Voraussetzung nicht und fallen damit außerhalb des Geltungsbereichs.

werden. Das Hauptlösungsmittel wasserbasierter Dispersionsfarben ist Wasser und damit kein VOC. Einige Innenwandfarben sind heute aber auch lösemittelfrei formuliert und erfüllen geltende Emissionsanforderungen des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) nach dem AgBB-Schema oder Vergleichbarem.[4]

Nach der WHO-Klassifikation werden VOC und SVOC (halbflüchtige VOC) anhand ihres Siedepunktbereichs unterschieden: VOC reichen etwa von 50 bis 260 °C, SVOC von 260 bis 380 °C. Als TVOC, Total Volatile Organic Compounds, wird die Summe aller einzelnen VOC-Konzentrationen bezeichnet. Dieser Sammelparameter wird unter anderem im AgBB-Schema zur Bewertung von Bauprodukten verwendet.[5]

Halbflüchtige organische Verbindungen (SVOC) sind weniger bekannt, toxikologisch aber ebenso relevant. Sie verdampfen langsamer, sind geruchlos und lagern sich überwiegend an Oberflächen und Staubpartikeln statt in der Gasphase ab. So werden SVOC über Monate und Jahre von gestrichenen Wänden abgegeben und reichern sich in Hausstaub an, wo sie über Einatmung, Verschlucken oder Hautkontakt aufgenommen werden können. In Räumen mit geringem Luftwechsel entsteht so eine chronische Hintergrundbelastung.[6]

2.2 Weichmacher und Konservierungsmittel

Weichmacher werden in manchen Rezepturen als Lösemittelersatz oder zur Flexibilisierung des Polymerfilms eingesetzt. Viele sind hormonell wirksam und stehen im Verdacht, das endokrine System zu beeinflussen. Es existieren jedoch auch einige weichmacherfreie Rezepturen. Konservierungsmittel halten die Farbe in der Dose haltbar; einige sind als hautreizend und allergisierend eingestuft. In manchen Rezepturen kann es auch zur Freisetzung von Formaldehyd kommen, einem Stoff mit krebserregender Wirkung.[7]

2.3 Petrochemische Inhaltsstoffe in der Umwelt

Synthetische Polymere aus Dispersionsfarben können über verschiedene Wege in die Umwelt gelangen: durch Abrieb und Witterung im Außenbereich, beim Abschleifen von Oberflächen bei Renovierungen sowie durch Auswaschen von Werkzeug ins Abwasser. Den größten Beitrag leisten witterungsexponierte Anwendungen wie Fassadenanstriche, während Innenwandfarben ihren Polymeranteil über die Nutzungsdauer meist gebunden halten. Am

4 Vgl. Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB): Anforderungen an die Innenraumluftqualität in Gebäuden: Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VVOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten. AgBB – Bewertungsschema für VOC aus Bauprodukten; Stand: September 2024

5 Vgl. Seifert, B.: Richtwerte für die Innenraumluft. Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 42 (1999), Nr. 3, S. 270 – 278, Klassifikation organischer Verbindungen nach WHO.

6 Vgl. Seifert, B.: Richtwerte für die Innenraumluft. Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 42 (1999), Nr. 3, S. 270 – 278, sowie Salthammer, T.: Schadstoffe im Innenraum, aktuelle Handlungsfelder. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 61 (2018), Nr. 6, S. 656 – 666.

7 Vgl. Salthammer, T.: Schadstoffe im Innenraum, aktuelle Handlungsfelder. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 61 (2018), Nr. 6, S. 656 – 666 sowie Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.de/themen/weichmacher-ein-unsichtbares-problem [abgerufen am: 18.06.2026]

Lebenszyklusende landet die Farbschicht im Bauschutt. Studien schätzen, dass über die gesamte Lebensdauer einer Innenfarbe rund 23 Prozent des Polymeranteils in verschiedene Verlustpfade übergehen.[8]

Welche Eintragspfade mengenmäßig am stärksten ins Gewicht fallen, ist wissenschaftlich noch nicht abschließend beantwortet. Davon unabhängig bleibt die fossile Rohstoffbasis selbst ein Umweltproblem: Die Klimabelastung entsteht bereits bei Gewinnung und Herstellung des Bindemittels und lässt sich allein über Emissionspfade nicht abbilden.

Stoffgruppe	Funktion in der Farbe	Potenzielle Wirkung
Bindemittel	bildet Polymerfilm nach dem Trocknen	Umweltschäden bei Abbau; potenzielle Mikroplastikemissionen
Lösungsmittel	unterstützen Verarbeitung und Filmbildung	Quelle von VOC, kurzfristig Atemwegsreizungen und Schwindel, bei wiederholter Exposition werden Langzeitfolgen diskutiert
Weichmacher	Flexibilisieren den Polymerfilm	hormonell wirksam, im Verdacht auf endokrine Wirkung
Konservierungsmittel	sichern die Haltbarkeit der Farbe	potenziell hautreizend, allergisierend oder schwerwiegendere Gesundheitsrisiken

Abb. 02: Inhaltsstoffe konventioneller Wandfarben und ihre gesundheitliche/ökologische Relevanz [Quelle: EA (2022); Salthammer, T. (2018); Umweltbundesamt (o. J.); Seifert, B. (1999)]

3 Regulatorischer Stand

Bestehende Regulierungsansätze wie die EU-Decopaint-Richtlinie (2004/42/EG), das AgBB-Schema sowie der Blaue Engel für emissionsarme Innenwandfarben (DE-UZ 102) setzen primär an flüchtigen Emissionen an.[9] Der petrochemische Anteil des Bindemittels als Hauptbestandteil wird davon nicht erfasst. Auch REACH greift hier nur begrenzt. Die Verordnung 2023/2055 beschränkt synthetische Polymermikropartikel, also feste Polymerpartikel unter 5 Millimeter.

8 Vgl. Paruta, P., Pucino, M., Boucher, J.: Plastic Paints the Environment. A global assessment of paint's contribution to plastic leakage to Land, Ocean & Waterways. Environmental Action (EA), Lausanne, 2022.
Schätzung auf Basis der global produzierten Farbenmengen und deren Polymeranteil; 58 Prozent des Mikroplastiks in den Gewässern stammen laut EA von Farbprodukten, ca. 48 Prozent der plastikbedingten Emissionen aus Farben entfallen auf das Bauwesen. 71 Prozent des verarbeiteten Kunststoffs entfällt auf Innenfarben, von denen über die gesamte Lebensdauer eines Anstrichs ca. 23 Prozent in verschiedene Verlustpfade übergehen (Wear and Tear, Entfernung, End-of-Life).

9 Europäisches Parlament und Rat: Richtlinie 2004/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aufgrund der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Farben und Lacken und in Produkten der Fahrzeugreparaturlackierung sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/13/EG. Brüssel, 2004. Vgl. auch Umweltbundesamt: Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB): Anforderungen an die Innenraumluftqualität in Gebäuden: Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VVOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten. AgBB – Bewertungsschema für VOC aus Bauprodukten; Stand: September 2024, sowie Blauer Engel: Vergabekriterien DE-UZ 102, Emissionsarme Innenwandfarben, aktuelle Fassung.

Das Kunstharzbindemittel wird als flüssige Polymerdispersion eingesetzt und fällt damit nicht unter diese Regelung.[10] Das Ergebnis ist eine regulatorische Lücke: Der mengenmäßig größte petrochemische Anteil einer Dispersionsfarbe unterliegt weder einer Mengenbegrenzung noch einer Deklarationspflicht. Der Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie empfiehlt in seiner Deklarationsrichtlinie VdL-RL 01, die Bindemittelart auf dem Etikett oder im technischen Merkblatt anzugeben.[11] Diese Richtlinie ist jedoch freiwillig, weshalb die meisten Hersteller darauf verzichten. In der Anwendung fehlt somit die Grundlage, um Produkte nach diesem Kriterium zu vergleichen.

Ein konkretes Beispiel für diese Grenzen ist der Begriff »VOC-frei«. Nach der EU-Decopaint-Richtlinie gilt eine Farbe als VOC-frei, wenn ihr VOC-Gehalt unter einem Gramm pro Liter liegt. Allerdings sagt das Label »VOC-frei« nichts über den synthetischen Polymeranteil aus. Eine Farbe kann diesen Grenzwert einhalten und gleichzeitig 20 Gewichtsprozent Polyacrylat-Bindemittel enthalten. Für eine vollständige Produktbewertung reicht die alleinige Betrachtung von Emissionen daher nicht aus. Zu beachten ist, dass künftige Erweiterungen der REACH-Mikroplastikregulierung möglicherweise auch biobasierte Polymere erfassen könnten (ungeachtet ihrer Rohstoffherkunft oder biologischen Abbaubarkeit). Eine sachgerechte Regulierung sollte beides unterscheiden, um nachwachsende Rohstoffe nicht strukturell zu benachteiligen.

4 Naturbasierte Alternativen: Stand der Technik

Die Substitution petrochemischer Bindemittel ist technisch in verschiedenen Reifegraden verfügbar. Alle genannten Alternativen setzen überwiegend auf nachwachsende Rohstoffe und können damit die Klimabelastung durch Gewinnung und Verarbeitung fossiler Ausgangsstoffe wesentlich reduzieren. Reine Kalk- und Silikatfarben kommen ohne synthetische Polymere aus und binden chemisch mit dem Untergrund, erfordern aber spezifische Untergrundvorbereitung und sind in der Renovierung nicht universell einsetzbar. Lehmfarben und -putze regulieren die Raumluftfeuchtigkeit aktiv und gelten als gut biologisch abbaubar, sind in Abriebfestigkeit und Feuchtebeständigkeit aber konventionellen Produkten in der Regel unterlegen.

Pflanzenbasierte Dispersionen sind technisch anspruchsvoller und für den Massenmarkt relevanter. Hier wird das erdölbasierte Bindemittel durch ein biologisches Äquivalent aus nachwachsenden Rohstoffen ersetzt, während die übrigen Produkteigenschaften weitgehend erhalten bleiben oder verbessert werden. Ein Praxisbeispiel ist die biobasierte Dispersionsfarbe der Mynt GmbH.

10 Europäische Kommission: Verordnung (EU) 2023/2055 der Kommission vom 25. September 2023 zur Änderung von Anhang XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) hinsichtlich synthetischer Polymermikropartikel (Text von Bedeutung für den EWR)

11 Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V. (VdL) (Hrsg.): VdL-Richtlinie 01 zur Deklaration von Lacken, Farben, Lasuren, Putzen, Spachtelmassen, Grundbeschichtungsstoffen und verwandten Produkten. 9. Revision, Stand: Juni 2024

Rohstoffgrundlage: Das Bindemittel ist zertifiziert biogen und wird aus Reststoffen der Mais- und Weizenverarbeitung gewonnen. Zusätzlich werden Naturpigmente verwendet, die der Farbe durch ihre UV-Beständigkeit eine längere Lebensdauer verschaffen.

Potenziell gefährliche Stoffe: Der Rezeptur werden keine petrochemischen Polymere, keine Lösungsmittel und keine Weichmacher aktiv zugesetzt. Der synthetische Polymeranteil, der bei konventionellen Produkten potenziell zu Mikroplastikemissionen beitragen kann, entfällt damit. Die Farben sind VOC-frei (< 1 Gramm/Liter). Bei pigmentierten Farben ist, wie standardmäßig bei abgemischten Farben notwendig, ein geringer Anteil an Konservierungsmitteln erforderlich. Dabei erfüllt die Rezeptur weiterhin anerkannte Zertifizierungsstandards, etwa das AgBB-Schema oder die Emissionsklasse A+ (Emissionen in die Innenraumluft). Die weiße Farbe kommt ohne Konservierungsmittel aus.

Nachhaltigkeit und Anwendung: Die Produktion findet lokal in Deutschland mit Ökostrom statt. In Verarbeitung und Deckkraft entspricht das Produkt gängigen professionellen Dispersionsfarben, bei einer Reichweite von 9 bis 10 Quadratmetern pro Liter (unter realen Bedingungen), je nach Produktkategorie, bis hin zur höchsten Nassabriebklasse nach DIN EN 13 300.

Mynt-Farben wurden bislang unter anderem in privaten Wohnhäusern, Bildungs- und Gesundheitseinrichtungen sowie Büro-, Filial- und Handelsflächen eingesetzt. Dabei sind Partnerschaften mit Bauunternehmen, Malerbetrieben, Planungsbüros und Unternehmen mit größerem Immobilienbestand entstanden.

5 Fazit

Dispersionsfarben sind im Bauwesen allgegenwärtig und funktional kaum zu ersetzen. Viele aktuelle Produkte sind emissionsarm, wasserbasiert sowie lösemittel- und weichmacherfrei formuliert. Die eigentliche Nachhaltigkeitsfrage liegt heute zunehmend beim synthetischen Polymeranteil des Bindemittels, der bei 5 bis 20 Prozent liegt und weder deklarationspflichtig noch mengenmäßig begrenzt ist. Dieser Anteil kann bei Abrieb, Renovierung und Rückbau potenziell zu Mikroplastikemissionen beitragen. Naturbasierte Alternativen zeigen, dass Leistung und ökologische Verträglichkeit keine Gegensätze sein müssen. Für eine sachgerechte Bewertung und Weiterentwicklung braucht es eine transparente Deklaration der Inhaltsstoffe sowie standardisierte Lebenszyklusdaten.

Michael Maier ist Co-Founder der Mynt GmbH mit Sitz in Mainz. Sein betriebswirtschaftliches Studium an der Universität Graz mit Nachhaltigkeit als einer der Schwerpunkte legte die Grundlage für sein berufliches Engagement in der Farbbranche. Bei Mynt verantwortet er Strategie, B2B-Vertrieb, Partnerschaften sowie Produktgesundheit und Nachhaltigkeit. Mynt bietet biobasierte Farben und Beschichtungen aus natürlichen Inhaltsstoffen und landwirtschaftlichen Reststoffen und wurde für seinen Ansatz mehrfach ausgezeichnet.

6.2 Zirkuläre Zukunft: Wirtschaften im Kreislauf

Ressourcen sind endlich, diese Gewissheit spielt eine immer größere Rolle im Bereich Planen und Bauen. Dies gilt für den Neubau, aber auch für die Bestandssanierung. 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 Bauwerkes zu entnehmen und in einem „neuen" Bauwerk wiederzuverwenden bzw. zu recyceln, ist eine der großen Herausforderungen der heutigen Zeit. 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 funktioniert.

6.2.1 Warum wir mit Abfallwirtschaft keine Kreislaufwirtschaft bauen können

Katrin Mees

Wir haben ein ziemlich gut funktionierendes System. Eines, das Dinge zuverlässig aus unserem Blickfeld verschwinden lässt. Schnell, effizient und rechtssicher. Es heißt Abfallwirtschaft. Genau dieses System versuchen wir gerade umzubauen, zu einer Kreislaufwirtschaft. Das ist ungefähr so, als würde man aus einem Einbahnstraßensystem einen Kreisverkehr machen wollen, indem man einfach ein paar neue Schilder aufstellt. Man kann das versuchen, man wird vielleicht auch Bewegung sehen. Aber am Ende fahren alle weiterhin in eine Richtung, nur mit etwas mehr Verwirrung. Der Denkfehler liegt nämlich tiefer.

Abfallwirtschaft ist darauf ausgelegt, Dinge zu beenden. Kreislaufwirtschaft ist darauf angewiesen, dass nichts wirklich endet.

Wir arbeiten also mit einem System, das für das Gegenteil dessen gebaut wurde, was wir erreichen wollen und wundern uns, dass es hakt. Vielleicht liegt die Herausforderung deshalb nicht darin, Materialien besser zu recyceln, sondern darin, aufzuhören, sie gedanklich überhaupt erst zu Abfall zu machen. Wenn man diesen Gedanken konsequent weiterdenkt, stellt sich fast zwangsläufig eine unbequeme Frage. Reicht es aus, das bestehende System zu erweitern, oder versuchen wir gerade, zwei grundsätz-

lich unterschiedliche Logiken miteinander zu vermischen? Vielleicht liegt die eigentliche Lösung nicht darin, Abfallwirtschaft und Kreislaufwirtschaft enger zusammenzuführen, sondern sie klarer zu trennen. Ein System für Materialien, die sicher im Umlauf gehalten werden können. Und ein System für diejenigen, bei denen genau das nicht möglich ist. Der Unterschied wäre nicht organisatorisch, sondern gedanklich.

In einem Fall steht der Entledigungswille im Mittelpunkt. Materialien werden entfernt, behandelt und so gesteuert, dass von ihnen keine Gefahr für Mensch und Umwelt ausgeht. Grenzwerte, Einbauklassen und Schutzgüter wie Boden, Wasser und Luft bilden dafür einen verlässlichen Rahmen. Dieses System ist notwendig und wird es auch bleiben, weil es Sicherheit garantiert. Im anderen Fall geht es nicht um das Ende, sondern um die Fortsetzung. Materialien werden nicht als potenzielles Risiko betrachtet, sondern als Teil eines funktionierenden Systems. Die zentrale Frage verschiebt sich: nicht mehr, ob ein Grenzwert eingehalten wird, sondern ob ein Material in einem definierten Kontext sicher für Mensch und Umwelt im Kreislauf geführt werden kann. Das klingt zunächst nach einem feinen Unterschied, verändert aber die Perspektive grundlegend.

Grenzwerte betrachten Materialien isoliert. Sie beantworten die Frage, ob ein Stoff unter bestimmten Bedingungen zulässig ist. Eine systemische Betrachtung geht weiter. Sie fragt, wo ein Material eingesetzt wird, welche Wechselwirkungen entstehen, welche Nutzungsdauer erreicht wird und welche Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu erwarten sind. Gerade im Baubereich wird deutlich, warum dieser Perspektivwechsel notwendig ist. Unsere gebaute Umwelt ist längst zu einem urbanen Lager geworden, in dem sich hochwertige Materialien und problematische Stoffe gleichzeitig befinden. Vollständig trennen lässt sich das heute oft nicht. Gleichzeitig entstehen immer mehr neue Verfahren, neue Technologien und neue Geschäftsmodelle, die genau an dieser Herausforderung ansetzen.

Wenn wir Kreislaufwirtschaft ernst nehmen, müssen wir diese Realität akzeptieren. Es wird Materialien geben, die wir heute noch nicht vollständig verstehen oder technisch sauber trennen können. Es wird aber auch Lösungen geben, die wir heute noch nicht kennen.

Ein System, das ausschließlich auf Abgrenzung und Ausschluss basiert, stößt hier an seine Grenzen. Ein System, das Entwicklung zulässt und gleichzeitig Sicherheit gewährleistet, eröffnet neue Möglichkeiten. Der entscheidende Punkt ist deshalb nicht, ob wir uns für das eine oder das andere System entscheiden. Entscheidend ist, ob wir den Mut haben, den Kreislaufgedanken zur leitenden Logik zu machen und die Abfallwirtschaft dort einzusetzen, wo sie tatsächlich notwendig ist.

Kreislaufwille vor Entledigungswille

Das ist keine sprachliche Feinheit, sondern eine Prioritätensetzung. Eine, die darüber entscheidet, ob Materialien im System bleiben oder es verlassen. Und damit auch darüber, ob wir Ressourcen dauerhaft sichern oder weiterhin verbrauchen. Denn eines wird sich nicht ändern, wir wirtschaften in einem geschlossenen System, der Erde. Alles, was wir heute erzeugen, bleibt Teil dieses Systems. Die Frage ist lediglich, ob wir lernen, damit umzugehen. Dieser Perspektivwechsel findet nicht im luftleeren Raum statt. Er ist längst Teil der politischen und wirtschaftlichen Realität, auch wenn die Systeme selbst noch nicht vollständig darauf ausgerichtet sind.

Mit der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie wird die Zirkularisierung erstmals als übergeordnete Leitaufgabe formuliert. Auf europäischer Ebene kündigt sich mit dem Circular Economy Act ein Rechtsrahmen an, der bestehende Einzelregelungen zusammenführen und weiterentwickeln soll. Ergänzt wird dies durch Initiativen wie den Critical Raw Materials Act, der die Versorgung mit strategisch wichtigen Rohstoffen in den Mittelpunkt rückt. Diese Entwicklungen zeigen deutlich, dass es nicht mehr nur um Umweltpolitik geht. Kreislaufwirtschaft wird zur Frage wirtschaftlicher Stabilität, industrieller Leistungsfähigkeit und zunehmend auch geopolitischer Handlungsfähigkeit. Die aktuelle Weltlage macht dabei sichtbar, was uns lange eher abstrakt erschien. Abhängigkeiten von globalen Lieferketten, geopolitische Spannungen und volatile Rohstoffmärkte führen vor Augen, wie verletzlich lineare Systeme sind. Wer Rohstoffe importieren muss, ist abhängig. Wer sie im eigenen System halten kann, gewinnt Handlungsspielraum.

In diesem Zusammenhang erhält ein Gedanke besondere Klarheit. Die einzigen Rohstoffe, die wir in Deutschland in nennenswertem Umfang zur Verfügung haben, sind die Materialien, die sich bereits im Bestand befinden. Gebäude, Infrastrukturen und technische Anlagen bilden ein urbanes Lager, das über Jahrzehnte gewachsen ist und gewisse Mengen an Ressourcen enthält. Ergänzt wird dieses Lager durch die Primärrohstoffe, die weiterhin verfügbar und notwendig, aber auch endlich sind. Wenn Kreislaufwirtschaft unter diesen Voraussetzungen gedacht wird, verändert sich ihr Stellenwert grundlegend. Sie ist nicht mehr nur ein Instrument zur Abfallvermeidung oder Emissionsreduktion. Sie wird zu einer Strategie der Ressourcensicherung.

Genau hier schließt sich der Kreis zu der Frage, wie wir unsere Systeme ausrichten. Solange Materialien, die den Kreislauf verlassen, als Abfall betrachtet werden, bleiben sie Teil eines Systems, das auf Entfernung ausgelegt ist. Erst wenn sie als strategische Ressource verstanden werden, entsteht die Notwendigkeit, sie im Umlauf zu halten. Politische Strategien setzen hierfür wichtige Impulse. Sie formulieren Ziele, schaffen Rahmenbedingungen und lenken Aufmerksamkeit. Gleichzeitig wird in der praktischen Umsetzung deutlich, dass bestehende Strukturen nicht ohne Weiteres auf diese neue Logik übertragbar sind. Zwischen Anspruch und Realität entsteht ein Spannungsfeld, das aktuell vielerorts sichtbar wird.

Dieses Spannungsfeld ist noch kein Zeichen des Scheiterns, es ist Ausdruck eines Systemwechsels, das Zeit benötigt. Entscheidend ist, in welche Richtung sich dieser Wandel entwickelt. Wird die Kreislaufwirtschaft in bestehende Strukturen eingepasst, bleibt sie ein Zusatz. Wird sie zur leitenden Logik, verändert sich das System selbst. Genau an diesem Punkt stehen wir heute.

Die große Chance der Zirkularisierung

Wenn man sich die Entwicklung unserer Wirtschaft anschaut, erkennt man ein Muster. Fortschritt entsteht selten zufällig, er baut aufeinander auf. Die Industrialisierung hat uns beigebracht, wie wir Material in großem Maßstab bewegen, verarbeiten und verfügbar machen. Sie hat die Maschine erfunden und damit die Fähigkeit, aus Rohstoffen Produkte in einer Geschwindigkeit zu erzeugen, die zuvor unvorstellbar war. Sie hat die Welt leistungsfähig gemacht, aber auch linear. Mehr hinein, mehr heraus.

Die Digitalisierung hat einen nächsten Schritt ermöglicht. Sie hat Prozesse sichtbar gemacht, vernetzt und steuerbar. Daten wurden zum neuen Werkzeug, Informationen zum verbindenden Element zwischen Planung, Produktion und Nutzung. Zum ersten Mal konnten wir nicht nur Dinge herstellen, sondern auch verstehen, was wir dabei tun. Die Zirkularisierung ist die logische Fortsetzung dieser Entwicklung. Sie verbindet das, was wir längst können, zu einem funktionierenden System.

Dabei geht es um mehr als das, was heute unter dem Begriff Circular Economy diskutiert wird. Circular Economy beschreibt häufig die technische und organisatorische Umsetzung von Kreisläufen, also die Frage, wie Materialien effizienter genutzt, recycelt und wieder eingesetzt werden können. Zirkularisierung geht einen Schritt weiter. Sie verändert nicht nur die Prozesse, sondern die Perspektive. Sie ist kein Maßnahmenkatalog, sondern ein Denkmodell. Eines, das die grundlegende Frage anders stellt. Nicht mehr: Wie können wir mit Abfällen besser umgehen? Sondern: Warum entstehen sie überhaupt? Nicht mehr: Wie organisieren wir Recycling? Sondern: Wie gestalten wir Systeme so, dass Materialien gar nicht erst aus dem Kreislauf herausfallen?

Zirkularisierung bedeutet, den Fokus vom Ende an den Anfang zu verschieben. Von der Entsorgung zur Gestaltung. Von der Optimierung einzelner Schritte zur Intelligenz des gesamten Systems. In diesem Sinne ist sie näher an einem Stoffwechsel als an einer technischen Lösung. Materialien werden nicht nur verarbeitet, sondern kontinuierlich in Bewegung gehalten. Sie verändern ihre Form, ihre Funktion und ihren Ort, bleiben aber Teil eines übergeordneten Zusammenhangs. Genau darin liegt ihr Unterschied. Während Circular Economy häufig bestehende Systeme verbessert, stellt Zirkularisierung die Systeme selbst zur Disposition. Sie fragt nicht, wie wir das Beste aus dem Bestehenden

machen, sondern ob die Art, wie wir heute wirtschaften, überhaupt noch zum Ziel passt. Maschinen werden nicht nur effizienter, sie könnten intelligenter werden, weil sie Teil eines größeren Zusammenhangs sind. Stoffströme könnten sichtbar sein. Materialbewegungen nachvollziehbar. Entscheidungen würden nicht mehr isoliert getroffen, sondern im Kontext eines Systems, das sich selbst organisiert.

Technisch ist Vieles davon längst möglich. Was fehlt, ist die Verbindung. Vielleicht lässt sich das am einfachsten mit einem Bild beschreiben. Wer heute ein Navigationssystem nutzt, sieht nicht nur die Straße vor sich, sondern den gesamten Weg. Alternativen werden angezeigt, Staus umfahren, Ziel und Richtung bleiben dabei jederzeit klar. Genau diese Qualität fehlt uns im Umgang mit Materialien. Wir wissen, wie wir bauen, produzieren und entsorgen. Was oft fehlt, ist die durchgängige Sicht auf den Weg dazwischen und danach. Wo kommt ein Material her, wo geht es hin, welche Funktion kann es als Nächstes erfüllen und unter welchen Bedingungen bleibt es sicher im System?

Die einzelnen Bausteine dafür sind vorhanden. Daten können erfasst werden, Materialien analysiert, Prozesse gesteuert. Gleichzeitig arbeiten diese Informationen häufig nebeneinander statt miteinander. Geschäftsmodelle sind überwiegend linear organisiert, Daten werden zurückgehalten, Zuständigkeiten klar abgegrenzt. Was fehlt, ist die Bereitschaft und die Struktur, diese Informationen zusammenzuführen. Nicht das Wissen fehlt uns, sondern die Verbindung des Wissens. So entstehen Lücken genau dort, wo Entscheidungen getroffen werden. Informationen, die vorhanden sind, werden nicht genutzt, weil sie nicht verfügbar sind oder nicht geteilt werden. Potenziale bleiben ungenutzt, weil das System sie nicht sichtbar macht.

Zirkularisierung beschreibt deshalb weniger einen Zustand als eine Fähigkeit. Die Fähigkeit, vorhandenes Wissen zu verbinden, Stoffströme transparent zu machen und Entscheidungen auf einer vollständigen Informationsbasis zu treffen. Damit verändert sich auch die Art, wie wir wirtschaften. Im linearen System entsteht Wert einmal. Rohstoffe werden gewonnen, verarbeitet und am Ende aus dem System entfernt. Im zirkulären System bleibt dieser Wert erhalten und wird immer wieder neu erschlossen. Ein Material durchläuft mehrere Nutzungsphasen, wird aufbereitet, angepasst, weitergegeben und in neuen Kontexten eingesetzt. Aus einer Wertschöpfung wird eine Wertkette im eigentlichen Sinne. Diese Verschiebung eröffnet neue Möglichkeiten. Aus Rückbau wird Rohstoffgewinnung. Aus Aufbereitung wird Industrie. Aus Materialwissen wird eine eigenständige wirtschaftliche Kompetenz. Neue Geschäftsmodelle entstehen entlang der gesamten Nutzungskette, von der Planung über die Nutzung bis zur nächsten Verwendung.

Gerade hier liegt eine besondere Chance für Deutschland und Europa. Die verfügbaren Primärrohstoffe sind begrenzt. Gleichzeitig verfügen wir über ein über Jahrzehnte gewachsenes System aus Bauwerken, Infrastrukturen und technischen Anlagen, ein urbanes Lager, das enorme Mengen an Materialien enthält. Diese urbane Mine ist kein Nebenprodukt. Sie ist die eigentliche Ressource der Zukunft.

Hinzu kommt eine technologische Stärke, die oft unterschätzt wird. Unsere Aufbereitungs- und Trenntechnologien gehören in vielen Bereichen zur Weltspitze. Das Wissen, Materialien zu sortieren, zu qualifizieren und wieder in den Kreislauf zu führen, ist vorhanden und kann weit über den eigenen Markt hinaus Wirkung entfalten. Zirkularisierung eröffnet damit nicht nur ökologische, sondern auch wirtschaftliche Perspektiven. Sie schafft Märkte, die auf Dauerhaftigkeit und Wiederverwendung aufbauen. Sie stärkt regionale Wertschöpfung und reduziert Abhängigkeiten von globalen Lieferketten. Sie macht aus einem Entsorgungsproblem eine industrielle Chance.

Dabei ist wichtig, zu verstehen, dass diese Entwicklung nicht vollständig planbar ist. Neue Verfahren, neue Technologien und neue Geschäftsmodelle entstehen oft erst, wenn das System beginnt, sich zu verändern. Herausforderungen werden nicht im Voraus vollständig gelöst, sondern im Prozess. Genau darin liegt ihre Stärke. Zirkularisierung ist kein fertiges Konzept, das man einmal implementiert und dann abhakt. Sie ist ein dynamisches System, das Innovation hervorbringt, weil es sie benötigt. Die entscheidende Frage ist deshalb nicht, ob wir uns diese Entwicklung leisten können. Die eigentliche Frage ist, ob wir es uns leisten können, sie nicht zu gestalten. Denn die Richtung ist klar. Die Aufgaben müssen nur richtiggestellt werden.

Der Weg in die Zirkularisierung

Wenn man die Zirkularisierung als neues System versteht, stellt sich zwangsläufig die nächste Frage. Wie kommen wir dorthin? Die ehrliche Antwort ist: nicht über Nacht und nicht durch einen einzelnen politischen Beschluss. Zirkularisierung entsteht nicht durch einen Systemwechsel auf dem Papier, sondern durch eine schrittweise Verschiebung in der Praxis. Diese Verschiebung beginnt nicht bei der Technik, sondern bei der Art, wie wir Aufgaben formulieren. Solange wir weiterhin linear ausschreiben, planen und entscheiden, werden auch die Ergebnisse linear bleiben. Wenn in einer Ausschreibung Entsorgung beauftragt wird, wird entsorgt. Wenn Materialien als Abfall definiert sind, werden sie aus dem System entfernt. Der Weg in die Zirkularisierung beginnt deshalb dort, wo die Weichen gestellt werden, in der Planung, in der Vergabe und in der Frage, welches Ziel eigentlich verfolgt wird.

Genau an dieser Stelle wird ein grundlegender Widerspruch sichtbar. Die europäische Abfallrahmenrichtlinie und das Kreislaufwirtschaftsgesetz formulieren eine klare Priorität. Vermeidung steht an erster Stelle, gefolgt von Wiederverwendung und erst danach von Verwertung und Beseitigung. Diese Hierarchie ist kein Vorschlag, sondern geltendes Recht. In der praktischen Anwendung kehrt sich diese Logik jedoch häufig um. Bereits ab dem Moment, in dem ein Material seine ursprüngliche Nutzung verlässt, wird vielfach implizit ein Entledigungswille unterstellt. Das Material wird zum Abfall erklärt und damit in ein System überführt, das auf Entfernung ausgelegt ist. Die vorherige Stufe der Hierarchie, die Wiederverwendung, wird dabei oft übersprungen oder nur am Rande betrachtet. Genau hier liegt ein zentraler Hebel für die Zirkularisierung.

Wenn wir die gesetzliche Logik ernst nehmen, muss die erste Frage lauten, ob ein Material im Kreislauf gehalten werden kann. Erst wenn dies nicht möglich ist, greift die Abfalllogik. In der Praxis geschieht häufig das Gegenteil. Der Entledigungswille wird unterstellt und anschließend mit erheblichem Aufwand versucht, das Material wieder aus diesem Zustand herauszuführen. Es entsteht ein System, das sich selbst widerspricht. Materialien werden aus dem Kreislauf herausgenommen, als Abfall deklariert, aufwendig geprüft, behandelt und schließlich über das sogenannte Abfallende wieder in den Status eines Produkts überführt. Dieser Weg ist rechtlich sauber, fachlich abgesichert und in sich logisch aufgebaut. Gleichzeitig stellt sich eine einfache Frage. Warum müssen Materialien, die offensichtlich wieder im Kreislauf eingesetzt werden sollen, diesen Umweg überhaupt gehen? Warum wird ein Stoff zunächst zum Abfall erklärt, um anschließend unter großem Aufwand wieder zu einem Produkt zu werden, obwohl Ziel und Ergebnis von Anfang an feststehen?

Dieses »Pingpong« zwischen Abfall- und Produktstatus erzeugt nicht nur bürokratischen Aufwand. Es verhindert auch, dass sich funktionierende Kreislaufmärkte entwickeln können. Materialien verlieren ihren unmittelbaren Produktcharakter, obwohl sie technisch und funktional weiterhin einsetzbar sind. An dieser Stelle wird deutlich, dass es nicht ausreicht, bestehende Regelungen anzupassen. Es geht darum, die zugrunde liegende Logik zu erweitern.

Kreislaufwille vor Entledigungswille

Das bedeutet nicht, Sicherheitsanforderungen zu reduzieren oder Risiken zu ignorieren. Im Gegenteil. Die Anforderungen an Prüfung, Qualität und Einbau müssen genauso hoch bleiben wie im bestehenden Abfallrecht. Der Unterschied liegt in der Einordnung. Ein Material, das gezielt und qualitätsgesichert wieder eingesetzt werden soll, kann als Kreislaufmaterial betrachtet werden, ohne zuvor den Status des Abfalls durchlaufen zu müssen. Die notwendigen Prüfungen, Bewertungen und Dokumentationen blei-

ben bestehen. Was sich ändert, ist die Perspektive. Das Material wird nicht als Problem behandelt, das gelöst werden muss, sondern als Ressource, die gesteuert wird.

Ein Blick in andere Bereiche zeigt, dass dieser Umgang keineswegs ungewöhnlich ist. Viele Produkte unterliegen strengen Anforderungen, obwohl sie potenziell gefährliche Eigenschaften haben. Kraftstoffe, Reinigungsmittel oder chemische Produkte werden im Produktrecht geregelt, geprüft und sicher angewendet, ohne dass sie zuvor als Abfall klassifiziert werden.

Übertragen auf den Baubereich bedeutet das, Materialien differenziert zu betrachten und ihren Einsatzkontext stärker zu berücksichtigen. Genau hier liefert die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) ein funktionierendes Beispiel. Die EBV beschreibt detailliert, wie mineralische Ersatzbaustoffe geprüft, klassifiziert und eingesetzt werden können. Sie definiert Materialklassen, legt Grenzwerte fest und ordnet konkrete Einbauweisen bestimmten Umweltbedingungen zu. Boden, Wasser und Luft werden dabei systematisch berücksichtigt. Ein Material wird nicht isoliert bewertet, sondern im Zusammenhang mit seinem Einsatzort und seiner Funktion.

Dieses System zeigt, dass Kreislaufführung unter klar definierten Bedingungen möglich ist. Es verbindet Sicherheit mit Anwendung und schafft eine nachvollziehbare Grundlage für den Einsatz von Sekundärmaterialien. Genau in dieser Verbindung liegt der Schlüssel. Zirkularisierung bedeutet nicht, bestehende Schutzmechanismen aufzugeben. Sie bedeutet, diese Mechanismen so zu nutzen, dass Materialien im System gehalten werden können, anstatt sie vorschnell daraus zu entfernen. Dafür braucht es neben der richtigen Einordnung auch eine bessere Verbindung der vorhandenen Informationen. Daten über Materialeigenschaften, Einbauorte und Nutzungsmöglichkeiten sind vielfach vorhanden, werden jedoch selten systematisch zusammengeführt. Digitale Werkzeuge und Stoffstromsysteme können hier eine entscheidende Rolle spielen, indem sie Transparenz schaffen und Entscheidungen auf eine breitere Informationsbasis stellen.

Parallel dazu entwickeln sich Märkte für Sekundärrohstoffe weiter. Voraussetzung dafür ist Vertrauen. Qualität muss nachvollziehbar sein, Einsatzmöglichkeiten müssen klar definiert und Prozesse transparent gestaltet werden. Nur so entsteht die Sicherheit, die notwendig ist, um Materialien nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich im Kreislauf zu halten. Zirkularisierung ist damit kein starres Zielbild, sondern ein Entwicklungsprozess. Er beginnt mit einer veränderten Fragestellung, setzt sich in konkreten Anwendungen fort und entwickelt sich mit jeder Erfahrung weiter. Es geht nicht darum, sofort ein perfektes System zu schaffen. Es geht darum, die Richtung klar zu setzen und die ersten Schritte konsequent in diese Richtung zu gehen.

Und jetzt …?

Vielleicht lohnt sich an dieser Stelle noch ein Blick auf den Ausgangspunkt dieses Berichts. Viele Bauschäden entstehen nicht, weil wir zu wenig wissen. Sie entstehen, weil wir zu kurz denken. Wenn Planung, Bau und Nutzung linear gedacht werden, endet die Verantwortung oft an der nächsten Schnittstelle. Was nach der eigenen Leistung passiert, wird zur Aufgabe anderer. Entscheidungen werden isoliert getroffen, ohne den gesamten Lebenszyklus im Blick zu haben. Genau hier setzt die Zirkularisierung an. Wer in Kreisläufen denkt, denkt automatisch weiter. Materialien werden nicht nur für den Moment ausgewählt, sondern für ihren gesamten Weg. Einbauweisen werden nicht nur nach kurzfristiger Funktion beurteilt, sondern danach, wie sie sich in einem späteren Rückbau verhalten. Verbindungen werden so gestaltet, dass sie lösbar bleiben. Stoffe werden so eingesetzt, dass sie später wieder nutzbar sind. Mit dieser Perspektive verschiebt sich auch die Verantwortung. Sie endet nicht mehr mit der Fertigstellung, sondern begleitet das Bauwerk über seinen gesamten Lebenszyklus – darin liegt ein oft unterschätzter Effekt.

Viele der Fehler, die heute zu Schäden führen, entstehen nicht aus mangelnder Sorgfalt, sondern aus einem zu engen Betrachtungsrahmen. Wenn dieser Rahmen erweitert wird, wenn Projekte als Teil eines größeren Systems verstanden werden, verändern sich Entscheidungen ganz automatisch. Nicht, weil zusätzliche Regeln greifen, sondern weil die Logik eine andere ist. Zirkularisierung ist damit nicht nur ein Beitrag zur Ressourcenschonung. Sie ist auch ein Beitrag zu einer besseren Bauqualität.

Das ist also die überraschendste Erkenntnis. Dass ein System, das darauf ausgelegt ist, Materialien im Kreislauf zu halten, gleichzeitig dazu beiträgt, Schäden zu vermeiden. Weil es uns zwingt, genauer hinzusehen. Weiter zu denken und Verantwortung nicht nur für den Moment, sondern für den gesamten Weg zu übernehmen. Wenn man all das zusammennimmt, bleibt die Erkenntnis, dass wir mehr in der Hand haben, als wir oft glauben. Natürlich sind klare rechtliche Rahmenbedingungen wichtig. Natürlich braucht es politische Leitplanken, die Orientierung geben und Entwicklungen beschleunigen. Vieles davon ist bereits auf den Weg gebracht, manches noch nicht. Wer darauf wartet, dass alle offenen Fragen abschließend geregelt sind, wird jedoch lange warten müssen. Zirkularisierung entsteht nicht erst dann, wenn das letzte Gesetz verabschiedet ist. Sie entsteht dort, wo Entscheidungen getroffen werden: in der Planung eines Gebäudes; in der Formulierung einer Ausschreibung; in der Frage, ob ein Material als Abfall betrachtet oder als Ressource gedacht wird; in der Bereitschaft, Informationen zu teilen, Verantwortung zu übernehmen und neue Wege auszuprobieren.

Die Möglichkeiten dafür sind alle bereits vorhanden. Technisch, fachlich und organisatorisch. Was häufig fehlt, ist nicht das Wissen, sondern der Mut, es konsequent anzuwenden.

Dabei zeigt der Blick über den eigenen Kontext hinaus, dass sich Zirkularisierung längst überall entwickelt. In Projekten, in Unternehmen, in Regionen, oft unabhängig davon, ob der rechtliche Rahmen bereits perfekt passt. Märkte entstehen nicht nur durch Gesetze, sondern durch unser Handeln. Genau darin liegt eine besondere Stärke der Wirtschaft. Sie kann Entwicklungen vorwegnehmen, Lösungen erproben und Strukturen schaffen, bevor sie vollständig reguliert sind. Sie kann zeigen, was funktioniert und damit die Grundlage für passende Rahmenbedingungen liefern. Das bedeutet nicht, Regeln zu ignorieren. Es bedeutet, die vorhandenen Spielräume zu nutzen und die eigene Rolle aktiv wahrzunehmen. Jede Entscheidung, die ein Material im Kreislauf hält, ist ein Schritt in diese Richtung. Jede Planung, die Wiederverwendung mitdenkt, jede Ausschreibung, die nicht automatisch Entsorgung voraussetzt, jede Zusammenarbeit, die Informationen teilt, statt sie zurückzuhalten. Zirkularisierung beginnt nicht als großes Programm. Sie beginnt im Kleinen, wird im Alltag erprobt und wächst mit jeder Anwendung.

Das ist der entscheidende Perspektivwechsel, nicht zu fragen, wann die perfekten Bedingungen geschaffen sind, sondern zu erkennen, dass die Entwicklung bereits begonnen hat und dass wir selbst Teil davon sind. Wir müssen nicht warten, bis sich das System verändert hat. Wir können anfangen, es selbst zu verändern.

Dipl.-Ing. (FH) Katrin Mees ist Abteilungsleiterin für Nachhaltiges Bauen und Umwelt im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes. Nach dem Architekturstudium in Bochum begann sie ihre berufliche Laufbahn mit der Rückbauplanung, der Renaturierung und Folgenutzungsplanung ehemaliger Zechenstandorte im Ruhrgebiet. Später führte sie ein Unternehmen zur Innenraumgestaltung mit Fokus auf wohngesunde Materialien. Seit 2008 in Berlin tätig, sammelte sie umfassende Erfahrung in Planung, Ausschreibung und Projektmanagement mit Schwerpunkt auf nachhaltigem Bauen und dem gesamten Lebenszyklus von Gebäuden. Seit 2020 bringt sie ihre Expertise in die Verbandsarbeit ein, setzt sich für praxisgerechte Nachhaltigkeitsstrategien im Bauwesen ein und vertritt die Interessen der Branche in politischen und fachlichen Gremien.

6.2.2 R-Beton im Massivbau: Stand der Technik zwischen Normung, Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz

Carsten Lenz

Fabian Schier

Globale Sandknappheit vs. urbanes Abfallaufkommen

Sand und Kies sind nach Wasser die weltweit am häufigsten genutzten natürlichen Rohstoffe.[1] Ihre Bedeutung ist so groß, dass in einigen Regionen ganze Strände illegal abgetragen werden. Auch in Deutschland zeigt sich der enge Zusammenhang zwischen Urbanisierung und Ressourcenbedarf. Exemplarisch wird dies am Beispiel der Stadt Leipzig deutlich, deren Bevölkerung seit 2010 um rund 20 Prozent gewachsen ist. Dieses Wachstum wurde städtebaulich vor allem durch eine konsequente Nachverdichtung sowie eine gezielte Erweiterung von Siedlungsflächen bewältigt, verbunden mit einem entsprechend steigenden Bedarf an mineralischen Baustoffen.

Weltweit werden jährlich etwa 40 bis 50 Milliarden Tonnen Sand gefördert. Parallel dazu nimmt das Aufkommen mineralischer Bauabfälle kontinuierlich zu. Vor diesem Hintergrund gewinnt das Konzept des »Urban Mining« zunehmend an Bedeutung. Sekundärrohstoffe, insbesondere mineralische Baustoffe, können so aus bestehenden Stoffströmen zurückgewonnen werden. Nach Angaben der Initiative Kreislaufwirtschaft Bau wurden im Jahr 2022 rund 90 Prozent der mineralischen Bauabfälle verwertet und als Sekundärrohstoffe wieder dem Baustoffkreislauf zugeführt.[2]

1 Vgl. Rörlich, D.: Sand – Ein nur scheinbar unendlicher Rohstoff. www.deutschlandfunk.de/sand-ein-nur-scheinbar-unendlicher-rohstoff-100.html [abgerufen am: 28.05.2026]

2 Vgl. Kreislaufwirtschaft Bau/Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. (Hrsg.): Mineralische Bauabfälle Monitoring 2022. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2022. Berlin: Selbstverlag 2024. www.iste.de/source/Newsletter/2024-12_Newsletter/2024_08a_PM_KWB_Monitoring22.pdf [abgerufen am: 01.06.2026]

European Green Deal und nationale Rahmenbedingungen

Mit dem European Green Deal verfolgt die Europäische Union das Ziel, den Gebäudesektor in der EU bis 2050 klimaneutral zu gestalten. Eine zentrale Rolle spielt dabei der Circular Economy Action Plan (CEAP), der insbesondere auf die Schonung natürlicher Ressourcen sowie die stärkere Nutzung von Sekundärrohstoffen abzielt.[3]

Wesentliche regulatorische Entwicklungen in diesem Zusammenhang sind:

- die Einführung der Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) mit einem verpflichtenden digitalen Produktpass (DPP),
- das Inkrafttreten der neuen Bauprodukteverordnung (EU 2024/3110) im Januar 2026 sowie
- die politisch angestrebte Steigerung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen bis 2030.

Auf nationaler Ebene wurde insbesondere die DIN 1045-2 angepasst. Diese regelt erstmals konkret den Einsatz und die zulässigen Anteile rezyklierter Gesteinskörnungen im Beton sowie deren bautechnische Verwendbarkeit.[4]

Stand der Technik und Marktdurchdringung

Nach aktuellem Monitoring der Kreislaufwirtschaft wurden im Jahr 2022 rund 188 Millionen Tonnen der weltweit insgesamt 208 Millionen Tonnen angefallenen mineralischen Bauabfälle verwertet.[5] Körnige mineralische Bauabfälle konnten sogar fast zu 96 Prozent wiederverwertet werden. Durch den Einsatz rezyklierter Baustoffe (RC-Baustoffe) konnten rund 13,3 Prozent des Bedarfs an primären Gesteinskörnungen ersetzt werden.

Ein Ziel des europäischen Aktionsplans ist es, die Substitutionsquote bis 2030 zu verdoppeln. In der Praxis zeigt sich dabei jedoch ein Spannungsfeld, da bereits heute nahezu die gesamten verfügbaren RC-Baustoffe verwertet werden, während der Bedarf im Hochbau-, Infrastruktur- und Energiesektor weiter zunimmt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die zentrale Frage, wie nachhaltig und zugleich praxistauglich der Einsatz von R-Beton ist und welche Rolle er zukünftig im Hochbau einnehmen kann.

3 Vgl. European Commission: The European Green Deal. commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/story-von-der-leyen-commission/european-green-deal_en?prefLang=de&etrans=de.html [abgerufen am 28.05.2026]

4 DIN 1045-2; Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton-Teil 2: Beton, Berlin: Beuth, 2023-08

5 News aus der Kalksandsteinindustrie I Wohnungsbau, Bauwirtschaft & Nachhaltigkeit: Mehr als 90 Prozent der mineralischen Bauabfälle werden weiterverwendet. www.kalksandstein.de/service-und-aktuelles/news/mehr-als-90-prozent-der-mineralischen-bauabfaelle-werden-weiter-verwendet/ [abgerufen am: 28.05.2026]

Materialwissenschaftliche Grundlagen rezyklierter Gesteinskörnungen

Anforderungen und Kennwerte für den Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen

Bei der Verwendung von R-Beton ist insbesondere die Gleichwertigkeit gegenüber konventionellem Beton nachzuweisen sowie der Anteil rezyklierter Gesteinskörnungen anzugeben (vgl. Abb. 01).[6]

Nach DIN 1045-2 wird grundsätzlich zwischen zwei Typen rezyklierter Gesteinskörnungen unterschieden:

- Typ 1: Betonbruch (mindestens 90 Massenprozent Beton),
- Typ 2: Mauerwerksbruch (mindestens 70 Massenprozent Beton oder Naturstein).

	1	2	3	4
	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
	Alkalirichtlinie[a]	DIN EN 206 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO	Karbonatisierung XC1	≤ 45[b]	≤ 35
2	WF	Kein Korrosionsrisiko X0		
3		Karbonatisierung XC1 bis XC4	≤ 45	≤ 35
4		Frostangriff ohne Taumitteleinwirkung XF1 und XF3		
5		Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach 5.5.3		
6		Chemischer Angriff XA1[d]	≤ 25	≤ 25
7	WA[c]	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤ 30	≤ 20

[a] Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton (DAfStb-Alkali-Richtlinie) sowie zusätzliche Anforderungen siehe E.3.1.3.

[b] Es dürfen feine rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 ≤ 20 % Volumenanteil der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus einer Produktion der verwendeten groben rezyklierten Gesteinskörnung stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Der Anteil der feinen rezyklierten Gesteinskörnung bezogen auf den Anteil der groben rezyklierten Gesteinskörnung darf dabei nicht größer sein, als der Anteil der gesamten feinen Gesteinskörnung bezogen auf den Anteil der gesamten groben Gesteinskörnung.

[c] Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach DAfStb-Alkali-Richtlinie verwendet werden.

[d] Die Regelung zum chemischen Angriff ist für XA1 durch die Betonklasse BK-N abgedeckt.

Abb. 01: Zulässige Anteile grober rezyklierter Gesteinskörnung, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung (%-Volumenanteil) [Quelle: DIN 1045-2; Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton-Teil 2: Beton]

6 DIN 1045-2; Berlin: Beuth, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton, Berlin: Beuth, 2023-08

Die Gesteinskörnung wirkt dabei nicht nur als inerter Füllstoff, sondern bildet im Verbund mit der Zementmatrix das tragende Gefüge und ist damit maßgeblich für die mechanischen Eigenschaften verantwortlich, insbesondere die Druckfestigkeit. Für den Einsatz im Beton sind daher eine ausreichende Kornfestigkeit des rezyklierten Zuschlags, ein hinreichender Haftverbund mit dem Zementstein sowie die Einhaltung der Anforderungen der DIN EN 12620 sicherzustellen.

Dauerhaftigkeits- und bemessungsrelevante Eigenschaften

Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen sind in der DIN 1045-2 sowie in der DIN EN 206 geregelt. Der zulässige Anteil rezyklierter Gesteinskörnungen ist dabei von der jeweiligen Expositionsklasse abhängig.

Ergänzend konkretisiert die Alkalirichtlinie des DAfStb den Umgang mit einer möglichen Alkali-Kieselsäure-Reaktion (vgl. Abb. 01). In trockener Umgebung (Feuchtigkeitsklasse W0) ist der Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen ohne weitere Bedingungen möglich. Bei feuchten Umgebungsbedingungen (Feuchtigkeitsklasse WF) ist die Verwendung ebenfalls zulässig, sofern die Herkunft der Gesteinskörnung bekannt ist und eine unbedenkliche Alkaliempfindlichkeitsklasse nachgewiesen wird. Hierbei ist insbesondere nachzuweisen, dass der ursprüngliche Beton keine reaktiven Gesteinskörnungen enthielt, um eine betonschädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion auszuschließen.

Die statische Bemessung erfolgt auf Grundlage der DIN EN 1992-1-1. Für den maximal zulässigen Anteil rezyklierter Gesteinskörnungen sind insbesondere zwei Einflussgrößen maßgebend. Ein erhöhter Rezyklatanteil kann das Bruchverhalten des Betons beeinflussen. Zudem darf der Elastizitätsmodul (E-Modul) des Betons nicht außerhalb der für die jeweilige Festigkeitsklasse üblichen Wertebereiche liegen. Beide Aspekte sind im Hinblick auf die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gesondert zu beurteilen.

Wasseraufnahme und Frischbetonverhalten

Die Wechselwirkungen zwischen R-Beton und Wasser sind als kritisch zu bewerten, wie unter anderem eine Dissertation aus dem Jahr 2019 zeigt.[7] Eine wesentliche Ursache hierfür ist die im Vergleich zu natürlichen Zuschlägen höhere Porosität der rezyklierten Gesteinskörnung. Diese ist insbesondere auf den anhaftenden Altmörtel zurückzuführen, der aufgrund seiner porösen Struktur ein ausgeprägtes Wasseraufnahmevermögen besitzt.[8]

7 Scheidt, J. C.: Ermittlung des erforderlichen Gesamtwassers zur Herstellung von R-Beton mit definiertem Wasser-Zement-Wert; Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, 2020

8 González-Fonteboa, B.; González-Taboada, I.; Carro-López, D.; Martínez-Abella, F.: Influence of the mixing procedure on the fresh state behaviour of recycled mortars. Construction and Building Materials 299 (2021), Art.-Nr. 124266, DOI: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124266

Rezyklierte Gesteinskörnungen weisen eine höhere Kapillarität auf, nehmen entsprechend mehr Wasser auf und transportieren dieses in ihren Porenraum. Die hohe Porosität, insbesondere der Feinanteile des Altmörtels, beeinflusst dabei das rheologische Verhalten des Betons erheblich. Ein Teil des Zugabewassers wird durch die rezyklierte Gesteinskörnung gebunden und steht somit nicht vollständig für die Zementhydratation zur Verfügung. Dies kann zu einer Veränderung des Wasser-Zement-Werts (w/z-Wert) führen, was sich unmittelbar auf Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Betons auswirkt.

Als besonders herausfordernd hat sich in der Praxis die schwankende Eigenfeuchte des RC-Materials erwiesen, die stark von Witterung und Lagerbedingungen abhängt und eine präzise Wasserdosierung im Betonwerk erschwert. Das Wasseraufnahmeverhalten rezyklierter Gesteinskörnungen hat zudem einen unmittelbaren Einfluss auf die Verarbeitbarkeit des Frischbetons. Insbesondere der Einsatz rezyklierter Feinstoffe wirkt sich nachteilig auf das rheologische Verhalten aus. Im Vergleich zu konventionellen Mörteln zeigt sich ein reduzierter Ausbreitungsdurchmesser im Mini-Slump-Versuch als Maß für die Fließfähigkeit bei gleichzeitig erhöhter Trichterlaufzeit als Maß für die Viskosität. Dies deutet auf eine erhöhte Fließgrenze sowie eine erhöhte plastische Viskosität hin.

In der Folge ist ein erhöhter Einsatz von Betonzusatzmitteln erforderlich, um gleichbleibende Konsistenzklassen zu erreichen. Grundsätzlich kann die Einstellung der Konsistenz durch den Einsatz von Fließmitteln erfolgen, ohne den w/z-Wert zu verändern. Für die Praxis bedeutet dies, dass eine Betonsorte in unterschiedlichen Konsistenzklassen hergestellt werden kann, ohne die Wasserdosierung aufgrund der Zielkonsistenz anzupassen. Eine Anpassung der Wassermenge ist jedoch im Hinblick auf die Saugfähigkeit der rezyklierten Gesteinskörnungen erforderlich. Für die praktische Anwendung bedeutet dies, dass R-Beton grundsätzlich technisch umsetzbar ist, jedoch erhöhte Anforderungen an die Betontechnologie stellt.

Statik und Dauerhaftigkeit

Schwinden und Kriechen: Warum R-Beton mehr »arbeitet« und was dies für die Bewehrung von Stahlbetonbauteilen bedeutet

R-Beton weist gegenüber konventionellem Beton eine erhöhte zeitabhängige Verformungsneigung auf.[9] Untersuchungen zeigen, dass die Schwindverformung bei R-Beton mit zunehmendem Anteil rezyklierter Gesteinskörnungen ansteigt. Bei vollständigem Ersatz natürlicher Zuschläge kann diese um bis zu 70 Prozent höher ausfallen als bei vergleichbarem Normalbeton. Auch der Kriechkoeffizient liegt in der Regel um 30 bis 60 Prozent über den Werten von Beton mit natürlichen Zuschlägen.

9 Domingo, A.; Lázaro, C.; Gayarre, F.L.; et al.: Long term deformations by creep and shrinkage in recycled aggregate concrete. Materials and Structures 43 (2010), S. 1147–1160, DOI: 10.1617/s11527-009-9573-0

Die Ursachen hierfür liegen insbesondere in der Beschaffenheit der rezyklierten Gesteinskörnung. Der anhaftende Altmörtel führt zu einer erhöhten Porosität und Saugfähigkeit. Während in konventionellem Beton der Naturstein der Verformung des Zementleims entgegenwirkt, weist R-Beton aufgrund des durch den Altmörtel erhöhten Anteils an verformbarer Zementsteinmatrix einen geringeren Widerstand gegenüber Schwinden und Kriechen auf. Dieser Effekt wird zusätzlich durch einen niedrigeren statischen E-Modul verstärkt.

Die erhöhten Verformungen sind bei der Bemessung zwingend zu berücksichtigen, um die Gebrauchstauglichkeit von Stahlbetonbauteilen sicherzustellen. Infolge des verstärkten Kriechens verlagern sich die Spannungen innerhalb des Bauteils stärker vom Beton auf die Bewehrung. Dies ist insbesondere bei druckbeanspruchten Bauteilen, wie beispielsweise Stützen, von Bedeutung. In der Praxis kann dies eine Anpassung des Bewehrungsgrads sowie der Bewehrungsführung zur Folge haben. Bei unzureichender Berücksichtigung sind erhöhte Verformungen und eine verstärkte Rissbildung möglich.

Zudem führt die erhöhte Schwindneigung zu einem gesteigerten Risiko für Schwindrisse. Zur Begrenzung der Rissbreiten kann eine erhöhte Mindest- oder Zusatzbewehrung erforderlich werden, um die Dauerhaftigkeit sicherzustellen. Es wird empfohlen, die in der DAfStb-Richtlinie genannten Richtwerte zu berücksichtigen (vgl. Abb. 01), wonach ein Anteil von 30 Prozent rezyklierter Gesteinskörnungen nicht überschritten werden sollte, da sich R-Beton bis zu diesem Schwellenwert vergleichbar mit Normalbeton verhält. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass R-Beton aus statisch-konstruktiver Sicht grundsätzlich einsetzbar ist, jedoch eine angepasste Bemessung und erhöhte Aufmerksamkeit hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit erfordert.

Carbonatisierung von R-Beton: Dauerhaftigkeit und Korrosionsschutz der Bewehrung

Aus dem Abschlussbericht der Machbarkeitsstudie für ganzheitliches Betonrecycling des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) geht hervor, dass R-Beton im Vergleich zu Beton mit natürlichen Gesteinskörnungen tendenziell eine höhere Carbonatisierungsrate aufweist.[10] Die Ursache hierfür liegt in der höheren Porosität des RC-Materials, welche die Diffusion von CO_2 in den Beton erleichtert.

Zur Begrenzung dieses Effekts kann analog zu konventionellem Beton ein niedriger w/z-Wert eingestellt werden. Durch die reduzierte Wasserzugabe verbleibt nach der Hydratation weniger überschüssiges Wasser im Betongefüge, wodurch die Kapillarporosität und die Diffusionsoffenheit abnehmen. Infolgedessen wird das Eindringen von CO_2 verlangsamt und das Korrosionsrisiko der Bewehrung reduziert.

10 THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien (Hrsg.): Machbarkeitsstudie für ganzheitliches Betonrecycling: Anforderungen, Potenzialanalyse und Handlungsempfehlungen. Karlsruhe/Stuttgart, 2025

Der Abschlussbericht hebt die Bedeutung einer konsequenten Trennung von Beton- und Mauerwerksabbruch sowie einer qualitätsgesicherten Aufbereitung der rezyklierten Gesteinskörnungen hervor, um gleichbleibende Dauerhaftigkeitseigenschaften sicherzustellen. Gleichzeitig wird empfohlen, R-Beton nicht pauschal als weniger dauerhaft zu bewerten. Vielmehr setzt dessen Verwendung eine präzisere Abstimmung der Ausgangsstoffe sowie eine qualitätsgesicherte Aufbereitung voraus.

Wirtschaftlichkeit und Logistik

Höhere Produktionskosten vs. eingesparte Deponiegebühren

Die Wirtschaftlichkeit von R-Beton wird maßgeblich durch die Gegenüberstellung erhöhter Aufbereitungskosten und potenzieller Einsparungen bei der Entsorgung bestimmt. Während die Herstellung von konventionellem Beton von etablierten Lieferketten und vergleichsweise niedrigen Rohstoffpreisen profitiert, erfordert die Herstellung von R-Beton einen erhöhten technologischen Aufwand, bietet jedoch Einsparpotenziale durch die Vermeidung von Deponiegebühren. Beide Faktoren können bereits bei geringen Mengen einen signifikanten Anteil an den Gesamtkosten ausmachen.

Die Herstellung von R-Beton ist im Vergleich zu konventionellem Beton mit einem erhöhten technischen und personellen Aufwand verbunden. Dieser beginnt bereits beim selektiven Rückbau, der die Voraussetzung für qualitativ hochwertige Sekundärrohstoffe bildet. Im Gegensatz zum konventionellen Abbruch müssen die anfallenden Baustoffe bereits frühzeitig und sortenrein getrennt werden, um Verunreinigungen zu vermeiden und eine gleichbleibende Qualität der rezyklierten Gesteinskörnungen sicherzustellen. Den hierdurch entstehenden Mehrkosten stehen Einsparpotenziale gegenüber, insbesondere durch reduzierte Transport- und Deponiekosten sowie durch eine geringere Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen. Die Wirtschaftlichkeit von R-Beton ist somit weniger eine Frage der reinen Materialkosten als vielmehr der projektbezogenen Rahmenbedingungen sowie der Integration in durchgängige Stoffkreisläufe.

Wie »Ökobilanzierung« statt »Niedrigpreis« in den Wettbewerb integriert werden kann

In der Baupraxis dominiert häufig noch das Paradigma des »Niedrigpreisprinzips«, was den flächendeckenden Einsatz von R-Beton bislang erschwert. Vor dem Hintergrund des European Green Deal sowie nationaler Klimaziele, insbesondere der angestrebten Klimaneutralität Deutschlands bis 2045, gewinnen ökologische Bewertungskriterien jedoch zunehmend an Bedeutung.

Um die Ökobilanzierung als belastbares Entscheidungskriterium in Planungs- und Wettbewerbsverfahren zu etablieren, ist ein Umdenken bei allen Projektbeteiligten erforderlich. Die Vorteile der Kreislaufwirtschaft sind stärker als langfristig wirksame wirtschaftliche Faktoren zu berücksichtigen und Förderinstrumente sind gezielt einzubeziehen. Anstelle einer rein investitionsgetriebenen Betrachtung rückt damit die lebenszyklusorientierte Bewertung in den Vordergrund.

Im Bewertungssystem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) ist das Kriterium »ENV1.1 – Ökobilanz des Gebäudes« bereits ein zentraler Bestandteil. Es erfasst die Umwelteinwirkungen sowie den Ressourcenverbrauch über sämtliche Lebensphasen eines Bauwerks hinweg.[11] Bereits in frühen Planungs- und Wettbewerbsphasen sollte daher aufgezeigt werden, in welchem Umfang sich durch den Einsatz von R-Beton die graue Energie sowie die CO_2-Emissionen signifikant reduzieren lassen.

Ergänzend können Förderprogramme gezielt zu der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von R-Beton beitragen. So wird der Einsatz von R-Beton in Baden-Württemberg beispielsweise durch die Verwaltungsvorschrift R-Beton (VwV R-Beton) finanziell unterstützt.[12] So wird der Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen derzeit mit 6 Euro pro Tonne (Typ 1) bzw. 12 Euro pro Tonne (Typ 2) gefördert (vgl. Abb. 02).

	Erweiterte Erstprüfung für R-Beton nach DIN 1045-2 Beton	***Rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1 nach DIN 4226-101***	***Rezyklierte Gesteinskörnung Typ 2 nach DIN 4226-101***	***CO_2-beaufschlagte, rezyklierte Gesteinskörnung***	***Gesteinskörnung, die über eine Nassklassierungsanlage gewonnen wurde***
Höhe der Zuwendung	*2 000 Euro pro nachgewiesener Erstprüfung*	*Max. 6 Euro pro Tonne[1,2]*	*Max. 12 Euro pro Tonne [1,2]*	*2 Euro pro Tonne bei Bindung von zusätzlich mindestens 7 kg CO_2/t rezyklierter Gesteinskörnung*	*Max. 4 Euro pro Tonne Gesteinskörnung, sofern diese für R-Beton im Sinne dieser VwV eingesetzt wird [1,2]*

Abb. 02: Höhe der Zuwendungen für die einzelnen Fördertatbestände [Quelle: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg – Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Förderung von ressourcen- und klimaschonendem Beton (VwV R-Beton)]

11 Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB (Hrsg.): Circular Economy - Kreisläufe schließen heißt zukunftsfähig sein. Stuttgart, 2019

12 Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Förderung von ressourcen- und klimaschonendem Beton (VwV R-Beton), Stuttgart.

Darüber hinaus können innovative Technologien wie Carbon Capture and Storage (CCS) sowie die mineralische CO_2-Bindung zur weiteren Verbesserung der Ökobilanz beitragen. Durch die gezielte Beaufschlagung von Gesteinskörnungen mit CO_2 wird dieses dauerhaft im Beton gebunden und damit langfristig dem atmosphärischen Kreislauf entzogen. In Verbindung mit Fördermaßnahmen kann dies die wirtschaftliche Umsetzbarkeit zusätzlich erhöhen.

Zusammenfassend erfordert die erfolgreiche Integration von R-Beton in die Baupraxis einen grundlegenden Perspektivwechsel – weg von der ausschließlichen Betrachtung kurzfristiger Baukosten hin zu einer ganzheitlichen Bewertung unter Berücksichtigung von Lebenszykluskosten, Ressourcenschonung und Klimawirkung. Es wird deutlich, dass die Marktetablierung von R-Beton weniger an technischen Grenzen scheitert, sondern maßgeblich durch Bewertungsmaßstäbe, Förderstrukturen, planerische Entscheidungen sowie die lokale Verfügbarkeit rezyklierter Gesteinskörnungen beeinflusst wird.

Fazit und Ausblick

Praxisbeispiel

Die Wilhelm Wallbrecht GmbH & Co. KG realisierte in den Jahren 2022 bis 2023 drei Pilotprojekte, in denen ausschließlich R-Beton eingesetzt wurde.

Besonders hervorzuheben ist der Neubau der Firmenzentrale der KSG Hannover GmbH. Auf dem hierfür erworbenen Grundstück befand sich zuvor eine stillgelegte Tankstelle, deren mineralische Bestandteile im Sinne des »Urban Mining« konsequent in den Bauprozess integriert wurden.

Im Zuge des selektiven Rückbaus wurde das anfallende Abbruchmaterial direkt vor Ort aufbereitet und durch geeignete Brech- und Siebprozesse qualifiziert. Die daraus gewonnene rezyklierte Gesteinskörnung wurde anschließend für die Betonherstellung des Neubaus eingesetzt. Durch dieses Vorgehen konnten rund 1.250 Tonnen natürliche Gesteinskörnung ersetzt werden. Zusätzlich wurden durch den Einsatz klinkerarmer Zemente (CEM III) etwa 135 Tonnen CO_2 eingespart.[13]

13 Tegtmeyer, S.: Einsatz von Recycling-Gesteinskörnungen in Transportbeton – Anforderungen, Herausforderungen, Hindernisse. Bachelorarbeit, Leibniz Universität Hannover, 2022

Abb. 03: Stillgelegte Tankstelle auf dem Grundstück des Neubaus der KSG-Firmenzentrale in Hannover [Foto: Wilhelm Wallbrecht GmbH & Co. KG]

Abb. 04: Fertiggestellter Neubau der KSG-Firmenzentrale in Hannover [Foto: Wilhelm Wallbrecht GmbH & Co. KG]

Ausblick 2030: Wird R-Beton der Standard oder bleibt er ein Nischenprodukt für »Prestige-Ökobauten«?

Die zukünftige Entwicklung von R-Beton im Hochbau ist derzeit differenziert zu bewerten. Zwar können bestehende Herausforderungen teilweise durch finanzielle Fördermaßnahmen abgefedert werden, dennoch bestehen weiterhin wesentliche Hemmnisse. Ein zentraler Engpass liegt in der begrenzten Verfügbarkeit geeigneter rezyklierter Gesteinskörnungen, da diese unmittelbar vom Rückbau bestehender Bauwerke abhängt. Gleichzeitig wird ein erheblicher Anteil der verfügbaren RC-Gesteinskörnungen bereits in anderen Anwendungsbereichen, insbesondere im Infrastrukturbereich, eingesetzt, in denen eine Verarbeitung mit geringerem technischem Aufwand möglich ist.

Hinzu kommt, dass bestehende Förderprogramme bis Ende 2026 befristet sind und bislang keine Verlängerung beschlossen wurde. Vor diesem Hintergrund nimmt R-Beton im Hochbau aktuell noch eine untergeordnete Rolle ein und wird vorwiegend im Rahmen von Pilotprojekten sowie »Prestige-Ökobauten« eingesetzt.

Gleichzeitig zeigen die vorliegenden Erkenntnisse eindeutig, dass R-Beton grundsätzlich technisch realisierbar ist und bei geeigneter Betonzusammensetzung sowie unter Einhaltung normativer Vorgaben eine Gleichwertigkeit zu konventionellem Beton erreicht werden kann. Insbesondere hinsichtlich Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit lassen sich durch eine angepasste Betontechnologie vergleichbare Eigenschaften erzielen.

Die im Rahmen von Pilotprojekten der Wilhelm Wallbrecht GmbH & Co. KG gewonnenen Erkenntnisse belegen die praktische Umsetzbarkeit. Diese haben unmittelbar dazu beigetragen, dass der Einsatz von rezyklierter Gesteinskörnung im Hochbau bis zu bestimmten Substitutionsanteilen, derzeit bis zu 25 Prozent, gemäß DIN 1045 ohne gesonderte Kennzeichnung normativ zulässig ist. Eine gesonderte Vermarktung als R-Beton ist in diesem Fall nicht zwingend erforderlich. Entscheidend ist vielmehr die konsequente Nutzung der bestehenden technischen und normativen Möglichkeiten sowie eine qualitätsgesicherte Umsetzung in Planung und Ausführung.

Dipl.-Ing. Carsten Lenz ist seit über 35 Jahren bei der Bauunternehmung Wilhelm Wallbrecht GmbH & Co. KG tätig. Neben seiner Tätigkeit in der Bauleitung verantwortet er den Bereich Betontechnologie und leitet die ständige Betonprüfstelle. Sein Tätigkeitsschwerpunkt liegt in der Qualitätssicherung sowie in der Weiterentwicklung moderner Betontechnologien. Darüber hinaus ist er im Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein (DBV) in verschiedenen Ausschüssen tätig.

Fabian Schier studiert Bauingenieurwesen an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK). Im Rahmen seines Studiums und seiner Tätigkeit als Werkstudent beschäftigt er sich mit nachhaltigem Bauen und der Anwendung rezyklierter Baustoffe im Hochbau.

Die Wilhelm Wallbrecht GmbH & Co. KG ist ein Bauunternehmen mit Niederlassungen in Hannover und Magdeburg, 120 Mitarbeitern und mehr als 120 Jahren Firmengeschichte.

6.2.3 Mittendrin im Geschehen: die Sicht der Wohnungswirtschaft

INTERVIEW – SILKE BAINBRIDGE NOTT, FRANK BEISTER

Im folgenden Interview geben Architekt Frank Beister und Stadtplanerin Silke Bainbridge Nott unter anderem Einblicke, inwieweit neue Materialien ein Zukunftsthema sind und womit sich die Baubranche und die Wohnungswirtschaft perspektivisch auseinandersetzen müssen. Das Interview mit den zwei Experten zeigt, dass die Zukunft des Bauens weniger von einzelnen Technologien als von veränderten Prozessen, gemeinsamer Verantwortung und systemischem Denken geprägt sein wird. Für die Schadenprävention bedeutet dies, Risiken früher zu erkennen, Entscheidungen transparenter zu treffen und Gebäude ganzheitlich zu betrachten.

Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Wo liegen heute die größten Gestaltungsspielräume für ein zukunftsfähiges Bauen und wann werden richtungsweisende Entscheidungen in den Projekten getroffen?

Frank Beister: Die größten Gestaltungsspielräume liegen eindeutig in den frühen Projektphasen. Dort werden die entscheidenden Weichen gestellt – für Konstruktion, Materialwahl, energetisches Konzept und spätere Nutzung. Wird Nachhaltigkeit erst in späteren Phasen eingefordert, ist der Handlungsspielraum bereits stark eingeschränkt. Zukunftsfähiges Bauen bedeutet daher vor allem, Zielkonflikte früh transparent zu machen und bewusst zu entscheiden.

Der Spielraum entsteht zudem dann, wenn Projektbeteiligte bereit sind, bekannte Pfade zu verlassen – und das Risko auf einer fachlich belastbaren Grundlage zu tragen. Das Ziel ist, dass Bauherr, Planer und Bauunternehmen frühzeitig gemeinsam über Material- und Baukonzepte entscheiden. Dann lassen sich Risiken leichter benennen und gemeinsam tragen.

Silke Bainbridge Nott: Ein Good-Practice-Beispiel für eine frühzeitige Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure ist in diesem Zusammenhang das Projekt Morellenquartier. Dabei handelt es sich um das Neubauvorhaben einer Wohnungsgenossenschaft im Rahmen des Hamburg-Standards. Das bauausführende Unternehmen wird hier bereits frühzeitig in die Planungsphase eingebunden und ist schon ab Leistungsphase 2 dabei. Die Genossenschaft ist auch der spätere Bestandshalter und kennt ihre Nutzerklientel sehr gut. So wird Transparenz geschaffen und ein möglicher Handlungsspielraum zwischen allen Beteiligten offen besprochen.

Böhmer: Was können neue Materialien überhaupt?

Beister: Primär ist hier das Ziel, Baustoffe durch weniger ressourcenverbrauchende und CO_2-emittierende Materialien zu ersetzen. Der Einsatz von neuen Materialien stellt sich tatsächlich nicht so einfach dar, wie zunächst gedacht. Beim Erproben im eigenen Hause hat sich gezeigt, dass man die Materialien mit ihren Eigenschaften erst einmal kennenlernen muss. Das Merkmal »aus nachwachsenden Rohstoffen« ist dabei nicht das einzig Relevante. In der Regel hat der Einsatz Auswirkungen auf zahlreiche Bereiche und Prozesse des Bauens, zum Beispiel das Einbringen und Verarbeiten auf der Baustelle, Lieferwege, Verfügbarkeiten, Zulassungen und nicht zuletzt auch den Preis. Auch technische Anforderungen bestimmen die Einsetzbarkeit der Materialien (zum Beispiel Brandschutz, Schallschutz, Feuchteschutz etc., um hier nur einige Punkte zu nennen).

Dennoch lohnt es sich immer, neue Materialien, die auf den Markt kommen, zu sichten und gegebenenfalls auch selbst zu forschen. Dazu später mehr.

Bainbridge Nott: Für Bestandshalter steht jedoch nicht die Innovation an sich im Vordergrund, sondern deren Alltagstauglichkeit. Neben den von Frank Beister genannten Aspekten sind für unsere Wohnungsunternehmen die Lebensdauer der eingesetzten Bauteile und die damit einhergehenden laufenden Betriebskosten ein wichtiges Entscheidungskriterium. Nachhaltige Materialien müssen sich in Serie einsetzen lassen und dürfen nicht nur in Einzelprojekten funktionieren. Dies betrifft auch eine spätere Beschaffbarkeit in Hinblick auf die Reparierbarkeit und Instandhaltung der Gebäude. Standards für Wartung, Instandhaltung und Reparatur müssen daher bekannt und verlässlich sein.

Erfreulich ist, dass derzeit überlegt wird, wie Wohnraumförderungen perspektivisch ausgestaltet werden sollten, damit der Fokus auf CO_2-Einsparungen liegt und nicht mehr auf einer Gebäudeeffizienz. Hier hat die Initiative CO_2-Praxispfadreduktion im Gebäudesektor[1] erhebliche Arbeit geleistet.

Böhmer: Recycling-Baustoffe: Warum bleibt der Durchbruch bisher aus? Wo bestehen aus Sicht eines Bauunternehmens aktuell die größten Umsetzungshemmnisse?

Beister: Neben den schon geschilderten Aspekten sind bauaufsichtliche Zulassungen ein zentrales Thema. Einzelfallzulassungen ermöglichen zwar den schnellen Einsatz innovativer Baustoffe bevor der Weg der allgemeinen Zulassung beschritten wird, diese sind aber auch mit erheblichem Aufwand verbunden.

Für jedes Projekt müssen die Nachweise neu geführt werden. Hinzu kommen Haftungs- und Gewährleistungsfragen. Als ausführendes Unternehmen tragen wir die Verantwortung für die Dauerhaftigkeit – und müssen diese auch gegenüber Auftraggebern und Versicherern belegen können. Innovation darf daher nicht mit Experiment gleichgesetzt werden. Es braucht belastbare Nachweise zur Langlebigkeit, klare Regelwerke und eine Perspektive, wie neue Materialien vom Sonderfall in den Regelbetrieb überführt werden können. Hier hat Hamburg schon erste Schritte in die richtige Richtung geleistet: mit der Einrichtung einer eigenen Stelle zur Prüfung und Zulassung von zum Beispiel kreislaufwirtschaftlichen Materialen.

Böhmer: Haben sie da ein Beispiel?

Beister: Ja. In der Praxis erleben wir, dass funktionierende Lösungen existieren, deren Anwendung aber durch hohe Anforderungen und langwierige Genehmigungsprozesse ausgebremst wird. Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts CIRCuIT haben wir eine besondere Recyclingbetonmischung entwickelt, die wir nach Abschluss noch optimiert und in einem Pilotprojekt real verbaut haben.

Die eigentlich frühzeitig geplante Einzelfallzulassung hat am Ende erst in letzter Sekunde eine Genehmigung gebracht, weil sich die Laufzeit der Versuche unerwartet verzögert hat. Dabei hat uns die Genehmigungsbehörde vorbildlich unterstützt und bevorzugt behandelt. Darauf kann man aber nicht immer vertrauen. An den erheblichen Kosten des Zulassungsverfahrens hat sich übrigens niemand beteiligt.

Böhmer: Warum greift der Bauherrenwunsch »Mach das mal alles nachhaltig« zu kurz? Und was bedeutet das für die tägliche Arbeit von Planern?

1 Vgl. Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V.: Initiative „Praxispfad CO_2-Reduktion im Gebäudesektor". Ein neuer Weg in der Klimapolitik für bezahlbares Wohnen und wirksamen Klimaschutz. https://www.initiativepraxispfad.de [abgerufen am: 30.03.2026]

Beister: Weil Nachhaltigkeit kein Produkt ist, das man bestellen kann. Sie entsteht aus Entscheidungen – und diese werden im Planungsprozess getroffen. Wer Nachhaltigkeit auf den Einkauf reduziert, verkennt die systemischen Zusammenhänge zwischen Konstruktion, Material, Nutzung und Betrieb. Zukunftsfähige Projekte erfordern integrierte Prozesse und ein gemeinsames Verständnis von Qualität, Risiko und Zielsetzung. Wenn wir die Prozesse des Planens, Bauens und Betreibens effizienter gestalten, zum Beispiel durch digitale Arbeitsweisen, gewinnen wir Spielräume für die Materialauswahl bei der Ausführung.

Bainbridge Nott: Nachhaltige Lösungen entstehen dort, wo die Planung offen angelegt ist und Alternativen zugelassen werden. Das setzt voraus, dass Auftraggeber bereit sind, Zielvorgaben klar zu formulieren, ohne Lösungen vorwegzunehmen. Das bedingt wiederum, dass die Beteiligten bereit sind, Verantwortung zu tragen und Entscheidungen zu treffen.

Böhmer: Wie viel Veränderung ist bei der Erwartungshaltung der späteren Wohnraumnutzer möglich? Welche Rolle übernehmen diese bei der Umsetzung nachhaltiger Konzepte?

Bainbridge Nott: Eine sehr große. Nachhaltige Gebäude erfordern teilweise ein Umdenken – etwa bei Materialästhetik oder Nutzungskonzepten. Nicht jede Oberfläche muss perfekt sein, nicht jede Lösung dem gewohnten Bild eines Neubaus entsprechen. Entscheidend ist, dass Gebäude funktionieren, langlebig sind und sich an veränderte Anforderungen anpassen können.

Akzeptanz entsteht dort, wo Nutzer verstehen, warum bestimmte Entscheidungen getroffen wurden. Transparente Kommunikation ist daher ein wesentlicher Bestandteil nachhaltigen Bauens. Nachhaltigkeit kann auch mit Verzicht, aber zumindest mit Veränderungen für die Nutzer einhergehen.

Außerdem sind die Kosten für den Betrieb des Gebäudes ein relevanter Faktor, denn die Wohnkostenbelastung darf die Haushalte nicht überfordern.

Beister: Wir brauchen in diesem Zusammenhang mehr Verständnis aller Beteiligten füreinander. Jeder muss für sich selbst überlegen, was er dazu beitragen kann und letztlich auch was er fordert, damit man insgesamt zu nachhaltigen Lösungen kommt. Wir müssen uns auf eine gemeinsame Interessensgrundlage verständigen können und dürfen nicht in allen Aspekten das Maximum erwarten.

Böhmer: Warum rückt der Quartiersansatz zunehmend in den Fokus? Und welche Voraussetzungen braucht es dafür?

Bainbridge Nott: Weil viele Zukunftsthemen bei der Betrachtung von Einzelgebäuden nur begrenzt lösbar sind, rückt immer mehr die Betrachtung der Quartiere in den Fokus, um die gesetzten Ziele überhaupt erreichen zu können und qualitätsvolle Lösungen zu finden. Energieversorgung, Mobilität, Flächeneffizienz und Klimaresilienz (um nur einige zu nennen) entfalten ihr Potenzial erst im größeren Zusammenhang. Quartiere ermöglichen Synergien, die einzelne Gebäude nicht leisten können. Das heißt auch, dass zukunftsfähige Konzepte über Grundstücks- und Eigentumsgrenzen hinweg gedacht werden müssen. Oft braucht es einen übergeordneten Ansprechpartner, der Prozesse koordiniert und Zielkonflikte moderiert. Ohne diese Struktur bleiben viele Quartiersansätze theoretisch.

Böhmer: Was braucht es jetzt konkret?

Beister: Wir brauchen Mut zu neuen Lösungen – aber auf einer soliden fachlichen Basis. Innovation und Sicherheit, Kosten und Nachhaltigkeit dürfen kein Widerspruch sein.

Bainbridge Nott: Und wir brauchen den Willen gemeinschaftlich zu handeln. Klimaneutralität, soziale Stabilität und wirtschaftliche Tragfähigkeit lassen sich nur zusammen denken.

Silke Bainbridge Nott ist Geschäftsführerin des VNW Landesverbands Hamburg e.V. und zugleich Referentin für Technik und Energie im Verband norddeutscher Wohnungsunternehmen e.V. Sie ist Stadtplanerin, hat berufsbegleitend eine Qualifikation als Fachingenieurin für Bauprojektmanagement erworben und vor dem Studium eine Ausbildung zur Kauffrau in der Grundstücks- und Wohnungswirtschaft abgeschlossen. Ihre beruflichen Stationen – unter anderem bei einem privaten Projektentwickler, der Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen in Hamburg, einem städtischen Quartiersentwickler und bei der Internationalen Bauausstellung 2013 – prägen ihre breite fachliche Expertise. Mit dieser Kombination aus planerischem, technischem und immobilienwirtschaftlichem Hintergrund engagiert sie sich für die Weiterentwicklung einer zukunftsfähigen, sozial orientierten Wohnungswirtschaft. Dabei verbindet sie strategisches Denken mit praxisnaher Erfahrung und einem ausgeprägten Verständnis für die Herausforderungen der Branche.

Der Verband norddeutscher Wohnungsunternehmen e.V., kurz VNW, vertritt die Interessen von mehr als 380 Wohnungsgenossenschaften, kommunalen und sozial orientierten privaten Wohnungsgesellschaften aus Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein. Die VNW-Mitgliedsunternehmen stehen als Bestandshalter für das bezahlbare Wohnen im Norden Deutschlands, setzen sich für ein Miteinander in den Nachbarschaften ein und sorgen für den sozialen Frieden in ihren Quartieren.

Frank Beister ist Architekt und BIM-Manager. Nach langjähriger Planungstätigkeit in Hamburger Architekturbüros über alle Leistungsphasen verantwortet er heute bei OTTO WULFF den Bereich Building Information Modeling (BIM). Er befasst sich mit der Einführung und Anwendung digitaler Planungsmethoden im Bauprozess und vertrat das Unternehmen im EU-Forschungsprojekt »CIRCuIT« (Circular Construction in Regenerative Cities). In diesem Zusammenhang koordinierte er die Entwicklung einer Recyclingbeton-Mischung (»Nordmische«) aus vollständig mineralischem Rezyklat. Er ist im Unternehmen an verschiedenen Nachhaltigkeitsthemen beteiligt.

Seit mehr als 90 Jahren deckt das familiengeführte Unternehmen OTTO WULFF die gesamte Wertschöpfungskette einer Immobilie ab – von der Grundstücksakquise und Planung über die Entwicklung und den Bau bis hin zum Betrieb und zur Verwaltung. An den Standorten Hamburg, Berlin und Leipzig arbeiten rund 650 Beschäftigte aus über 20 Nationen. Das Unternehmen verbindet traditionelle Arbeitsweisen mit dem Anspruch, innovative und nachhaltige Lösungen weiterzuentwickeln. Sein Ziel ist die Schaffung funktionaler und lebenswerter Räume.

6.2.4 Zwischen Gaming-Controller und Bohrkern – warum Digitalisierung in der Betonsanierung anders funktioniert

Cher Sze Tan

1 Zwei Welten, ein Problem

Ein Gaming-Controller und ein Betonbohrkern könnten auf den ersten Blick kaum weiter voneinander entfernt sein. Und doch stehen sie sinnbildlich für zwei Welten, die im Kontext der Digitalisierung im Bauwesen aufeinandertreffen. Auf der einen Seite eine Umgebung, die von Geschwindigkeit, intuitiver Bedienung und digitalem Denken geprägt ist. Auf der anderen Seite eine Branche, in der Entscheidungen weitreichende Konsequenzen haben, Fehler kostenintensiv sind und sich Prozesse nicht beliebig verändern lassen – insbesondere im Bereich der Betonsanierung.

In den vergangenen fünf Jahren habe ich genau an dieser Schnittstelle gearbeitet. Dabei stand weniger die Technologie selbst im Fokus, sondern vielmehr die Frage, wie digitale Ansätze in der Praxis tatsächlich ankommen. In zahlreichen Gesprächen und Projekten hat sich dabei ein wiederkehrendes Muster gezeigt: Der Wunsch nach Digitalisierung ist in vielen Unternehmen vorhanden, teilweise sogar sehr ausgeprägt. Gleichzeitig bleibt die konkrete Umsetzung häufig hinter den Erwartungen zurück. Die Ursache dafür liegt in den seltensten Fällen in fehlenden technologischen Möglichkeiten. Vielmehr zeigt sich, dass die eigentliche Herausforderung darin besteht, digitale Lösungen sinnvoll in bestehende Strukturen und Abläufe zu integrieren. Genau an diesem Punkt setzt dieser Beitrag an. Er beleuchtet, warum Digitalisierung im Bauwesen – und insbesondere in der Betonsanierung – anders funktioniert, welche Hürden in der Praxis bestehen und welche Faktoren darüber entscheiden, ob digitale Ansätze im Markt tatsächlich ankommen.

Abb. 01: Gaming-Controller und Betonbohrkern: zwei Welten, die im Kontext der Digitalisierung im Bauwesen aufeinandertreffen [Foto: Cher Sze Tan]

2 Realität aus der Praxis: Wunsch und Wirklichkeit

In der täglichen Arbeit mit Unternehmen aus der Betonsanierung zeigt sich ein Bild, das sich über die Jahre hinweg erstaunlich konstant wiederholt. Der Wunsch nach Digitalisierung ist in vielen Fällen vorhanden. Häufig besteht sogar ein klares Bewusstsein dafür, dass bestehende Prozesse an ihre Grenzen stoßen und neue Ansätze notwendig sind, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben. Gleichzeitig bleibt die Umsetzung dieser Vorhaben in der Praxis oft aus oder verläuft deutlich langsamer als ursprünglich geplant. Ein wesentlicher Grund dafür liegt in den Rahmenbedingungen des operativen Geschäfts. Bauprojekte sind zeitlich eng getaktet, personelle Ressourcen sind begrenzt und der Fokus liegt zwangsläufig auf der laufenden Abwicklung. Für grundlegende Veränderungen bleibt im Alltag häufig wenig Raum. Hinzu kommt, dass viele Problemstellungen zwar erkannt werden, jedoch nicht klar eingeordnet werden können. Abläufe werden über Jahre hinweg weitergeführt, angepasst und optimiert – allerdings meist innerhalb bestehender Strukturen. Eine grundlegende Neubetrachtung findet selten statt.

In Gesprächen mit Projektleitern, Bauleitern und Geschäftsführern wird dabei immer wieder deutlich, dass die Herausforderungen oft sehr ähnlich sind. Themen wie fehlende Transparenz, hoher manueller Aufwand, Medienbrüche oder unklare Zuständigkeiten treten in unterschiedlicher Ausprägung in vielen Unternehmen auf. Gleichzeitig besteht der Wunsch, diese Themen zu lösen. Allerdings fehlt häufig ein klarer Ansatzpunkt, wo und wie eine Veränderung sinnvoll begonnen werden kann. Genau an dieser Stelle entsteht eine typische Situation: Digitalisierung wird als notwendig erkannt, bleibt aber in einem diffusen Zustand zwischen Idee und Umsetzung. Diese Lücke zwischen Wunsch und tatsächlicher Veränderung bildet den Ausgangspunkt für viele der Herausforderungen, die im weiteren Verlauf des Artikels betrachtet werden.

3 Warum Digitalisierung nicht einfach funktioniert

Die Frage, warum Digitalisierung im Bauwesen häufig langsamer voranschreitet als in anderen Branchen, lässt sich nicht mit einem einzelnen Faktor beantworten. Vielmehr handelt es sich um ein Zusammenspiel verschiedener Rahmenbedingungen, die sich gegenseitig verstärken. Ein zentraler Aspekt ist die grundsätzliche Struktur des Bauwesens. Projekte sind in der Regel individuell, zeitlich begrenzt und von vielen unterschiedlichen Beteiligten geprägt. Entscheidungen haben unmittelbare wirtschaftliche Auswirkungen, und Fehler lassen sich häufig nur mit erheblichem Aufwand korrigieren.

Gerade im Bereich der Betonsanierung verschärft sich diese Situation zusätzlich. Es handelt sich um einen spezialisierten Nischenmarkt, in dem Erfahrung, Vertrauen und bewährte Vorgehensweisen eine besonders große Rolle spielen. Neue Ansätze werden hier nicht grundsätzlich abgelehnt, aber deutlich kritischer hinterfragt und langsamer adaptiert. Hinzu kommt die typische Dynamik von Innovationsprozessen. Während eine kleinere Gruppe von Unternehmen neue Technologien frühzeitig testet und einsetzt, verhält sich ein Großteil des Markts zunächst abwartend. Diese Zurückhaltung ist nicht zwangsläufig negativ, sondern häufig Ausdruck eines bewussten Umgangs mit Risiken und Investitionen. In der Praxis führt diese Konstellation jedoch dazu, dass sich digitale Lösungen nicht flächendeckend und kurzfristig durchsetzen, sondern schrittweise über einen längeren Zeitraum hinweg entwickeln.

Ein weiterer entscheidender Punkt ist das bestehende Wissensgefälle. Digitale Möglichkeiten entwickeln sich mit hoher Geschwindigkeit, während das Verständnis für deren konkrete Anwendung im Baualltag oft erst aufgebaut werden muss. Diese Diskrepanz führt dazu, dass Potenziale zwar erkannt werden, jedoch nicht unmittelbar in konkrete Maßnahmen überführt werden können. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Digitalisierung im Bauwesen kein linearer Prozess ist. Sie erfordert Zeit, Erfahrung und die Bereitschaft, bestehende Vorgehensweisen zu hinterfragen und schrittweise weiterzuentwickeln. Oder anders formuliert: Digitalisierung im Bauwesen ist kein kurzfristiges Projekt, sondern ein langfristiger Entwicklungsprozess.

4 Marktakzeptanz als entscheidender Faktor

Ein Aspekt, der im Zusammenhang mit Digitalisierung im Bauwesen häufig unterschätzt wird, ist die Frage der Marktakzeptanz. Denn letztlich entscheidet nicht die technische Qualität einer Lösung über ihren Erfolg, sondern ihre Anschlussfähigkeit an bestehende Strukturen, Abläufe und Denkweisen. Diese Akzeptanz entsteht jedoch nicht automatisch. Sie lässt sich weder ausschließlich aus der Baupraxis heraus entwickeln, noch allein aus der Perspektive der Digitalisierung. Beide Welten bringen wichtige Voraussetzungen mit, greifen für sich genommen jedoch zu kurz.

Die Baupraxis verfügt über ein tiefes Verständnis für Abläufe, Risiken und projektspezifische Anforderungen. Gleichzeitig fehlen im operativen Alltag häufig die zeitlichen und strukturellen Voraussetzungen, um neue digitale Ansätze systematisch zu entwickeln und zu erproben. Auf der anderen Seite stehen digitale Lösungen, die durch Geschwindigkeit und technologische Möglichkeiten geprägt sind. Ohne fundiertes Marktverständnis und ohne Einbindung in reale Projektabläufe bleibt ihr Potenzial jedoch oft ungenutzt. In der Konsequenz entstehen zwei Perspektiven, die nicht ausreichend miteinander verbunden sind. Während aus technischer Sicht viele Probleme bereits lösbar erscheinen, werden diese Lösungen in der Praxis nicht übernommen, da sie nicht als unmittelbar anwendbar wahrgenommen werden. Gerade im Nischenmarkt der Betonsanierung verstärkt sich dieser Effekt. Die Branche ist geprägt durch langjährige Erfahrung, enge Netzwerke und eine hohe Relevanz persönlicher Beziehungen. Neue Ansätze müssen sich in diesem Umfeld nicht nur fachlich bewähren, sondern auch Vertrauen aufbauen.

Damit wird deutlich, dass erfolgreiche Digitalisierung ein Zusammenspiel beider Welten erfordert: ein fundiertes Verständnis der Baupraxis sowie die Fähigkeit, digitale Lösungen effizient zu entwickeln und anzupassen. Erst wenn diese beiden Perspektiven miteinander verbunden werden, entsteht eine Grundlage, auf der digitale Ansätze im Markt tatsächlich akzeptiert und angewendet werden können.

5 Erst das Fundament, dann die Technologie

In der Praxis zeigt sich immer wieder ein ähnliches Muster im Umgang mit Digitalisierung. Viele Unternehmen beschäftigen sich intensiv mit neuen Technologien – etwa mit KI-Anwendungen, digitalen Plattformen oder innovativen Softwarelösungen. Gleichzeitig sind die eigenen internen Prozesse häufig noch stark von manuellen Abläufen, individuellen Excel-Lösungen und gewachsenen Strukturen geprägt. Diese Kombination führt selten zu den gewünschten Ergebnissen. Denn digitale Technologien entfalten ihren Mehrwert nur dann, wenn sie auf funktionierende und klar strukturierte Prozesse aufsetzen können. Ist diese Grundlage nicht vorhanden, entsteht durch zusätzliche Tools häufig zunächst mehr Komplexität statt Entlastung. In vielen Fällen wird versucht, beste-

hende Abläufe »zu digitalisieren«, ohne sie zuvor grundlegend zu hinterfragen. Dadurch werden ineffiziente Prozesse nicht gelöst, sondern lediglich in eine digitale Form überführt. Die Folge ist, dass neue Systeme im Arbeitsalltag nicht als Unterstützung wahrgenommen werden, sondern als zusätzlicher Aufwand.

Ein typisches Beispiel aus der Praxis

Ein Unternehmen führt eine neue Softwarelösung zur digitalen Projektabwicklung ein. Gleichzeitig werden zentrale Informationen weiterhin in unterschiedlichen Excel-Dateien, E-Mails und handschriftlichen Notizen verwaltet. Die neue Lösung muss sich in diese bestehende Struktur einfügen – ohne dass diese zuvor angepasst wurde. Das Ergebnis ist absehbar: Die Software wird nicht konsequent genutzt, Prozesse werden parallel geführt, und die erhoffte Effizienzsteigerung bleibt aus. Übertragen auf die Betoninstandhaltung lässt sich dieses Prinzip einfach beschreiben: Bevor neue Schichten aufgebaut werden, muss das Fundament stimmen. Erst wenn bestehende Abläufe verstanden, strukturiert und – wo sinnvoll – vereinfacht wurden, entsteht eine belastbare Grundlage für weiterführende digitale Anwendungen. Die zentrale Erkenntnis daraus ist klar: Digitalisierung beginnt nicht mit der Auswahl eines Tools, sondern mit der strukturierten Analyse der eigenen Organisation.

6 Der Wert der Außenperspektive

Ein weiterer Aspekt, der in der Praxis häufig unterschätzt wird, ist der Umgang mit bestehenden Prozessen im eigenen Unternehmen. Viele Abläufe im Bau – insbesondere in wirtschaftlich relevanten Bereichen wie Dokumentation, Abrechnung oder Leistungsfortschritt – haben sich über Jahre hinweg entwickelt. Sie funktionieren im Alltag, werden von den Beteiligten beherrscht und gelten daher als gegeben. Nicht, weil sie optimal sind. Sondern weil sie sich etabliert haben.

Gerade im laufenden Projektgeschäft fehlt häufig die Zeit, diese Strukturen grundlegend zu hinterfragen. Prozesse werden angepasst, erweitert und weitergeführt, ohne sie systematisch neu zu denken. Für die Beteiligten selbst ist diese Arbeitsweise oft nicht unmittelbar problematisch. Sie ist Teil des gewohnten Arbeitsumfelds. Erst mit einem externen Blick wird sichtbar, welches Potenzial tatsächlich vorhanden ist. Werden diese Abläufe aus einer neutralen, digitalen Perspektive betrachtet, zeigen sich häufig wiederkehrende Muster: manuelle Zwischenschritte, doppelte Datenerfassung, fehlende Transparenz und unnötige Reibungsverluste.

Diese Strukturen sind in vielen Unternehmen ähnlich ausgeprägt und werden selten isoliert wahrgenommen. Genau hier liegt einer der größten Hebel für Veränderung. Der externe Blick ermöglicht es, Zusammenhänge sichtbar zu machen und Prozesse in ihrer Gesamtheit zu bewerten. Dabei geht es nicht darum, bestehende Arbeitsweisen grund-

sätzlich infrage zu stellen, sondern sie gezielt weiterzuentwickeln. Besonders deutlich wird dieses Potenzial in Bereichen mit direkter wirtschaftlicher Relevanz. Themen wie Abrechnung, Leistungsfortschritt oder Cashflow sind in vielen Unternehmen zentrale Steuerungsgrößen – gleichzeitig aber häufig durch manuelle und wenig vernetzte Prozesse geprägt. Die daraus entstehenden Herausforderungen sind selten Einzelfälle, sondern treten in ähnlicher Form in vielen Projekten und Unternehmen auf. Gerade diese Wiederholbarkeit ist entscheidend. Denn dort, wo Probleme systematisch auftreten, lassen sich auch systematische Lösungen entwickeln.

7 Wie Digitalisierung in der Praxis funktioniert

Die Frage, wie Digitalisierung im Bauwesen konkret umgesetzt werden kann, lässt sich nicht mit einem standardisierten Vorgehen beantworten. Dennoch lassen sich aus der Praxis wiederkehrende Muster erkennen, die erfolgreiche Projekte miteinander verbinden. Ein entscheidender erster Schritt ist das Eingeständnis, dass bestehende Strukturen und internes Know-how allein häufig nicht ausreichen, um eine digitale Transformation eigenständig voranzutreiben. Diese Erkenntnis schafft die Grundlage für eine realistische Einschätzung der eigenen Ausgangssituation. Darauf aufbauend hat sich in der Praxis ein Vorgehen bewährt, das nicht auf umfassende Veränderungen abzielt, sondern auf klar abgegrenzte Anwendungsfälle. Statt das gesamte Unternehmen gleichzeitig umzustellen, wird gezielt ein konkreter Use Case definiert, an dem neue Arbeitsweisen erprobt werden können.

Diese Fokussierung ermöglicht es, schnell erste Erfahrungen zu sammeln und die Auswirkungen neuer Ansätze im realen Projektumfeld zu bewerten. Ein weiterer zentraler Erfolgsfaktor ist die Zusammensetzung des Teams. In vielen erfolgreichen Projekten zeigt sich, dass insbesondere kleinere, schlagkräftige Einheiten entscheidend sind. Diese bestehen häufig aus digitalaffinen Mitarbeitenden, die offen für neue Ansätze sind, sowie aus erfahrenen Fachkräften, die die Abläufe im Detail kennen. Ergänzt wird dieses Team durch eine klare Unterstützung auf Managementebene. Ohne eine strategische Entscheidung und die entsprechende Priorisierung durch die Geschäftsführung lassen sich notwendige Freiräume im operativen Alltag kaum schaffen. In diesem Kontext entstehen häufig Strukturen, die sich mit internen Start-ups vergleichen lassen: fokussierte Teams, die losgelöst vom Tagesgeschäft neue Lösungen entwickeln und iterativ weiterentwickeln. Gerade dieser iterative Ansatz ist entscheidend.

Statt auf perfekte Lösungen zu warten, werden bewusst pragmatische Schritte gegangen. Erste Ergebnisse werden schnell sichtbar gemacht, getestet und bei Bedarf angepasst. Dieser Prozess ermöglicht es, Erfahrungen unmittelbar in die Weiterentwicklung einfließen zu lassen. Besondere Bedeutung kommt dabei den frühen Teilerfolgen zu. Sie schaffen Vertrauen in die neue Arbeitsweise, erhöhen die Akzeptanz im Unterneh-

men und tragen dazu bei, dass sowohl Mitarbeitende als auch Entscheidungsträger den Nutzen digitaler Ansätze konkret nachvollziehen können. Ohne diese greifbaren Ergebnisse bleibt Digitalisierung häufig abstrakt und verliert an Dynamik. Gleichzeitig zeigt sich, dass der Erfolg solcher Initiativen stark von einzelnen Personen abhängt. Interne »Champions«, die Veränderung aktiv vorantreiben und als Schnittstelle zwischen den Beteiligten fungieren, spielen dabei eine zentrale Rolle. Erst durch das Zusammenspiel aus klarer strategischer Ausrichtung, einem geeigneten Team, pragmatischer Umsetzung und sichtbaren Ergebnissen entsteht eine Dynamik, die über einzelne Projekte hinaus Wirkung entfalten kann.

8 Digitalisierung als Investition verstehen

Ein Aspekt, der in der Praxis häufig zu Fehlannahmen führt, ist die Erwartungshaltung gegenüber Digitalisierung. Viele Unternehmen verbinden mit digitalen Lösungen in erster Linie Effizienzgewinne und kurzfristige Entlastung. In der Realität zeigt sich jedoch ein anderes Bild. Digitalisierung bedeutet zunächst immer zusätzlichen Aufwand. Neue Prozesse müssen verstanden, eingeführt und abgestimmt werden. Bestehende Arbeitsweisen werden hinterfragt und verändert. Gleichzeitig müssen Mitarbeitende mitgenommen und in neue Abläufe integriert werden. In dieser Phase entsteht häufig der Eindruck, dass Digitalisierung mehr Arbeit verursacht, anstatt sie zu reduzieren.

Im übertragenen Sinne bedeutet das: Bevor es leichter wird, wird es oft zunächst anstrengender. Genau an diesem Punkt entscheiden sich viele Vorhaben. Wenn Digitalisierung ausschließlich unter kurzfristigen Effizienzgesichtspunkten betrachtet wird, fehlt häufig die Bereitschaft, diesen initialen Mehraufwand zu akzeptieren. Projekte werden abgebrochen oder nicht konsequent weiterverfolgt.

Wird Digitalisierung hingegen als Investition verstanden, verändert sich die Perspektive. Es handelt sich dann nicht um eine kurzfristige Maßnahme, sondern um den Aufbau von Wissen, Strukturen und Fähigkeiten innerhalb des Unternehmens. Der eigentliche Mehrwert entsteht zeitverzögert. Durch klarere Prozesse, reduzierte Fehlerquoten und eine bessere Verfügbarkeit von Informationen lassen sich Abläufe langfristig effizienter gestalten. Gleichzeitig erhöht sich die Transparenz, und Entscheidungen können fundierter getroffen werden.

Ein weiterer Effekt wird häufig erst im Verlauf sichtbar: Mitarbeitende werden entlastet, Arbeitsabläufe werden nachvollziehbarer, und es entstehen Freiräume für neue Aufgaben und Entwicklungen. Diese Entwicklung erfolgt jedoch nicht automatisch. Sie setzt voraus, dass der eingeschlagene Weg konsequent verfolgt wird und erste Rückschläge nicht als Scheitern interpretiert werden, sondern als Teil des Lernprozesses.

Ein zusätzlicher kritischer Faktor ist die Wahl der richtigen Partner. Gerade in einem sensiblen und erfahrungsgetriebenen Umfeld wie dem Bauwesen können negative Erfahrungen langfristige Auswirkungen haben. Unternehmen, die erste Digitalisierungsprojekte als nicht zielführend erleben, entwickeln häufig eine grundsätzliche Skepsis gegenüber weiteren Initiativen. Umso wichtiger ist es, Digitalisierung nicht als isolierte Einführung einzelner Tools zu verstehen, sondern als strukturierten Prozess, der gezielt aufgebaut und begleitet wird.

9 Steigender Druck im Markt

Neben den internen Herausforderungen verändert sich aktuell auch das Marktumfeld im Bauwesen spürbar. Ein wesentlicher Treiber ist der zunehmende Alterungsprozess des Gebäudebestands. Insbesondere im Bereich der Betoninstandhaltung steigt der Bedarf kontinuierlich. Für viele Unternehmen bedeutet das zunächst eine positive Entwicklung. Die Nachfrage wächst, Projekte nehmen zu und die Auslastung steigt. In der Praxis führt genau diese Entwicklung jedoch zu neuen Herausforderungen. Denn steigende Nachfrage bedeutet nicht automatisch, dass Projekte auch effizient abgewickelt werden können. Viele Unternehmen stoßen bereits heute an ihre organisatorischen Grenzen. Projekte müssen parallel bearbeitet werden, Abstimmungen nehmen zu, und Informationen werden mehrfach erfasst oder an verschiedenen Stellen gepflegt. Bestehende Prozesse geraten dadurch unter Druck und entwickeln sich zunehmend zum limitierenden Faktor.

Die Konsequenz ist klar: Ohne strukturierte und effiziente Abläufe lassen sich zusätzliche Aufträge nur begrenzt bewältigen – unabhängig davon, wie hoch die Nachfrage ist. Gleichzeitig zeigt sich ein zweites, gegensätzliches Szenario. Unternehmen, die im Markt nicht ausreichend sichtbar sind, profitieren von dieser Entwicklung häufig nicht in gleichem Maße. Klassische Ausschreibungsmodelle verändern sich, und die Bedeutung von aktiver Marktbearbeitung nimmt zu. Das bedeutet, dass sich die Anforderungen an Unternehmen verschieben. Reines Reagieren auf eingehende Anfragen reicht in vielen Fällen nicht mehr aus. Stattdessen wird es zunehmend notwendig, sich aktiv im Markt zu positionieren, Sichtbarkeit aufzubauen und in vertriebliche Fähigkeiten zu investieren.

Auch hier zeigt sich eine direkte Verbindung zur Digitalisierung. Sichtbarkeit entsteht heute vielfach über digitale Kanäle. Vertrieb wird strukturierter und datenbasierter, und Marketing entwickelt sich zu einem integralen Bestandteil der Unternehmensstrategie. Damit verschiebt sich der Fokus: Vom reinen Abarbeiten von Projekten hin zu einem ganzheitlichen Verständnis der eigenen Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Von der Akquise über die Projektabwicklung bis hin zur Abrechnung und Auswertung.

10 Prozesse ganzheitlich denken

Betrachtet man die zuvor beschriebenen Entwicklungen im Zusammenhang, wird deutlich, dass Digitalisierung nicht isoliert in einzelnen Bereichen betrachtet werden kann. Vielmehr geht es um das Zusammenspiel der Prozesse innerhalb eines Unternehmens. Von der Akquise über die Projektabwicklung bis hin zur Abrechnung und Auswertung greifen zahlreiche Abläufe ineinander. In der Praxis werden diese jedoch häufig getrennt betrachtet und organisiert. Informationen entstehen an verschiedenen Stellen, werden mehrfach erfasst und nur teilweise weitergegeben. Dadurch gehen Zusammenhänge verloren und Potenziale bleiben ungenutzt. Erst wenn diese Prozesse miteinander verknüpft werden, entsteht ein umfassendes Bild.

Ein Projekt beginnt nicht erst auf der Baustelle, sondern bereits bei der ersten Anfrage oder Ausschreibung. Ebenso endet es nicht mit der Fertigstellung der Leistung, sondern wirkt sich auf nachgelagerte Themen wie Abrechnung, Auswertung und zukünftige Projekte aus. In vielen Unternehmen fehlen jedoch genau diese Verbindungen. Vertrieb, Ausführung und kaufmännische Abwicklung arbeiten oft nebeneinander, anstatt systematisch miteinander vernetzt zu sein. Dadurch entstehen Medienbrüche, Informationsverluste und zusätzliche Abstimmungsaufwände. Digitale Prozesse bieten hier die Möglichkeit, diese Lücken zu schließen. Sie schaffen eine gemeinsame Grundlage, auf der Informationen strukturiert erfasst, weiterverarbeitet und ausgewertet werden können. Dadurch entstehen nicht nur effizientere Abläufe, sondern auch neue Formen der Rückkopplung. Ergebnisse aus abgeschlossenen Projekten können beispielsweise genutzt werden, um zukünftige Angebote besser zu kalkulieren oder Risiken frühzeitig zu erkennen. Gleichzeitig lassen sich Abläufe kontinuierlich verbessern, da Erfahrungen systematisch in die Weiterentwicklung einfließen.

In diesem Zusammenhang wird deutlich, dass Digitalisierung nicht nur bestehende Prozesse unterstützt, sondern deren Zusammenspiel grundlegend verändert. Erst durch diese Vernetzung entsteht ein System, das in der Lage ist, auf steigende Anforderungen im Markt zu reagieren und gleichzeitig interne Abläufe zu stabilisieren.

11 Fazit: Digitalisierung beginnt beim Menschen

Die Betrachtung der verschiedenen Aspekte zeigt, dass Digitalisierung im Bauwesen kein rein technologisches Thema ist. Vielmehr handelt es sich um einen Veränderungsprozess, der tief in bestehende Strukturen, Abläufe und Denkweisen eingreift. Technologische Möglichkeiten sind heute in vielen Bereichen vorhanden. Die eigentliche Herausforderung liegt darin, diese sinnvoll in die Praxis zu überführen. Dabei spielen mehrere Faktoren eine zentrale Rolle: die Struktur der eigenen Prozesse, die Bereitschaft zur Veränderung, die Fähigkeit, unterschiedliche Perspektiven miteinander zu verbinden sowie der Aufbau von Vertrauen innerhalb und außerhalb des Unternehmens.

Gerade im Nischenmarkt der Betonsanierung wird deutlich, wie stark diese Faktoren miteinander verknüpft sind. Erfahrung, persönliche Beziehungen und etablierte Vorgehensweisen bilden hier die Grundlage für Entscheidungen – und damit auch für die Einführung neuer Ansätze. Erfolgreiche Digitalisierung entsteht daher nicht durch die isolierte Einführung einzelner Lösungen, sondern durch ein abgestimmtes Zusammenspiel aus Organisation, Prozessen und Menschen. Unternehmen, die bereit sind, diesen Weg zu gehen, investieren nicht nur in Technologien, sondern vor allem in ihre eigene Weiterentwicklung. Sie schaffen die Grundlage, um steigende Anforderungen zu bewältigen, interne Abläufe zu verbessern und langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die zentrale Erkenntnis lässt sich dabei einfach zusammenfassen: Digitalisierung beginnt nicht mit der Auswahl eines Tools. Sondern mit dem Verständnis für die eigenen Prozesse – und mit den Menschen, die diese Prozesse gestalten.

Cher Sze Tan ist ausgebildeter informationstechnischer Assistent und studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Informatik. Nach mehreren Jahren in der Unternehmensberatung liegt sein Fokus heute auf der Verbindung von Baupraxis und Digitalisierung. Mit seinem Ingenieurbüro Tan Tech mit Sitz in Dortmund begleitet er insbesondere mittelständische Bauunternehmen bei der strukturierten Einführung digitaler Prozesse – mit einem klaren Fokus auf die Betoninstandhaltung. Im Zentrum seiner Arbeit steht die Analyse und Weiterentwicklung bestehender Abläufe, insbesondere in Bereichen wie Projektabwicklung, Dokumentation und Abrechnung. Ergänzend betrachtet er auch vertriebliche und marketingbezogene Prozesse, da diese zunehmend Einfluss auf Auslastung, Sichtbarkeit und Wachstum von Bauunternehmen haben. Ziel ist es, digitale Lösungen praxisnah umzusetzen und wirtschaftliche Potenziale entlang der gesamten Wertschöpfungskette nutzbar zu machen. Schwerpunkte sind digitale Prozessentwicklung im Bauwesen, Einführung und Umsetzung digitaler Arbeitsweisen, Analyse und Optimierung operativer Abläufe sowie Verknüpfung von Baupraxis, Digitalisierung und marktorientierten Prozessen.

6.3 Vom Entwurf zur Realität: Wegweisende Best-Practice-Projekte

Die Kombination von materialwissenschaftlichen Innovationen mit der Nutzung wiederentdeckter, altbewährter Werkstoffe bildet das Fundament für die Entwicklung zukunftsfähiger, ressourcenoptimierter und resilienter Baulösungen im Rahmen der nachhaltigen Transformation des Bauwesens. Diese kann maßgeblich zur Erhöhung von Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz sowie zur Reduktion von Bau- und Lebenszykluskosten beitragen. In diesem Kapitel finden sich spannende Best-Practice-Projekte, die beweisen, dass kluges Planen und Bauen die Grundlage für die Entwicklung resilienter, anpassungsfähiger und ökologisch optimierter Bauwerke bildet – dies gilt für den Neubau ebenso wie für Sanierung und Modernisierung im Bestand. So wird unter anderem der HLCB – Holz-Lehmbau Campus Berlin vorgestellt, ein Reallabor für regeneratives Bauen. Außerdem zeigt ein gelungenes Projekt aus Hannover, dass Denkmalschutz und Klimaschutz kein Widerspruch sein müssen und wie Herausforderungen bei der Integration von Photovoltaikanlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden durch kluge Planung erfolgreich gemeistert werden konnten.

6.3.1 Formen, Forschen, Transformieren: Der Holz-Lehmbau Campus Berlin – HLCB – ein Reallabor für regeneratives Bauen

FOTO: B&O BAU

Stefan Anders

Der Bausektor ist einer der zentralen Hebel im Klimawandel. Weltweit verursacht er einen erheblichen Anteil der CO_2-Emissionen, des Ressourcenverbrauchs und des Abfallaufkommens. Wer über die Zukunft des Bauens spricht, spricht deshalb nicht nur über Energieeffizienz im Betrieb, sondern zunehmend über Materialien, Konstruktionen und Kreisläufe. Entscheidend sind die materialgebundenen Emissionen, jene graue Energie, die bei Rohstoffgewinnung, Herstellung, Transport, Errichtung, Instandhaltung und Rückbau von Gebäuden entsteht. Im Zentrum des Forschungsprojekts Holz-Lehm-Hybrid steht die Frage, wie Bauen unter heutigen ökologischen Bedingungen neu gedacht werden kann. Welche Materialien, Konstruktionen und Prozesse braucht es, damit Gebäude nicht weiterhin Ressourcenverbrauch und Emissionen verstärken, sondern aktiv zu einer klima- und kreislaufgerechten Baupraxis beitragen und Teil der Lösung werden?

Der B&O Holz-Lehmbau Campus Berlin in Berlin-Weißensee (kurz HLCB) gibt darauf keine weitere theoretische Antwort, sondern eine konkret bauliche. Das Projekt wurde im Planungsprozess als Reallabor angelegt, es verbindet die Entwicklung regenerativer Materialien und kreislauffähiger Bauteile mit deren konkreter Umsetzung auf einer realen Baustelle. Damit verschiebt das Planungs- und Forschungsteam den Blick von der Absicht zur Anwendung. Nicht allein die ökologische Qualität eines Baustoffs ist entscheidend, sondern seine regionale Verfügbarkeit, seine industrielle Verarbeitbarkeit, seine konstruktive Logik, seine Genehmigungsfähigkeit und die Einbindung in tatsächliche Bauprozesse.

FOTO: NIKOLAUS BRADE

Patricia Jeglitsch

FOTO: ERIK-JAN OUWERKER

Vera Hartmann

FOTO: B&O BAU

Dr. Friederike Münn

Auf den Weg gebracht wurde das Projekt aus der Baupraxis durch B&O Bau und Gebäudetechnik gemeinsam mit sauerbruch hutton, ursprünglich vor allem als Erweiterung der Büroflächen. Aus dieser Initiative heraus entstand, über die bereits im Projekt angelegten nachhaltigen Grundideen hinaus, eine Kooperation mit Bauhaus Erde und in deren Folge die Idee eines umfassenden Forschungsprojektes. Der HLCB ist nicht nur ein Bauvorhaben, sondern wurde bewusst als Reallabor angelegt. Planung, wissenschaftliche Begleitung und Ausführung wurden eng miteinander verzahnt; seit April 2024 wird dieses Forschungsprojekt durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert. Die wissenschaftliche Leitung der Forschungsarbeit liegt bei Bauhaus Erde; begleitet wird das Vorhaben durch den Landesbeirat Holz Berlin-Brandenburg und den Industrieverband Lehmbaustoffe. Die B&O Bau und Gebäudetechnik übernimmt als Bauherr, ausführendes Unternehmen und aktiver Forschungspartner eine zentrale Rolle in der Umsetzung. Sauerbruch hutton verantwortet den Entwurf und bringt seine planerische und gestalterische Expertise von Beginn an in die Entwicklung und später auch als Forschungsbeteiligte mit ein.

Gerade diese interdisziplinäre Konstellation ist wesentlich: Forschung, Architektur, Bauausführung, Industrie und Fachverbände arbeiten nicht nacheinander oder nebeneinander, sondern direkt in Rückkopplungsschleifen miteinander. Das Projekt untersucht nicht nur, was ökologisch wünschenswert wäre, sondern was unter realen Bedingungen planbar, herstellbar, ausführbar und später sogar übertragbar ist.

Vom Gebäude zur Forschung

Ausgangspunkt des Projekts ist ein Gewerbegrundstück in Berlin-Weißensee, umschlossen von einer heterogenen Nachbarbebauung sowie einer eingeschossigen Garagenanlage im Bestand. Die städtebaulich geschickt platzierte Neubebauung transformiert diesen Ort in eine moderne Arbeitswelt und wird bei Fertigstellung gleichzeitig als Hauptstadt-Campus für die B&O Bau fungieren. Der vormals fast vollständig versiegelte Hof wird größtenteils entsiegelt, begrünt und als gemeinschaftlicher Außenraum zurückgewonnen. Allergikerfreundliche Pflanzen verbessern das Mikroklima und schaffen Aufenthaltsqualität. Damit beginnt die Transformation nicht erst beim Gebäude, sondern bereits beim Umgang mit dem Grundstück selbst.

Abb. 01: Zuschnitt und Zwischenlagerung von Betonelementen aus dem Bestand zur Wiederverwendung als Re-Use-Fundamente.

Der entstehende HLCB ist als Arbeitsort, Forschungsgegenstand und Demonstrator zugleich konzipiert. Seine Architektur macht Materialien, Fügungen und konstruktive Prinzipien sichtbar. Regionale und regenerative Baustoffe werden nicht verkleidet, sondern räumlich und atmosphärisch wirksam. Kiefernholz aus Brandenburg bildet wesentliche Teile des Tragwerks. Lehmsteine regulieren Temperatur und Feuchtigkeit. Stroh und Paludi-Materialien werden in leichten Trennwänden und Türfüllungen eingesetzt. Beton aus der vorhandenen Garagenanlage und versiegelten Außenanlagen wird nicht entsorgt, sondern als Fundamentmaterial wiederverwendet. Auch der Innenraum folgt dieser Grundlogik. Flexible Arbeitsplatzgruppen, Rückzugsbereiche und ein zweige-

schossiger Gemeinschaftsbereich bilden die neue Arbeitswelt, die Offenheit und Konzentration miteinander verbindet. Eine ausgerundete tragende und aussteifende Lehmsteinwand wirkt als räumliches Gelenk zwischen den zwei Bürotrakten. Pinnwände aus Seegras, Akustikpaneele aus Altkleidern und Vorhänge als Sonnen- und Raumtrennelemente erweitern den Materialkanon bis in den Innenausbau. Die Konstruktionen folgen dabei oft dem durch sauerbruch hutton immer wieder hervorgehobene Prinzip der »Doppelcodierung«, das heißt, Bauteile übernehmen mehr als nur eine Funktion. Eine Lüftungsanlage wird etwa von einer Sitzbank überbaut, die zugleich Besprechungsmöbel ist und für Revisionen demontiert werden kann. Das Gebäude wird auf diese Weise nicht als abgeschlossene technische Apparatur verstanden, sondern als zugängliches, veränderbares und reparierbares Gefüge.

Von Anfang an ist das Projekt auf Langlebigkeit und Anpassungsfähigkeit ausgelegt. Als transformationsfähiges Gebäude erlaubt das Tragwerk zusammen mit raumhohen Fenstern auch eine spätere Umnutzung zu Wohnraum mit vergleichsweise geringen Eingriffen. Transformation bedeutet hier daher zweierlei, die Kreislauffähigkeit der Materialien sowie auch die langfristige Anpassungsfähigkeit der Räume. Dabei ist das Gebäude in der Planung mindestens für 200 Jahre ausgelegt, historische Holz-Lehmbauten haben diese Lebensdauer längst bewiesen.

Die Materialwahl als Bestandteil des Entwerfens

Die Materialwahl im Holz-Lehm-Hybrid folgt keinem additiven Nachhaltigkeitsverständnis. Holz, Lehm und wiederverwendeter Beton werden nicht als isolierte »ökologische« Baustoffe eingesetzt, sondern jeweils entsprechend ihrer konstruktiven, räumlichen und ökologischen Eigenschaften. Entscheidend ist die Verbindung von Material, Bauteil, Produktion und Einbau. Im Mittelpunkt stehen drei Materialstrategien, die unterschiedliche ökologische Potenziale miteinander verbinden: regionales Kiefernholz als nachwachsender Baustoff, Lehm als ungebrannter, vollständig rückführbarerer mineralischer Baustoff sowie vorhandener Beton, der direkt aus dem Bestand gewonnen und weiterverwendet wird. Erst in dieser Kombination entsteht ein robustes System, das die Stärken der einzelnen Materialien nutzt und ihre Grenzen berücksichtigt.

Holz – die regionale Kiefer

Für das Holz bietet Brandenburg eine besondere Ausgangslage, denn ein großer Teil der Waldfläche besteht aus märkischer Kiefer. Durch ihre Standortbedingungen entwickelt die märkische Kiefer Eigenschaften, die sie für den konstruktiven Holzbau besonders interessant machen, eine hohe Rohdichte, Stabilität und Feuchtigkeitsresistenz. Im Projekt wird die regionale Kiefer aus nachhaltiger Forstwirtschaft zu vorgefertigten Holzbauteilen verarbeitet. Damit verbindet sich ein zentrales Thema der Bauwende, die regionale

Wertschöpfung. Das ökologische Potenzial von Holz entfaltet sich nicht allein durch den Rohstoff selbst, sondern erst im Zusammenspiel mit den Wertschöpfungs- und Produktionsketten. Entscheidend sind daher Herkunft, Verarbeitung, industrielle Vorfertigung sowie die Einbindung in Planung, Montage und Bauprozesse. Erst wenn diese Schritte zusammengedacht werden, kann aus einem nachwachsenden Baustoff ein skalierbares und ökologisch wirksames Bausystem entstehen.

Lehm – in Zukunft regional aus Baustellenaushüben

Obwohl Lehm zu den ältesten Baustoffen der Menschheit gehört und seit Jahrhunderten als Baustoff genutzt wird, wird sein Potenzial für das heutige Bauen häufig noch unterschätzt. Er ist vielerorts verfügbar und fällt im Bausektor in großen Mengen als Aushubmaterial an. Konstruktiv kann Lehmstein ähnlich wie gebrannter Ziegel verarbeitet werden, jedoch ohne den energieintensiven Brennprozess. Dadurch lassen sich die materialgebundenen CO_2e-Emissionen gegenüber gebrannten Mauersteinen deutlich reduzieren. Die besondere Stärke liegt in der Verbindung von Einfachheit – auch in den Herstellprozessen – und der Leistungsfähigkeit. Lehm kann Feuchtigkeit puffern, thermische Masse bereitstellen und nach dem Rückbau ganz ohne Qualitätsverlust stofflich wiederverwendet oder zurückgeführt werden. Ein wesentlicher Vorteil liegt darin, dass Lehmsteine prinzipiell mit vorhandenen Produktionsanlagen der Ziegelindustrie hergestellt werden können. Damit eröffnet sich ein Weg zur Skalierung, ohne vollständig neue Fertigungsstrukturen aufbauen zu müssen. Für eine Skalierung des Lehmbaus ist das natürlich entscheidend. Die Transformation des Bauens wird nicht gelingen, wenn jedes Material eine vollständig neue industrielle Infrastruktur voraussetzt.

Re-Use-Beton – ganz ohne Transportwege

Die Wiederverwendung von Beton folgt oft einer anderen Logik. Beton ist in seinem Grundaufbau nicht regenerativ, zugleich ist er in enormen Mengen bereits vorhanden. Angesichts der wachsenden anthropogenen Masse wird die Rückführung vorhandener Bauteile in den Baukreislauf zu einer zentralen Aufgabe. Im Holz-Lehmbau Campus ergab sich diese Möglichkeit unmittelbar aus dem Ort selbst. Die Entsiegelung der Bestandsoberflächen und der Rückbau der vorhandenen Betonbodenplatten stellten das Material bereit, das direkt vor Ort weiterverwendet werden konnte. Im Projekt wird Beton damit nicht neu gedacht, sondern anders genutzt. Der bestehende Belag wurde statisch geprüft, zu Elementen zugeschnitten, gelagert, katalogisiert und als Fundamentmaterial zu Stapelfundamenten in Punkt und Streifen erneut eingebaut. Was sonst Abbruch wäre, wird hier zur Ressource, aus Entsorgung wird Logistik, aus Bestand wird Konstruktion.

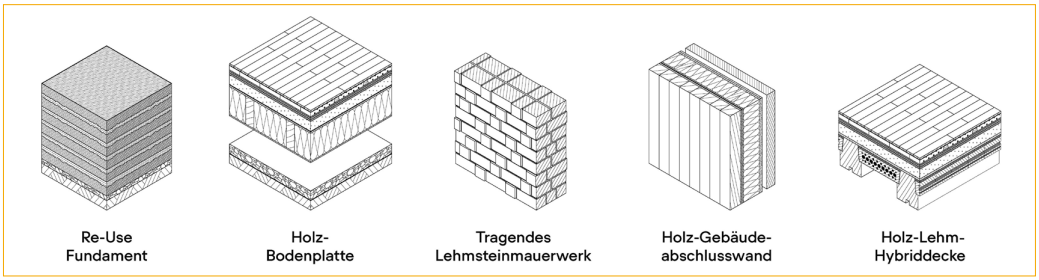


Abb. 02: Darstellung der fünf tragenden Forschungsbauteile des Holz-Lehm-Hybrid

Entwerfen, Bewerten, Bauen, Beobachten

Methodisch folgt das Forschungsprojekt einem sich periodisch wiederholenden Prozess. Die Entwicklung der Bauteile erfolgt in mehreren aufeinander bezogenen Schritten, ausgehend vom Entwurf wurden Varianten ökologisch bewertet, prototypisch erprobt, konstruktiv weiterentwickelt und schließlich im Gebäude umgesetzt. Ein anschließendes Monitoring im Betrieb soll zeigen, wie sich die Lösungen unter realen Nutzungs- und Klimabedingungen bewähren. Forschung findet damit nicht neben dem Gebäude statt, sondern bis in die Konstruktion und durch das Reallabor. Die Bauteile, die einen besonders hohen Einfluss auf die materialgebundenen Treibhausgasemissionen haben, wurden zu Beginn des Forschungsvorhabens identifiziert, klar benannt und lokalisiert. Der Fokus lag auf den tragenden und konstruktiv relevanten Bauteilen. Das Team benannte daraus die fünf abgegrenzten Forschungsbauteile, das Fundament, die Bodenplatte, die tragenden Innenwände, die Gebäudeabschlusswand und die Geschossdecken. Die ökologische Bewertung ist kein nachgelagerter Nachweis, sondern integraler Bestandteil des Entwurfsprozesses. Sie bildet den methodischen Entscheidungsrahmen, innerhalb dessen Konstruktion, Materialwahl und Umsetzung im Projekt abgewogen werden. Entwurfsansätze werden bereits in frühen Planungsphasen durch vereinfachte Lebenszyklusanalysen eingeordnet und mit konventionellen funktionalen Äquivalenten verglichen.

Die Bewertung erfolgt auf drei gleichwertigen Ebenen. Erstens werden im Rahmen der Lebenszyklusanalyse die materialgebundenen Treibhausgasemissionen der Bauteile ermittelt. Als Indikator dient das Global Warming Potential in kg CO_2e pro Quadratmeter Bauteil; betrachtet werden die Phasen A1-A3 Herstellung, B4 Ersatz sowie C3 und C4 Abfallbehandlung und Deponierung. Zweitens werden Regionalität und Transport bauteilbezogen bewertet, da transportbedingte Emissionen nicht allein von der Herkunft eines Materials, sondern ebenso von Rohdichte, Materialmenge und Transportdistanz abhängen. Drittens werden Zirkularität und Rückbaubarkeit auf Grundlage des DGNB-Gebäuderessourcenpasses, orientiert an ISO 20887:2020 sowie den Indikatoren des europäischen Referenzrahmens Level(s), untersucht. Bewertet wird dabei, ob Bauteile demontiert, getrennt und ohne Qualitätsverlust wiederverwendet werden können.

Erst das Zusammenspiel dieser drei Ebenen macht konstruktive Entscheidungen in ihrer ökologischen Gesamtwirkung beurteilbar. Die akkumulierten Bilanzen der im Projekt betrachteten und entwickelten Bauteile zeigen eine Reduktion der materialgebundenen Treibhausgasemissionen um 77,1 Prozent gegenüber konventionellen funktionalen Äquivalenten über die betrachteten Lebenszyklusphasen hinweg. Dieses Ergebnis ist nicht allein auf den Austausch einzelner Materialien zurückzuführen. Entscheidend ist vielmehr eine veränderte konstruktive Logik, massive mineralische Bauteile werden dort ersetzt, wo leichte, vorgefertigte oder hybride Systeme funktional gleichwertig sind; mineralische Masse wird dort eingesetzt, wo sie bauphysikalisch und räumlich sinnvoll wirksam ist; vorhandene Materialien werden dort weitergenutzt, wo sie vor Ort verfügbar sind. Damit verschiebt sich der Fokus von der Bewertung einzelner Baustoffe hin zur ökologischen Leistungsfähigkeit ganzer konstruktiver Systeme.

Kiefer – leichte Bauteile und serielle Vorfertigung der B&O Bau

Im Fokus des Holzbaus stehen vor allem die Gebäudeabschlusswand und die Bodenplatte sowie weitere tragende Bauteile des Tragwerks – Stützen, Rähm und Schwellen. Bei der Gebäudeabschlusswand wurde eine konventionelle Ausführung als massiv-mineralisch ausgeführte Konstruktion durch ein leichtes, mehrschichtiges Holzbauteil aus Kieferstielen, Holzwerkstoffplatte, Dampfbremse, Gipsfaserplatten und einer Zellulose-Einblasdämmung ersetzt. Die Elemente wurden im Werk der B&O Bau in Frankfurt (Oder) vorgefertigt und anschließend auf der Baustelle montiert. Dieser Wechsel vom massiven mineralischen Wandaufbau zu einem leichten, seriell vorgefertigten Holzbauteil ist die Grundlage einer Emissionsminderung von über zwei Dritteln zur Konvention. Die materialgebundenen Treibhausgasemissionen sinken von 117,79 auf 32,05 kg CO_2e/m². Auch die Zirkularität liegt mit 66,2 Punkten deutlich über dem konventionellen Vergleichsbauteil.

Die Bodenplatte inklusive Fußbodenaufbau – als liegende Holzrahmenkonstruktion über einem Kriechkeller errichtet – geht noch einen Schritt weiter. Sie ersetzt eine konventionelle flächige Stahlbetonlösung durch einen mehrschichtigen Aufbau (von oben nach unten inklusive Fußbodenaufbau) aus Eichenholz-Dielen (FNR gefördert mit Fraßbild), Lehmformplatte als Träger der Fußbodenheizung/-kühlung, Holzfaserplatten, Holz-Lehm-Schüttung, Holzwerkstoffplatte, Zellulose-Einblasdämmung und Brettschichtholz aus Kiefer nach unten zum Luftraum mit einem Aquapanel abgeschlossen. Damit wird nicht lediglich Material substituiert, die konstruktive Logik des Bauteils verändert sich grundlegend. Die Emissionen sinken dadurch massiv von 251,11 auf 38,52 kg CO_2e/m². In der Zirkularitätsbewertung erreicht die Bodenplatte 69,2 Punkte.

Auffällig sind die vergleichsweise geringen transportbedingten Emissionen der Holzbauteile. Sie liegen bei 3,21 kg CO_2e/m² für die Gebäudeabschlusswand und 3,18 kg CO_2e/m² für die Bodenplatte. Gerade hier wird deutlich, dass Transportemissionen nicht pauschal bewertet werden können. Bei leichten oder konstruktiv suffizient eingesetzten Materialien können auch größere Transportdistanzen im Verhältnis zur Gesamtbilanz vertretbar sein. Die Ergebnisse zeigen, dass Transport nicht isoliert, sondern immer im Verhältnis zu Materialmenge, Rohdichte und Gesamtaufbau betrachtet werden muss. Bei leichten Bauteilen oder geringen Materialanteilen kann der Transportanteil trotz größerer Distanzen vergleichsweise gering bleiben.

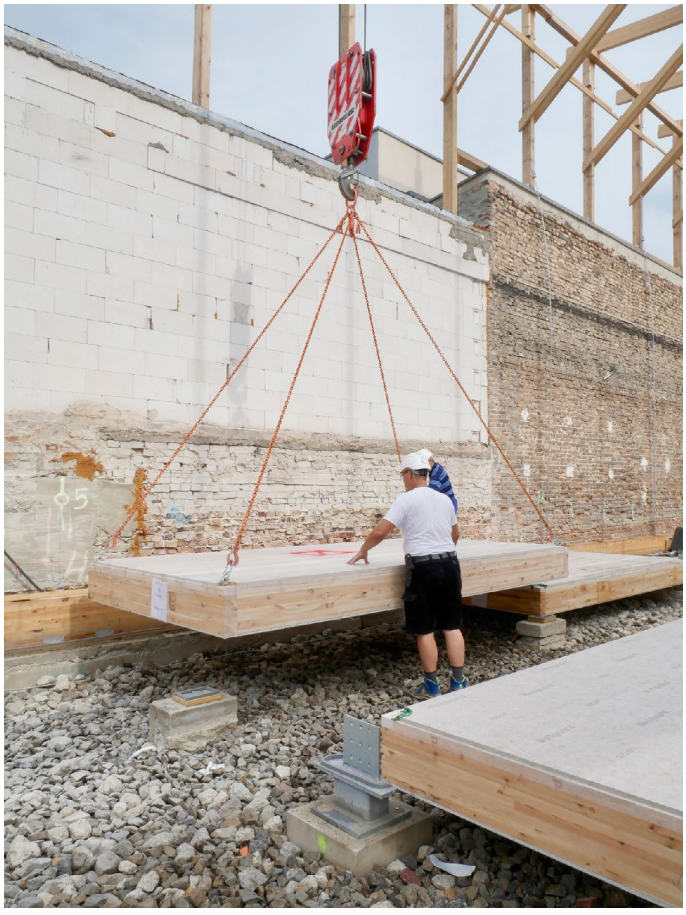


Abb. 03: Einheben der vorgefertigten Holzbodenplatte auf die Re-Use-Stapelfundamente

Lehm – Rohmasse statt Brennofen

Untersucht werden im Lehmbau die zwei tragenden und aussteifenden Innenwände sowie die Hybrid-Geschossdecke. Die Innenwand – eine konventionelle Kalksandsteinwand – wird durch ein monolithisches Mauerwerk aus Lehmsteinen und Lehmmörtel ersetzt. Die Konstruktion ist einfach, materialrein und zu 100 Prozent rückführbar oder wiederverwendbar. Die Emissionen sinken von 82,36 auf 37,40 kg CO_2e/m². In der Zirkularitätsbewertung erreicht das Bauteil 62,5 Punkte.

Die Geschossdecke ist als Holz-Lehm-Hybriddecke aufgebaut. Sie kombiniert eingelegte Lehmformsteine mit Brettschichtholzbalken aus Kiefer. Während das Holz die tragende Struktur bildet, liefert der Lehm die akustisch und raumklimatisch wirksame Masse. Die Emissionen sinken für das Deckenbauteil dabei von 169,50 auf 39,80 kg CO_2e/m². Mit 71,5 Punkten erreicht die Decke den höchsten Zirkularitätswert unter den untersuchten Bauteilen. Zugleich zeigen die Lehmbauteile ihre größte Herausforderung, nämlich die Transportdistanz. Die tragende Innenwand weist 23,71 kg CO_2e/m² transportbedingte Emissionen auf, die Geschossdecke 7,91 kg CO_2e/m² (der Unterschied ergibt sich aus dem Lehmanteil im jeweiligen Bauteil). Während die Innenwand nahezu vollständig aus Lehm besteht, ist Lehm in der Decke nur Teil eines hybriden Gesamtsystems. Daraus folgt aus der Forschung eine wichtige Erkenntnis: Die ökologische Qualität von Lehm hängt sehr wesentlich auch von kurzen Transportwegen, regionaler Produktion und perspektivisch auch von der Nutzung lokalen Aushubmaterials ab.

Abb. 04: Holz-Lehm-Hybriddecke mit tragenden Holzbalken und eingehängten Lehmformsteinen

Re-Use-Beton – intelligenter Rückbau als direkte Materialquelle

Bei den Betonbauteilen der Gründung werden konventionelle Ortbetonfundamente – im Vergleich als Punkt- und Streifenfundamente – durch gestapelte, wiederverwendete Betonelemente aus der Bestandsbodenplatte ersetzt. Diese Elemente werden ähnlich einem Mauerwerksverband mit RC-Beton zu neuen Fundamentkörpern gefügt. Der entscheidende Unterschied liegt hier in der Nichtverwendung von neuen Baustoffen, sondern in einer anderen Nutzung des vorhandenen Materials als Ressource.

Die materialgebundenen Treibhausgasemissionen sinken von 273,5 auf 56,8 kg CO_2e/m² – eine Reduktion von fast 80 Prozent gegenüber der konventionellen Ausführung. In der Zirkularitätsbewertung erreicht das Bauteil 43,9 Punkte und liegt damit über dem konventionellen Vergleichsbauteil. Positiv wirkt sich vor allem die direkte Wiederverwendung des Bestandsmaterials aus, begrenzend bleibt natürlich, dass Beton nach seiner – hier schon zweiten Lebensphase – nur eingeschränkt trennbar ist und am Ende seines Lebenszyklus häufig vor allem stofflich weiterverwertet wird.

Für die Baupraxis zeigt sich eine zentrale Erkenntnis, dass Wiederverwendung nicht nur eine Materialfrage ist, sondern auch eine Prozess- und Erkenntnisfrage. Daher sind die Abläufe des Prozesses auch in der Dokumentation und Weitervermittlung an Dritte dem Forschungsteam immanent wichtig. Kurz: Auf der Baustelle müssen die Betonelemente geprüft, zugeschnitten, sortiert, katalogisiert, gelagert und den jeweiligen Fundamenttypen zugeordnet werden. Die Wiederverwendung verlangt aus sich heraus eine andere Baustellenlogistik und eine frühzeitige planerische Integration, birgt aber je nach Anwendungsfall enorme Potenziale.

Umsetzung im Reallabor – die Bauausführung als Forschungsraum

Seit dem Start der baulichen Umsetzung verschiebt sich der Blick von der reinen Bilanzierung und Auslegung in die Anwendung. Erst auf der Baustelle zeigt sich konkret, ob Entwurf, Vorfertigung, Logistik und Montage tatsächlich ineinandergreifen. Bei den Holzbauteilen trifft die Präzision der seriellen Vorfertigung nun auf den heterogenen Kontext der Nachbarbebauung und die Bedingungen der Ausführung. Alle Holzbauteile werden als abgebundenes oder seriell vorgefertigtes Wandsystem montiert; die vorgefertigten Wände und auch die Bodenplatte stammen aus dem eigenen Werk der B&O Holzbau in Frankfurt (Oder). Entscheidend sind dabei Fügungen der Elementstöße, die luftdichten Anschlüsse und die Einbindung in bzw. an die Nachbarbebauung. Die Bodenplatte wird – gemeinsam mit der Fußschwelle – früh im Rohbau eingesetzt und bildet die Grundlage für nachfolgende Anschlüsse. Alle Anschlusspunkte – an Fundamente, Innenwände und Gebäudeabschlusswand – müssen präzise ausgeführt werden, da die Werkstattplanungen der Elemente nur Millimetertoleranzen kennen.

Abb. 05: Vorgefertigte Holz-Gebäudeabschlusswand mit sichtbaren Kiefernstielen im Innenbereich

Bei den Lehmbauteilen liegt die Herausforderung in der Verbindung von Vorfertigung und handwerklicher Fügung bei gleichzeitiger Anforderung an den Mauerwerksverband als Sichtoberfläche. Das Lehmsteinmauerwerk kommt ebenso in vorgefertigten Elementen auf die Baustelle, die offen verzahnten Stöße werden vor Ort kraftschlüssig verbunden. Elementierung, Verband, Toleranzen und Sichtqualität müssen so abgestimmt werden, dass die Wand konstruktiv funktioniert und zugleich als zusammenhängendes Sichtmauerwerk lesbar bleibt.

Die Holz-Lehm-Hybriddecke besteht aus der tragenden Balkenlage und eingelegten Lehmformsteinen; hier zeigt sich, wie abhängig die Funktionsfähigkeit des Systems von der präzisen Abstimmung zwischen Holzbau, Lehmsteinproduktion, Einbau und Bauablauf ist.

Beim Re-Use-Beton liegt die größte Herausforderung in der Logistik. Die aus der Bestandsbodenplatte und den Hofflächen gewonnenen Elemente müssen auf der Baustelle geprüft, sortiert und erneut eingebaut werden. Der Prozess macht sichtbar, dass kreislauffähiges Bauen nicht nur andere Materialien, sondern auch andere Abläufe erfordert.

Das Gebäudemonitoring – ein Haus als Datenquelle

Die Bauforschung endet im HLCB nicht mit der Fertigstellung, das Monitoring ist langfristig angelegt, weil viele bauphysikalische und raumklimatische Effekte erst über vollständige Jahreszyklen hinweg aussagekräftig und belastbar bewertet werden können. Damit wird der Campus selbst zum »Datenträger«. Im Fokus stehen vor allem Fragen, die für die regenerative Baupraxis von besonderer Bedeutung sind: Bleiben außen liegende Holzbauteile

wie Bodenplatte und Gebäudeabschlusswand trotz wechselnder Feuchte- und Klimabedingungen dauerhaft im unkritischen Bereich? Wie verhalten sich Lehmbauteile hinsichtlich Feuchtepufferung, thermischer Speicherfähigkeit und Innenraumkomfort? Welchen Einfluss haben Holz- und Lehmoberflächen auf Raumluftqualität, differenziert gemessene VOC-Konzentrationen und hygrothermisches Raumklima? Und wie stehen mögliche betriebliche Energieeinsparungen im Verhältnis zu den materialbezogenen Treibhausgasemissionen der Konstruktionen?

Das Reallabor macht die Forschung praktisch überprüfbar und erzeugt Erkenntnisse über mehrere Jahreszyklen. Denn nicht nur die Ökobilanz auf dem Papier ist für die gebaute Umwelt relevant, sondern das Verhalten des Gebäudes im Alltag der Nutzung und zwischen den Jahreszeiten. So entstehen verwertbare Argumente auch für die Übertragbarkeit im größeren Maßstab. Die umgesetzten Bauteile stellen Lösungen dar, die die anerkannten Regeln der Technik einhalten und ohne größere planerische oder baurechtliche Hürden auf andere Bauvorhaben übertragbar sind. Damit zielt das Projekt nicht auf ein singuläres Demonstrationsgebäude, sondern auf skalierbare Erkenntnisse für die Baupraxis über das HLCB hinaus.

Fazit – Vom Anspruch zur Anwendung

Der Holz-Lehmbau Campus Berlin zeigt, dass die Bauwende weder allein eine Frage neuer Materialien noch technischer Nachweise ist. Entscheidend ist eine Übersetzung von der ökologischen Bewertung in die Konstruktion, von Materialpotenzialen in die Bauteile, von der Forschung in den (B&O) Bau. Was in Weißensee entsteht, ist kein Prototyp im Labor, es ist ein Bürogebäude, das unter realen Bedingungen beweist, dass regeneratives Bauen heute skalierbar ist. Der nächste Schritt ist nicht mehr die Frage ob, sondern wie oft – das ist es.

Dr. Friederike Münn ist seit 2025 geschäftsführende Gesellschafterin der B&O Bau und Gebäudetechnik GmbH & Co. KG in Berlin. Ihr Werdegang verbindet Medizin und Bauwirtschaft. Sie studierte Humanmedizin an der Universitätsmedizin Greifswald und der Technischen Universität Dresden und absolvierte Teile ihrer Ausbildung unter anderem an der Sultan Qaboos Universität im Oman und der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Ihre Promotion absolvierte sie an der Universitätsmedizin Greifswald und dem Unfallkrankenhaus Berlin. Als Ärztin forschte sie zunächst an der Klinik für Infektiologie und Intensivmedizin der Charité an der Schnittstelle von Immunologie und Biotechnologie mit besonderem Fokus auf die Entwicklung und Skalierung translationaler Ansätze. Mit dem Wechsel in das Familienunternehmen verbindet sie medizinische, wissenschaftliche und unternehmerische Perspektiven. Ihr Fokus liegt, neben Sanierung und Modernisierung, auf seriellen Bauweisen und dem Holz Hybridbau als Ansatz für ressourcenschonenden und bezahlbaren Wohnraum. Im Zentrum ihrer Arbeit steht dabei stets die Frage, wie bezahlbarer Wohnraum unter den Anforderungen von Nachhaltigkeit und Gesundheit in größerem Maßstab

realisiert werden kann. Hierbei ist ihr wichtig, Gesundheit als integralen Bestandteil von Planung und Bau zu etablieren – von Materialwahl und Raumklima bis zur langfristigen Nutzungsqualität von Gebäuden. Innovative Projekte wie der HLCB sind ihr ein Herzensanliegen, um nachhaltige und gesundheitsfördernde Bauweisen aus dem Pilotcharakter zu lösen und in die breite Anwendung zu überführen.

Stefan Anders ist Master-of-Arts-Architekt und Standortleiter der B&O Bau und Gebäudetechnik in Potsdam. In dieser Funktion verantwortet er zusätzlich zu Standort und Projekten auch die Forschungsarbeit des Unternehmens im Raum Berlin/Brandenburg. Sein fachlicher Schwerpunkt liegt auf nachhaltigen, ressourcenbewussten und zukunftsfähigen Bauweisen, insbesondere an der Schnittstelle von Planungspraxis, Materialinnovation und angewandter Forschung. Insgesamt verfügt er über mehr als 15 Jahre Berufserfahrung in allen Leistungsphasen, in der Projektsteuerung sowie in der Leitung interdisziplinärer Teams. Parallel zu seiner Haupttätigkeit bei B&O Bau ist er seit acht Jahren nebenberuflich als freier Architekt tätig. Generell ist seine Arbeit geprägt von der Überzeugung, dass Architektur, Bauen und die Gestaltung unserer Wohn- und Arbeitswelten grundlegend weitergedacht werden müssen. Dabei verbindet er ökologische, ökonomische und soziale Anforderungen mit dem Anspruch an gestalterische Qualität. Besonderes Interesse gilt regenerativen und kreislauffähigen Bauweisen sowie der Frage, wie neue Materialien, Methoden und Konstruktionsprinzipien verantwortungsvoll in die Baupraxis übertragen werden können.

Patricia Jeglitsch ist Researcher bei Bauhaus Erde im Bereich experimentelle Bauforschung und arbeitet an der Schnittstelle von Materialinnovation, Prototyping und Anwendung. Ihr Fokus liegt auf regenerativen Baumaterialien, zirkulären Wertschöpfungsketten und der Übersetzung von Forschung in gebaute Demonstratoren. Mit einem Masterabschluss in Architektur bringt sie Erfahrung in allen Leistungsphasen von Planung und Umsetzung mit und verbindet diese mit praktischer Baustellenerfahrung sowie einem Verständnis für die Herstellung und Verarbeitung regenerativer Materialien. Ihre Arbeit verknüpft ökologische Systeme mit regenerativen Bauweisen und lokalen Materialkulturen; Projekte in Portugal, Brasilien, Südafrika und Thailand haben ihren Blick auf unterschiedliche Baupraktiken erweitert.

Vera Hartmann ist Partnerin und Director bei sauerbruch hutton, einem internationalen Architekturbüro mit Sitz in Berlin. Als Projektleiterin verantwortet sie Projekte in allen Leistungsphasen mit Schwerpunkt auf Wohn- und Bildungsbauten. Ihre Expertise umfasst das Bauen im Bestand, die Innenarchitektur, den Holzbau sowie den Einsatz biobasierter Materialien. Aktuell ist sie Teil zweier renommierter Forschungsgruppen zu den Themen »Schlanke, schwingungsreduzierte Holz- und Deckendurchlaufsysteme für multifunktionale Gebäude mit langer Nutzungsdauer« sowie »Holz-Lehm-Hybrid:

Reallabor für regeneratives und zirkuläres Bauen in Berlin-Brandenburg«. Sie studierte an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, an der Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB) unter Enric Miralles und an der Universität der Künste Berlin. Sie arbeitete für Angélil Graham in Zürich und für Asymptote Architecture in New York, bevor sie 1999 ihr Studium mit einem Diplom abschloss.

B&O Bau und Gebäudetechnik GmbH & Co. KG ist Teil der B&O Bau und versteht sich als Partner der Wohnungswirtschaft für Neubau, Modernisierung und energetische Sanierung im Großraum Berlin, Brandenburg und im Nordosten Deutschlands. Das Berliner Unternehmen realisiert komplexe Neubau- und Sanierungsprojekte im bewohnten wie unbewohnten Bestand und verbindet dabei Bauausführung, Gebäudetechnik, Planungskompetenz und Mieterbetreuung zu integrierten Projektlösungen. Jährlich modernisiert und saniert B&O Bau und Gebäudetechnik rund 1.500 Wohnungen und errichtet mehr als 200 neue Wohnungen schlüsselfertig. Zu den Schwerpunkten zählen komplexe und serielle Wohngebäudesanierungen, Strangsanierungen, Fassaden- und Gebäudetechnik sowie der Neubau in systemischer Holz-Hybridbauweise. Als Generalübernehmer und Generalunternehmer bietet das Unternehmen Leistungen aus einer Hand, von der Planung über die Ausführung bis zur qualitätsgesicherten Übergabe. Der Anspruch liegt darin, wirtschaftliche, nachhaltige und technisch robuste Lösungen für die Wohnungswirtschaft zu entwickeln und umzusetzen. Im Mittelpunkt steht dabei der Bestandserhalt und dessen Modernisierung sowie die Schaffung bezahlbaren Wohnraums in seriellen und nachhaltigen Bauweisen.

Bauhaus Erde ist ein interdisziplinärer und internationaler Think-and-Make-Tank mit Sitz in Berlin und globaler Reichweite. Die gemeinnützige Organisation widmet sich der angewandten Forschung zur Transformationsforschung der gebauten Umwelt. 2019 vom Klimafolgenforscher Hans Joachim Schellnhuber gegründet, bringt Bauhaus Erde heute über 50 Experten aus den Bereichen Wissenschaft, Architektur, Stadtplanung, Governance, Industrie und Handwerk zusammen.

sauerbruch hutton gehört seit über 30 Jahren zu den wichtigsten und erfahrensten Vertretern des nachhaltigen Bauens. Ein integrierter Planungsansatz verbindet Funktionalität und ökologische Performance mit Sinnlichkeit und Intuition. Die Bauten stehen für das Konzept einer verantwortungsbewussten Moderne, das bei aller Bildhaftigkeit der einzelnen Gebäude immer auch die Kommunikation mit dem städtebaulichen ebenso wie dem ökologischen Kontext sucht.

6.3.2 Transformation statt Abriss

Eike Becker

Der Umbau des ehemaligen Postscheckamts Berlin zum modernen Bürogebäude »Die Macherei«

Der zeitgemäße, energieeffiziente Umbau von Bestandsimmobilien rückt immer stärker in den Fokus der Stadtplanung und Immobilienwirtschaft. Immer deutlicher werden die veränderten städtebaulichen und organisatorischen und energetischen Ansprüche, denen Bestandsimmobilien aus den Sechziger-, Siebziger- und Achtzigerjahren nicht mehr gerecht werden. Die Aufgaben sind auf vielfaltige Weise komplex und anspruchsvoll. Alleinstehende Hochhäuser müssen zunächst in ihre Nachbarschaft stadtverträglich integriert werden. Problematische Fallwinde müssen sorgfältig abgeleitet werden. Der Umbau der vorhandenen Konstruktion hat so schonend wie möglich zu erfolgen. Jeder noch so kleine Eingriff hat in der Regel erhebliche Konsequenzen. Haustechnische Installationen müssen vollständig durch zeitgemäße Lösungen ersetzt werden. Heutige Ansprüche an Flexibilität, Brandschutz, Statik, Haustechnik, Energieeffizienz, Nutzerfreundlichkeit, Bauphysik, Barrierefreiheit, Schallschutz, Standsicherheit und Regenwasserrückhaltung sind deutlich höher als diejenigen zur Entstehungszeit. Umso wichtiger ist es, in diesem anspruchsvollen Planungsfeld Erfahrungen zu sammeln, diese zu teilen und mutig diesen anstehenden Stadtumbau anzugehen. Mit dem Umbau des Hochhauses MBK M 50 am Halleschen Ufer in Berlin Kreuzberg konnte das Architekturbüro Eike Becker_Architekten wertvolle Erfahrungen sammeln.

1 Ein Hochhaus der Nachkriegsmoderne – Kontext und Ausgangslage

Das ehemalige Postscheckamt am Halleschen Ufer 40–60 in Berlin-Kreuzberg zählt zu den markanten Zeugnissen der Nachkriegsmoderne in West-Berlin. Zwischen 1965 und 1971 errichtet, prägt das Hochhaus als vertikales Stadtzeichen bis heute das Bild am Landwehrkanal. Es entstand in einer Ära, in der die »Frontstadt Berlin« nach innen wie außen unter Druck stand: Großflächige Kahlschlagsanierungen zerstörten historisch gewachsene Gründerzeitquartiere, der Flächennutzungsplan von 1965 drängte das Wohnen an den Stadtrand und forderte die Entkernung der Innenstadt. Großsiedlungen wie die Gropiusstadt oder das Märkische Viertel sollten den entstandenen Verlust von Wohnraum kompensieren. Das Hochhaus war damals, in der Zeit des Kalten Krieges, ein Zeichen der Selbstbehauptung der Stadtgesellschaft – aber eines, das sich bewusst von seinem städtebaulichen, historischen Kontext abgrenzte. Ganz in der Tradition des modernen Städtebaus, von Mies van der Rohe und der Charta von Athen wurde die Hochhausscheibe von Oberpostdirektor Prosper Lemoine entworfen.

Rund 60 Jahre später steht das Gebäude vor einer grundlegenden Neuausrichtung. Der Bauherr, die Macherei Berlin – Kreuzberg GmbH & Co. KG, eine Gesellschaft der Art Invest Real Estate, hat sich gemeinsam mit Eike Becker_Architekten für eine behutsame, aber konsequente Transformation entschieden: kein Abriss, sondern eine Revitalisierung. Das Ergebnis soll ein zeitgenössisches, nachhaltiges Bürogebäude sein, das seine Nachbarschaft im Berliner Bezirk Kreuzberg stärkt. Im September 2025 wurde Richtfest gefeiert; die Fertigstellung ist für den Sommer 2026 geplant.

Das Projekt ist eingebettet in das neue Stadtquartier »Die Macherei«, das Art Invest Real Estate auf dem Areal des ehemaligen Postscheckamts entwickelt. Die städtebauliche Grundlage schuf der Bebauungsplan VI-114, festgesetzt am 17. August 2021, der ein Kerngebiet (MK gemäß § 7 BauNVO) definiert und Baugrenzen für einen Sockelbau sowie einen Turm mit einer Gebäudehöhe bis zu 65,5 m über NHN ermöglicht. Vorausgegangen war ein städtebaulicher Wettbewerb im Jahr 2014, den Sauerbruch Hutton Architekten gewann.

Abb. 01: Die Macherei in Berlin-Kreuzberg [Foto: Art-Invest Real Estate Management GmbH & Co. KG]

Im Rahmen des Bauantrags wurden zwei Befreiungen gemäß § 31 Abs. 2 BauGB beantragt. Die erste betrifft die Erhöhung der zulässigen Vollgeschossanzahl von 23 auf 24 – bei gleichbleibender Maximalhöhe von 124,5 m ü. NHN. Der Grund: Die Bestands-

statik und die vorhandene Diagonalbewehrung lassen große Durchbrüche in den Untergeschossen nur eingeschränkt zu, weshalb ein Großteil der Gebäudetechnik in das 23. Obergeschoss und einen zusätzlichen Technikaufbau ausgelagert werden muss. Städtebaulich bleibt die genehmigungsfähige Kubatur unverändert; der Technikaufbau springt deutlich hinter die Gebäudekante zurück. Die zweite Befreiung betrifft die Weiterführung einer auskragenden Glasbrüstung oberhalb der Maximalhöhe – das Gebäude erhält einen filigranen Abschluss und scheint sich für den Betrachter nach oben zum Himmel aufzulösen.

In enger Abstimmung mit der Stadtplanung konnte die zulässige Nutzfläche innerhalb des Bebauungsplans (B-Plan) optimiert und durch die Integration eines zusätzlichen Geschosses vergrößert werden. Darüber hinaus wurde die Gebäudehülle um ca. 25 Zentimeter nach außen verschoben, wodurch ein zusätzlicher Flächengewinn von rund 400 Quadratmetern erzielt werden konnte.

2 Bauforschung und Bestandsaufnahme

Jeder Umbau im Bestand beginnt mit einer gründlichen Erkundung des Vorhandenen. Beim MBK M50 war diese Erkundungsphase besonders anspruchsvoll, denn das Gebäude aus den 1960er-Jahren überraschte mit zahlreichen Unbekannten, die weder aus den historischen Bauplänen noch aus bloßer Sichtprüfung erkennbar waren. In Teilbereichen fehlende Bestandspläne erforderten ein frühzeitiges, vollständiges Aufmaß nach Freilegung der tragenden Struktur. Im Projekt erfolgte dies aus diversen Gründen relativ spät und verursachte dadurch erheblichen Mehraufwand.

Zentral waren die Untersuchungen der Tragstruktur. Die Bestandsbewehrung – ihre genaue Führung, ihr Querschnitt, ihre Bewehrungsgrade in kritischen Bauteilbereichen – ließ sich nur durch Bauteiluntersuchungen, Probebohrungen und Bewehrungssondierungen vor Ort verifizieren. Besondere Aufmerksamkeit galt der über mehrere Geschosse diagonal verlaufenden Bewehrung: Diese bautechnische Besonderheit erschwerte insbesondere die für die Haustechnik erforderlichen Wanddurchbrüche und musste bei allen Einschnitten und Veränderungen der Tragstruktur sorgfältig berücksichtigt werden.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf den Kellerbauteilen und der Abdichtungssituation des Turm-Kellerkastens. Die Lage am Landwehrkanal erfordert eine funktionstüchtige Abdichtung gegen drückendes Grundwasser. Die Erkundung des Kellerkastens auf Undichtigkeiten und die Bewertung vorhandener Leckagen waren ebenso entscheidend, wie die Untersuchung der Fassadenschnitte – Letztere in enger Zusammenarbeit mit den Fassadenplanern von Werner Sobek AG.

Baugrundgutachten: Was unter dem Gebäude liegt

Das Baugrundgutachten des Ingenieurbüros IGU (Februar 2020) lieferte ein detailliertes Bild der Untergrundverhältnisse. Im Rahmen der Geländeuntersuchungen wurden Großbohrungen, Drucksondierungen und Rammkernsondierungen durchgeführt. Der Baugrund besteht überwiegend aus eiszeitlichen Sanden mit unterschiedlichen Einlagerungen, darunter auch Auffüllungen aus der Nutzungsgeschichte des Standorts. Die bodenmechanischen Laboranalysen und hydrogeologischen Untersuchungen lieferten wichtige Daten zu Grundwasserständen, Durchlässigkeitseigenschaften und Betonaggressivität des Grundwassers. Das Bauvorhaben wurde gemäß DIN 4020 in die Geotechnischen Kategorien 2 und 3 eingestuft – ein Hinweis auf die Komplexität der Gründungssituation.

Die gesamte Planung erfolgt auf Basis eines vollständigen digitalen Gebäudemodells (BIM – Building Information Modeling). Das BIM-Modell ermöglicht die integrierte Koordination aller Fachplanungen, eine präzise Kollisionsprüfung sowie die Grundlage für eine effiziente Bauausführung und spätere Bewirtschaftung.

Abb. 02: Digitales Gebäudemodell, BIM-Modell [Grafik: Eike Becker Architekten]

Trotz der Planung mit BIM stellt sich grundsätzlich die Frage, wie mit sehr großen Rohbautoleranzen in der 3D-Planung umzugehen ist. Insbesondere ist zu klären, ab welchem Toleranzmaß eine planerische Anpassung sinnvoll bzw. erforderlich wird. Ein Bereich von ca. 3 bis 5 Zentimetern erscheint hierbei praxisgerecht. Darüber hinausgehende Abweichungen sollten bevorzugt über Festlegungen in den Plänen und in textlichen Beschreibungen vor der zeichnerischen Ausarbeitung geregelt werden. Gewerkeübergreifend hat sich die Planung mit BIM insgesamt als erfolgreich erwiesen.

3 Statische Herausforderungen: Erhalten, was möglich ist

Die größte planerische Hürde beim Umbau des MBK M50 liegt in der Statik. Das Hochhaus aus Stahlbeton wurde nach den Normen und Rechenmethoden seiner Entstehungszeit dimensioniert – eine Grundlage, die sich mit modernen Anforderungen, zusätzlichen Lasten durch die neuen Fassaden und die Technikaufbauten sowie veränderten Nutzungsszenarien nicht ohne Weiteres in Einklang bringen lässt. Die vollständige Neuberechnung der Tragstruktur war unausweichlich.

Das Planungsteam verfolgte das strategische Ziel, möglichst viele Bestandswände zu erhalten. Durch gezielte Wandaufdopplungen konnte das Gebäude während der gesamten Umbauphase ausgesteift werden, ohne dass großformatige Stahlträger als temporäre Aussteifung über die vollen Geschosshöhen eingeführt werden mussten. Ein einziger haushoher Stahlträger kann in einem Hochhaus dieser Größenordnung mehrere Hundert Tonnen CO_2-Äquivalente bedeuten – der Verzicht darauf ist daher weit mehr als eine wirtschaftliche Entscheidung.

Im ersten Bauantrag wurde eine radikalere Herangehensweise verfolgt. Für die innere Tragstruktur (Interimsstatik) waren umfangreiche Stahlkonstruktionen zur Aussteifung im Bauzustand vorgesehen. Mit fortschreitender statischer Untersuchung zeigte sich jedoch, dass deutlich mehr Stahlbetonelemente erneuert werden mussten als ursprünglich angenommen. Dies machte eine deutliche Veränderung der Planung erforderlich und führte im zweiten Bauantrag zu einem grundsätzlich anderen Ansatz: Ziel war nun der maximale Erhalt der Bestandskonstruktion. Die statische Ertüchtigung erfolgte überwiegend durch Wandaufdopplungen sowie die Verstärkung bestehender Wände. Zusätzlich wurden tragende Schachtwände als durchgehende, dauerhaft aussteifende Elemente ausgebildet. Durch diese Maßnahmen konnte auf kostenintensive Stahlinterimskonstruktionen weitgehend verzichtet werden. Trotz der Ergänzung eines zusätzlichen Geschosses und der damit verbundenen Erhöhung des Gesamtgewichts konnte in Abstimmung mit dem Prüfstatiker nachgewiesen werden, dass der hoch verdichtete Baugrund (Geschiebemergel) die zusätzlichen Lasten aufnehmen kann. Zwischenzeitlich wurden auch Leichtbaukonzepte – wie Gipskarton- bzw. Porenbetonwände und Leichtestrich – untersucht, jedoch verworfen.

Windkanalversuche: Neue statische Berechnungsmethode

Eine besondere Herausforderung stellten die Windlasten während der Umbauphase dar. Wacker Ingenieure führten im Grenzschichtwindkanal mit einem maßstabsgetreuen 3D-gedruckten Modell (Maßstab 1:250) systematische Versuche durch, um die aerodynamischen Beanspruchungen auf das Gebäude im Bauzustand zu ermitteln. Während der Umbauphase sollte der nördliche Stahlbetonkern rückgebaut und anschließend neu errichtet werden. Zwei Varianten wurden untersucht: der gleichzeitige Rückbau des Nordkerns und der sequenzielle Rückbau. Vorab wurden die Fassade, nichttragende Brüstungen sowie das oberste Technikgeschoss entfernt, um die Windbelastung zu reduzieren. Die ermittelten Windlastangaben bildeten die Grundlage für die Bemessung der temporären Tragkonstruktion.

Im Zuge der Überarbeitung der statischen Nachweise stellte sich heraus, dass die ursprüngliche Windlastberechnung nicht mehr den aktuellen Normanforderungen entspricht. Insbesondere während der Rückbauphase ergaben sich erhöhte Anforderungen an die Standsicherheit. Um die Windangriffsfläche temporär zu reduzieren und die Sicherheit während der Demontage der Fassade zu gewährleisten, wurden die beiden obersten Bestandsgeschosse vorab zurückgebaut.

Die statische Bemessung der Stahlbetondecken in den oberen Neubaugeschossen – vom 21. Obergeschoss bis zur Decke über dem Technikaufbau – erfolgte mit dem Finite-Elemente-Programm Sofistik auf Grundlage der gültigen Eurocodes. Für alle Decken wurde eine kreuzweise Grundbewehrung festgelegt, die aus dem Nachweis zur Rissbreitenbegrenzung infolge abfließender Hydratationswärme resultiert. Die Bemessungsblätter des Ingenieurbüros Wetzel & von Seht umfassen detaillierte Positionsübersichten für sämtliche Geschossdecken.

Die vorhandenen Stahlbetondecken mit einer Dicke von 12 Zentimetern erfüllen die Anforderungen an den Feuerwiderstand (F90) nur knapp. Hinsichtlich des Schallschutzes sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich: Eine ausreichende akustische Qualität kann nur durch den Einsatz eines schweren Hohlraumbodens sowie eines trittschallmindernden Bodenbelags (zum Beispiel Teppich) erreicht werden.

4 Abbruch- und Umbaukonzept: Reihenfolge als Sicherheitsfrage

Beim Umbau eines Hochhauses ist die Sequenz der Eingriffe keine Frage der Effizienz allein – sie ist eine Sicherheitsfrage. Im Fall des MBK M50 gilt eine klare Regel: Die Bestandsfassade konnte erst abgebaut werden, nachdem die oberen Geschosse rückgebaut worden sind. Nur so konnten die in den Windkanalversuchen ermittelten maximal zulässigen Windlasten eingehalten werden.

Der Bauablauf gliederte sich in mehrere streng koordinierte Phasen: Herstellung der brandschutztechnisch erforderlichen Fluchtwege, Erstellung des Sockelgebäudes. Erst danach wird die neue Turmfassade als Elementfassade ausgeführt – Schicht für Schicht, von unten nach oben.

Im Kellerbereich stellte die Abdichtung des Turm-Kellerkastens eine weitere Besonderheit dar. Nach Abstellen der Wasserhaltung wurde der Kellerkasten auf Undichtigkeiten geprüft; festgestellte Leckagen wurden fachgerecht verpresst.

Besondere Aufmerksamkeit galt auch der Haustechnik im 23. Obergeschoss.

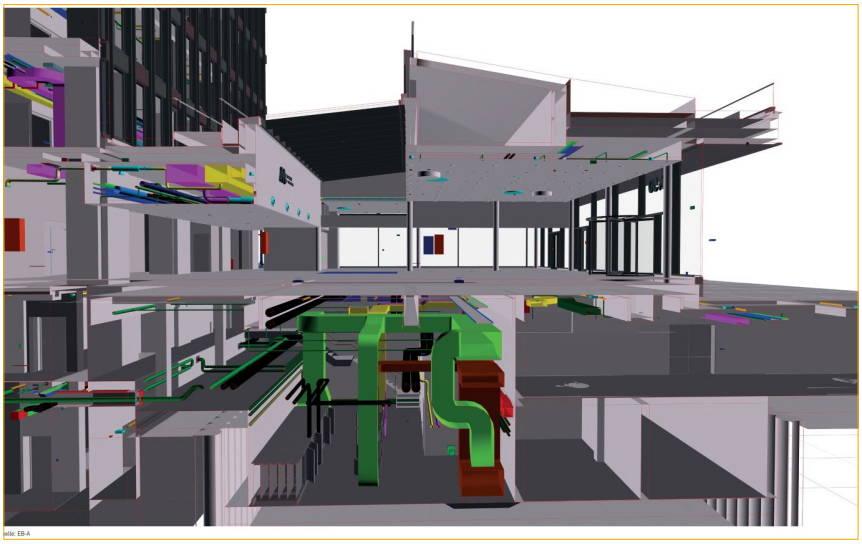


Abb. 03: Bauzustand Rückbau Regelgeschoss [Grafik: Eike Becker_Architekten]

5 Die neue Fassade: Gestaltungsanspruch und bauphysikalische Realität

Ausgangszustand und Handlungsbedarf

Die alte Fassade entsprach nicht mehr den zeitgemäßen energetischen und komfortbezogenen Anforderungen. Mit lediglich 8 Zentimetern Wärmedämmung, einem innenliegenden Sonnenschutz mit hohem Wärmeeintrag und massiven Brüstungen, die das Tageslicht drastisch reduzierten, war sie in mehrfacher Hinsicht nicht mehr funktionsfähig. Hinzu kam: Die an der Außenbrüstung geführte TGA-Trasse verhinderte eine umlaufende Büronutzung und schränkte die Grundrissflexibilität erheblich ein.

Die neue Elementfassade

Die neue Elementfassade, entwickelt gemeinsam mit Werner Sobek, Fa. APP und Transsolar, übersetzt die gestalterischen Prinzipien der Bestandsfassade in eine zeitgemäße Architektursprache. Grundlage ist das historische Raster von 1,55 Metern – so entsteht ein erkennbarer Bezug zur Geschichte des Gebäudes, ohne das neue Erscheinungsbild zu historisieren. Vertikal durchlaufende Doppel-Lisenen stärken die Höhenwirkung und erzeugen eine ruhige, architektonisch stimmige Gesamtwirkung.

Das prägende Material ist eloxiertes Aluminium in Eloxal C35 – einem warmen Schwarzton – ergänzt durch Farbakzente in Sandalor-Tönen (Schwarzrot, Schwarzgrün, Schwarzblau), die je nach Sonneneinfall leicht divergierende Lichtreflexionen erzeugen. Die Längsseiten (Ost und West) sind als vorgehängte Elementfassade aus vorgefertigten Aluminium-Glas-Elementen ausgeführt. Farbneutrale Drei-Scheiben-Sonnenschutzverglasungen wechseln sich mit geschosshohen, geschlossenen Aluminium-Paneelen und individuell bedienbaren Lüftungsklappen ab. Durch den Rückbau der Betonfertigteile der Bestandsbrüstungen entstand eine raumhohe, bodennahe Verglasung – inspiriert von der Klarheit des Seagram Building.

Auf der Nordseite kommt eine Kaltfassade mit hinterlüfteten Blechpaneelen zum Einsatz. Die Südfassade erhält eine bauwerksintegrierte Photovoltaikanlage (BIPV), die nach aktuellem Planungsstand eine der größten gebäudeintegrierten Photovoltaikflächen Deutschlands ist.

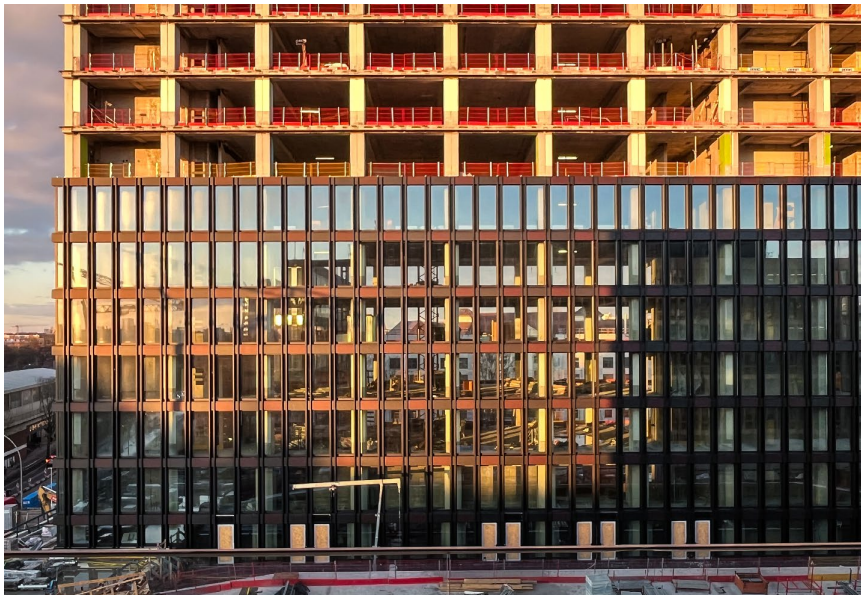


Abb. 04: Fassadenbaustelle [Foto: Konrad Hofmann]

6 Technikaufbau: Der Stahlbau auf dem Dach

Der Technikaufbau bildet den oberen Abschluss des Hochhauses und beherbergt einen Großteil der Gebäudetechnik auf der Ebene des 24. Obergeschosses. Die Stahlkonstruktion übernimmt die Aussteifung, Lastabtragung und Unterstützung der TGA-Anlagen.

Kältemaschinen: Last auf Stahl

Im Zuge der Werk- und Montageplanung wurde die Stahlunterkonstruktion für die Kältemaschinen auf dem Dach konkretisiert. Stahlrahmenkonstruktionen tragen die Kältemaschinen auf der Ebene des Technikaufbaus und übertragen die Betriebslasten sowie dynamischen Einwirkungen der Kühlaggregate sicher in das Haupttragwerk.

Zusätzliche Anhängelasten der Gebäudetechnik

Die ausführende Firma ROM Technik GmbH & Co. KG definierte im Zuge der Montageplanung zusätzliche Abhängepunkte für TGA-Trassen an den bestehenden Stahlrahmen. Die Anhängelasten wurden als Flächenlasten (maximal 65 kg/m², rechnerisch angesetzt mit 80 kg/m² als Reserve) übergeben. Die Nachweise zeigen, dass die maßgebenden Stahlquerschnitte (HE 300 A, Werkstoff S235) die zusätzlichen Beanspruchungen aufnehmen konnten: Die maximale Ausnutzung beträgt im ungünstigsten Fall 63 Prozent, womit eine ausreichende Tragreserve verbleibt.

7 Gebäudetechnik: Vom Brüstungskanal zum integrierten TGA-Konzept

Das neue TGA-Konzept ersetzt die bisherige Brüstungsinstallation durch Heiz-Kühlsegel und eine zeitgemäße Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Der außenliegende Sonnenschutz verhindert Wärmeeinträge von Anfang an, statt diese nachträglich herauszukühlen.

Durch den Wegfall der fassadennahen TGA-Trassen wird erstmals eine umlaufende, flexible Büronutzung möglich – von Kombibüros bis zu offenen Arbeitslandschaften. Das ehemalige Technikgeschoss im 2. Obergeschoss wird zu vollwertiger Bürofläche umgebaut. Die Entscheidung, einen Großteil der TGA auf dem Dach zu konzentrieren, schafft maximale Flexibilität in allen Geschossgrundrissen darunter.

Regenentwässerung: Wasser kontrolliert ableiten

Die Entwässerungsplanung der Müller-Kalchreuth Planungsgesellschaft (November 2022) umfasst das gesamte ca. 0,6 Hektar große Grundstück. Untersucht werden Versickerungsmöglichkeiten über Füllkörper-Rigolen, Retentionsspeicherung sowie die gedrosselte Ableitung ins öffentliche Mischwassernetz. Alternativ wurde die Nutzung vorhandener Kühlwasserleitungen (DN 600/DN 400) zur Ableitung in den Landwehrkanal geprüft. Die hydrotechnischen Berechnungen umfassen Speicher- und Versickerungsanlagen, Vorreinigungsmaßnahmen gemäß DWA-M 153 sowie den Überflu-

tungsnachweis nach DIN 1986-100 für seltene Starkregenereignisse. Die Dachflächen erhalten eine kombinierte extensive und intensive Begrünung, die befestigten Hofflächen versickerungsfähiges Pflaster.

8 Brandschutz: Sicherheit im laufenden Umbaubetrieb

Der Brandschutz eines Hochhauses im Umbau stellt anspruchsvolle Herausforderungen an die Planung. Ein Gebäude, das gleichzeitig abgerissen, saniert und neu aufgebaut wird, muss zu jeder Bauphase sichere Fluchtwege bieten – auch wenn sich die Bauabschnitte täglich verändern. Beim MBK M50 wurde die Herstellung der brandschutztechnisch erforderlichen Fluchtwege priorisiert: Beschilderung und gesicherte Treppenhausflächen standen vor Baubeginn der übrigen Umbauarbeiten.

Der Brandschutznachweis von hhpberlin (Fassung vom 18. Juni 2024, Dokumentnr. 19B0346-G1 a) ersetzt und integriert alle vorangegangenen Fassungen. Er umfasst eine gebäudespezifische Risikobetrachtung, das Rettungswegekonzept mit horizontalen und vertikalen Fluchtwegen für alle Nutzungsbereiche – Büro, Lobby, Tiefgarage, Keller – sowie bauliche Maßnahmen wie Brandabschnitte und Feuerwiderstandsklassen. Anlagentechnisch sind Brandmeldeanlage, Sprinkleranlage, Druckbelüftung, Rauchableitung und Feuerwehraufzüge vorgesehen.

Langfristig erfährt der Brandschutz eine deutliche Aufwertung gegenüber dem Bestandszustand. Eine vollflächige Sprinkleranlage und ein neuer Feuerwehraufzug ermöglichen eine wirksame Brandbekämpfung auch in großen Höhen. Das neue nördliche druckbelüftete Sicherheitstreppenhaus ergänzt das bestehende südliche Bestandstreppenhaus. Die Lüftungsklappen in der Elementfassade übernehmen im Brandfall die Funktion der Entrauchung. Ansonsten dienen sie der natürlichen Spontanlüftung der Nutzer. Die Stahlbetondecken werden in F90 ausgeführt.

Photovoltaik und Brandschutz: Ein Sonderfall

Die ergänzende Stellungnahme von hhpberlin bewertet die brandschutztechnische Zulässigkeit der geplanten Photovoltaikanlagen. Geplant sind PV-Anlagen an vier Positionen: auf dem Dach über dem Erdgeschoss, auf den Dächern der Erschließungskerne, aufgeständert auf dem Hauptdach sowie als Fassadenanlage entlang der südlichen Außenwand über die gesamte Gebäudehöhe von ca. 90 Metern. Da PV-Module nicht als nichtbrennbar eingestuft sind, weichen alle Anlagen von den Anforderungen der Muster-Hochhaus-Richtlinien ab. Für die Südfassaden-Anlage wurden kompensatorische Maßnahmen festgelegt: ausschließlich schwer entflammbare, nicht abtropfende PV-Module mit einer allseitigen Rahmung mit einem Aluprofil. Hierfür war die Zulassung im Einzelfall erforderlich.

9 Nachhaltigkeit und Stadtklima

Die Revitalisierung umfasst neben der technischen Modernisierung auch Nachhaltigkeitsaspekte auf mehreren Ebenen. Im Mittelpunkt steht der ressourcenschonende Umgang mit der Tragstruktur: Durch den maximalen Erhalt des vorhandenen Stahlbetontragwerks werden große Mengen an grauen Emissionen vermieden, die bei einem Abriss und Neubau unweigerlich entstanden wären.

Rund 50 Prozent der Außenflächen werden intensiv und extensiv begrünt. Retentionsboxen verbessern den Wasserhaushalt vor Ort. Auf dem Dach des Erdgeschosses sind begrünte Flächen vorgesehen: eine Joggingbahn, Sportgeräte, ein sogenannter Urban Jungle und eine direkte Anbindung an den Fitnessbereich im Gebäude. Im 23. Obergeschoss des Hochhauses befindet sich ein multifunktionaler Besprechungsraum mit 270-Grad-Rundblick über Berlin.

Die BIPV-Südfassade produziert regenerativen Strom direkt am Gebäude. Die neue Elementfassade folgt dem Cradle-to-Cradle-Prinzip: vollständig in Einzelelemente trennbar, ohne verklebte Konstruktionen wie WDVS.

10 Städtebauliche Integration: Der Sockel als Scharnier

Eine der zentralen städtebaulichen Schwächen des Bestandsgebäudes lag in seiner Beziehungslosigkeit zum umgebenden Stadtgefüge. Das Hochhaus stand isoliert, ohne urbane Einbindung, ohne lebendige Erdgeschosszone. Der neue Entwurf macht die Reparatur dieses städtebaulichen Mangels zu einem zentralen Anliegen.

Der neu gestaltete Sockelbau mit umlaufendem Vordach und großzügiger Verglasung übernimmt die Rolle eines städtischen Scharniers. Das Vordach löst ein klassisches aerodynamisches Problem bei Hochhäusern: Es reduziert Fallwinde, die an der Basis hoher Gebäude die Aufenthaltsqualität beeinträchtigen. Die Sockelfassade umhüllt das Erdgeschoss mit einer umlaufenden, Schaufenster-Pfosten-Riegel-Konstruktion. Das Herzstück bildet ein Foyer mit großzügiger Raumhöhe und großflächigen Oberlichtelementen. Freigestellte Betonstützen gliedern den offenen Innenraum, hängende Pflanzen setzen einen bewussten Kontrast zur dunklen Eloxal-Fassade des Turms.

Dem Sockel liegt das Leitbild eines lebendigen, kommunikativen Marktplatzes zugrunde – eine Reminiszenz an die Offenheit der Neuen Nationalgalerie. Ein Restaurant, Einzelhandel, eine Lobby und Ausstellungsflächen beleben das Erdgeschoss. Als markantes Identitätsmerkmal wird an den Längsseiten des Hochhauses ein hinterleuchteter Schriftzug mit einem M für »MachereiBerlin-Kreuzberg« in die Fassadenkonstruktion integriert.

11 Fazit: Der Umbau als Beitrag zur Stadtentwicklung

Der Umbau des MBK M50 am Halleschen Ufer verbindet Bestandserhalt mit energetischer und funktionaler Modernisierung. Das Projekt belegt beispielhaft, dass die Revitalisierung eines Bestandshochhauses aus den 1960er-Jahren technisch umsetzbar ist, sofern statische Anforderungen, Abbruchsequenzen und Fassadenlösungen sorgfältig aufeinander abgestimmt werden.

Die Herausforderungen waren erheblich: die Bestandsbewehrung mit ihrer Diagonalführung, der Kellerkasten mit seinen Abdichtungsproblemen, die Windlasten während der Abbruchphasen, die logistische Komplexität des stufenweisen Umbaus, die Integration der BIPV-Fassade und des Cradle-to-Cradle-Prinzips, die Herstellung von Brandschutz unter Baubedingungen – jede dieser Anforderungen für sich wäre bereits eine anspruchsvolle Planungsaufgabe. In ihrer Kombination erfordern sie eine enge interdisziplinäre Abstimmung.

Berlins Regierender Bürgermeister Kai Wegner, der beim Richtfest im September 2025 persönlich anwesend war, drückte den Wunsch aus, dieses Projekt möge Schule machen. Die Fertigstellung des MBK M50 ist für Sommer 2026 geplant. Wie der Ansatz der Bestandstransformation bei vergleichbaren Nachkriegsbauten übertragbar ist, werden auch die Erfahrungen im Betrieb zeigen.

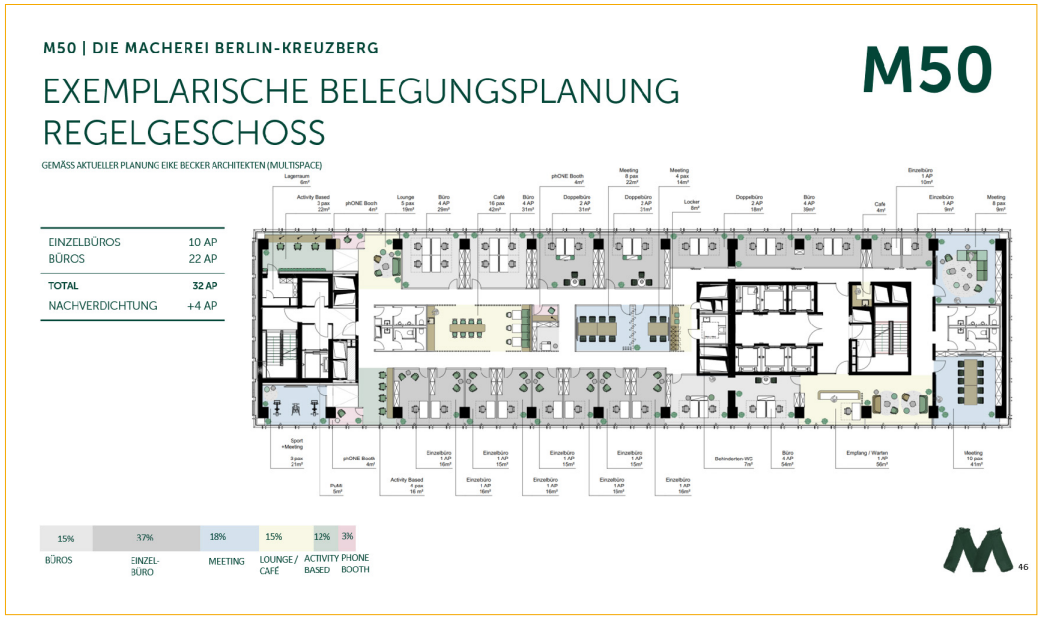


Abb. 05: Belegungsplanung Multispace [Grafik: Eike Becker_Architekten]

Projektdaten

Architektur: Eike Becker_Architekten, Berlin | www.eb-a.de
Bauherr: Die Macherei Berlin – Kreuzberg, Hallesches Ufer 3 GmbH & Co. KG (Art Invest Real Estate)
Tragwerksplanung: Wetzel & von Seht – Ingenieurbüro für Bauwesen
Tragwerksplanung Fassade: Werner Sobek AG
Energiekonzept / Fassade: APP Ingenieure | Transsolar Energietechnik
Brandschutz: hhpberlin – Ingenieure für Brandschutz GmbH
Baugrundgutachten: IGU-Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik Günther & Lippick GbR
Windkanalversuche: Wacker Ingenieure GmbH, Birkenfeld
Regenentwässerung: Müller-Kalchreuth Planungsgesellschaft mbH, Berlin

Eike Becker studierte Architektur in Aachen, Stuttgart und Paris. 1999 gründete er zusammen mit Helge Schmidt das Büro Eike Becker_Architekten, das für superferente Architektur steht. Zu ihren realisierten Gebäuden zählen die neue FAZ-Verlagszentrale in Frankfurt, der Spreeturm und das genossenschaftliche Hochhaus-Ensemble TLW in Berlin.

Eike Becker_Architekten wurden mit dem Deutschen Immobilienpreis 2024 für das Projekt ROCKYWOOD ausgezeichnet. Eike Becker ist Mitglied des Beirats der Bundesstiftung Baukultur und des Gestaltungsrats der Stadt Kiel. Er schreibt eine regelmäßige Kolumne in der Zeitschrift »Immobilienwirtschaft«.

6.3.3 Denkmalschutz und Klimaschutz – ein Widerspruch? Herausforderungen bei der Integration von Photovoltaikanlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden

Hintergrund

Die Installation von Photovoltaik (PV-)Anlagen auf historischen bzw. denkmalgeschützten Gebäuden war in Deutschland lange Zeit nur in Ausnahmefällen möglich. Doch der Klimawandel und die Wärmewende zwingen Städte, Gemeinden und Kommunen zum Umdenken und dazu, mehr regenerativen Strom zu erzeugen. Seit 2023 sind Denkmalschutz und Klimaschutz keine Gegensätze mehr und PV-Anlagen müssen auch auf denkmalgeschützten Gebäuden ermöglicht werden. Um das historische Erscheinungsbild zu erhalten, ist es für Bauherren jedoch Pflicht, bei der Planung und Umsetzung die Denkmalschutzämter miteinzubeziehen.

Julius Gefäller

Michael Blohm

Rechtliche Grundlagen

Grundsätzlich bedürfen Baumaßnahmen an denkmalgeschützten Gebäuden stets einer denkmalschutzrechtlichen Genehmigung – hier stellt die Installation einer PV-Anlage keine Ausnahme dar. Darüber hinaus stehen viele denkmalgeschützte Gebäude unter dem sogenannten Umgebungsschutz, damit das Erscheinungsbild und der Blick auf das Denkmal nicht beeinträchtigt werden. Je nach Gebäudeart (zum Beispiel Wohnhaus, Industrieanlage, technisches Bauwerk etc.) und Anlage (Solarthermie oder Photovoltaik) und abhängig von den Abmessungen und der sonstigen Gestaltung (Größe, Zelltyp, Farbe, Spiegelung etc.) können heute auch für denkmalgeschützte Bauwerke Lösungen gefunden werden, die das Erscheinungsbild nur unerheblich beeinträchtigen oder nach Ablauf der Nutzungsdauer rückbaubar und somit genehmigungsfähig sind. In einigen Denkmalschutzgesetzen ist das Thema regenerative Energien bereits enthalten und priorisiert, etwa in Nordrhein-Westfalen: »Die Erlaubnis nach den Absätzen 1 und 2 ist zu erteilen, wenn Belange des Denkmalschutzes nicht entgegenstehen oder ein überwiegendes öffentliches Interesse die Maßnahme verlangt. Bei der Entscheidung sind insbesondere auch die Belange des Wohnungsbaus, des Klimas, des Einsatzes erneuerbarer Energien sowie der Barrierefreiheit angemessen zu berücksichtigen.«[1] Wesentlich

1 Vgl.: DSchG NRW: § 9 (3)

bei allen Baumaßnahmen – auch bei der Installation von PV-Anlagen – muss vor dem Hintergrund des Denkmalschutzes daher sein, Eingriffe in die Originalsubstanz so gering wie möglich zu halten. Bezogen auf PV-Anlagen, bedeutet dies: Bei Planung, Auswahl und Installation muss darauf geachtet werden, so nachhaltig, minimalinvasiv, optisch unauffällig und reversibel wie möglich zu arbeiten.

Gelungenes Beispiel in Hannover

Wie ein solches Projekt erfolgreich umgesetzt werden konnte, zeigt ein Bauvorhaben in der Südstadt Hannovers: Dort wurde 2025 auf dem Dach eines denkmalgeschützten Reihenhauses aus den 1950er-Jahren eine Photovoltaikanlage installiert. Die Vorgaben des Denkmalamts besagten nach Antragstellung zunächst, dass keine Montage auf dem Dach möglich sei, da diese den Gesamteindruck des Ensembles störe. Gemeinsam fanden die Bauherren, die beauftragte Fachfirma, Architekten und das Denkmalamt jedoch eine effiziente und für alle tragbare Lösung.

Die Planer des Projekts standen vor mehreren Herausforderungen: Zum einen war der finanzielle Rahmen des Projekts eng gesteckt, die Statik des Dachstuhls war mit den vorhandenen Ausbaulasten bereits ausgereizt und die Vorgaben des Denkmalschutzes ließen keine wesentliche Erhöhung der Dachflächen zu. Schon mit den zusätzlichen Lasten der einzubringenden Holzweichfaserdämmung war ein Standsicherheitsnachweis rechnerisch nicht mehr zu erbringen. Glücklicherweise war die Bestandsdeckung mit Mörtelverstrich versehen, sodass durch eine trockene Neueindeckung des Daches 0,05 kN/m² Last eingespart werden konnte. So waren eine Zwischensparrendämmung und eine dünne Aufsparrendämmung möglich. Da vom Denkmalschutz ein möglichst originalgetreuer Ziegel gefordert war, konnte kein großformatiger Ziegel mit einem geringeren Flächengewicht zum Einsatz gebracht werden. Zudem hätten die zusätzlichen Lasten einer PV-Anlage von ca. 0,2 kN/m² die Tragfähigkeit des Dachstuhls überschritten, sodass eine Indach-PV-Anlage geplant und ausgeführt wurde, das heißt, im Bereich der PV-Anlage übernehmen die PV-Module auch die Funktion der Dacheindeckung. So ergab sich im Bereich der PV-Anlage sogar eine Reduzierung der Dachlast.

Das Ziel der Planung war, mit möglichst geringem Ressourceneinsatz ein maximales Ergebnis zu erzielen. Eine Alternative wäre die Errichtung eines neuen Dachstuhls gewesen, dies war jedoch aufgrund der begrenzten finanziellen Mittel und des vorhandenen Dachgeschossausbaus keine Option. Im Verlauf der Planung wurden mehrere Varianten entwickelt und wieder verworfen. Der bauliche Wärmeschutz des Dachs wurde schließlich durch eine Zwischensparrendämmung aus Holzweichfasermatten in Kombination mit Holzweichfaserplatten auf den Sparren erreicht. Hier wurde die Anforderung aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) mit einem U-Wert von max. 0,24 exakt eingehalten. Auf einen Hochleistungswärmeschutz mit zum Beispiel PUR/PIR oder Glaswolledämmstoff wurde bei der Planung bewusst verzichtet. Ein synthetischer Hochleistungsdämmstoff hätte zwar einen besseren

U-Wert erzielen können, der sommerliche Hitzeschutz wäre jedoch deutlich schlechter ausgefallen. Durch das Dämmkonzept, das durchgehend auf den nachwachsenden Werkstoff Holz setzt, konnte ein sommerlicher Hitzeschutz mit einer Phasenverschiebung von 9,8 Stunden erreicht werden. Die Phasenverschiebung beschreibt die Dauer, die die nachmittägliche Hitze benötigt, um auf der Innenseite eines Bauteils anzukommen; ein idealer Wert liegt zwischen 10 und 12 Stunden. Des Weiteren erreicht das ausgeführte System eine Amplitudendämpfung von 14,7. Die Amplitudendämpfung beschreibt, wie stark die Temperaturwelle beim Durchgang durch ein Bauteil abgeschwächt wird, gute Werte liegen oberhalb von 10.

Die energetische Amortisationszeit der Sanierung beträgt gut zwei Jahre, das heißt, die Energie, die zur Herstellung der neuen Baustoffe aufgewendet wurde, wird binnen zwei Jahren an Heizenergie eingespart. Der CO_2-Fußabdruck von 7 kg/m² sanierter Dachfläche amortisiert sich rechnerisch bereits nach fünf Monaten, da durch die Dämmung pro Quadratmeter und Jahr 16 kg CO_2 bei der Beheizung eingespart werden. Auch die finanzielle Amortisation von unter 20 Jahren (ohne Berücksichtigung der Förderungen) kann sich sehen lassen.

Abb. 01: Die Dachöffnung gibt den Blick auf die alten mit Mörtel verschmierten Dachziegel frei. [Foto: Holz- und Energiewerk GmbH]

Die gewählte Konstruktion einer Indach-PV-Anlage führte zu weiteren Herausforderungen in der Planung und Umsetzung. Bei »Standard«-PV-Anlagen befindet sich immer eine Dacheindeckung zwischen den Photovoltaik-Modulen und dem brennbaren Dachstuhl; bei Indach-Anlagen muss daher ein besonderes Augenmerk auf die Vermeidung von Lichtbögen gelegt werden. Die meisten PV-Anlagen werden in Deutschland mit sogenannten String-Wechselrichtern errichtet, dabei werden mehrere Module in Reihe geschaltet, was zu höheren Spannungen von bis zu 1000 V führt. Die hohe Spannung erleichtert die Umrichtung des von der PV-Anlage erzeugten Gleichstroms (Direct Current – DC) auf Wechselstrom (Alternating Current – AC) und ermöglicht es, die erzeugte Energie effizient im Haus zu verwenden sowie überschüssigen Strom in das Stromnetz einzuspeisen. Um bei der Indach-Anlage die Gefahr von Lichtbögen (bei Gleichspannungen ist die Lichtbogengefahr groß) zu unterbinden, kam bei diesem Bauvorhaben eine sogenannte Mikrowechselrichteranlage zum Einsatz. Hierbei wird je Modul ein Wechselrichter direkt auf dem Dach mit montiert – so werden hohe Gleichspannungen vermieden, da der DC-Niederspannungsbereich direkt am PV-Modul in eine Wechselspannung transformiert wird. Bei Wechselspannung ist die Lichtbogengefahr geringer, da der Lichtbogen beim Nulldurchgang erlischt. Wenn die Wiederverfestigungsspannung schneller ansteigt als die Quellspannung, erlischt der Lichtbogen endgültig. Zudem sind die Mikrowechselrichter mit einem thermischen Überlastschutz ausgestattet.

Abb. 02: Foto der rückseitigen Wechselrichterinstallation [Foto: Holz- und Energiewerk GmbH]

Die Mikrowechselrichter werden über vorkonfektionierte Kabelbäume angeschlossen, über die Wechselstromleitungen läuft auch die Kommunikation per Powerline Communication (PLC) (siehe Blockdiagramm).

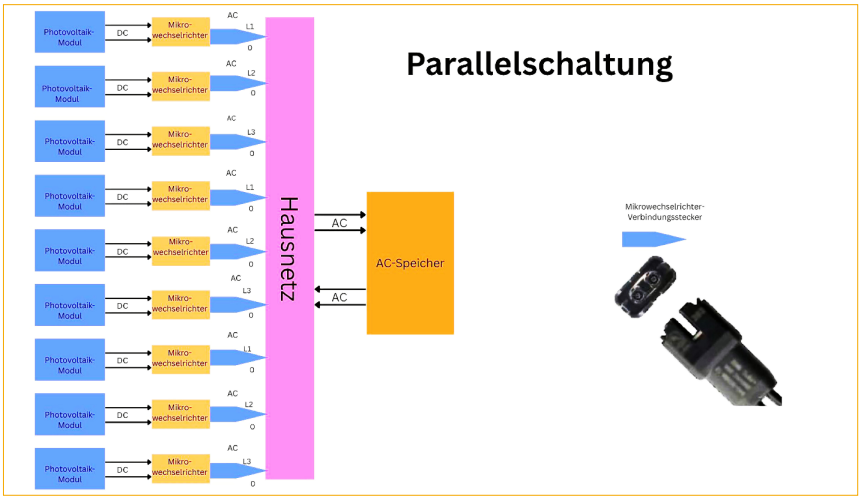


Abb. 03: Schaltplan Parallelschaltung [Grafik: Michael Blohm]

Dadurch sind ein Monitoring und eine Optimierung auf Modulebene möglich. In Hinblick auf die Verschattung der Anlage durch Nachbargebäude und Schornsteine ist dies ebenfalls ein Vorteil, denn: Die Parallelisierung der Solarmodule eliminiert negative Effekte, die durch partielle Verschattung entstehen. Bei einem String führt unterschiedliche Sonneneinstrahlung dazu, dass zwischen den einzelnen PV-Modulen Ausgleichsströme fließen und den Energieertrag mindern. Zusätzlich fördern diese Querströme eine Degradierung der Module, sie verlieren also schneller an Leistung.

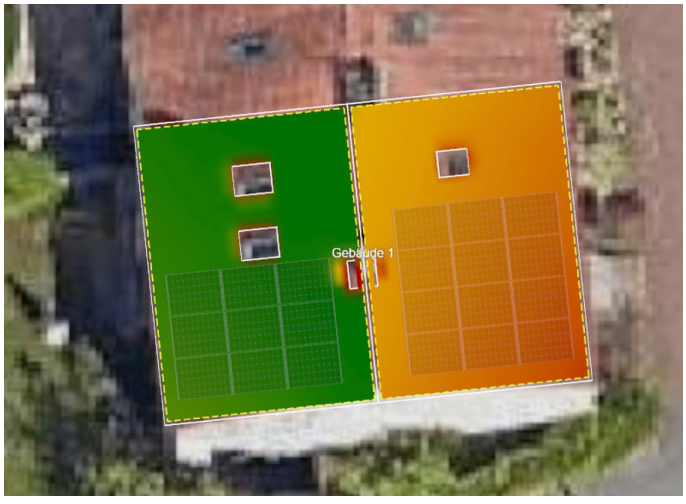


Abb. 04: Verschattungsanalyse des Daches [Grafik: Holz- und Energiewerk GmbH]

Die Parallelschaltung verhindert diese Querströme. Das Arbeiten mit Mikrowechselrichtern erhöht jedoch die Schwierigkeit bei der Speicherung des Solarstroms. Da nicht wie bei Stringwechselrichtern direkt Gleichstrom gespeichert werden kann, ergeben sich durch erneute Umrichtung von Wechselstrom in Gleichstrom Wandlungsverluste der gewonnenen Energie.

Aufgrund der vielfältigen Herausforderungen zog sich der Planungsprozess mit dem Architekten, dem Statiker und dem Denkmalschutz über mehr als ein Jahr hin. Nicht einfacher wurden die unterschiedlichen Planungsstränge durch die Tatsache, dass es in Niedersachsen keine Verfahrensrichtlinie für PV-Anlagen auf Baudenkmälern gibt, an die sich die am Bau Beteiligten hätten halten können. Die Vorgabe des Denkmalschutzes in Hannover lautete: keine Verwendung von Einzelmodulen, sondern Errichtung einer aus Rechteckflächen bestehenden Anlage. Da das gesamte Viertel, in dem sich das betreffende Haus befindet, unter Denkmalschutz steht – die Siedlung war in den 1950er-Jahren als Stadtentwicklungsprojekt entstanden – waren die Auflagen besonders hoch. So sollte die geplante PV-Anlage zudem auf anderen Dächern der Siedlung reproduziert werden können und sozusagen als Musteranlage dienen. Um Fußgänger vor Dachlawinen zu schützen, wurden noch zusätzlich Schneefanggitter zur Fußwegseite eingebaut; hier hatte der Denkmalschutz keine Einwände und war schlussendlich auch mit dem Endergebnis sehr zufrieden. Insgesamt konnte eine 9-kWp-Anlage mit einem 5-kWh-Speicher realisiert werden. Die Anlage erzeugt ca. 7.000 kWh/Jahr und reduziert den Strombezug des Hauses um etwa 70 Prozent.

Abb. 05: Indach-Photovoltaikanlage auf dem denkmalgeschützten Dach [Foto: Holz- und Energiewerk GmbH]

Fazit

Auch auf denkmalgeschützten Gebäuden ist die Installation von PV-Anlagen mittlerweile möglich und oft wirtschaftlich sinnvoll. Doch hier ist eine genaue und kluge Planung unentbehrlich. Wichtig sind eine umfassende Bestandsanalyse als Grundlage, eine frühzeitige Strategieplanung und die Eruierung bzw. Abwägung der technischen Möglichkeiten (entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik) vor dem Hintergrund wirtschaftlicher und nachhaltiger Lösungen (Ziel, Nutzen, Verhältnismäßigkeit der Maßnahmen) sowie die frühzeitige Einbindung von Denkmalschutzbehörden und Fachplanern (Architekten, Statikern und PV-Fachbetrieben).

Michael Blohm ist am 14.07.1956 in Hamburg geboren und hat nach seinem Studium der Elektrotechnik in Hamburg 38 Jahre bei einem großen europäischen Halbleiterhersteller als Elektroingenieur gearbeitet. Seit ca. zwei Jahren ist er im Ruhestand und hofft durch sein ehrenamtliches Engagement, seine Erfahrungen und seine Liebe zur Technik der Gesellschaft etwas zurückzugeben zu können.

Julius Gefäller ist Gründer der Holz- und Energiewerk GmbH, die zum Ziel hat, die Gebäudeenergiewende voranzutreiben, und hierbei versucht, einen möglichst ganzheitlichen Ansatz zu verfolgen. Nach abgeschlossener Zimmererlehre und erfolgreichem Besuch der Meisterschule folgte ein Studium an der HAWK Hildesheim zum Holzingenieur. Nach langjähriger Tätigkeit als Ingenieur kehrte er vor sechs Jahren ins Handwerk zurück.

6.4 Smarte Prozesse: Prävention in der Sanierung

Künstliche Intelligenz (KI) revolutioniert die Baubranche. KI kann unter anderem unterstützen, indem sie manuelle, fehleranfällige Aufgaben automatisiert und so Zeit- und Kosteneinsparungen ermöglicht. Dieser Wandel erstreckt sich über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken – von der ersten Idee über die Planung und Ausführung, die Nutzung, die Modernisierung, die Sanierung und gegebenenfalls auch den Abbruch bzw. die sichere Wiederverwendung von Materialien. Das folgende Kapitel beleuchtet, was heute in der Praxis bereits möglich ist: So hilft KI auch in der Bauschadenprävention – hier werden Potenziale und erste Anwendungen aufgezeigt. Auch das Sammeln von Daten wird immer wichtiger – ein spannender Beitrag zeigt, wie Wetterdaten immer weiter verfeinert werden, was in Zeiten von zunehmenden Extremwetterereignissen für die Baubranche von großer Bedeutung ist. Um Recyclingmaterialien besser bewerten und sicher weiterverwenden zu können, sind Materialdaten entscheidend – hier gibt ein Beitrag Einblick in die innovative Entwicklung von smarten Prozessen.

6.4.1 KI in der Bauschadenprävention – Potenziale und erste Anwendungen

FOTO: FOTOGRAFIE-EBINGER

Volker Schweizer

Die wachsende Komplexität moderner Bauprojekte sowie die damit einhergehenden steigenden Datenmengen machen den Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI) in der Baubranche zunehmend unausweichlich.

Potenziale von KI im Bauwesen

Das Bauwesen bietet ein breites Anwendungsspektrum für KI-Technologien, das nahezu alle Projektphasen umfasst: Von der Optimierung baubetrieblicher Prozesse über die Sicherung der Bauqualität bis hin zur Förderung nachhaltiger Bauweisen leisten KI-gestützte Systeme einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung komplexer Prozesse, zur Risikominimierung sowie zur Unterstützung fundierter Entscheidungsprozesse. Die nachfolgenden Anwendungsszenarien verdeutlichen das Potenzial von KI in der Baubranche:

- **Planung und Entwurf:** Automatische Generierung von Entwürfen, Optimierung von Bauplänen, Nachhaltigkeit, frühzeitige Erkennung von Planungsfehlern;
- **Projektmanagement:** Vorhersage von Zeitplänen, Ressourcenplanung, Risiko- und Kostenanalyse, Wissensmanagement;

- **Bauausführung und Bauqualität:** Überwachung des Baufortschritts, Qualitätskontrolle mittels visueller KI, Früherkennung von Baufehlern und Mängeln;
- **Kommunikation und Kollaboration:** Unterstützung bei der Zusammenarbeit durch KI-basierte Tools, zum Beispiel Chatbots;
- **Predictive Maintenance:** vorausschauende Wartung durch Analyse von Betriebsdaten, Wartungsprognosen, Optimierung der Gebäudenutzung;
- **Genehmigungen, Bürokratie und Recht:** automatisierte Prüfung von Bauvorschriften und rechtlichen Anforderungen.

Abb. 01: Anwendungsbereiche für KI beim Planen und Bauen [Grafik: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB]

Vor diesem Hintergrund ist die Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten der KI für Bausachverständige von zentraler fachlicher Bedeutung.

Sicherung der Bauqualität: Wo KI heute schon im Einsatz ist

Die Sicherung der Bauqualität ist eine zentrale Herausforderung im Bauwesen – und zugleich ein Bereich, in dem KI-Technologien bereits heute erfolgreich eingesetzt werden, wie folgende konkrete Anwendungsbeispiele zeigen:

- **Bildanalyse und Drohnenbefliegung:** automatische Erkennung von Fassadenschäden oder Dachdefekten sowie von Infrastrukturanlagen per Computer Vision;
- **Sensorbasiertes Monitoring:** KI-gestützte Auswertung von Echtzeitdaten (Temperatur, Feuchtigkeit, Bewegung) in Gebäuden;

- **Vorhersage von Wartungsbedarfen:** Auf Basis verfügbarer Parameter wie Sensordaten, Stromaufnahme, Temperatur etc. welche im Rahmen der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) anfallen, aber auch bei Wasser- und Leitungsnetzen, um Risiken zu erkennen, bevor ein Schaden eintritt.

Wissen als Schlüssel zur Prävention: Vom Erfahrungswissen zur intelligenten Früherkennung

Neben technischer Früherkennung ist der Zugang zu Fachwissen entscheidend. Neue KI-Tools machen komplexes Expertenwissen rund um Bauschäden erstmals deutlich niedrigschwelliger zugänglich – ein Paradigmenwechsel für Planer, Handwerker und Eigentümer gleichermaßen.

Großes Potenzial liegt vor allem darin, das Expertenwissen, das in zahllosen Veröffentlichungen oder Bauschaden-Datenbanken (wie beispielsweise SCHADIS[1]) schlummert, viel breiter nutzbar zu machen. Was früher Expertenwissen Einzelner war, wird durch KI skalierbar bzw. kann als Datengrundlage für ganz neue Anwendungen genutzt werden.

Volker Schweizer absolvierte sein Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Karlsruhe (TH). Seit 2000 ist er beim Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB tätig und leitet aktuell den Bereich »Bauwissen.Innovation. Transfer BIT«. An der Wissenschaftlichen Hochschule Lahr WHL studierte er in einem postgradualen Studium Wirtschaftspädagogik und widmet sich seit Jahren intensiv den Themen Wissens- und Informationsmanagement sowie der Transformation der Medien. Aktuell setzt er sich intensiv mit der Rolle der Künstlichen Intelligenz in der Baubranche auseinander, um Transformation in diesem Sektor voranzutreiben.

Das Fraunhofer IRB steht für Wissenstransfer: Das Institut erhöht die Sichtbarkeit von Forschung und Wissenschaft und begleitet Organisationen aller Systembereiche bei ihrer Transformation. In den Geschäfts- und Forschungsfeldern Transformation, Transfer und KI/Data Science entwickelt das Fraunhofer IRB zum Beispiel innovative KI-Formate, unterstützt bei Transformationsprozessen und erschließt durch modernste Data-Science-Methoden Datenpotenziale. Darüber hinaus bietet das Institut niederschwellige Zugänge zu individuellem, fachspezifischem Wissen in Form von Fachbüchern, Datenbanken und Veranstaltungen.

1 Vgl. Fraunhofer IRB Baudatenbanken SCHADIS: https://www.irb.fraunhofer.de/schadis [abgerufen am: 20.05.2026]

Data Treasure: Ein Tool, um Wissen leichter zugänglich zu machen

INTERVIEW – JULIA EHL, VOLKER SCHWEIZER

FOTO: FOTOGRAFIE-EBINGER

Julia Ehl leitet am Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB das Team »Bauwende | Innovation«. Sie entwickelt Ansätze im Wissens- und Informationsmanagement zur systematischen Erschließung und Nutzung von Fachwissen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Konzeption KI-gestützter Lösungen, unter anderem im Kontext des Projekts »Data Treasure (AT)«, um umfangreiche Wissensbestände strukturiert zugänglich und für Forschung und Praxis effizient nutzbar zu machen. Damit trägt sie mit ihrem Team dazu bei, die Transformation der Bau- und Immobilienbranche durch verbesserte Zugänge zu Wissen aktiv zu unterstützen. Volker Schweizer hat mit ihr über das KI-Projekt gesprochen – ein Tool, das entwickelt wurde, um ungenutzte Daten zu erschließen und zu nutzen.

Volker Schweizer: Wie ist die Idee zu dem Tool entstanden – gab es einen konkreten Auslöser?

Julia Ehl: Die Idee zu »Data Treasure« ist aus einem sehr konkreten Bedarf entstanden, den wir auch in unseren institutsinternen Daten gesehen haben: Es gibt große Mengen an Dokumenten und Wissen, die zwar vorhanden sind, aber im Alltag nur schwer zugänglich und nutzbar sind. Gleichzeitig haben wir gemerkt, wie aufwendig es ist, relevante Informationen daraus zu finden oder für verschiedene Zwecke weiterzuverarbeiten.

Daraus entstand die Idee, ein Tool zu entwickeln, das diese Daten automatisiert erschließt, strukturiert aufbereitet und direkt nutzbar macht.

Schweizer: Welches Problem löst das Tool konkret, und für wen ist es primär gedacht?

Ehl: Viele Organisationen haben kein Wissensproblem, sondern ein Zugangsproblem: Die Informationen sind vorhanden, aber schwer auffindbar und nutzbar. Unser Tool richtet sich vor allem an Teams und Organisationen, die mit umfangreichen Dokumentbeständen arbeiten und daraus schnell verlässliche, weiterverwendbare Informationen gewinnen müssen.

Schweizer: Welche Art von Wissen haben Sie in das Tool eingespeist, und wie haben Sie es aufbereitet?

Ehl: Wir haben interne Fachdokumente wie Berichte, Studien, Projektunterlagen und wissenschaftliche Veröffentlichungen als Datengrundlage genutzt. Diese liegen überwiegend als PDF-Dateien vor und wurden in das Tool eingespeist und so aufbereitet, dass daraus automatisiert strukturierte Inhalte wie Zusammenfassungen, Faktenlisten, Frage-Antwort-Paare und Multiple-Choice-Aufgaben mit klaren Quellenangaben generiert werden. Mit den letzten beiden Anwendungen kann das Tool dementsprechend auch für interne Schulungen bzw. Ausbildungszwecke eingesetzt werden.

Schweizer: Wie funktioniert das Tool technisch – ohne zu tief in die Details zu gehen?

Ehl: Im Kern nutzt das Tool moderne KI-Methoden, um Inhalte aus Dokumenten zu verstehen und in nutzbares Wissen zu überführen. Die Ergebnisse werden so aufbereitet, dass sie direkt weiterverwendet werden können, etwa in Form von Antworten, Fakten oder Lerninhalten mit nachvollziehbaren Quellen.

Schweizer: Wie stellt das Tool sicher, dass die Antworten fachlich korrekt und zuverlässig sind?

Ehl: Ein zentraler Unterschied zu vielen KI-Tools ist, dass unsere Anwendung keine frei generierten Antworten liefert, sondern sich konsequent auf vorhandene Dokumente stützt und diese mit Quellen belegt. So wird Transparenz geschaffen, und die Nutzer können die fachliche Korrektheit der Inhalte jederzeit nachvollziehen.

Schweizer: Können Sie ein konkretes Beispiel nennen, wie das Tool in der Praxis eingesetzt wird?

Ehl: Ein konkretes Einsatzbeispiel ist die Erstellung von Prüfungsfragen beispielsweise für Zertifizierungen. Aus vorhandenen Fachunterlagen generiert das Tool automatisiert Frage-Antwort-Paare und Multiple-Choice-Aufgaben, deren Schwierigkeitsgrad gezielt entlang der Bloomschen Taxonomiestufen eingestellt werden kann und die sich direkt für Weiterbildungs- und Prüfungsformate nutzen lassen.

Schweizer: Wer nutzt das Tool bereits – und wie sind die Rückmeldungen?

Ehl: Das Tool wurde bereits im Rahmen umfangreicher Tests innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft eingesetzt, aktuell bereiten wir zudem eine Feldstudie mit Industriepartnern vor.

Die Rückmeldungen sind durchweg sehr positiv. Besonders überzeugt hat die hohe Qualität der generierten Frage-Antwort-Paare und Multiple-Choice-Aufgaben.

Schweizer: Wo sehen Sie die Grenzen des Tools – was kann es (noch) nicht leisten?

Ehl: Aktuell zeigt sich die Grenze vor allem bei der Verarbeitung großer Datenmengen, bei denen die Generierung der Ergebnisse noch zeitintensiv ist. Perspektivisch möchten wir das Tool weiterentwickeln, unter anderem um eine Chatbot-Funktion, die künftig ein dialogbasiertes und noch flexibleres Arbeiten mit den eigenen Daten ermöglichen soll.

Schweizer: Welche Rolle spielt menschliche Expertise neben dem Tool – ersetzt es den Experten oder ergänzt es ihn?

Ehl: Das Tool ersetzt den Experten nicht, sondern unterstützt ihn in seiner Arbeit.

Es hilft dabei, Informationen schneller aufzubereiten und zugänglich zu machen, die fachliche Einordnung und Bewertung bleibt jedoch klar beim Menschen.

Schweizer: Wohin soll sich das Tool weiterentwickeln – was ist Ihre Vision für die nächsten Jahre?

Ehl: Unsere Vision ist es, unser Tool als skalierbare Basislösung weiterzuentwickeln, auf der verschiedene anwendungsspezifische Use Cases aufbauen können. Gemeinsam mit unseren Partnern möchten wir identifizieren, wo der größte Mehrwert liegt, und darauf aufbauend maßgeschneiderte Integrationen und Lösungen entwickeln.

Schweizer: Vielen Dank für das informative Gespräch.

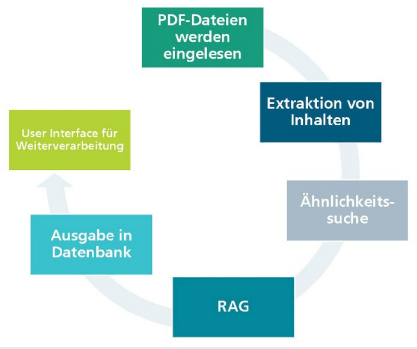


Abb. 02: Ablaufschema der Datenverarbeitung in Data Treasure [Grafik: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB]

6.4.2 Zwischen Messstation und Radarbild – RADOLAN als standardisierte Grundlage historischer Niederschlagsbewertungen

1 Starkregen als zunehmende Herausforderung für Bauwesen und Versicherung

Jannis Jedhoff

Niederschlagsereignisse besitzen im Bauwesen seit jeher eine erhebliche praktische Bedeutung. Insbesondere während der Bauphase weisen Bauwerke aufgrund ihres unfertigen Zustands eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber äußeren Witterungseinflüssen auf. Offene Dachflächen, temporäre Abdichtungen, Baugruben oder noch nicht fertiggestellte Entwässerungssysteme führen dazu, dass selbst zeitlich und lokal begrenzte Regenereignisse erhebliche Schäden verursachen können. Typische Schadenbilder reichen von Durchfeuchtungen und Vernässungen bis hin zu Ausspülungen oder Unterspülungen tragender Bauteile.

Parallel hierzu zeigt sich eine zunehmende Relevanz kleinräumiger und kurzzeitiger Niederschlagsereignisse. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) weist darauf hin, dass steigende Temperaturen infolge des Klimawandels zu einer erhöhten Verdunstung und damit zu einem höheren Wasserdampfgehalt der Atmosphäre führen. In der Folge können Niederschläge innerhalb kurzer Zeiträume höhere Intensitäten erreichen.[1] Gerade konvektive Regenereignisse (Schauer) treten häufig kleinräumig und mit hoher Dynamik auf, sodass sich die Niederschlagsbelastung bereits innerhalb weniger Kilometer erheblich unterscheiden kann.

Gerade in der Bauleistungsversicherung besitzt die objektive Einordnung solcher Niederschlagsereignisse eine besondere Bedeutung. Die Bewertung orientiert sich regelmäßig nicht allein an der absoluten Niederschlagsmenge, sondern insbesondere an der Frage, wie stark der Niederschlag an einem konkreten Ort und innerhalb eines bestimmten Zeitraums tatsächlich ausgeprägt war. Die Einordnung erfolgt dabei häufig unter Berücksichtigung jahreszeitlicher sowie örtlicher Verhältnisse. Für die Schadenpraxis kann hieraus eine rudimentäre Fragestellung abgeleitet werden: Wie stark war der Niederschlag (in mm) wann (Schadentag, Vergleichs- und Referenzzeitraum)[2] und wo (Schadenort)?

1 Vgl. Deutscher Wetterdienst (DWD): Niederschlagstrends und Entwicklung der Starkniederschläge in Deutschland, 2025, S. 3., www.dwd.de/DE/leistungen/faktenpapier_extremwetter/niederschlagstrend-entwicklung_2025.pdf [abgerufen am: 20.05.2026]

2 bedingungsabhängig: Vergleichszeitraum: i. d. R. 10 Jahre; Referenzzeitraum: beispielsweise Schadenmonat

Die Beantwortung dieser Frage setzt zunächst belastbare meteorologische Datengrundlagen voraus. In der praktischen Ereignisbewertung (Niederschlagsauswertungen/-gutachten) stehen hierbei insbesondere drei Aspekte im Vordergrund:

- Qualität: Sind genaue Daten verfügbar?
- Zeit: Sind die Daten zeitnah, aber auch über einen längeren historischen Zeitraum verfügbar?
- Ort: Ist eine ortsgenaue Bestimmung möglich?

Gerade diese drei Faktoren führen in der Praxis jedoch regelmäßig zu Bewertungsunsicherheiten. Klassische Wetterstationen liefern zwar hochgenaue Messwerte, erfassen Niederschläge jedoch ausschließlich punktuell. Insbesondere bei kleinräumigen Regenereignissen kann die tatsächliche Niederschlagsbelastung am Schadenort erheblich von den Messwerten benachbarter Stationen abweichen.

Vor diesem Hintergrund gewinnen flächenhafte Niederschlagsanalysen zunehmend an Bedeutung. Wetterradare ermöglichen eine deutschlandweite Erfassung von Niederschlägen mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Der DWD beschreibt Wetterradare als das einzige Verfahren zur flächendeckenden und dreidimensionalen Niederschlagsmessung.[3] Gleichzeitig unterliegen jedoch auch radarbasierte Niederschlagsmessungen methodischen und technischen Unsicherheiten. Für eine belastbare quantitative Niederschlagsbewertung reicht die ausschließliche Betrachtung von Radarrohdaten daher regelmäßig nicht aus. Um die Vorteile flächenhafter Radarerfassung mit den präzisen Punktmessungen klassischer Wetterstationen zu verbinden, wurde durch den DWD das RADOLAN-Produkt entwickelt. Hierbei werden radarbasierte Niederschlagsdaten mit Messwerten von Bodenstationen kombiniert und zu hochaufgelösten Niederschlagskompositen verarbeitet.[4]

2 Klassische Niederschlagsmessung durch Bodenstationen

Die Bewertung historischer Niederschlagsereignisse beginnt zunächst mit der Erfassung meteorologischer Messdaten. Grundlage der klassischen Niederschlagsmessung sind sogenannte Ombrometer. Dabei handelt es sich um standardisierte Niederschlagsmessgeräte, welche die am Boden auftretende Niederschlagsmenge an einem konkreten

3 Vgl. Deutscher Wetterdienst (DWD): Messinstrumente der Meteorologie, Wetterradar in Deutschland, 2017, S. 2., https://dwdbib.dwd.de/retrosammlung/content/titleinfo/702628?query=Wetterradar%20Deutschland [abgerufen am 20.05.2026]

4 Vgl. Deutscher Wetterdienst (DWD): RADOLAN/RADVOR: Hoch aufgelöste Niederschlagsanalyse und -vorhersage auf der Basis quantitativer Radar- und Ombrometerdaten für grenzüberschreitende Fluss-Einzugsgebiete von Deutschland im Echtzeitbetrieb: Beschreibung des Kompositformats Version 2.6, 2025, S. 5 ff., https://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radolan_info/radolan_radvor_op_komposit_format_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=26 [abgerufen am 20.05.2026]

Messstandort erfassen. Die Messung erfolgt punktuell und bildet somit ausschließlich die Niederschlagsverhältnisse am jeweiligen Stationsort ab.

Zur Bereitstellung dieser Messdaten betreibt der DWD ein umfangreiches Bodenmessnetz. Im CDC-Portal[5] stellt er stündliche Niederschlagsdaten von etwa 1.850 Stationen[6] sowie tägliche Niederschlagsdaten von rund 6.600 Stationen[7] zur Verfügung. Die Messwerte unterliegen dabei mehrstufigen Qualitätskontrollen, die unter anderem klimatologische, zeitliche sowie räumliche Konsistenzprüfungen umfassen.

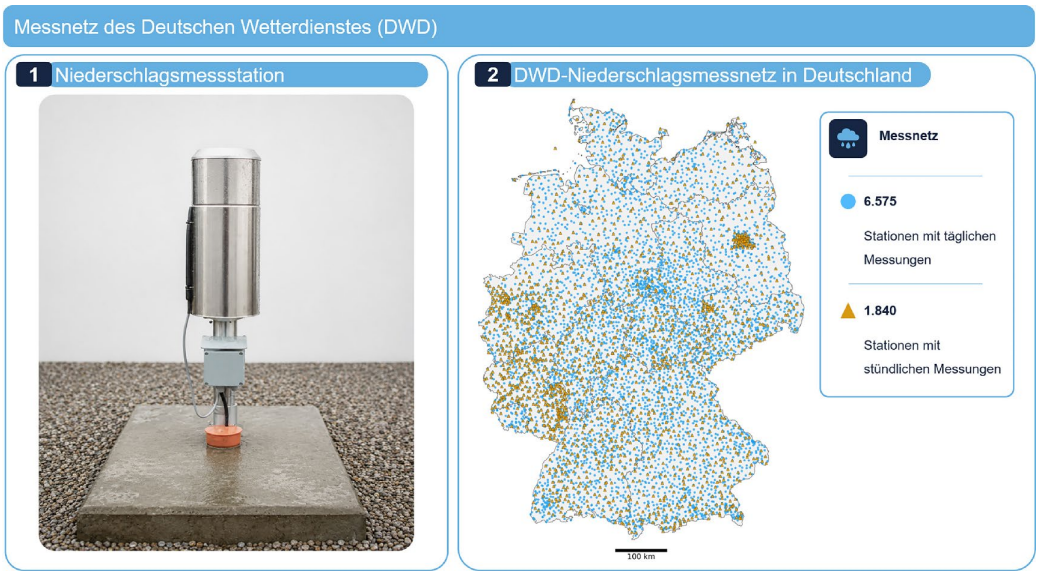


Abb. 01: Links Ombrometer [KI-generiert mithilfe von ChatGPT, 2026] und rechts Darstellung der räumlichen Verteilung der vom DWD-CDC zur Verfügung gestellten Niederschlagsstationen [Quelle: Meteovise]

Die hohe Genauigkeit punktueller Bodenmessungen stellt einen wesentlichen Vorteil dieser Datengrundlage dar. Gleichzeitig ergeben sich aus der punktuellen Messmethodik erhebliche räumliche Einschränkungen. Niederschlagsereignisse werden ausschließlich am jeweiligen Stationsstandort erfasst. Aussagen über die tatsächliche Niederschlagsbelastung benachbarter Bereiche sind daher nur eingeschränkt möglich. Gerade bei kleinräumigen Niederschlagsereignissen besitzt diese Problematik erhebliche praktische

5 Vgl. CDC (Climate Data Center): https://cdc.dwd.de/portal/ [abgerufen am: 20.05.2026]

6 Vgl. Opendata DWD: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/hourly/precipitation/historical/RR_Stundenwerte_Beschreibung_Stationen.txt [abgerufen am: 20.05.2026]

7 Vgl. Opendata DWD: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/daily/more_precip/historical/RR_Tageswerte_Beschreibung_Stationen.txt [abgerufen am: 20.05.2026]

Relevanz. Bereits wenige Kilometer Entfernung zwischen Schadenort und Messstation können zu deutlich abweichenden Niederschlagsmengen führen. Die Fachliteratur weist ausdrücklich darauf hin, dass lokale Starkniederschläge trotz der Dichte des bestehenden Stationsnetzes »durch die Maschen fallen« können.[8]

Um räumliche Lücken zwischen einzelnen Messstationen zu schließen, werden meteorologische Messdaten seit Jahrzehnten interpoliert. Hierbei werden aus punktuellen Stationsdaten flächenhafte Niederschlagsfelder berechnet. Solche Interpolationsverfahren bilden die Grundlage zahlreicher klimatologischer Rasterdatensätze des DWD. Gerade bei lokalen und kurzzeitigen Niederschlagsereignissen stößt eine rein stationsbasierte Interpolation jedoch an Grenzen. Die räumliche Struktur konvektiver Niederschläge kann zwischen einzelnen Messstationen stark variieren, sodass lokale Intensitätsspitzen häufig nicht ausreichend erfasst werden. Die tatsächliche Niederschlagsbelastung am konkreten Schadenort lässt sich daher allein aus interpolierten Stationsdaten oftmals nur eingeschränkt rekonstruieren.

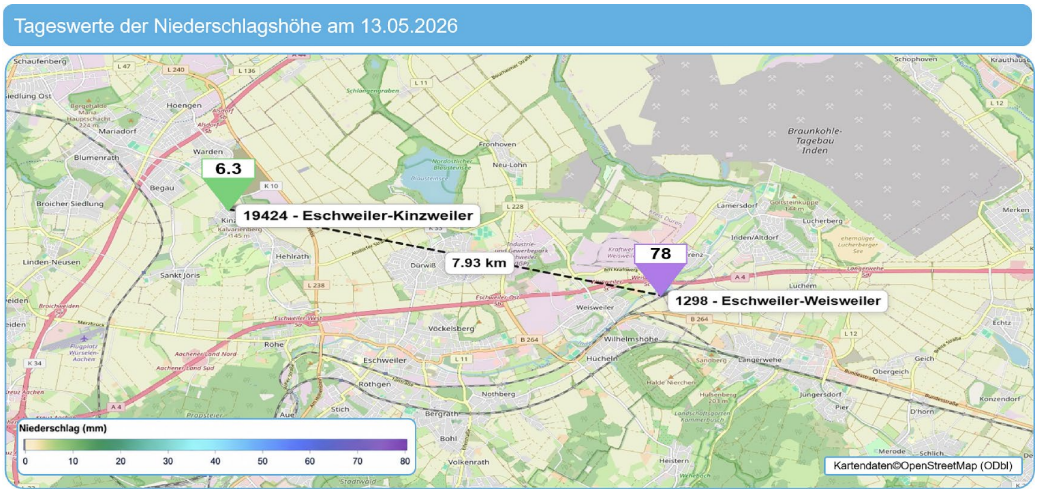


Abb. 02: Tageswerte der Niederschlagshöhe an zwei Bodenmessstationen des DWD [Quelle: Meteovise]

Ein weiterer praxisrelevanter Aspekt betrifft die zeitliche Datenausgabe klassischer Stationsmessungen. Die Tagessummen der Niederschlagsstationen des DWD orientieren sich nicht am Kalendertag von 0:00 Uhr bis 24:00 Uhr. Nach den Formatbeschreibun-

8 Malitz, R.: Meteorologischer Hintergrund I: Extreme Niederschläge als Schadensursache. promet 34 (2008), Nr. 1/2, S. 56

gen des DWD erfolgt die Erfassung der 24-stündigen Niederschlagssumme vielmehr im Zeitraum von 06:00 Uhr bis 06:00 Uhr des Folgetags (UTC-basierte Messperiode).[9]

Gerade bei kurzzeitigen Niederschlagsereignissen kann dies in der praktischen Ereignisbewertung zu zusätzlichen Unsicherheiten führen. Niederschläge eines Schadenereignisses werden dadurch gegebenenfalls auf zwei unterschiedliche meteorologische Tage verteilt, obwohl sie aus allgemeinverständlicher Sicht demselben Tag zuzuordnen wären – gerade in der Bauleistungsversicherung kann dies zu Abgrenzungsproblemen führen.

3 Wetterradar als flächenhafte Datengrundlage

Zur Verbesserung der räumlichen Niederschlagserfassung werden seit Jahren Wetterradarsysteme eingesetzt. Im Gegensatz zu klassischen Bodenmessstationen erfolgt hierbei keine punktuelle, sondern eine flächenhafte Erfassung atmosphärischer Niederschläge. Wetterradare ermöglichen dadurch die räumlich hochaufgelöste Beobachtung von Niederschlagsfeldern sowie deren zeitliche Entwicklung.

Das Grundprinzip radarbasierter Niederschlagsmessung beruht auf der Aussendung elektromagnetischer Signale durch eine Radarantenne. Treffen diese Signale auf Niederschlagspartikel in der Atmosphäre, werden sie teilweise reflektiert und vom Radar wieder empfangen. Aus Stärke und Laufzeit der reflektierten Signale lassen sich Rückschlüsse auf Intensität und räumliche Verteilung des Niederschlags ziehen.[10]

In Deutschland betreibt der DWD einen flächendeckenden Radarverbund aus 17 Radarstandorten. Die Messdaten werden fortlaufend zu deutschlandweiten Niederschlagsbildern zusammengeführt und in kurzen Zeitintervallen aktualisiert.

9 Vgl. Opendata DWD: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/subdaily/standard_format/formate_kx.html [abgerufen am: 20.05.2026]

10 Vgl. Deutscher Wetterdienst (DWD): Messinstrumente der Meteorologie, Wetterradar in Deutschland, 2017, https://dwdbib.dwd.de/retrosammlung/content/titleinfo/702628?query=Wetterradar%20in%20Deutschland [abgerufen am: 20.05.2026]

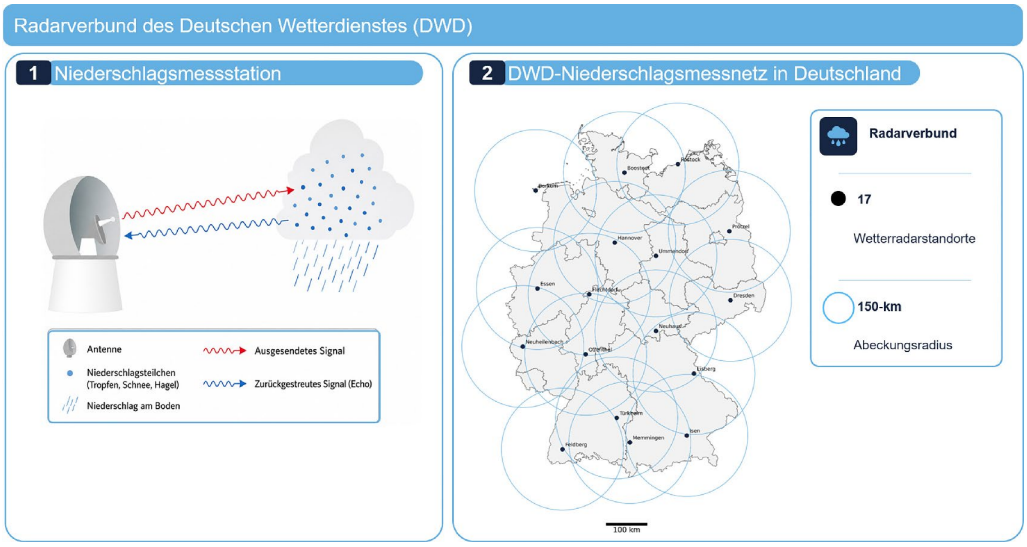


Abb. 03: Schematische Funktionsweise von Wetterradar und Radarverbund DWD [Quelle: Meteovise]

Gerade für die Analyse kleinräumiger Niederschlagsereignisse besitzt die flächenhafte Erfassung erhebliche Vorteile gegenüber rein stationsbasierten Messungen. Lokale Niederschlagszellen können räumlich sichtbar gemacht und deren zeitliche Entwicklung nachvollzogen werden. Gleichzeitig unterliegen jedoch auch radarbasierte Niederschlagsdaten technischen Unsicherheiten. Wetterradare messen Niederschlag nicht direkt am Boden, sondern erfassen reflektierte Signale innerhalb der Atmosphäre. Die tatsächliche Niederschlagsmenge wird anschließend aus diesen Reflexionswerten abgeleitet. Hierbei können verschiedene Störeinflüsse auftreten. Zu den typischen Fehlerquellen zählen unter anderem Abschattungseffekte, Dämpfungen, Fehlechos oder sogenannte Clutter-Signale durch Gebäude, Gelände oder andere Objekte.[11] Vor diesem Hintergrund verfolgt der DWD seit vielen Jahren den Ansatz, die Vorteile flächenhafter Radarerfassung mit den hochgenauen Punktmessungen des Bodenmessnetzes zu kombinieren. Ergebnis dieses Ansatzes bildet das RADOLAN-Produkt des DWD.

4 RADOLAN – Verbindung von Radar- und Bodenmessdaten

Um die räumlichen Vorteile radarbasierter Niederschlagsmessungen mit der Genauigkeit klassischer Bodenmessstationen zu verbinden, wurde bereits seit 1997 durch den DWD das Produkt RADOLAN (Radar-Online-Aneichung) entwickelt. Ziel des Verfahrens ist die

11 Vgl. Deutscher Wetterdienst (DWD) www.dwd.de/DE/forschung/wettervorhersage/met_fachverfahren/wetterradarverfahren/qualitaetssicherung_wetterradardaten_node.html [abgerufen am: 20.05.2026]

möglichst realitätsnahe quantitative Erfassung von Niederschlagsereignissen durch die Zusammenführung unterschiedlicher meteorologischer Datengrundlagen.[12]

Grundlage des Systems bildet ein deutschlandweites Raster mit einer räumlichen Auflösung von 1 km × 1 km. Innerhalb dieser Rasterzellen werden Niederschlagsintensitäten flächenhaft dargestellt. Im Unterschied zu einzelnen Stationsmessungen entsteht hierdurch ein zusammenhängendes Niederschlagsfeld, das die räumliche Ausdehnung sowie den zeitlichen Verlauf eines Ereignisses wesentlich differenzierter abbilden kann. Die Datengrundlage setzt sich dabei aus den Messwerten automatischer Niederschlagsstationen sowie den Erfassungen des deutschen Radarverbunds zusammen. Die Stärke des RADOLAN-Produkts liegt insbesondere in der Kombination beider Messverfahren. Während Wetterradare die räumliche Struktur atmosphärischer Niederschlagsfelder erfassen, dienen die Bodenmessstationen der quantitativen Aneichung der Radarwerte. Der DWD beschreibt die erzeugten Datensätze deshalb als »Synthese aus den beiden Datenquellen Radar- und Bodenmessnetz«.[13] Gerade bei kleinräumigen Niederschlagsereignissen ergeben sich hierdurch erhebliche Vorteile. Niederschlagszellen lassen sich räumlich eingrenzen, zeitlich rekonstruieren und konkreten Schadenorten zuordnen. Besonders deutlich wird dies bei konvektiven Starkregenereignissen. Der DWD verweist beispielhaft auf ein Ereignis bei Deidesheim, bei dem innerhalb einer lokalen Niederschlagszelle mittels RADOLAN stündliche Niederschlagsmengen von über 60 mm ermittelt wurden, während die nächstgelegene Bodenstation lediglich 7,8 mm registrierte.[14]

Von besonderer praktischer Bedeutung ist zudem die langfristige Verfügbarkeit der Datensätze. Die archivierten Rasterdaten stehen seit Juni 2005 flächendeckend für Deutschland zur Verfügung und ermöglichen damit retrospektive Analysen historischer Niederschlagsereignisse über lange Zeiträume hinweg.

Gleichzeitig unterliegt jedoch auch RADOLAN ähnlichen technischen und methodischen Einschränkungen wie das reine RADAR, was auch durch die Aneichung mit Bodenmessdaten nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Der DWD weist ausdrücklich darauf hin, dass es sich nicht um direkte Messwerte, sondern um eine »beste Abschätzung des Niederschlags« auf Grundlage unterschiedlicher meteorologischer Eingangsdaten

12 Vgl. Deutscher Wetterdienst (DWD): Projekt RADOLAN, Routineverfahren zur Online-Aneichung der Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen (Ombrometer), 2004, S. 2, www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radolan_info/abschlussbericht_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am: 20.05.2026]

13 Deutscher Wetterdienst (DWD): Projekt RADOLAN, Routineverfahren zur Online-Aneichung der Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen (Ombrometer), 2004, S. 97., www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radolan_info/abschlussbericht_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am: 20.05.2026]

14 Deutscher Wetterdienst (DWD): Radargestützte Analysen stündlicher Niederschlagshöhen im Echtzeitbetrieb, 2006, www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radarniederschlagsprodukte/radolan_Infoblatt_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am: 20.05.2026]

handelt. Der mittlere Stationsabstand der zur Aneichung verwendeten Niederschlagsstationen beträgt dabei etwa 20 km.[15]

Die Qualitätsabschätzung des DWD zeigt jedoch eine deutliche Verbesserung gegenüber nicht angeeichten Radardaten. Verifikationen der Jahre 2013 bis 2016 ergaben einen Median der absoluten täglichen Abweichungen von 0,761 mm/Tag gegenüber Stationsmessungen. Bei originären, nicht angeeichten Radardaten lag dieser Wert bei 2,390 mm/Tag.[16]

Trotz der vergleichsweise hohen räumlichen Auflösung von 1 km × 1 km lassen sich kleinsträumige Intensitätsspitzen nicht in jedem Fall exakt abbilden. RADOLAN stellt daher keine unmittelbare Messung des Niederschlags am konkreten Schadenort dar, sondern ein modelliertes Niederschlagsfeld auf Grundlage unterschiedlicher meteorologischer Datensätze. Dennoch bildet RADOLAN derzeit eine der belastbarsten verfügbaren Grundlagen für die räumlich-zeitliche Rekonstruktion historischer Niederschlagsereignisse. Insbesondere die einheitliche Rasterstruktur ermöglicht eine konsistente und vergleichbare Betrachtung lokaler Niederschlagsereignisse innerhalb definierter Zeiträume.

5 RADOLAN in der versicherungsrelevanten Ereignisbewertung

Die praktische Bewertung niederschlagsbedingter Schadenereignisse ist in der Regulierungspraxis häufig durch unterschiedliche meteorologische Datengrundlagen sowie voneinander abweichende Bewertungsmethoden geprägt. Niederschlagsereignisse werden nicht selten anhand einzelner Bodenmessstationen, privater Wetterauskünfte oder unterschiedlicher Interpolationsverfahren beurteilt. Dabei variieren sowohl die räumlichen Bezugspunkte als auch die zeitlichen Betrachtungszeiträume und methodischen Herleitungen. Gerade bei lokalen Starkregenereignissen kann dies zu erheblichen Unterschieden in der Bewertung führen – frei nach dem Motto: drei Gutachten, vier Ergebnisse.

So finden sich in der Praxis beispielsweise Auswertungen, bei denen Niederschlagsmessungen einzelner Bodenstationen innerhalb meteorologischer Tagesintervalle von 06:00 Uhr bis 06:00 Uhr UTC mit händisch interpretierten Radarbildern auf Grundlage von Kalendertagen zwischen 00:00 Uhr und 24:00 Uhr verglichen werden. Den jeweiligen Bewertungen liegen damit teilweise bereits unterschiedliche meteorologische Ausgangsgrößen sowie voneinander abweichende zeitliche Bezugssysteme zugrunde. Insbesondere in der Bauleistungsversicherung, in der Schadenereignisse regelmäßig unter

15 Deutscher Wetterdienst (DWD): Datensatzbeschreibung, Aktuelle stündliche RADOLAN-RASTER der Niederschlagshöhe, Version 2.5, 2021, https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/hourly/radolan/recent/bin/BESCHREIBUNG_gridsgermany-hourly-radolan-recent-bin_de.pdf [abgerufen am 20.05.2026]

16 Ebd.

Berücksichtigung örtlicher und jahreszeitlicher Verhältnisse beurteilt werden, kann dies die Vergleichbarkeit einzelner Ereignisbewertungen erheblich erschweren.

Vor diesem Hintergrund kann die standardisierte Verwendung einheitlicher RADOLAN-Daten als geeigneter Lösungsansatz für eine konsistente Ereignisbewertung angesehen werden. Ziel einer belastbaren Bewertung ist dabei regelmäßig weniger die Ermittlung eines vermeintlich »exakten« Niederschlagswerts als vielmehr die Schaffung einer reproduzierbaren und methodisch nachvollziehbaren Vergleichsgrundlage.

Grundlage bildet hierbei ausschließlich der originäre Datensatz des DWD. Zusätzliche meteorologische Modelle oder eigenständige Niederschlagsberechnungen müssen nicht erzeugt werden. Vielmehr erfolgt eine strukturierte technische Aufbereitung der vorhandenen RADOLAN-Rasterdaten für die versicherungsrelevante Ereignisbewertung. Wichtig zu wissen ist hierbei, dass die originären RADOLAN-Daten durch den DWD nicht als unmittelbar verwendbare Ereignisanalysen oder versicherungsbezogene Auswertungen bereitgestellt werden. Die Datensätze liegen vielmehr zunächst in technischen Raster- und Binärformaten vor, deren direkte fachliche Interpretation nicht möglich ist. Für eine praktische Nutzung innerhalb der Schadenbewertung bedarf es daher einer strukturierten technischen Aufbereitung der Rohdaten. Erst hierdurch entstehen nachvollziehbare und reproduzierbare Niederschlagsanalysen für die historische Ereignisbewertung. Die im Folgenden dargestellten Analysen und Visualisierungen beruhen auf einer eigenständigen technischen Verarbeitung der durch den DWD bereitgestellten RADOLAN-Daten.

Ausgangspunkt der Auswertung ist die geografische Zuordnung des konkreten Schadenortes zu dem entsprechenden Rasterfeld von 1 km × 1 km. Anschließend können die zugehörigen Niederschlagsdaten für definierte Zeiträume automatisiert ausgewertet, statistisch eingeordnet und historisch verglichen werden. Aufgrund der archivierten RADOLAN-Daten stehen hierbei nicht nur einzelne Schadentage, sondern grundsätzlich sämtliche verfügbaren Stundenwerte desselben Rasterfeldes über einen Zeitraum von inzwischen über zwanzig Jahren zur Verfügung.

Die technische Aufbereitung ermöglicht dabei eine flexible zeitliche Analyse der Niederschlagsereignisse. Im Gegensatz zu klassischen Tageswerten meteorologischer Stationsdaten können die stündlich verfügbaren RADOLAN-Daten bedarfsgerecht innerhalb unterschiedlicher individueller Zeiträume zusammengeführt werden. Dadurch lassen sich neben Kalendertagen zwischen 00:00 Uhr und 24:00 Uhr insbesondere auch konkrete Schaden- oder definierte Vergleichszeiträume auswerten. Gerade bei kurzzeitigen konvektiven Niederschlagsereignissen kann hierdurch eine deutlich präzisere zeitliche Rekonstruktion des Ereignisverlaufs erfolgen.

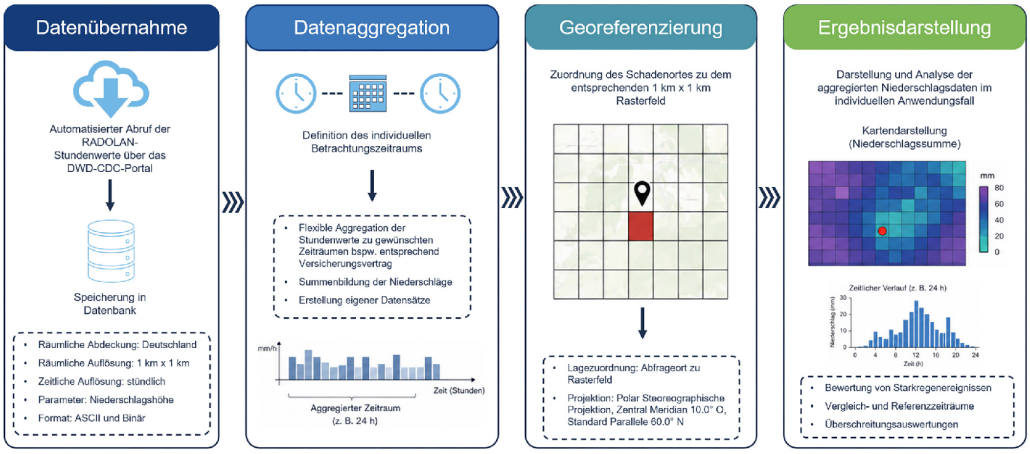


Abb. 04: Eigene Lösung zur Verarbeitung von RADOLAN-Daten [Quelle: Meteovise]

Ergänzend hierzu können die aufbereiteten Datensätze kartografisch, tabellarisch und statistisch visualisiert werden. Räumliche Niederschlagsfelder, stundenbasierte Verlaufsauswertungen sowie historische Vergleichsanalysen ermöglichen eine deutlich differenziertere Einordnung lokaler Intensitätsschwerpunkte und räumlicher Niederschlagsstrukturen. Dadurch können Niederschlagszellen räumlich lokalisiert, zeitliche Entwicklungen nachvollzogen und außergewöhnliche Niederschlagsintensitäten innerhalb definierter Referenzzeiträume transparent dargestellt werden.

Gerade hierin liegen wesentliche praktische Vorteile einer standardisierten RADOLAN-basierten Auswertung. Historische Niederschlagsereignisse können innerhalb derselben räumlichen Struktur sowie derselben meteorologischen Datensystematik miteinander verglichen werden, ohne dass wechselnde Stationsstandorte, unterschiedliche Stationsabstände oder voneinander abweichende Interpolationsverfahren die Bewertung beeinflussen. Gleichzeitig ermöglicht die langfristige Verfügbarkeit der Datensätze eine konsistente historische Einordnung von Niederschlagsereignissen am identischen Standort über lange Zeiträume hinweg.

Darüber hinaus verbessert die strukturierte Aufbereitung und Visualisierung der Daten die Nachvollziehbarkeit meteorologischer Bewertungen erheblich. Umfangreiche Niederschlagsdatensätze lassen sich in reiner Tabellenform häufig nur eingeschränkt interpretieren. Durch die kombinierte Darstellung räumlicher, zeitlicher und statistischer Zusammenhänge können komplexe meteorologische Sachverhalte deutlich verständlicher eingeordnet und dokumentiert werden. Gerade bei kleinräumigen konvektiven Ereignissen erleichtert dies die fachliche Nachvollziehbarkeit technischer Ereignisbewertungen erheblich.

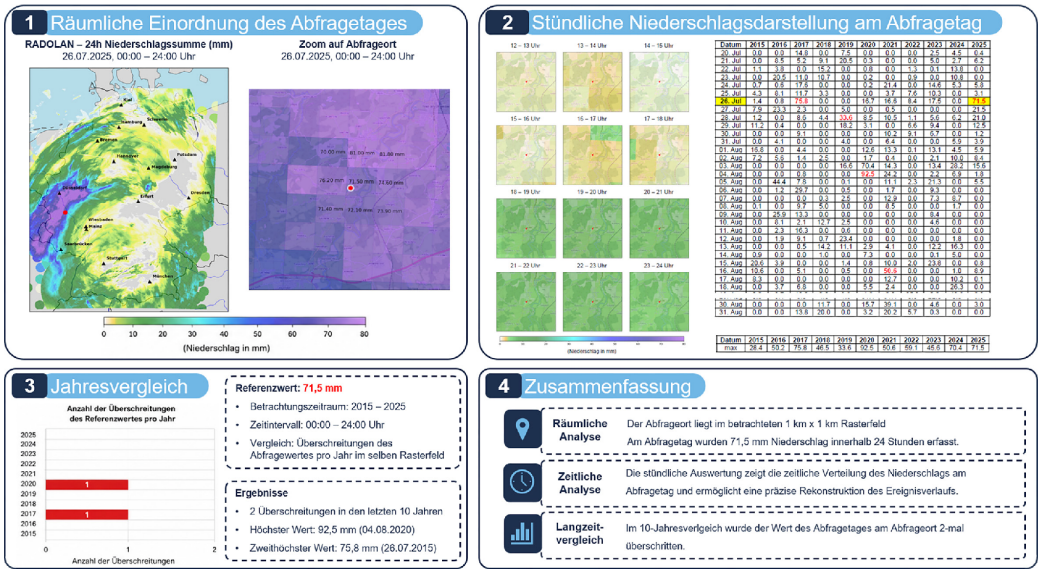


Abb. 05: Beispiel in eigener Aufbereitung im Kontext der Bauleistungsversicherung [Quelle: Meteovise]

Gleichzeitig bleibt zu berücksichtigen, dass auch RADOLAN weiterhin auf modellierten Niederschlagsfeldern basiert und keine unmittelbare Messung am konkreten Schadenort darstellt. Lokale Abweichungen oder kleinräumige Intensitätsspitzen können daher trotz der hohen räumlichen Auflösung nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die technische Ereignisbewertung erfordert deshalb weiterhin eine fachliche Einordnung unter Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen des Einzelfalls. Dennoch kann die konsistente Verwendung und strukturierte Aufbereitung einheitlicher RADOLAN-Daten eine deutlich belastbarere und besser vergleichbare Grundlage für die Bewertung historischer Niederschlagsereignisse schaffen als die isolierte Betrachtung unterschiedlicher Einzelquellen.

6 Schlussbetrachtung

Die Bewertung historischer Niederschlagsereignisse stellt in der Schadenpraxis regelmäßig hohe Anforderungen an die räumliche, zeitliche und methodische Vergleichbarkeit meteorologischer Datengrundlagen. Insbesondere bei kleinräumigen Starkregenereignissen können unterschiedliche Datenquellen, wechselnde Bezugszeiträume sowie voneinander abweichende Auswertungsmethoden zu erheblichen Unsicherheiten in der technischen Ereignisbewertung führen.

Die Verwendung standardisierter RADOLAN-Daten in strukturierter Aufbereitung ermöglicht hierfür eine konsistente und nachvollziehbare Bewertungsgrundlage. Durch die deutschlandweit einheitliche Rasterstruktur sowie die langfristige Verfügbarkeit archivierter Stundenwerte können Niederschlagsereignisse innerhalb derselben meteorologischen Datensystematik verglichen und historisch eingeordnet werden. Gerade für die versicherungsrelevante Bewertung lokaler Niederschlagsereignisse bietet dies erhebliche praktische Vorteile gegenüber der isolierten Betrachtung einzelner Stationsmessungen oder uneinheitlicher Wetterauskünfte.

Von besonderer Bedeutung ist dabei weniger die punktgenaue Rekonstruktion jeder lokalen Niederschlagsintensität als vielmehr die reproduzierbare und methodisch konsistente Einordnung eines Ereignisses innerhalb definierter räumlicher und zeitlicher Vergleichsmaßstäbe. Die strukturierte technische Aufbereitung der RADOLAN-Daten kann hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten, indem umfangreiche meteorologische Datensätze nachvollziehbar analysiert, historisch verglichen und für die technische Schadenbewertung nutzbar gemacht werden.

Gleichzeitig bleibt zu berücksichtigen, dass auch RADOLAN keine unmittelbare Messung des Niederschlags am konkreten Schadenort darstellt, sondern auf modellierten Niederschlagsfeldern basiert. Trotz der qualitativen Aneichung an Bodenmessstationen können lokale Abweichungen oder kleinräumige Intensitätsspitzen daher nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die technische Ereignisbewertung erfordert deshalb weiterhin eine fachliche Einordnung unter Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen des Einzelfalls. Dennoch scheint die konsistente Verwendung und standardisierte Aufbereitung einheitlicher RADOLAN-Daten derzeit eine der belastbarsten verfügbaren Grundlagen für die nachvollziehbare Bewertung historischer Niederschlagsereignisse darzustellen.

Jannis Jedhoff (LL.M., B.Sc.) ist Handlungsbevollmächtigter Claims Manager bei der KÖPPER & Cie. Ingenieurges. mbH, einem auf technische Schadenbearbeitung, Gutachtenerstellung und Schadenmanagement spezialisierten Ingenieur- und Sachverständigenbüro mit Tätigkeitsschwerpunkten insbesondere im Bauwesen und in technischen Versicherungen. Ergänzend entwickelt er im Rahmen seiner freiberuflichen Tätigkeit mit Meteovise datenbasierte Analyse- und Visualisierungslösungen im Bereich Meteorologie und Geoinformationen. Schwerpunkte seiner Arbeit bilden insbesondere die technische Aufbereitung historischer Niederschlagsdaten und die Entwicklung automatisierter Auswertungssysteme für die versicherungsrelevante Ereignisbewertung.

6.4.3 Besser bewerten, sicherer weiterverwenden: warum Materialdaten entscheidend sind

Wenn Baumaterialhersteller mehr liefern müssen als ein Produkt

Benedikt Bührle

Marcel Winter

Wer heute Baumaterialien herstellt, bringt längst nicht mehr nur ein technisch funktionierendes Produkt in den Markt. Mit dem Produkt wächst auch die Erwartung, dass die zugehörigen Informationen in einer Qualität vorliegen, die über Übergaben, Verarbeitung, Betrieb und spätere Eingriffe hinweg belastbar bleibt. Was im Werk eindeutig ist, soll idealerweise auch im Handel, auf der Baustelle, im Bestand und bei einer möglichen Wiederverwendung noch nachvollziehbar sein. Genau hier verändert sich die Rolle von Materialinformation. Sie ist nicht länger bloße Begleitdokumentation. Sie wird zu einer Voraussetzung dafür, dass Produkte über ihren Lebenszyklus hinweg anschlussfähig bleiben.

Mit den veränderten regulatorischen Anforderungen und der wachsenden Bedeutung des Digitalen Produktpasses (DPP) gewinnt dieses Thema zusätzlich an Schärfe. Produktinformationen sollen digital verfügbar, konsistent und entlang der Wertschöpfungs- und Nutzungskette belastbar nutzbar sein. Die neue EU-Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) stärkt diese Richtung ausdrücklich. Für uns ist das kein abstrakter Rahmen, sondern eine sehr konkrete Herausforderung. Denn Daten zu erzeugen ist das eine. Sie so mit dem Material zu verbinden, dass diese Verbindung auch im realen Bauprozess bestehen bleibt, ist etwas anderes. Darin liegt der Kern des Problems. Nicht die Information als solche fehlt. Fragil ist ihre dauerhafte und eindeutige Zuordnung zum realen Material.

An den Schnittstellen wird es kritisch

Diese Fragilität zeigt sich nicht erst am Ende eines Lebenszyklus. Sie beginnt oft viel früher. Ein Material wird transportiert, gelagert, verarbeitet, verbaut, beschichtet, gewartet, instand gesetzt und unter Umständen später erneut eingesetzt. Mit jedem dieser Schritte verändert sich sein Kontext. Gleichzeitig wächst die Zahl der Beteiligten, die Informationen übernehmen, prüfen, ergänzen oder für Entscheidungen heranziehen. Genau dort wird es kritisch. Denn an Schnittstellen verliert Wissen häufig nicht schlagartig, sondern schleichend an Belastbarkeit. Für Hersteller ist das von besonde-

rer Bedeutung, weil sie am Anfang dieser Entwicklung stehen. Was bei uns als Produktinformation beginnt, muss über viele Stationen hinweg tragfähig bleiben. Sobald ein Datensatz seinen klaren Bezug zum Material verliert, wird aus Verfügbarkeit Unsicherheit. Und aus Unsicherheit werden Rückfragen, Interpretationsspielräume, Mehraufwände und im Zweifel Fehlentscheidungen.

Je stärker Kreislaufwirtschaft, Re-Use, Transparenzpflichten und digitale Nachweislogiken in den Markt hineinwirken, desto deutlicher tritt diese Schwachstelle hervor. Ein Datensatz, der nur im ersten Übergabemoment funktioniert, reicht dafür nicht aus. Benötigt wird eine Grundlage, die auch dann noch trägt, wenn das Material längst Teil komplexer logistischer, baulicher und betrieblicher Prozesse geworden ist. Hinzu kommt ein zweiter Effekt. Informationen verändern entlang der Kette nicht nur ihren Ort, sondern auch ihre Funktion. Was für den Hersteller zunächst Produktspezifikation ist, wird für den Handel zur Frage der eindeutigen Zuordnung, für den Verarbeiter zur Frage der richtigen Anwendung, für den Betreiber zur Grundlage für Eingriffe in den Bestand und für die spätere Wiederverwendung zu einem Baustein der Bewertung. Dieselben Daten durchlaufen also nicht nur verschiedene Systeme. Sie durchlaufen auch verschiedene Bedeutungen. Je länger der Lebenszyklus und je mehr Akteure beteiligt sind, desto größer wird das Risiko, dass diese Bedeutungen auseinanderlaufen.

Gerade deshalb reicht es nicht, Materialdaten nur als Dokumentation zu verstehen. Sie sind Teil einer Kette von Entscheidungen. Und diese Kette ist nur so stark wie die Zuordnung zwischen Material und Information. Wird diese Zuordnung unscharf, entstehen Lücken. Manchmal klein, manchmal folgenreich. Spätestens in der späteren Bewertung zeigt sich, wie teuer unklare Materialhistorien werden können. Denn Unsicherheit lässt sich selten produktiv nutzen. Sie führt fast immer zu Zurückhaltung, Nacharbeit oder konservativen Annahmen.

Materialidentität muss den Bauprozess überstehen

Aus genau dieser Beobachtung heraus haben wir uns mit einer grundlegenden Frage beschäftigt: Wie lässt sich Materialidentität so verfügbar machen, dass sie den realen Bauprozess übersteht? Nicht nur im Werk, nicht nur in einer Produktakte und nicht nur im ersten Lebenszyklus, sondern dort, wo Materialien tatsächlich bewegt, verarbeitet, eingebaut, geprüft und später erneut bewertet werden.

Früh war für uns klar, dass die Antwort nicht allein in einem weiteren Datenträger liegen kann. Zu viele Lösungen hängen heute an Markierungen, Codes oder Systemgrenzen, die in der Praxis schnell an Robustheit verlieren. Im kontrollierten Umfeld können solche Ansätze funktionieren. Im wirklichen Materialleben wird es komplizierter. Ein Material

verändert seinen Ort, seinen Zustand und oft auch seinen Zusammenhang. Genau dann muss seine Identität stabil bleiben.

Deshalb setzen wir mit CMiD – Component & Material Identity an einer anderen Stelle an. Wir erzeugen eine digitale Materialidentität direkt aus der natürlichen Oberfläche des Materials. Die Identität wird nicht von außen hinzugefügt, sondern aus dem Material selbst gewonnen. CMiD ist markerfrei angelegt, per Smartphone auslesbar und als dauerhaftes Bindeglied zwischen physischem Material und digitalem Datenraum gedacht.

Wir verstehen CMiD als Infrastruktur für digitale Materialidentitäten und langfristige Materialprovenienz. Die Identität soll auch über mehrere Nutzungszyklen hinweg wiedererkennbar und für die Zuordnung von Informationen nutzbar bleiben. Genau das ist für uns der entscheidende Punkt. Wir erzeugen nicht die Informationen selbst. Wir schaffen die belastbare Identitätsgrundlage, auf der Informationen dem Material dauerhaft zugeordnet werden können. Darauf kann eine Informationsebene aufsetzen, die weit über einzelne Produkte oder Prozessschritte hinausreicht und für unterschiedliche Akteure in der Baubranche anschlussfähig wird. Dieser Unterschied ist zentral, weil er die Perspektive verschiebt. Es geht nicht zuerst um die Menge der verfügbaren Daten, sondern um die Verlässlichkeit ihrer Bindung an das Material. Erst wenn diese Bindung tragfähig ist, können Daten im Marktalltag den Wert entfalten, der ihnen so oft zugeschrieben wird. Ohne diese Grundlage bleiben selbst gut strukturierte Datensätze anfällig für genau jene Brüche, die entlang eines langen Lebenszyklus fast unvermeidbar sind.

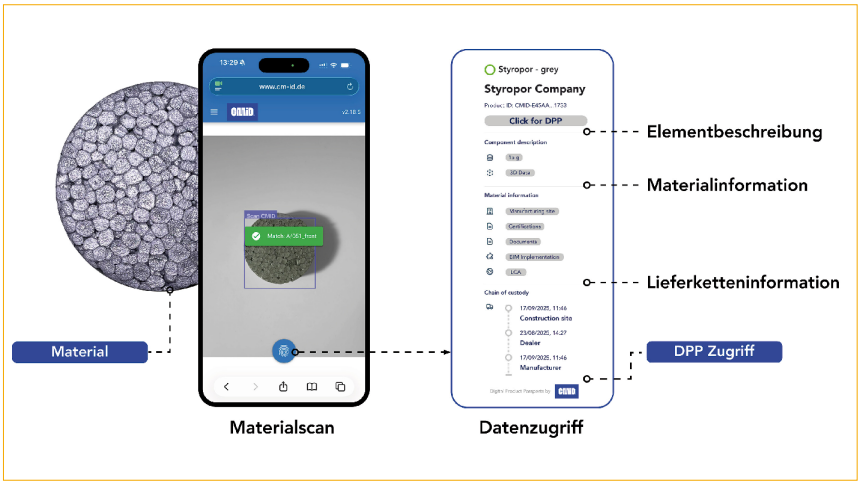


Abb. 01: Materialdaten direkt am Bauteil: Per Smartphone re-identifiziertes Materialelement mit direktem Zugang zu DPP, Material- und Lieferketteninformationen. [Grafik: CMiD – Component & Material Identity]

Materialidentität vom Material her denken

Sobald diese Grundlage vorhanden ist, verändert sich auch der Umgang mit Daten. Informationen werden nicht mehr nur abgelegt, sondern an ein Material gebunden, das wiedererkannt werden kann. Das ist mehr als ein technischer Unterschied. Es verschiebt die Logik des gesamten Themas. Wo klassische Lösungen häufig an einem Träger, an einem Prozessschritt oder an einer Systemgrenze hängen, arbeitet CMiD materialnah. Dadurch wird nicht nur die Erstzuordnung robuster. Mit jeder erneuten Identifikation entsteht auch die Möglichkeit, den vorhandenen Datenbestand zu erweitern. Für uns ist genau das einer der wichtigsten Aspekte: Re-Identifikation bedeutet nicht nur Wiedererkennen. Sie eröffnet die Chance auf wachsende Datentiefe. So entsteht kein statischer Datensatz, sondern eine fortschreibbare Wissensbasis. Was anfangs als Produktinformation beginnt, kann sich mit jeder bestätigten Wiedererkennung um weitere belastbare Informationen ergänzen. Genau darin liegt ein wesentlicher Unterschied zu vielen herkömmlichen Dokumentationsansätzen. Daten werden nicht einmalig erfasst und dann mitgeschleppt. Sie können mit dem Material mitwachsen. Auf dieser Grundlage lassen sich auch Kontextinformationen einbeziehen, etwa Geodaten. Sie helfen dabei, Materialien nicht nur eindeutig zu erkennen, sondern auch ihre Bewegung, Übergabe und Nutzung besser nachvollziehbar zu machen. So entsteht perspektivisch eine nachvollziehbare Übergabe- und Nutzungskette: eine belastbarere Nachvollziehbarkeit darüber, wo sich ein Material befunden hat, wie es weitergegeben wurde und in welchen Zusammenhängen es eingesetzt oder erneut genutzt wurde. Für uns ist das keine überhöhte Vision, sondern die logische Erweiterung einer stabilen Materialidentität.

Gerade die Möglichkeit, Informationen bei jeder Re-Identifikation zu ergänzen, eröffnet einen neuen Blick auf Materialwissen. Produktdokumentation endet heute oft dort, wo ein Material den ersten klar definierten Prozessrahmen verlässt. Danach beginnt vielerorts der schleichende Verlust an Informationsqualität. Mit einem Ansatz, der Wiedererkennung und Fortschreibung zusammenführt, kann an dieser Stelle etwas anderes entstehen: kein einmaliger Nachweis, sondern ein wachsender Datenstamm, der sich mit dem realen Materiallauf entwickelt.

Wenn belastbare Daten neue Bewertungsspielräume schaffen

Für unsere Kunden, die Baumaterialhersteller, liegt der erste Mehrwert auf der Hand. Wenn Produktdaten entlang einer Kette belastbar verfügbar bleiben sollen, braucht es zuerst eine verlässliche Verbindung zwischen Produkt und Information. Genau dort setzen wir an. Wir machen den Digitalen Produktpass nicht überflüssig, aber seine praktische Umsetzung realistischer. Wo Informationen bislang an Träger, Prozesse oder Medien gebunden bleiben, schafft eine materialbasierte Identität eine robustere Grundlage für Zuordnung, Übergabe und Aktualisierung.

Dass dieser Bedarf nicht theoretisch ist, zeigt sich auch in unserer aktuellen Arbeit. Wir arbeiten derzeit mit verschiedenen Materialherstellern in mehreren Ländern an Pilotprojekten, in denen sich die Verbindung von Materialidentität und belastbaren Produktinformationen unter realen Bedingungen bewähren muss. Der Nutzen endet allerdings nicht beim Hersteller. Auch für Händler, Verarbeiter und Betreiber verändert sich die Ausgangslage. Informationen werden im besten Fall nicht nur auffindbar, sondern im Hinblick auf das konkrete Material überprüfbar. Das schafft mehr Sicherheit in der Übergabe, mehr Klarheit in der Verarbeitung und mehr Substanz bei späteren Eingriffen in den Bestand. Ein Material ist dann nicht nur dokumentiert. Es bleibt identifizierbar.

Besonders relevant wird das dort, wo Unsicherheit bislang der eigentliche Engpass war. Das gilt etwa für die Bewertung wiederverwendeter Produkte. Wenn Herkunft, Eigenschaften und Nutzungsgeschichte eines Materials nachvollziehbarer werden, verändert das die Ausgangsbasis für Einschätzungen. Re-Use wird dadurch nicht automatisch einfach. Aber es wird belastbarer bewertbar.

Für Versicherer kann das einen erheblichen Unterschied machen. Sobald die Datenqualität steigt, verändert sich auch die Grundlage für die Risikoabwägung und die Versicherbarkeit. Aus bloßer Vermutung kann eine prüfbare Ausgangslage werden. Ähnliches gilt für Benchmarker. Ihre Arbeit steht und fällt mit der Qualität der Datenbasis. Belastbare Informationen zu Immobilien und den verbauten Materialien erhöhen die Datensicherheit und damit die Aussagekraft von Benchmarks. Vergleichbarkeit, Nachvollziehbarkeit und Bewertbarkeit gewinnen an Substanz, wenn Materialdaten nicht nur vorhanden, sondern eindeutig zugeordnet und über die Zeit fortschreibbar sind.

Hinzu kommt ein Aspekt, der in vielen Diskussionen noch unterschätzt wird. Bewertbarkeit ist immer auch eine Frage des Vertrauens in die Datengrundlage. Märkte für Wiederverwendung, Sekundärmaterialien oder zirkuläre Geschäftsmodelle hängen nicht allein an technischer Machbarkeit. Sie hängen daran, ob Akteure bereit sind, auf Basis vorliegender Informationen Verantwortung zu übernehmen. Wo Daten belastbar werden, wächst deshalb nicht nur Transparenz. Es wächst auch die Handlungsfähigkeit.

Aus einzelnen Informationen wird ein wachsender Datenstamm

Für uns liegt genau hier die strategische Bedeutung von CMiD. Es geht nicht nur darum, einen Digitalen Produktpass technisch zu bedienen oder eine weitere Datenschnittstelle zu schaffen. Es geht darum, Materialinformationen in eine Form zu überführen, die über reale Prozesse hinweg anschlussfähig bleibt. Je knapper Ressourcen werden, je wichtiger Wiederverwendung wird und je stärker Entscheidungen auf belastbaren Informationen beruhen sollen, desto weniger genügt es, Daten nur zu sammeln. Entscheidend wird, ob sie am Material wachsen können. Deshalb verstehen wir CMiD nicht als digi-

tales Ordnungssystem im engeren Sinn. Wir verstehen unseren Ansatz als Infrastruktur für eine belastbare Materialidentität, auf der Informationen über den gesamten Lebenszyklus hinweg verfügbar bleiben und mit jeder erneuten Identifikation an Wert gewinnen können. Aus punktueller Produktdokumentation kann so ein wachsender Datenstamm werden. Und aus diesem Datenstamm entsteht die Grundlage für bessere Bewertungen, sicherere Entscheidungen und eine belastbarere Weiterverwendung. Die bisherigen Pilotprojekte zeigen zugleich, dass der Bedarf weit über einzelne Anwendungen hinausreicht. Überall dort, wo Materialdaten über den ersten Einsatz hinaus belastbar nutzbar bleiben sollen, entstehen neue Fragen und neue mögliche Anwendungsfelder.

Am Ende geht es um etwas, das in vielen Material- und Bauprozessen noch fehlt: verlässliche Informationskontinuität. Materialien bleiben oft über lange Zeiträume relevant, während das Wissen über sie an Schnittstellen, Eingriffen und über verschiedene Nutzungsphasen hinweg an Belastbarkeit verliert. Wenn sich diese Kontinuität stärken lässt, verändert sich nicht nur die Qualität der Daten. Es verändert sich die Qualität der Entscheidungen, die auf ihnen beruhen.

Genau darin sehen wir die Relevanz von CMiD: in der Möglichkeit, Materialwissen über den gesamten Lebenszyklus hinweg verfügbar zu halten und damit die Grundlage dafür zu schaffen, dass Wiederverwendung nicht nur technisch möglich, sondern auch wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll bewertbar wird. Denn belastbare Entscheidungen über die nächste Nutzung setzen voraus, dass die relevanten Daten nicht am ersten Einsatz enden, sondern möglichst auch über einen oder mehrere weitere Lebenszyklen hinweg anschlussfähig bleiben.

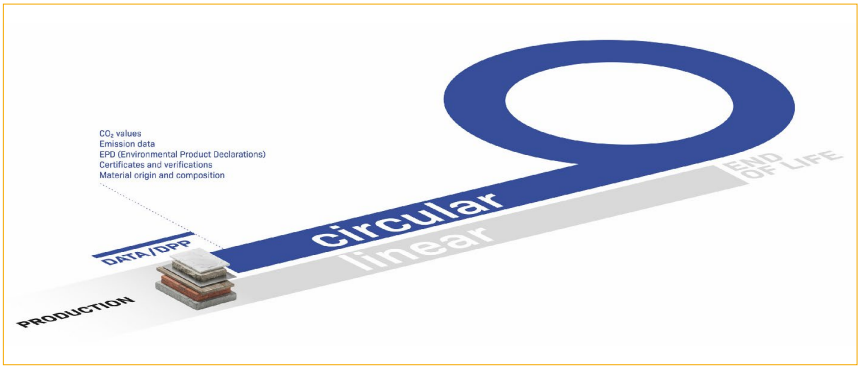


Abb. 02: Lineare Nutzung und zirkuläres Zielbild: Erforderliche Material- und Lebenszyklusdaten als Grundlage für belastbare Bewertung und Wiederverwendung. [Grafik: CMiD – Component & Material Identity]

Marcel Winter ist Co-Founder von CMiD – Component & Material Identity. Er studierte an der Technischen Universität München und der ETH Zürich. In mehr als zehn Jahren Berufserfahrung in der Baubranche arbeitete er als Architekt und beschäftigte sich intensiv mit der Frage, wie Gebäude, Materialien und Prozesse zukunftsfähiger gestaltet werden können. Diese Erfahrung bildet die Grundlage für seinen heutigen Fokus auf digitale Materialidentitäten, zirkuläre Wertschöpfung und neue datenbasierte Ansätze in der Bauwirtschaft. Mit CMiD verfolgt er das Ziel, Materialien und Bauteile dauerhaft identifizierbar zu machen und ihre Wiederverwendung über mehrere Lebenszyklen hinweg zu ermöglichen.

Benedikt Bührle ist Co-Founder von CMiD – Component & Material Identity. Er studierte an der Technischen Universität München und der Oslo School of Architecture. In mehr als zehn Jahren Berufserfahrung in der Baubranche arbeitete er als Architekt in unterschiedlichen Planungs- und Projektkontexten. Dabei entwickelte er ein tiefes Verständnis für Bauprozesse, Bestand, Sanierung und die praktischen Anforderungen an digitale Werkzeuge im Planungs- und Baualltag. Mit CMiD arbeitet er daran, Materialinformationen langfristig verfügbar und für zirkuläre Prozesse sowie wirtschaftliche Wiederverwendung nutzbar zu machen.

6.4.4 Zunehmende Wasserschäden durch fehlerhafte Pressfittings – ein unterschätztes Schadenpotenzial moderner Bauprojekte

Alexander Pritzl

Nils Weis

Pressfittings haben sich in der technischen Gebäudeausrüstung innerhalb weniger Jahre als Standardverbindungssystem etabliert. Sie stehen exemplarisch für die zunehmende Standardisierung und Rationalisierung von Bauprozessen: verkürzte Montagezeiten, reproduzierbare Arbeitsabläufe, reduzierte Brand- und Sicherheitsrisiken sowie der Verzicht auf offene Flammen oder komplexe Fügetechniken. Vor dem Hintergrund steigenden Termin- und Kostendrucks, verschärft durch den anhaltenden Fachkräftemangel und eng getaktete Bauzeiten, gelten Presssysteme aus technischer und wirtschaftlicher Sicht als effiziente Lösung. Gleichzeitig zeigen Auswertungen aus der Schadenpraxis, dass mit der zunehmenden Verbreitung dieser Systeme ein bislang häufig unterschätztes Schadenpotenzial verbunden ist.

Schadenentstehung und typische Schadenverläufe

Ein typischer Schadenfall verdeutlicht die Problematik: Kurz vor der Bauabnahme eines neu errichteten Bürogebäudes wurde festgestellt, dass ein Pressfitting oberhalb einer abgehängten Decke nicht vollständig verpresst war. Erste Feuchtigkeitsspuren traten an angrenzenden Wandbereichen auf. Das austretende Wasser hatte sich unbemerkt über Dämmstoffe und Deckenaufbauten verteilt. Die notwendigen Trocknungs- und Sanierungsmaßnahmen machten umfangreiche Rückbauarbeiten erforderlich, verzögerten die Übergabe des Gebäudes und führten zu einem Schaden in sechsstelliger Höhe. Ursache war ein einzelner technisch geringfügiger Montagefehler, der über einen längeren Zeitraum unentdeckt geblieben war.

Dieser Schadentyp ist charakteristisch für Pressfitting-Schäden: Sie entstehen häufig schleichend, bleiben aufgrund verdeckter Einbausituationen lange unbemerkt und entfalten ihr volles Schadenausmaß oftmals erst zeitverzögert, häufig in einer bauvertraglich sensiblen Phase kurz vor der Abnahme.

Schadenstatistische Einordnung

Die folgende Auswertung von Wasserschäden im Zeitraum von 2015 bis 2024[1] zeigt, dass Schäden infolge fehlerhafter Pressverbindungen nicht mehr als Einzelfälle zu betrachten sind, sondern eine regelmäßig wiederkehrende Schadenursache darstellen.

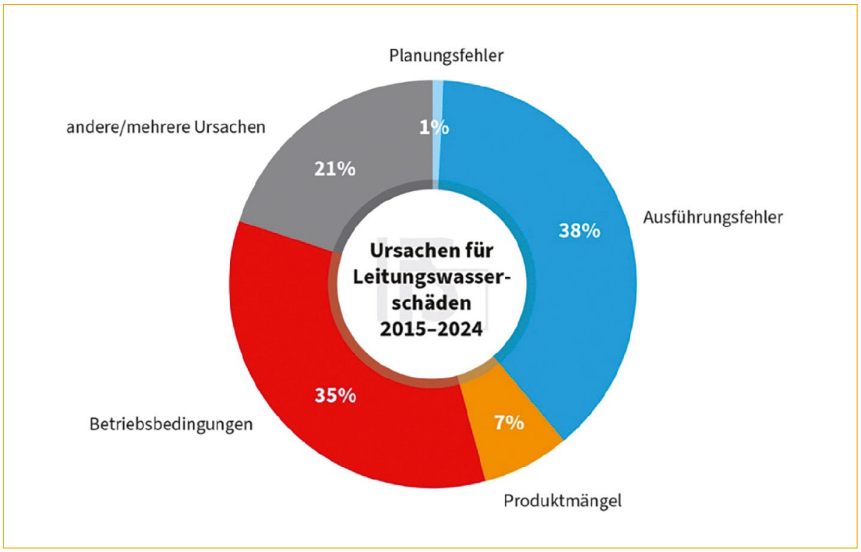


Abb. 01: Ursachenverteilung [Grafik: IFS]

- **Installations- und Ausführungsfehler** (ca. 38 Prozent), insbesondere unvollständig oder fehlerhaft ausgeführte Pressungen
- **Betriebsbedingungen** (ca. 35 Prozent), beispielsweise Druckspitzen oder Frosteinwirkungen
- **Produkt- und Materialmängel** (ca. 7 Prozent)
- **Planungsfehler** (ca. 1 Prozent)
- **Sonstige Ursachen** (ca. 21 Prozent)

1 Vgl. Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung: Ursachenstatistik Leitungswasserschäden 2024. www.ifs-ev.org/wp-content/uploads/2025/05/leitungswasserstatistik_seite_2024.pdf [abgerufen am: 04.03.2026]

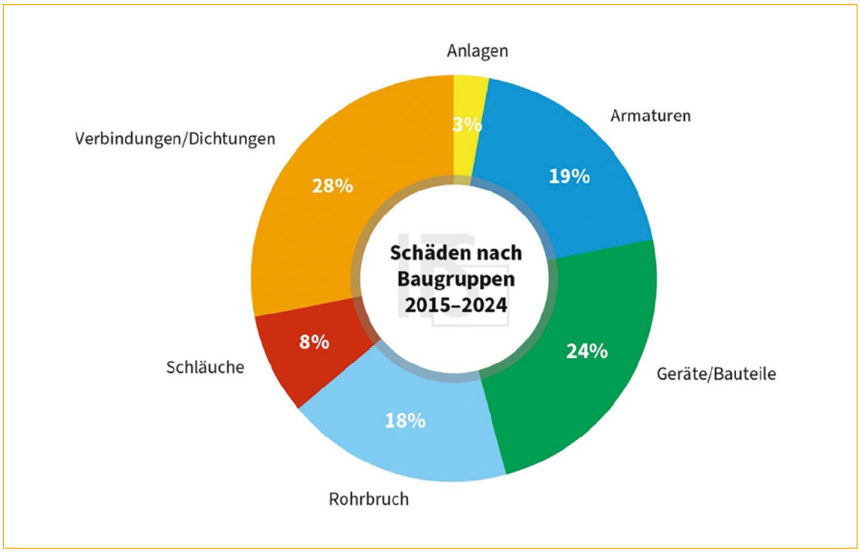


Abb. 02: Verteilung auf Baugruppen [Grafik: IFS]

Bei der Betrachtung der betroffenen Baugruppen entfallen rund 28 Prozent der Schadenfälle auf Verbindungen und Dichtungen, womit diese den größten Einzelanteil darstellen. Armaturen sowie Geräte und Bauteile folgen mit geringeren Anteilen, während Rohrbrüche und Schlauchschäden vergleichsweise selten auftreten.

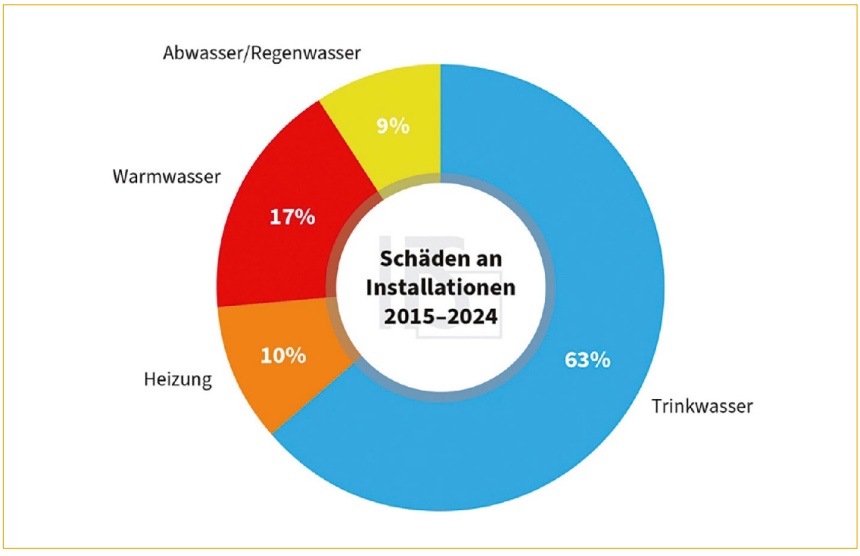


Abb. 03: Übersicht Installationen [Grafik: IFS]

Hinsichtlich der betroffenen Installationen zeigt sich ein deutlicher Schwerpunkt bei Trinkwasserinstallationen, die mit rund 63 Prozent den überwiegenden Anteil der Schadenfälle ausmachen. Warm- und Heizungswasserinstallationen sind ebenfalls relevant, jedoch deutlich geringer vertreten. Abwasser- und Regenwasserinstallationen weisen die geringsten Schadenanteile auf.

Technische Ursachen und Entdeckungsproblematik

Auffällig ist, dass den meisten Pressfitting-Schäden keine außergewöhnlichen Schadenereignisse zugrunde liegen. Vielmehr resultieren sie aus geringfügigen Ausführungsfehlern, deren potenzielle Tragweite im Bauablauf häufig unterschätzt wird. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um unvollständig verpresste Fittings infolge nicht oder nicht vollständig ausgeführter Pressvorgänge.

Begünstigt werden diese Fehler unter anderem durch falsch dimensionierte oder verschlissene Pressbacken, sogenannte Teilpressungen, sowie ungünstige oder schwer zugängliche Einbausituationen. Im Rahmen reiner Sichtprüfungen sind derartige Mängel regelmäßig nicht erkennbar. Entsprechend werden sie entweder im Zuge systematischer Druck- und Dichtheitsprüfungen oder in besonders schadenträchtigen Fällen erst im laufenden Betrieb festgestellt, teilweise Wochen oder Monate nach Abnahme des Bauwerks.

Das häufig erhebliche Schadenausmaß ist dabei weniger auf die eigentliche Leckage zurückzuführen als vielmehr auf die verzögerte Schadenentdeckung. Die technische Gebäudeausrüstung moderner Bauprojekte wird überwiegend in verdeckter Bauweise ausgeführt, etwa in Vorwandkonstruktionen, Installationsschächten oder oberhalb abgehängter Decken. Unter diesen Bedingungen können sich Feuchtigkeit und Wasseraustritte über längere Zeiträume ungehindert ausbreiten. Der Wasseraustritt erfolgt dabei häufig kapillar, sodass Dämmstoffe, Estriche und Wandaufbauten nachhaltig durchfeuchtet werden, bevor sichtbare Schäden auftreten.

Wirtschaftliche Auswirkungen

Aus wirtschaftlicher Sicht besteht bei Pressfitting-Schäden häufig ein deutliches Missverhältnis zwischen der technischen Ursache und dem resultierenden Schadenumfang. Neben der technischen Trocknung sind regelmäßig umfangreiche Rückbauarbeiten an Wand-, Decken- und Bodenaufbauten erforderlich, gefolgt von der Sanierung und Wiederherstellung betroffener Bauteile und Ausbaugewerke. Insbesondere bei hochwertigem Innenausbau oder bei Holz-Hybrid-Bauweise erreichen die Gesamtschäden auf diese Weise nicht selten sechsstellige Beträge.

Darüber hinaus entstehen indirekte wirtschaftliche Folgen wie Bauverzögerungen, erhöhter Koordinationsaufwand sowie Mehrkosten infolge von Terminverschiebungen. Kosten für externe Sachverständige und für die eigentliche Mangelbeseitigung sind im Schadenfall häufig nur eingeschränkt versicherbar. Wiederkehrende Schäden dieser Art können sich langfristig zudem negativ auf die Versicherbarkeit beteiligter Unternehmen auswirken und zu steigenden Prämien, erhöhten Selbstbehalten oder restriktiveren Deckungskonzepten führen.

Bedeutung von Prävention und Schadenmanagement

Vor diesem Hintergrund zeigt sich, dass nicht allein der Schadeneintritt, sondern insbesondere die Geschwindigkeit und Qualität der Reaktion über die wirtschaftliche Tragweite entscheidet. Ein strukturiertes Schadenmanagement trägt wesentlich dazu bei, Folgeschäden zu begrenzen, Verantwortlichkeiten klar zuzuordnen und Kosten- sowie Terminrisiken zu reduzieren.

In der Praxis fehlen jedoch häufig klare Abläufe. Unvollständige Press- und Prüfprotokolle, fehlende Nachweise zur Werkzeugwartung sowie eine nicht systematische Überprüfung weiterer Pressverbindungen im betroffenen Leitungsstrang führen nicht selten zu unklaren Zuständigkeiten und zu einer frühzeitigen, fachlich nicht abgesicherten Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten.

Prävention und Risikomanagement müssen daher sowohl technisch als auch organisatorisch ansetzen. Dazu zählen verbindliche, projektbezogene Press- und Prüfprotokolle, eine lückenlose Dokumentation von Werkzeugzuständen und Wartungsintervallen sowie risikoorientierte Zwischenprüfungen in sensiblen Bauabschnitten. Ergänzend kann der Einsatz einfacher sensorischer Frühwarnsysteme in schadenanfälligen Bereichen zur frühzeitigen Erkennung von Leckagen beitragen.

Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor ist die Struktur der Nachunternehmerketten. Lange und unübersichtliche Subunternehmerstrukturen erschweren die einheitliche Durchsetzung von Qualifikationsstandards, Werkzeugqualität und Dokumentationspflichten. Begrenzte Nachunternehmerketten, definierte Material- und Werkzeugfreigaben sowie klar geregelte Abnahme- und Übergabeprozesse tragen wesentlich zur Reduzierung des Schadenrisikos bei.

Die systematische Analyse wiederkehrender Schadenursachen über mehrere Projekte hinweg ermöglicht es, Präventionsmaßnahmen gezielt dort zu konzentrieren, wo sie den größten Effekt entfalten. Auf diese Weise lassen sich nicht nur einzelne Schadenereignisse besser beherrschen, sondern auch die Gesamtschadenbelastung nachhaltig reduzieren.

Auswirkungen auf Versicherungsverträge

Wasserschäden infolge fehlerhafter Pressverbindungen wirken sich nicht nur technisch und wirtschaftlich, sondern auch unmittelbar auf die bestehenden Versicherungsverträge aus. Insbesondere in der Bauleistungsversicherung führen wiederkehrende oder überdurchschnittlich hohe Schadenereignisse zu einer erhöhten Schadenquote und damit zu einer kritischeren Risikobewertung durch Versicherer. Die Folgen sind häufig Prämienanpassungen, höhere Selbstbehalte, Einschränkungen des Leistungsumfangs oder restriktivere Vertragsbedingungen. Eine hohe Schadenbelastung beeinträchtigt langfristig die Versicherbarkeit von Unternehmen und unterstreicht, dass der Umgang mit Pressfitting-Schäden nicht nur eine technische, sondern zunehmend auch eine versicherungsstrategische Fragestellung darstellt.

Alexander Pritzl und Nils Weis sind Kundenbetreuer bei bauass Versicherungsmakler GmbH & Co. KG und beschäftigen sich seit über einem Jahrzehnt mit der Beratung und Betreuung von Kunden aus der mittelständischen Bauwirtschaft. Ein ganzheitlicher Beratungsansatz bildet dabei die Grundlage eines partnerschaftlichen Austauschs auf Augenhöhe, bei dem neben der Risikoabsicherung auch zunehmend das Risikomanagement in den Fokus rückt.

7 WEGWEISER ZUKUNFT: THEMEN, RISIKEN UND CHANCEN

Die Baubranche steht an einem Wendepunkt. Die Welt verändert sich rasant und neue Herausforderungen wie Klimawandel, Ressourcenknappheit und steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit machen Umdenken und Anpassungen im Planen und Bauen zwingend notwendig. Gleichzeitig eröffnen sich jedoch auch beispiellose Möglichkeiten für Innovation und Fortschritt.

Die folgenden Kapitel widmen sich dem Blick in die Zukunft und den Herausforderungen, die künftig auf die Branche zukommen. Es werden innovative Lösungen aufgezeigt und Denkansätze für künftiges Planen und Bauen vorgestellt, die zuvor noch nicht denkbar waren. Neue Materialien spielen dabei eine zentrale Rolle: Von biobasierten Werkstoffen über intelligente, adaptive Materialien bis hin zu revolutionären Verbundwerkstoffen – diese Vielfalt an Innovationen und Ideen kann nicht nur eine Antwort auf die ökologischen Herausforderungen sein, sondern eröffnet auch völlig neue architektonische und konstruktive Möglichkeiten. Hier besteht ein riesiges Potenzial für innovative Entwicklungen: Die Zukunft des Bauens beginnt hier und jetzt!

7.1 Zukunftssichere Lebensräume: Resiliente Ziele für Städtebau und Quartiere

Resilienz im Städtebau zielt darauf ab, städtische Räume so zu transformieren, dass sie extreme Wetterereignisse wie etwa Hitzewellen oder Starkregen sowie chronische Belastungen wie beispielsweise den demografischen Wandel und die Mobilitätswende bewältigen können. Im Fokus steht die Klimaanpassung, denn die Folgen des Klimawandels stellen Städte und Kommunen vor enorme Herausforderungen. Vor allem urbane Quartiere sind aufgrund der dichten Bebauung und der hohen Bevölkerungsdichte besonders anfällig. Deshalb rückt die Klimaresilienz von Städten und Quartieren zunehmend in den Fokus. Resiliente Städte bzw. Quartiere können sich an veränderte klimatische Bedingungen anpassen, Extremwetterereignisse abfedern und die Lebensqualität der Bewohner auch unter sich wandelnden Umweltbedingungen sichern. Die folgenden Beiträge zeigen unter anderem, was die Bewohner des Ahrtals aus der Flutkatastrophe gelernt haben und wie solche Ereignisse künftig verhindert werden sollen. Die aktuelle IFB-Studie beleuchtet unter den Aspekten des Klimawandels und Extremwetterereignissen die Schadenentwicklung und Anforderungen an Wohngebäude. Und ein Start-up stellt mobile robotische Baum-Systeme vor, die als adaptive Klimainfrastruktur für urbane Räume genutzt werden können.

7.1.1 Nach der Flut ist vor der Umsetzung: Praktikerwerkzeuge und die Kraft der lokalen Experten

Markus Becker

Das Ahrtal ist für viele zu einer Chiffre geworden: für die Wucht des Wassers, für das Scheitern von Annahmen, für die Grenzen von Zuständigkeiten – und gleichzeitig für die enorme Kraft und Solidarität eines Landes im Wiederaufbau. Wer dort war, wer mit Betroffenen, Einsatzkräften, Verwaltungen und Planenden gesprochen hat, nimmt etwas sehr Konkretes mit: Es geht nicht darum, ob Starkregen, Rückstau und Flusshochwasser wiederkommen. Es geht darum, ob wir beim nächsten Mal schneller verstehen, besser entscheiden und wirksamer handeln.

Aus Gesprächen und Erfahrungen bleibt vor allem ein Satz hängen: Vorbereitung kann man nicht nachholen. Pläne helfen, ja. Karten auch. Aber im Ernstfall zählt, ob sie auffindbar, verständlich und in Handlungen übersetzbar sind. Und ob die Menschen, die sich vor Ort wirklich auskennen, eingebunden sind: Bauhof, Wasserverband, Feuerwehr, Netzbetreiber, Tiefbauamt, Ingenieurbüros, lokale Unternehmer – die »stillen« lokalen Expertinnen und Experten, die wissen, wo das Wasser zuerst läuft, welcher Schacht immer überläuft und welche Straße in zehn Minuten dicht ist.

Genau hier setzt der Realitätsblick an: Überflutungsvorsorge ist ein Umsetzungsthema. Die beste Erkenntnis nützt wenig, wenn sie nicht in Baumaßnahmen, Betriebsabläufe und Kommunikation überführt wird. Im Ahrtal haben wir gesehen, was passiert, wenn Informationen fragmentiert sind: Pläne liegen in Schubladen, Zuständigkeiten wechseln, Daten sind nicht aktuell, Schlüsselpersonen sind überlastet. Gleichzeitig haben wir gesehen, wie stark es wird, wenn Wissen geteilt wird und Zusammenarbeit gelingt – oft pragmatisch, oft improvisiert, aber extrem wirksam.

Überflutungsvorsorge ist eine Gemeinschaftsaufgabe: Sie wird von jedem Einzelnen mitgetragen und – ab einer gewissen Relevanz – auch von staatlichen Einrichtungen. Diese große gesellschaftliche Herausforderung, gerade für die Mittelgebirgslandschaften, braucht vier Elemente, damit daraus eine echte Lösung wird:

1. Werkzeuge und Methoden,
2. Menschen vor Ort, die diese Werkzeuge und Methoden gut beherrschen und Erfahrung damit haben,
3. eine lösungsorientierte Zusammenarbeitskultur, die unter anderem eine positive Fehlerkultur und hohe Transparenz lebt,
4. Ressourcen wie Zeit und Geld.

Die inframeta eG – eine Genossenschaft aus Kommunen, kommunalen Betrieben, Ingenieurunternehmen und Tiefbaufirmen – war deshalb eine logische Konsequenz aus dem beobachtbaren Organisationsdilemma zwischen Zuständigkeiten und kurzfristigem Handlungsbedarf.

Kommunale Infrastruktur ist immer ein regionales Projekt- und Betriebsgeschäft. Das heißt: Die notwendige Transformation und Robustheit entstehen immer regional – mit allen Akteuren der Branche. Damit das gelingen kann, braucht es jedoch eine Vertrauenskultur. Menschen müssen sich treffen und kennenlernen, sich zuhören und erkennen, dass sie alle »mit Wasser kochen«.

Wenn man etwas aus der Ahrtalkatastrophe lernen kann, dann dies: Die Schnittstelle Mensch ist die entscheidende. Die hohe Emotionalität der Katastrophe hat jedem Akteur klargemacht, dass es nicht auf die Perfektion von Gesetzen und deren Anwendung ankommt, sondern auf die Klugheit, im entscheidenden Augenblick die richtigen Dinge vorzubereiten und umzusetzen.

Der Ausblick ist damit klar und zugleich unbequem: Überflutungsvorsorge braucht Dauerkommunikation. Nicht als PR, sondern als Routine zwischen Verwaltung, Einsatz, Betreibern, Planern und Öffentlichkeit. Wenn wir die lokalen Expertinnen und Experten konsequent mitnehmen und einbinden, wird aus »Katastrophenschutz« wieder das, was er sein muss: ein Zusammenspiel aus Vorsorge, Betrieb und Umsetzung – vor dem Ereignis, nicht erst danach. Ahrtal heißt dann nicht nur Erinnerung, sondern Auftrag: Resilienz wird vor Ort gebaut – und im Alltag betrieben.

Dipl.-Ing. Markus Becker sorgt mit seiner Infrastrukturmannschaft für zukunftsfähige Infrastruktur – insbesondere in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen – und führt das nachhaltig wachsende Familienunternehmen in zweiter Generation. In über 3.000 kommunalen und industriellen Infrastrukturprojekten mit einem jährlichen Bauvolumen von rund 30 Millionen Euro sind er und sein Team direkt im täglichen Planen und Bauen verwurzelt. Als strategischer Berater für Entscheider im kommunalen Umfeld gestaltet er aktiv das Bild einer zukunftsfähigen Infrastruktur in seiner Heimatregion und überregional.

7.1.2 IFB-Studie »Klimawandel und Extremwetterereignisse – Schadenentwicklung und Anforderungen an Wohngebäude«

Wie verändern Extremwetterereignisse die Rahmenbedingungen für Gebäude?

Extremwetterereignisse prägen seit jeher die natürlichen Randbedingungen für Planung, Bau und Betrieb von Gebäuden. In Deutschland sind dies regionaltypisch unter anderem Stürme an den Küsten, Starkregen und Hagel im Süden, Hochwasser entlang großer Flüsse sowie Schneelasten im Alpenraum.

Mit dem fortschreitenden Klimawandel verändern sich jedoch die Bedingungen, unter denen diese Ereignisse auftreten. Intensitäten, Häufigkeiten und räumliche Verteilungen verschieben sich. Für Gebäude und Quartiere bedeutet dies ein wachsendes Risiko, da sowohl die Einwirkungen als auch die Schadenpotenziale zunehmen. Gleichzeitig fehlt es bislang in Teilen an systematischen, datenbasierten Analysen zu den konkreten Auswirkungen auf den Gebäudebestand.

Der vorliegende Beitrag greift diese Lücke auf und zeigt anhand der IFB-Studie »Klimawandel und Extremwetterereignisse – Schadenentwicklung und Anforderungen an Wohngebäude«, wie sich Extremwetterereignisse in der Schadenrealität widerspiegeln. Ziel ist es, auf Basis langjähriger Versicherungsdaten belastbare Aussagen zur Entwicklung von Schäden, zu regionalen Mustern sowie zu typischen Schadenmechanismen zu treffen und daraus Schlussfolgerungen für die Baupraxis abzuleiten.

Welche Datengrundlagen und Methoden ermöglichen belastbare Aussagen?

Die Analyse basiert auf langjährigen Schadendaten der deutschen Versicherungswirtschaft, die bis in die 1970er-Jahre zurückreichen und eine Einordnung langfristiger Entwicklungen ermöglichen, sowie auf Schadendaten der VHV Versicherungen ab 2002. Diese detaillierten Zeitreihen erlauben eine differenzierte Betrachtung von Schadenhäufigkeiten, Schadenhöhen sowie deren zeitlicher Entwicklung. Ergänzt werden diese Daten durch meteorologische Informationen zur Einordnung der zugrunde liegenden Wetterereignisse.

Methodisch folgt die Untersuchung einer einheitlichen Systematik. Für jede Wetterart wird zunächst das meteorologische Geschehen beschrieben (Auftreten, Intensität, klimatische Einflüsse), anschließend werden geografische Schwerpunkte und typische Schadenmuster an Gebäuden dargestellt. Darauf aufbauend erfolgt eine quantitative Analyse der Schadenentwicklung. Abschließend werden präventive Maßnahmen abgeleitet, die bauliche, organisatorische und versicherungstechnische Aspekte umfassen. Ziel ist es, die Gefährdung zu beschreiben, Zusammenhänge zu analysieren und praxisorientierte Ansätze zur Schadenminderung aufzuzeigen.

Wie wirken Extremwetterereignisse einzeln und im Zusammenspiel auf Gebäude?

Extremwetterereignisse treten sowohl als Einzelereignisse als auch in Form komplexer Ereignisfolgen auf. Einzelereignisse wie ein Sturm, ein Hagelereignis oder ein Starkregen können für sich genommen bereits erhebliche Schäden verursachen, gleichzeitig gewinnt das Zusammenspiel unterschiedlicher Prozesse zunehmend an Bedeutung.

Ein Starkregenereignis kann beispielsweise zu Rückstau in der Kanalisation führen und Überflutungen auslösen, während gleichzeitig Gewitterböen oder Hagel die Gebäudehülle schädigen. Dadurch erhöht sich die Anfälligkeit gegenüber weiteren Einwirkungen.

Für Gebäude ergibt sich daraus eine doppelte Herausforderung. Einerseits müssen sie gegenüber klar abgrenzbaren Einwirkungen wie Wind oder Hagel widerstandsfähig sein. Andererseits steigt die Relevanz von Kaskaden- und Kumulationseffekten, bei denen mehrere Einwirkungen zusammenwirken oder aufeinander aufbauen. Dies führt zu vielfältigen Belastungen der Gebäudehülle und der technischen Systeme sowie zu erhöhten Schadenrisiken bei kurzen Vorwarnzeiten.

Wie entwickeln sich Schäden und welche wirtschaftliche Bedeutung haben sie?

Naturgefahren verursachen seit Jahren ein hohes und stark schwankendes Schadenniveau. Die wirtschaftlichen Konsequenzen sind erheblich. Die Schadendaten zeigen, dass sowohl die Anzahl als auch die Höhe der Schäden in einzelnen Jahren stark variieren, jedoch insgesamt ein hohes Schadenniveau besteht. Dabei wird deutlich, dass nicht nur seltene Extremereignisse, sondern auch die Summe vieler lokaler Ereignisse maßgeblich zur Gesamtschadenbilanz beiträgt.

Die Analyse erfolgt getrennt nach Schäden aus der Elementar-Grunddeckung (zum Beispiel Sturm/Hagel) und den zusätzlich individuell versicherbaren Elementargefahren wie Starkregen, Schneedruck oder Erdrutsch (vgl. Abb. 01). Zur Vergleichbarkeit wird die Schadenhäufigkeit auf die jeweiligen Vertragsbestände normiert, da sich sowohl die Anzahl der Verträge als auch die Versicherungsdichte deutlich unterscheiden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Verträge für erweiterte Elementargefahren erst im Zeitverlauf zugenommen haben, während Sturm und Hagel als Bestandteil der Grunddeckung auf einem stabilen und höheren Vertragsbestand basieren.[1]

1 Die Analyse der Elementarschäden erfolgt getrennt nach VGV-Grunddeckung (Verbundene Wohngebäudeversicherung) und Elementar-Zusatzdeckung, da sich Deckungsumfang, Vertragsbestand sowie Schadenstruktur unterscheiden. In der VGV-Grunddeckung werden Schäden aus den Gefahren Sturm, Hagel, Blitz und Frost berücksichtigt, die sich auf den gesamten Vertragsbestand der Wohngebäudeversicherung beziehen. Die Elementar-Zusatzdeckung umfasst Schäden der Naturgefahren Starkregen, Überschwemmung, Rückstau, Schneedruck, Lawinen, Erdrutsch, Erdbeben und Erdsenkung. Die Kennzahlen dieses Segments werden ausschließlich auf den Bestand der Verträge mit vereinbarter Elementar-Zusatzdeckung bezogen.

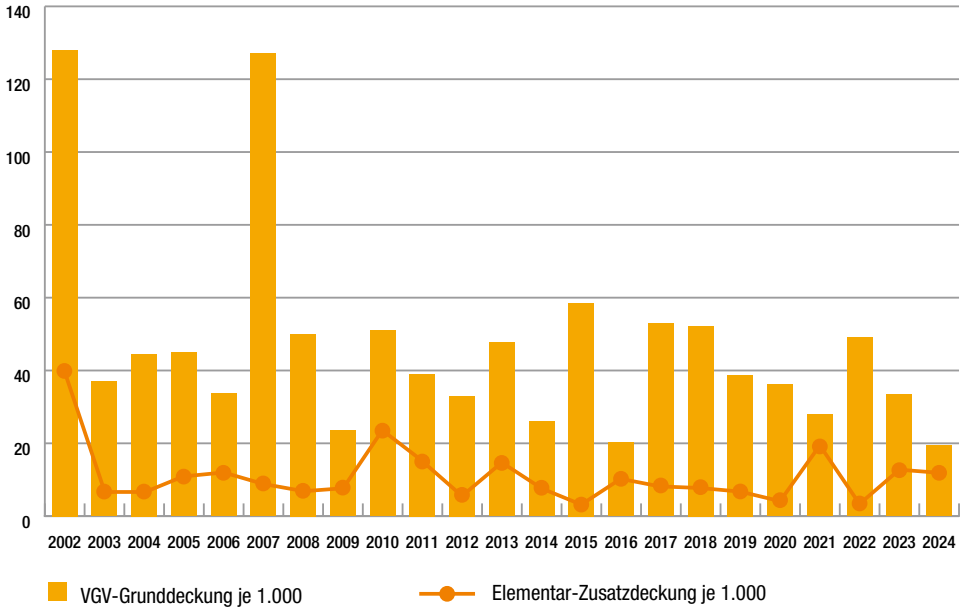
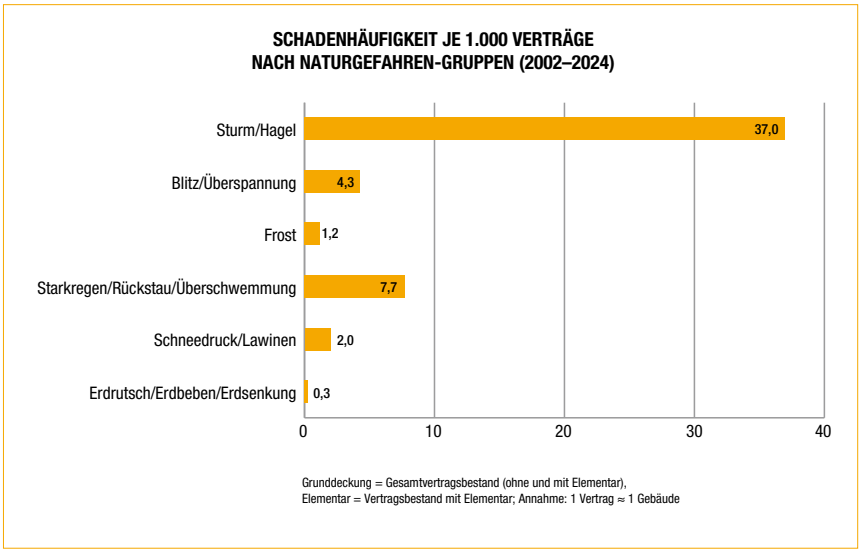


Abb. 01: Schadenhäufigkeit je 1.000 Verträge – VGV-Grunddeckung und Elementar-Zusatzdeckung (2002 – 2024) [Daten: VHV 2025, Grafik: IFB]

Die differenzierte Betrachtung nach Naturgefahren (vgl. Abb.02) zeigt, dass Sturm- und Hagelereignisse bezogen auf die normierte Schadenhäufigkeit deutlich dominieren und ein vielfach höheres Schadenaufkommen je 1.000 Verträge aufweisen. Demgegenüber treten wasserbasierte Elementargefahren wie Starkregen, Rückstau und Überschwemmung seltener auf, sind jedoch mit deutlich höherem Schadenaufwand je Schadenfall verbunden und prägen maßgeblich die Gesamtschadenbelastung[2].

2 Der Begriff wird als vereinfachende Bezeichnung für den Schadenaufwand verwendet und entspricht dem gesamten versicherungstechnischen Aufwand für Schäden.



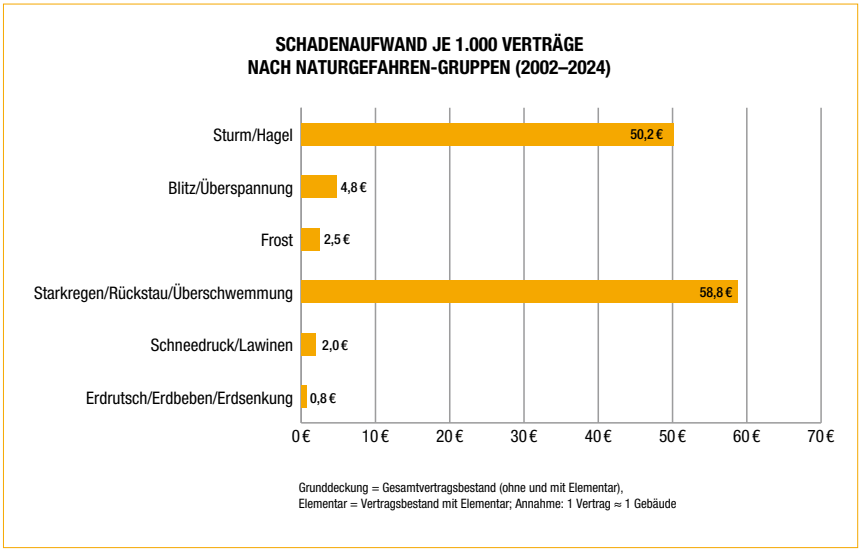


Abb. 02: Schadenhäufigkeit und Schadenaufwand je 1.000 Verträge (2002–2024), differenziert nach Naturgefahren-Gruppen [Daten: VHV 2025, Grafik: IFB]

Welche saisonalen und regionalen Muster lassen sich erkennen?

Die Auswertungen zeigen ausgeprägte saisonale Muster. Während Sturmschäden im langfristigen Mittel überwiegend im Winterhalbjahr auftreten, insbesondere in den Monaten Januar bis März, konzentrieren sich Hagel- und Blitzschäden auf die Sommermonate.

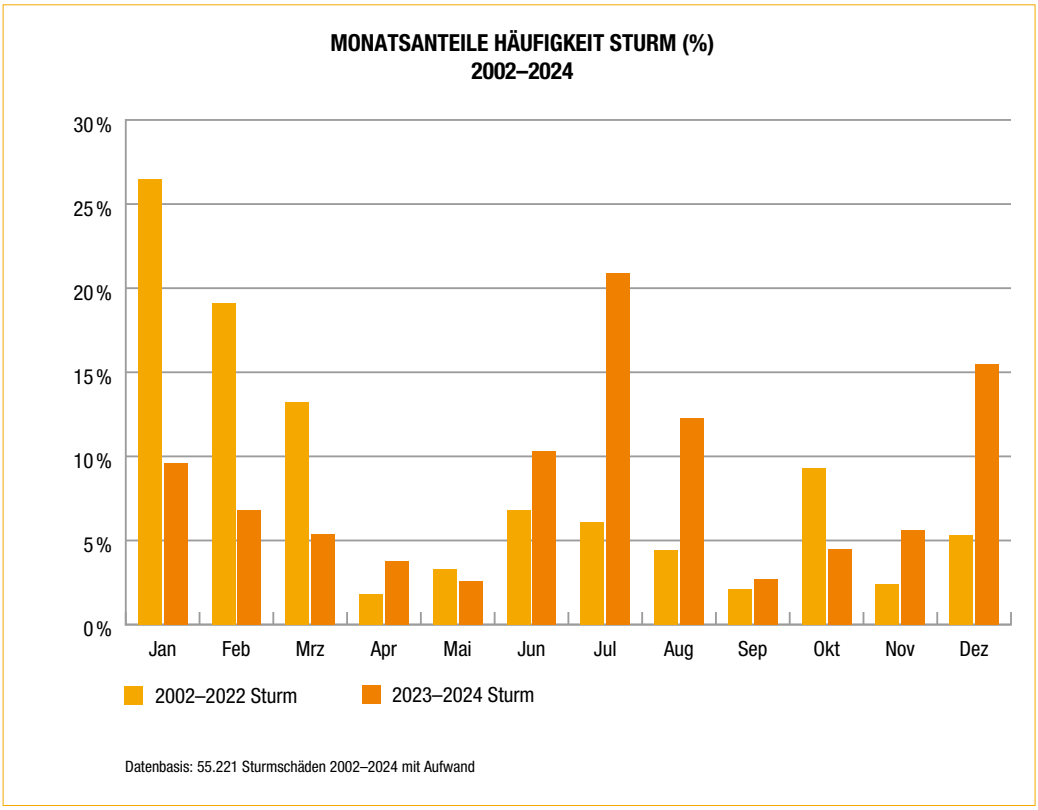


Abb. 03: Sturmschäden im Jahresverlauf, Vergleich 2002 bis 2022 und 2023 bis 2024 [Daten: VHV 2025, Grafik: IFB]

Ein Vergleich der Zeiträume 2002 bis 2022[3] und 2023 bis 2024 (vgl. Abb. 03) zeigt jedoch Veränderungen im saisonalen Auftreten. So hat sich die Zahl der gemeldeten Sturmschäden in den Sommermonaten deutlich erhöht, während sie zu Jahresbeginn rückläufig ist.

3 Datenbasis der Vorgängerstudie aus dem Jahr 2023

Auch bei den Hagelschäden ist eine Verschiebung erkennbar. Das Maximum hat sich vom Juni in den August verlagert, wobei die Schadenfälle in den Jahren 2023 und 2024 deutlich über dem Langzeitmittel liegen.

Regionale Auswertungen zeigen zudem deutliche Unterschiede in der Gefährdung und Schadenanfälligkeit, die durch Faktoren wie Topografie, Bebauungsstruktur und Bauweise beeinflusst werden. In exponierten Regionen lassen sich teilweise Anpassungseffekte erkennen.

Gleichzeitig weisen die Jahre 2023 und 2024 neue Muster auf, etwa zusammenhängende Zonen erhöhter Sturmaktivität sowie eine stärkere Betroffenheit süddeutscher Regionen bei wasserbedingten Schäden.

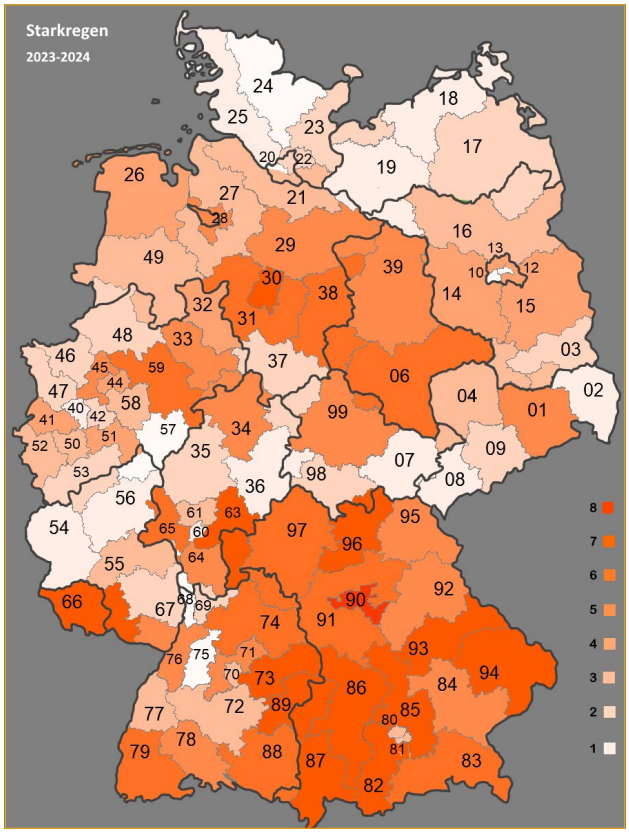


Abb. 04: Regionale Verteilung von Starkregenschäden; absolute Anzahl der Ereignisse im Zeitraum 2023/2024, klassiert in 8 gleichverteilte Klassen (Quantile) [Daten: VHV 2025, Grafik: IFB]

Welche Rolle spielen Gewitter als komplexe Schadenereignisse?

Gewitter stellen ein zentrales meteorologisches Phänomen dar, da sie mehrere schadenrelevante Einwirkungen gleichzeitig erzeugen können, darunter Starkregen, Hagel, Blitzschlag und Windböen.

Besonders organisierte Gewittersysteme wie Superzellen können über längere Zeiträume bestehen und intensive Schadenprozesse auslösen. Für Gebäude ergeben sich daraus vielfältige Schadenbilder, von beschädigten Dachdeckungen über Überflutungen bis hin zu Schäden an technischen Anlagen.

Mit Blick auf den Klimawandel wird eine mögliche Zunahme solcher Ereignisse diskutiert, was zu einer höheren Wahrscheinlichkeit komplexer Schadenlagen führen kann.

Welche Konsequenzen ergeben sich für Planung und Baupraxis?

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Gefährdungslage für Gebäude verändert und bestehende Annahmen zunehmend hinterfragt werden müssen. Technische Regelwerke und Normen basieren auf statistischen Annahmen, die zukünftige Entwicklungen nur eingeschränkt abbilden können.

Resilienz gewinnt daher an Bedeutung und beschreibt die Fähigkeit von Gebäuden und Quartieren, Extremwetterereignissen zu widerstehen und Schäden zu begrenzen. Neben konstruktiven Maßnahmen wie verstärkten Dachbefestigungen, hagelwiderstandsfähigen Materialien oder leistungsfähigen Entwässerungssystemen rücken zunehmend auch quartiersbezogene und klimaangepasste Konzepte in den Fokus. Dazu zählen insbesondere Ansätze der Schwammstadt zur verbesserten Regenwasserrückhaltung und -versickerung sowie Maßnahmen zur Minderung von Hitzeeffekten in verdichteten Siedlungsräumen.

Darüber hinaus gewinnen Aspekte wie der Umgang mit längeren Trockenperioden, etwa im Hinblick auf Materialbeanspruchung, Vegetation und Wasserverfügbarkeit, an Bedeutung. Neben technischen Lösungen spielen auch organisatorische Aspekte eine Rolle, etwa im Bauprozess, in der Planung integrierter Infrastrukturen oder im Gebäudebetrieb.

Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus den Analysen ziehen?

Extremwetterereignisse stellen eine zunehmende Herausforderung für den Gebäudesektor dar. Die Analyse zeigt, dass Schäden nicht nur durch einzelne Großereignisse entstehen, sondern in erheblichem Maße durch die Häufung vieler lokaler Ereignisse. Gleichzeitig verändern sich die klimatischen Rahmenbedingungen, wodurch sich Gefährdungen verschieben und verstärken können.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass bislang nur für einen Teil der relevanten Klimafolgen belastbare Schadendaten vorliegen. Insbesondere für Hitze und Trockenheit existieren noch keine systematisch erfassten Schadendaten, obwohl entsprechende Schäden zunehmend beobachtet werden. Hinzu kommt eine zunehmende Variabilität der Witterung, die sich in aufeinanderfolgenden Trockenperioden, Jahren mit hoher Niederschlagsintensität sowie einzelnen Extremereignissen mit schweren Gewittern zeigt. Die Abbildung gewitterbedingter Schäden und daraus resultierender Kaskadenschäden ist dabei bislang nur unzureichend datenbasiert.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass Extremwetterereignisse grundsätzlich flächendeckend auftreten können und damit nicht mehr auf klassische Risikoregionen beschränkt sind, wodurch potenziell jedes Gebäude betroffen sein kann. Gleichzeitig können sich Extremwetterlagen länger an einem Ort halten oder in kurzer Abfolge auftreten, wodurch sich Schadenwirkungen verstärken und überlagern. Insgesamt nehmen damit auch komplexe Schadenzusammenhänge und Kaskadeneffekte weiter zu, die in der bisherigen Datenerfassung nur eingeschränkt abgebildet werden.

Datenbasierte Analysen, wie sie im Rahmen der IFB-Studie durchgeführt wurden, liefern eine wichtige Grundlage, um diese Entwicklungen zu verstehen und geeignete Maßnahmen abzuleiten. Ziel ist es, Schäden möglichst zu vermeiden, unvermeidbare Schäden zu begrenzen und die langfristige Funktionsfähigkeit von Gebäuden zu sichern.

7.1.3 SmartSylvan – mobile robotische Baum-Systeme als adaptive Klimainfrastruktur für urbane Räume

INTERVIEW – DR. PARISA KLOSS

Dr. Parisa Kloss ist Gründerin und Geschäftsführerin von SmartSylvan. Als Expertin für urbane Klimaanpassung mit über 18 Jahren internationaler Erfahrung entwickelt sie gemeinsam mit ihrem Team mobile robotische Baum-Systeme als neue Form adaptiver urbaner Klima- und Grüninfrastruktur. Ihre Arbeit konzentriert sich auf die Schnittstelle von Klimaanpassung, urbaner Begrünung, Technologie und der praktischen Umsetzung innovativer Lösungen im öffentlichen Raum.

Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Das Institut für Bauforschung hat gerade eine Studie zu Extremwetterrisiken fertiggestellt und verschiedene Folgen qualifiziert. Dazu gehören Starkregen- und Sturmschäden ebenso wie die Thematiken Hitze und Dürre, die Klimaanpassungsmaßnahmen erforderlich machen. Inwieweit sind Sie hier tätig?

Dr. Parisa Kloss, Gründerin und Geschäftsführerin von SmartSylvan: Wenn ich über urbane Klimaanpassung spreche, dann verstehe ich sie nicht nur als ein ökologisches Ziel, sondern vor allem als eine Frage der Umsetzung im realen urbanen Raum. Aus meiner Sicht besteht die Herausforderung in unseren Städten häufig nicht in einem mangelnden Bewusstsein, sondern in der Schwierigkeit, dieses Bewusstsein in konkretes Handeln zu übersetzen. Die Auswirkungen von Hitze sind in urbanen Räumen besonders stark ausgeprägt, da dichte Bebauung, versiegelte Flächen und fehlende Grünräume zu erhöhten Temperaturen und zur Entstehung urbaner Hitzeinseln führen. Diese Bedingungen stellen Gesundheitsrisiken für Menschen und Tiere dar und erhöhen zugleich den Energieverbrauch umliegender Gebäude in betroffenen öffentlichen Räumen erheblich. Viele Kommunen wissen, dass sie mehr Grün, mehr Verschattung und eine stärkere mikroklimatische Wirkung benötigen. Doch gerade an den Orten, die besonders stark von Hitze betroffen sind, stoßen herkömmliche Begrünungslösungen häufig an bauliche, technische oder betriebliche Grenzen. Genau hier setzt SmartSylvan an.

Böhmer: Das klingt nach besonderen technischen Lösungen?

Kloss: Bei SmartSylvan entwickeln wir mobile robotische Baum-Systeme als neue Form adaptiver grüner Infrastruktur für urbane Räume. Unser Ansatz verbindet lebende Bäume, Echtzeit-Umwelterfassung und ein modulares, individualisierbares Chassis zu einer adaptiven Begrünungseinheit, die schrittweise um controllerbasierte und später autonome Mobilitätsfunktionen erweitert werden kann. Ziel ist es, Natur gezielt dorthin zu bringen, wo sie am dringendsten benötigt wird – insbesondere an Orte, an denen eine konventionelle Pflanzung im Boden aufgrund unterirdischer Infrastruktur, multifunktionaler Nutzung oder Denkmalschutz nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. Ein Punkt ist mir dabei besonders wichtig: SmartSylvan ist ausdrücklich nicht als Ersatz für dauerhaft gepflanzte Stadtbäume gedacht. Gesunde, dauerhaft etablierte Stadtbäume bleiben für lebenswerte und klimaresiliente Städte unverzichtbar. SmartSylvan ist als ergän-

zende Lösung konzipiert – als zusätzliche Option für Orte, an denen Städte unter realen Rahmenbedingungen neue Handlungsspielräume benötigen. Für mich beginnt die fachliche Glaubwürdigkeit dieses Projekts genau an diesem Punkt: in dem Verständnis, dass langfristige urbane Begrünung unverzichtbar bleibt, während dort adaptive Lösungen gebraucht werden, wo herkömmliche Pflanzungen nicht ohne Weiteres realisierbar sind.

Böhmer: Das heißt, Mobilität für Flexibilität?

Kloss: Die Mobilität des Systems eröffnet eine neue Qualität urbaner Begrünung. Bereits in der ersten Ausbaustufe kann eine SmartSylvan-Einheit flexibel umpositioniert werden, um während Hitzewellen oder als Reaktion auf temporär veränderte Nutzungsanforderungen genau dort unmittelbare Entlastung zu schaffen, wo Verschattung, Kühlung und Aufenthaltsqualität besonders dringend benötigt werden. Auf diese Weise entsteht eine neue Form flexibler Klimainfrastruktur – eine Infrastruktur, die auf sich verändernde mikroklimatische Bedingungen reagieren kann. Darüber hinaus ist jede Einheit darauf ausgelegt, kontinuierlich Umweltdaten zu erfassen und dadurch wertvolle Erkenntnisse für datenbasierte Stadtplanung, Umweltmanagement und die Weiterentwicklung klimaangepasster öffentlicher Räume zu liefern.

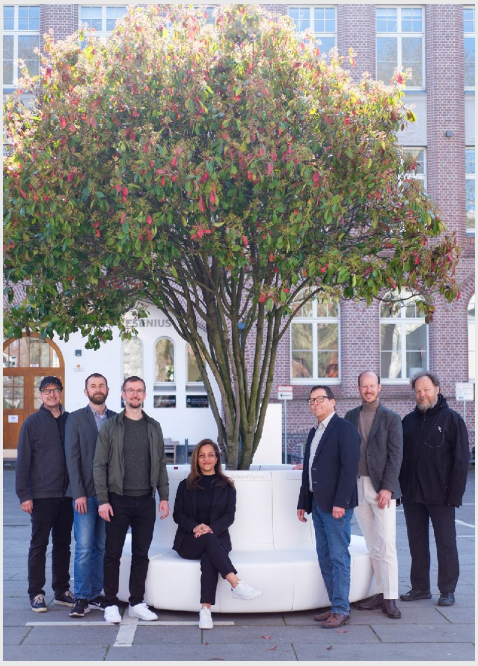


Abb. 01: Demo-Day am Fresenius Campus Düsseldorf mit dem SmartSylvan-Team [Foto: SmartSylvan UG]

Böhmer: Sie sehen den Einsatz insbesondere in Innenstädten bzw. eng bebauten Quartieren? Der Zusammenhang wird gerade beim Thema Hitze und notwendiger Kühlung immer deutlicher. Das sehen wir auch.

Kloss: Gerade in hochverdichteten urbanen Räumen wird diese Logik immer relevanter. Die Diskussion über klimaresiliente Städte wird heute zu Recht von Konzepten wie Schwammstadt-Strategien, Entsiegelung, Wasserrückhalt, urbaner Vegetation und nachhaltiger Freiraumentwicklung geprägt. Gleichzeitig zeigt die urbane Praxis, dass viele Standorte mit hohem Anpassungsbedarf kurzfristig nicht durch konventionelle bauliche Maßnahmen transformiert werden können. Unterirdische Leitungen, statische Anforderungen, Eigentumsverhältnisse, konkurrierende Nutzungen, Denkmalschutzvorgaben oder begrenzte Investitionsmittel erschweren herkömmliche Begrünung häufig erheblich. Deshalb brauchen Städte nicht nur mehr grüne Infrastruktur, sondern auch anpassungsfähigere grüne Infrastruktur. Ich bin überzeugt, dass dies einen neuen infrastrukturellen Ansatz erfordert. SmartSylvan versteht urbane Begrünung nicht nur als statisches Objekt, sondern als flexible, vernetzte und optimierbare Lösung. Langfristig denken wir nicht nur in einzelnen Einheiten, sondern in koordinierten Systemen aus mehreren mobilen Baum-Einheiten. Perspektivisch können diese als vernetztes System zusammenarbeiten, Umweltdaten austauschen, ihre Positionierung autonom optimieren und sich dynamisch an verän-

derte mikroklimatische Bedingungen anpassen. Diese koordinierte Interaktion kann ihre Gesamteffizienz, Wirkung und wissenschaftliche Aussagekraft erheblich steigern.

Böhmer: Das zielt sicher auch auf begleitete Projekte, Piloten und Forschungsthemen ab?

Kloss: Für die Stadtentwicklung eröffnet dies eine neue Perspektive. Die mobilen Baumeinheiten können bereits in ersten Anwendungen als Pilotmaßnahmen, Reallabore, temporäre Entlastungsmaßnahmen, Demonstratoren oder vorbereitende Schritte für größere Transformationsprozesse eingesetzt werden. Sie können dabei helfen, lokale Anforderungen präziser zu definieren, Nutzungsmuster zu erproben, Wirkungen sichtbar zu machen und neue Formen urbaner Begrünung im realen Betrieb zu validieren. Das kann insbesondere für Städte, Hochschulen, öffentliche Institutionen, Projektentwickler oder Betreiber komplexer Standorte von großem Wert sein, weil Lösungen zunächst in der Praxis getestet und an standortspezifische Anforderungen angepasst werden können, bevor sie in größerem Maßstab umgesetzt werden.

Böhmer: Können Sie schon etwas Genaues zur Entwicklungsarbeit, den Beteiligten und zum Status berichten?

Kloss: Die Entwicklung eines solchen Systems erfordert zwangsläufig interdisziplinäres Arbeiten. Wer mobile robotische Baum-Systeme entwickeln will, muss Stadtklima, Botanik, Wasserhaushalt, Gestaltung, Mechanik, Sensorik, Sicherheit, urbane Logistik, Nutzerverhalten und langfristige Betriebskonzepte zusammendenken. Dafür arbeiten wir mit spezialisierten Partnern aus den Bereichen Baumexpertise, Sensorik, Konstruktion und robotische Systemintegration zusammen. Diese Schnittstelle von Natur, Technologie und urbaner Anwendung steht im Zentrum unserer Arbeit. Für mich ist Technologie niemals Selbstzweck. Der lebende Baum bleibt der eigentliche Leistungsträger. Technologie erweitert lediglich seine Einsetzbarkeit unter Bedingungen, unter denen herkömmliche Begrünung häufig scheitern würde oder erst nach langwierigen Planungs- und Bauprozessen möglich wäre. SmartSylvan hat inzwischen einen funktionsfähigen, ferngesteuerten 1:1-Prototyp öffentlich präsentiert, der die technische Machbarkeit des Systems sichtbar unter Beweis stellt. Für den Markteintritt set-

Abb. 02: Visualisierung mehrerer SmartSylvan-Einheiten als flexible grüne Klimainfrastruktur für einen stark versiegelten urbanen Raum [Grafik: SmartSylvan UG]

zen wir bewusst auf ein stufenweise ausbaubares System: Bereits heute können wir eine erste einsatzfähige Basisversion bereitstellen, die flexibel positionierbar ist und die Grundlage für spätere technische Erweiterungen bildet. In einer nächsten Ausbaustufe kann diese Basisversion um controllerbasierte Mobilität ergänzt werden; langfristig folgen autonome Navigations- und Koordinationsfunktionen. Auf diese Weise können Städte und Partner frühzeitig mit einer real einsetzbaren Lösung beginnen und das System schrittweise entsprechend ihren Anforderungen weiterentwickeln.

Böhmer: Geben Sie uns noch einen Ausblick?

Kloss: Als Gründerin und CEO sehe ich meine Rolle nicht nur darin, eine technologische Vision zu formulieren. Meine Verantwortung besteht auch darin, SmartSylvan in einen fachlich glaubwürdigen, anwendungsorientierten und langfristig tragfähigen Kontext zu stellen. Aus meiner Sicht erfordert Klimaanpassung mehr Mut zur Innovation – jedoch nicht ohne Disziplin. Wir brauchen Lösungen, die ambitioniert sind und zugleich mit bestehenden planerischen, betrieblichen, regulatorischen und finanziellen Realitäten vereinbar bleiben. Lösungen, die nicht gegen etablierte Systeme arbeiten, sondern diese sinnvoll erweitern.

Meine zentrale Überzeugung lautet daher: Die Städte der Zukunft werden nicht nur mehr grüne Infrastruktur brauchen. Sie werden auch mehr adaptive grüne Infrastruktur benötigen – Infrastruktur, die auf veränderte Bedingungen reagieren kann, Natur gezielt dorthin bringt, wo sie am dringendsten benötigt wird, und biologische Leistung, technische Intelligenz und urbane Realität miteinander verbindet. SmartSylvan ist unser Beitrag dazu, diese Entwicklung in die reale Anwendung zu bringen.

Böhmer: Ich danke Ihnen für diesen spannenden Einblick!

Abb. 03: Visualisierung von SmartSylvan-Einheiten, die in stark versiegelten urbanen Räumen verschattete, klimaangepasste Aufenthaltsbereiche schaffen [Grafik: SmartSylvan UG]

7.2 Vom Labor auf die Baustelle: Wie Materialforschung die Praxis verändert

Die Materialforschung revolutioniert das Planen und Bauen: So ermöglicht die Entwicklung klimaschonender, zirkulärer und intelligenter Baustoffe den Wandel von energieintensiven Standardmaterialien wie Beton oder Stahl hin zu ressourcenschonenden Lösungen, die den CO_2-Fußabdruck von Gebäuden reduzieren und so helfen können, den Gebäudesektor vom linearen Verbraucher zu einem aktiven Teil des Klimaschutzes zu machen. Dies zeigt unter anderem ein Beitrag über die Entwicklung nachhaltiger Baustoffe auf der Basis von Pilzmyzel, ein Start-up, das erfolgreiche Alternativen zu fossilen Holzklebstoffen entwickelt sowie ein Projekt, das ressourceneffizientes Bauen durch Preiskompetitivität skalierbar macht.

7.2.1 Nachhaltige Baustoffe auf Basis von Pilzmyzel

Lina Vieres

Das Forschungsinstitut Fraunhofer UMSICHT verfügt im Dortmunder Westen über ein Labor und Technikum für die Entwicklung von Werkstoffen auf Basis von Pilzmyzel und bündelt dort seine Aktivitäten zur Erforschung von Myzelwerkstoffen.

Myzelwerkstoffe stellen eine biobasierte Alternative zu konventionellen Materialien wie Polyesterschäumen oder mineralischen Verbundstoffen dar. Das Potenzial des biobasierten Werkstoffs ist groß – er ist ressourcenschonend, zirkulär und für vielseitige Anwendungen in der Bau-, Verpackungs- oder Automobilindustrie einsetzbar. So sind Myzelwerkstoffe beispielsweise in weiten Dichtebereichen herstellbar und verfügen über gute wärmedämmende Eigenschaften, die mit denen von Holzfaserdämmplatten vergleichbar sind. In Brandversuchen können sie zudem die Klasse B1 erreichen, was ihren Einsatz in der Praxis, etwa als Wärmedämmstoffe, ermöglicht.

Im Mittelpunkt steht dabei eine ökologisch verträgliche Kreislaufwirtschaft, die insbesondere die Aufwertung und Nutzung von Reststoffen fördert. Die Möglichkeit, auf eine breite Rohstoffbasis zurückzugreifen, die aus lokalen Quellen stammt, wirkt sich zudem positiv auf die Rohstoffsicherheit für die Produktion des Materials aus. Das Grundprinzip von substratbasierten Myzelmaterialien besteht darin, dass faserige, lignozellulose basierte Reststoffe (zum Beispiel Stroh) von Pilzmyzel durchwachsen werden und so zu einem neuen zusammenhängenden Werkstoffverbund »verklebt« werden. In diesem Zusammenhang bildet das Pilzmyzel die Schlüsseltechnologie. Hierbei handelt sich es sich um einen spezifischen Bestandteil des Pilzes, der für die Herstellung der Materialien genutzt wird.

Nachfolgend ist das Grundprinzip zur Herstellung von substratbasierten Myzelmaterialien beschrieben:

Abb. 01: Prozessdarstellung zur Herstellung von substratbasiertem Myzelmaterial [Grafik: Fraunhofer UMSICHT]

Der erste Schritt besteht in der Aufbereitung des Grundsubstrats. Dazu wird das Substrat sterilisiert, um anderen Organismen (zum Beispiel Schimmelpilzen, Bakterien), die darin vorhanden sind, entgegenzuwirken, da sie das Wachstum des Myzels behindern können. Je nach Zusammensetzung des Substrats kann auch eine Beigabe von Zusatzstoffen (zum Beispiel pH-Regulatoren) erfolgen, um die Wachstumsbedingungen für das Myzel zu fördern.

Nach diesem Schritt wird eine holzabbauende Pilzspezies (zum Beispiel *Ganoderma lucidum*) in das Substrat geimpft (Inokulierung). Im Anschluss wird das Gemisch in einer Konstantklimakammer in die erste Wachstumsphase überführt. Dazu werden spezifische Inkubationsparameter (Luftfeuchte und Temperatur) eingestellt. Inkubationsbeutel mit Membrantechnologie ermöglichen während der Inkubation einen Gasaustausch, der für das Wachstum nötig ist. Nachdem das Myzel das Substrat vollständig durchsetzt hat, wird das Material in eine gewünschte Form verfüllt und dann für eine zweite Wachstumsphase erneut in einer Konstantklimakammer inkubiert. In diesem Schritt verbindet sich das Material zu seiner endgültigen Form. Anschließend wird das Werkstück getrocknet, wodurch das Pilzmyzel abgetötet und ein weiteres Wachstum unterbunden wird.

Abb. 02: Inkubation der Substrate [Foto: Fraunhofer UMSICHT/M. Henning]

Von der Substratentwicklung über den Prototypen bis zur Ökobilanzierung

Im Jahr 2019 forschte das Team von Fraunhofer UMSICHT zu der Herstellung von Schallabsorbern auf Basis von Pilzen und Pflanzenfasern mittels 3D-Pastendruck. Das Projekt wurde von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe gefördert. Der Schwerpunkt der aktuellen Forschung liegt in der Anwendung im Bauwesen (zum Beispiel im Bereich Däm-

mung). Ein weiterer zentraler Aspekt ist es, Stoffkreisläufe zu industriellen Produktionsprozessen zu schließen, die mithilfe der Myzeltechnologie nachhaltig realisiert werden können. Experten aus den Bereichen Biologie, Verfahrenstechnik und Maschinenbau arbeiten an der Weiterentwicklung der Myzelwerkstoffe sowie der automatisierten Herstellung und Anwendung in der Industrie. Die Werkstoffcharakterisierung und Funktionalisierung des fertigen Materials übernehmen die entsprechenden Abteilungen bei Fraunhofer UMSICHT in Oberhausen. Hier stehen die Themen Brandschutz, Abbaubarkeit oder Wärmeleitfähigkeit und Ökobilanzierungen der neuen Materialien im Mittelpunkt. Das Myzeltechnikum verfügt über einen umfangreichen Gerätepark zur Bearbeitung aller Schritte der Myzelmaterialherstellung. Dazu gehören ein mikrobiologischer Bereich zur Inokulation, hygienischen Verarbeitung und Pflege der Pilzstammsammlung sowie ein Technikumsbereich zur Verarbeitung der Substrate sowie Herstellung und Bearbeitung der Werkstücke und Prototypen.

Abb. 03: Die leistungsstarke Ausstattung des Myzeltechnikums ermöglicht es, individuelle Prototypen herzustellen und zu erforschen. [Foto: Fraunhofer UMSICHT/M. Henning]

Lina Vieres ist Biologin und verfügt über eine fachliche Ausrichtung im Bereich der Mykologie. Der Einstieg in das Themenfeld der Myzelmaterialien erfolgte bereits im Studium im Rahmen ihrer Abschlussarbeit, die sie an der Ruhr-Universität Bochum in Kooperation mit Fraunhofer UMSICHT verfasste. Im Anschluss daran folgte eine Anstellung als wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Fraunhofer. In dieser Funktion koordinierte sie die Planung und den Aufbau des Myzellabors und des Myzeltechnikums und ist dort seither im Team der Gruppe Building Materials für die Forschungsarbeiten verantwortlich. In der Weiterbildung (seit 2025) zur Fachberaterin für Mykologie der Deutschen Gesellschaft für Mykologie spezialisiert sie sich aktuell weiter, unter anderem im Bereich Biotechnologie der Pilze.

7.2.2 Ressourceneffizient bauen – Innovation im Leichtbausegment

Esther Heyse | Oskar Leibnitz

Jedes Bauprojekt beginnt mit derselben Frage: »Was kostet das?«, nicht als Floskel, sondern als harter Entscheidungsfinder, der über Materialwahl, Ausführung und letztlich Qualität entscheidet. Die Mission von ReWorth: Zirkuläres Bauen durch Ressourcen- und Kosteneffizienz zum neuen Standard im Bau machen. Mit dem ReBlock wurde in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Bauphysik ein zirkulärer Leichtbaustein entwickelt, der die heutige physische Substanz des Bausektors als Ressource für die Gebäude von morgen nutzt.

Materielle Linearität im Bausektor: die Kostenfalle

Der Bausektor ist strukturell von einem Problem durchzogen, das alle anderen Herausforderungen überlagert: die Kosten. Steigende Materialpreise, Entsorgungskosten und der zunehmende Regulierungsdruck machen wirtschaftliches Bauen zu einer immer komplexeren Aufgabe. Dabei bleibt ein fundamentales strukturelles Effizienzdefizit weitgehend unsichtbar: Die Bauindustrie zahlt für ihre Materialien de facto zweimal.

Primärkosten: AUFBAU	Sekundärkosten: ABRISS
Beim Kauf, Transport und Einbau hochwertiger Primärrohstoffe entstehen erhebliche Kosten. Diese Materialien tragen einen hohen Anteil grauer Energie und werden häufig über weite Strecken transportiert.	Am Ende des Gebäudelebenszyklus fallen dieselben Materialien als Abfallstrom an. Entsorgungskosten, Deponiegebühren und Aufbereitungsaufwände belasten erneut, ökonomisch wie ökologisch.

Dieses doppelte Zahlen ist kein Einzelfallproblem. Es ist die strukturelle Logik eines linear organisierten Materialsystems. Das Tragische daran: Trotz dieser doppelten Belastung wird der Ressourcenkreislauf bislang nicht geschlossen. Jährlich fallen in Deutschland rund 198,8 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle an.[1] Damit ist der Bausektor verantwortlich für 52 Prozent des gesamten deutschen Abfallaufkommens.

1 Statistisches Bundesamt (Destatis): Abfallaufkommen in Deutschland im Jahr 2023. Pressemitteilung Nr. 190/2025 vom 3. Juni 2025. www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/06/PD25_190_321.html [abgerufen am: 12.05.2026]

Abb. 01: Materialfluss im Bausektor – was einst als Primärstoff genutzt wurde, wird wieder entsorgt [Foto links: IStock; Foto rechts: ReWorth Blocks UG]

Die offiziell ausgewiesene Verwertungsquote von rund 90 Prozent täuscht über die tatsächliche Qualität der Verwertung hinweg: Etwa 90 Prozent des mineralischen Bauschutts werden als Schüttgut im Straßen- oder Erdbau weiterverarbeitet und damit dem hochwertigen Wertstoffkreislauf entzogen[2] – faktisch ein Downcycling. Von den aufbereiteten mineralischen Baustoffabfällen fließen lediglich rund ein Prozent wieder in den Hochbau zurück.[3] Ein lokaler Materialstrom mit hohem Anteil grauer Energie geht ökonomisch und ökologisch verloren.

Für Projekte verschärft sich damit ein doppelter Kostendruck entlang des Lebenszyklus: Zu Beginn stehen steigende Preise für Primärrohstoffe und Transportleistungen, am Ende Entsorgungskosten und Risiken aus der Mantelverordnung sowie aus knapper werdenden Deponie- und Verfüllkapazitäten. Planer müssen heute nicht nur Tragfähigkeit, Brand- und Wärmeschutz nachweisen, sondern zunehmend auch Ressourceneinsatz und CO_2-Emissionen in frühen Leistungsphasen mitdenken. In vielen Projekten fehlt jedoch ein produktseitig verlässlicher Anschluss in einen hochwertigen Materialkreislauf, der diese Anforderungen wirtschaftlich abbildet.

2 Deutsches Architektenblatt: Recycling mineralischer Baustoffe. www.dabonline.de/bautechnik/beton-recycling-ziegel-mineralische-baustoffe [abgerufen am: 12.05.2026]

3 Ministerium für Umwelt NRW: Ungenutzte mineralische Bauabfälle in Nordrhein-Westfalen: Nur ein Prozent wird als Recycling-Baustoff für den Hochbau wiederverwendet. www.land.nrw/pressemitteilung/ungenutzte-mineralische-bauabfaelle-nordrhein-westfalen-nur-ein-prozent-wird-als [abgerufen am: 12.05.2026]

Vor diesem Hintergrund sind die Gründer von ReWorth, Esther Heyse und Oskar Leibnitz auf einer Mission: ressourceneffizientes Bauen durch Preiskompetitivität skalierbar machen. Dieser Anspruch richtet sich unmittelbar gegen eine der hartnäckigsten Dysfunktionen der Baubranche: die strukturelle Annahme, dass Nachhaltigkeit stets mit höheren Kosten einhergeht. ReWorth kehrt diese Logik um: Durch den Einsatz eines bislang ungenutzten mineralischen Abfallstroms als Sekundärrohstoff entstehen Leichtbausteine, die bis zu 50 Prozent der Primärmaterialien substituieren, bei gleichzeitig marktkonformem Preisniveau.

Kreislaufwirtschaft als Kostenhebel

ReWorth nutzt die Logik der Kreislaufwirtschaft nicht nur als ökologisches Argument, sondern begreift und operationalisiert diese als ökonomischen Hebel. Der Schlüssel liegt in der gezielten Nutzung des Brechsands, einer mineralischen Feinfraktion aus dem Bauschutt-Aufbereitungsprozess, die bislang mangels wirtschaftlicher Verwertungswege überwiegend im Straßenbau eingesetzt oder entsorgt wird, als Sekundärrohstoff für die Produktion von Leichtbausteinen.

Abb. 02: Mineralischer Abbruchabfall [Foto: ReWorth Blocks UG]

Innovation im zirkulären Bauen: der erste Porenbeton mit Sekundärrohstoffeinsatz

ReBlock ist der erste Porenbeton-Block, der auf Basis einer patentierten Verfahrenstechnologie des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (Fraunhofer IBP) heterogene und variierende Sekundärrohstoffe wie Brechsand in Porenbeton verarbeitbar macht und dabei die bauphysikalischen Anforderungen konventioneller Leichtbaumaterialien vollständig erfüllt.

Konventioneller Porenbeton besteht typischerweise aus fein gemahlenem quarzhaltigem Sand, Kalk, Zement, Wasser, Gips sowie Aluminiumpulver als Treibmittel, das im alkalischen Milieu Wasserstoffgas produziert und so die charakteristische Porenstruktur erzeugt. Beim Autoklavieren bei ca. 180 bis 200 °C und einem Druck von 10 bis 12 bar reagieren Quarzsand und Kalk zu kristallinen Calcium-Silikat-Hydraten, die das tragende Mikrogerüst des Porenbetons bilden und ihm seine hohe Gefügestabilität verleihen. Aufgrund dieser komplexen chemischen Reaktionskette ist die Rezeptur von Porenbeton hochstandardisiert: Schon geringe Abweichungen in der Rohstoffzusammensetzung können Reaktionskinetik, Porenbildung und mechanische Eigenschaften empfindlich stören. Heterogene Sekundärrohstoffe, insbesondere Abbruchmaterial mit variierender mineralogischer Zusammensetzung, galten daher bislang als ungeeignet für die Porenbetonherstellung. Genau hier setzt die Innovation an.

Abb. 03: Prototyp ReBlock [Foto: ReWorth Blocks UG]

Das innovative Baumaterial basiert auf einer patentierten Prozesstechnologie des Fraunhofer IBP, die das angesetzte Material zusätzlich stabilisiert. Diese zusätzliche Stabilisierung eröffnet Spielraum im Ressourceneinsatz, wie in diesem Fall variierender mineralischer Sekundärresourcen, ohne dass der Grünkörper im entscheidenden Prozessschritt zusammenfällt. Dies ist eine Pionierarbeit sowohl in der Art des Abbruchmaterials als auch ihrem Anwendungsfall im Leichtbausegment: Es wird ein ressourceneffizienter Porenbeton als Drop-in-Lösung geschaffen.

Vorteile für Planung und Ausführung

Porenbeton ist ein weltweit etablierter Massivbaustoff mit klar definiertem bauphysikalischem Leistungsprofil. Diese Eigenschaften werden durch den Einsatz sekundärer Rohstoffe vollständig reproduziert und um eine nachweisbare Ressourceneffizienz ergänzt:

- **Brandschutz:** Porenbeton ist rein mineralisch und wird nach DIN EN 13501-1 der Baustoffklasse A1 (nicht brennbar) zugeordnet. Im Brandfall entstehen weder Rauch noch Schadstoffe. Feuerwiderstandsklassen von REI 30 bis REI 180 sind je nach Wandstärke erreichbar, in der Regel ohne Zusatzmaßnahmen.
- **Wärmedämmung:** Die Porenstruktur bei einer Rohdichte von 300 bis 700 kg/m³ ergibt eine niedrige Wärmeleitfähigkeit und hohes Wärmespeichervermögen. In vielen Anwendungen entfällt eine zusätzliche Außendämmung, was Baukosten und Fehlerquellen reduziert.
- **Verarbeitung:** Das geringe Gewicht und die Bearbeitbarkeit mit handelsüblichem Werkzeug (Sägen, Fräsen, Bohren) ermöglichen schnelle Baufortschritte und flexible Grundrissanpassungen. Die Dünnbettverarbeitung mit Nut-Feder-System reduziert den Mörtelverbrauch und verbessert die Maßhaltigkeit.
- **Lokale Verfügbarkeit und Kostenwettbewerbsfähigkeit:** ReBlocks werden aus lokal anfallenden Sekundärrohstoffen produziert. Dadurch entstehen kurze Transportwege und die Preisstruktur ist mit konventionellen Porenbetonprodukten vergleichbar.

Zudem wurde der ReBlock als sogenanntes Drop-in-Produkt konzipiert. Das bedeutet, dass sowohl eine Fertigung in existierenden Porenbetonproduktionsstätten möglich ist als auch der Verbau auf übliche Baupraktiken zurückgreift.

Nutzen für Architekten, Bauingenieure und Generalunternehmer

Für die planenden und ausführenden Berufsgruppen löst ReWorth einen bislang nicht auflösbaren Zielkonflikt: Der Einsatz ressourceneffizienter Materialien war bisher fast immer mit einem Mehrpreis verbunden, der sich in wettbewerbsintensiven Projektkontexten kaum rechtfertigen ließ. ReBlock beseitigt diese Hürde strukturell und eröffnet damit einen neuen Handlungsspielraum.

- **Preisliche Wettbewerbsfähigkeit:** ReBlock ist zu marktüblichen Konditionen erhältlich. Nachhaltigkeitsargumente müssen nicht gegen Kostenargumente abgewogen werden, beides ist in einem Produkt vereint.
- **Dokumentierter Sekundärrohstoffeinsatz:** Der qualitätsgesicherte Anteil mineralischer Sekundärrohstoffe (Brechsand) ist nachweisbar und unterstützt die Erfüllung von Nachhaltigkeitsanforderungen bei Ausschreibungen.
- **Planungssicherheit durch definierte Produkteigenschaften:** ReBlock erfüllt die normativen Anforderungen an Leichtbausteine und lässt sich in bestehende Planungs- und Ausführungsroutinen integrieren, ohne dass das Personal vor Ort umgeschult werden muss.
- **Beitrag zur Schließung des Materialkreislaufs:** Der Einsatz von ReBlock adressiert das strukturelle Problem des zweifachen Zahlens: Der Brechsand-Abfallstrom, der bislang kostspielig entsorgt oder minderwertig verwertet wird, erhält eine wertschaffende Verwendung im Hochbau.

Abb. 04: ReBlock im Einsatz – Wandaufbau und Anwendungsbeispiele im zukünftigen Wohn- und Gewerbebau [Grafik: ReWorth Blocks UG]

Pilotprojekte: Einladung zur Zusammenarbeit

ReWorth befindet sich derzeit in der Phase der ersten Pilotproduktion und sucht die gezielte Zusammenarbeit mit Architekten, Bauingenieurinnen und Generalunternehmern für gemeinsame Pilotprojekte. Im Vordergrund stehen reale Bauprojekte, in denen ReBlock unter wirtschaftlichen Bedingungen eingesetzt, bewertet und dokumentiert wird.

Planungsbüros und ausführende Unternehmen, die an einer Zusammenarbeit interessiert sind, erhalten frühzeitigen Zugang zum Produktsystem, technische Begleitung von der Planungsphase bis zur Dokumentation sowie alle erforderlichen Materialnachweise und Nachhaltigkeitsdaten.

Esther Heyse ist seit zwei Jahren unternehmerisch in der Bauindustrie aktiv und Mitgründerin der ReWorth Blocks UG. Sie absolvierte ihren Master in »Sustainability Entrepreneurship and Innovation« an der ESCP Business School (Berlin/Paris) sowie ihren interdisziplinären Bachelor in Soziologie, Politik und Wirtschaft an der Zeppelin Universität in Friedrichshafen. Erste unternehmerische Erfahrung sammelte sie in der Immobilienbranche sowie als Gründungsassistenz im Early-Stage-Start-up SiBeau. Mit ausgewiesener ESG-Expertise, tiefem Verständnis nachhaltiger Finanzierungsstrukturen und einem scharfen Gespür für strategische Positionierung treibt sie bei ReWorth Blocks den unternehmerischen Aufbau voran. Sie ist überzeugt, dass die qualitative Weiterverwendung mineralischer Materialien einer der entscheidenden Hebel für eine preislich wettbewerbsfähige und zugleich zukunftsfähige Bauweise ist.

Oskar Leibnitz ist Mitgründer der ReWorth Blocks UG und hat seinen Bachelor- und Masterabschluss in »Materials Science and Engineering« an der ETH Zürich erworben, wo er sich auf nachhaltige Baustoffe, Materialcharakterisierung und Strukturmodellierung spezialisierte. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter der renommierten Wood Materials Science Group am Institut für Baustoffe (IfB) der ETH Zürich arbeitete er unter anderem an der Entwicklung biobasierter, temperaturregulierender Baumaterialien. Parallel dazu sammelte er über ETH Juniors Beratungserfahrung zu Materialien und Nachhaltigkeitsstrategien mit Fokus auf Bau- und Baustoffunternehmen. Bei ReWorth Blocks bringt er seine technische Expertise in Materialwissenschaften und interdisziplinären Innovationsprojekten in die Produktentwicklung ein.

Das Start-up wurde als Spin-off des Fraunhofer IBP Ende 2025 gegründet. Gemeinsam mit ihrem sechsköpfigen Team treiben die beiden Gründer die Entwicklung des ReBlock vom Prototyp zur Marktreife voran. Die ReWorth Blocks UG wird seit Anfang 2026 durch die NBank sowie den Future Greentech Incubator in Goslar (Harz) gefördert, einem Programm, das durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und das Land Niedersachsen im Rahmen der Richtlinie Hightech-Inkubatoren/Akzeleratoren (HTI) finanziert wird.

7.2.3 Alternativen zu fossilen Holzklebstoffen

INTERVIEW – JOANA KAPPES, FLORENTINE ADAM UND MONA KÖRDING

Joana Kappes

Florentine Adam

Mona Körding

Die Auswirkungen herkömmlicher Klebstoffe auf Umwelt und Gesundheit werden häufig unterschätzt. Klebstoffe werden in der Regel aus Erdöl hergestellt, können nicht gut recycelt werden und belasten damit die Umwelt. Das Hannoveraner Start-up LIGARO entwickelt eine nachhaltige Alternative zu konventionellen Klebstoffen – bei gleichzeitig hoher mechanischer Leistungsfähigkeit und Wasserfestigkeit. Der Klebstoff enthält Proteine aus industriellen Nebenströmen. Dadurch kann der CO_2-Ausstoß um bis zu 85 Prozent reduziert werden. Verklebte Holzprodukte lassen sich zudem leichter recyceln. Das Unternehmen wurde von drei Gründerinnen ins Leben gerufen und vereint in seinem heute sechsköpfigen Team Expertise aus Holz- und Umweltingenieurwesen, Chemie, Life Sciences und Wirtschaft.

Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Wie entstand die Idee, einen nachhaltigen, nicht erdölbasierten Klebstoff zu entwickeln?

Florentine Adam: Die Idee zu LIGARO entstand in meinem Keller. Ich arbeite seit meiner Kindheit leidenschaftlich gern mit Holz und baue meine eigenen Holz-Surfbretter. Mich hat jedoch immer gestört, dass ich beim Kleben mit giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen arbeite. Zudem möchte ich nicht, dass das natürliche Material Holz mit petrochemischen Klebern verklebt und damit das Recycling verhindert wird. Da ich keinen Klebstoff gefunden habe, der nachhaltig und wasserfest ist, habe ich beschlossen, meinen eigenen zu entwickeln. Mein Ziel war klar: Auf einem Board zu surfen, das komplett aus natürlichen Materialien besteht.

Böhmer: Was sind die aktuellen Herausforderungen bestehender Klebstoffe – und wo werden sie gebraucht?

Mona Körding: Holzklebstoffe sind in der Bau- und Möbelbranche allgegenwärtig und dennoch kaum sichtbar. Spanplatten, MDF-Platten, Holzfaserdämmstoffe, Sperrholz: All diese Werkstoffe werden mit Klebstoffen hergestellt, die mehrheitlich auf fossilen Rohstoffen basieren. Für Hersteller von Holzwerkstoffen wird die Klebstofffrage zunehmend strategisch: Große Abnehmer haben sich verpflichtet, ihre materialbedingten CO_2-Emissionen zu reduzieren. IKEA beispielsweise hat das Ziel, diese bis 2030 um 50 Prozent zu senken. Fossile Klebstoffe machen aktuell 5 Prozent des gesamten IKEA-CO_2-Fußabdrucks aus[1], und der Wille zum Umstieg erzeugt direkten Druck auf die gesamte Lieferkette. Dieser Wandel spiegelt sich auch in den Marktanalysen wider, die für das Segment nachhaltiger Holzklebstoffe

1 vgl. IKEA Sustainability Report FY24 https://www.ikea.com/global/en/images/IKEA_Sustainability_Report_FY_24_2025_01_27_2c35989733.pdf [abgerufen am: 27.04.2026]

ein überdurchschnittliches Wachstum von jährlich 8 Prozent[2] prognostizieren. Aktuell konzentrieren wir uns auf Span- und Faserplattenhersteller – zunächst kleinere und mittlere Unternehmen, die recyclingfähige Produkte anbieten und ihre CO_2-Emissionen senken möchten.

Böhmer: Welche Entwicklungen machen nachhaltige Klebstoffe gerade so dringlich?

Joana Kappes: Was wir in Gesprächen mit Holzverarbeitern merken: Das Thema ist nicht neu, aber es wird jetzt konkret. Lange war Nachhaltigkeit beim Klebstoff ein Nice-to-have. Heute fragen Einkäufer aktiv nach dem Formaldehydgehalt, der CO_2-Bilanz, der Recyclingfähigkeit des Endprodukts. Das hat sich in den letzten Jahren spürbar verändert. Der Hintergrund ist eine Kombination aus regulatorischem Druck – die EU-Grenzwerte für Formaldehydemissionen in Innenräumen wurden zuletzt weiter abgesenkt – und wachsendem Bewusstsein dafür, dass momentan vor allem Klebstoffrückstände verhindern, dass Holzfasern recycelt werden. Bis zu 60 Prozent der gesammelten Holzabfälle sind verunreinigt.[3] Wer kreislauffähige Produkte anbieten will – und das fordern zunehmend auch private Bauherren und Architekten – kommt an der Klebstofffrage nicht vorbei.

Böhmer: Was sind die Vorteile gegenüber konventionellen Klebstoffen und Wettbewerbern?

Adam: Es gibt bereits nachhaltigere Holzklebstoffe am Markt, diese sind jedoch entweder nicht wasserfest oder setzen weiterhin auf fossile oder gesundheitlich bedenkliche Inhaltsstoffe. Wir denken Nachhaltigkeit umfassender: Unser Klebstoff basiert auf Reststoffen aus der Industrie, ist frei von zugesetztem freiem Formaldehyd und Isocyanaten – und erreicht trotzdem eine hohe Wasserfestigkeit. Damit bieten wir eine sichere und kreislauffähige Alternative zu herkömmlichen Klebstoffsystemen.

Böhmer: Wo stehen Sie derzeit mit Ihrer Produktentwicklung – und wie war der Weg dorthin?

Körding: Wir haben unsere Entwicklung mit tierischem Proteinleim begonnen, schnell aber festgestellt, dass dieser preislich nicht wettbewerbsfähig und ethisch kritisch ist und nicht die gewünschte CO_2-Reduktion erzielt. Den zugrundeliegenden Mechanismus übertragen wir aktuell erfolgreich auf pflanzliche Reststoffproteine. Unsere Grundrezeptur ist bereits entwickelt – dafür haben wir ein Patent eingereicht. Seit Ende 2025 sind unsere Labore in Hannover vollständig in Betrieb, ausgestattet mit Zugprüfmaschinen, Heizpressen und weiterer Analysetechnik. Wir testen angelehnt an EN 12765 für duroplastische Holzklebstoffe für nicht tragende Zwecke. In den bisherigen Tests zeigt sich regelmäßig: Das Holz versagt vor dem Klebstoff – ein starker Indikator für die Bindungsstärke des Systems. Derzeit suchen wir gezielt Partner aus der Holzindustrie, um unsere Formulierung noch enger an reale Anforderungen und spezifische Anwendungen anpassen zu können.

Böhmer: In welcher Phase befindet sich das Start-up derzeit – und welche nächsten Schritte stehen an?

Körding: Derzeit befinden wir uns in der Entwicklungsphase und werden über das EXIST-Gründungsstipendium des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gefördert, das es uns ermöglicht, unsere Technologie weiterzuentwickeln. Darüber hinaus sind wir in den Future GreenTech Incubator aufgenommen worden, der uns bei der strategischen Weiterentwicklung unterstützt. Außerdem führen wir erste Gespräche mit Investoren. Für dieses Jahr planen wir, erste Pilottests bei Kunden umzusetzen. Für nächstes Jahr haben wir uns zudem um eine Fördermaßnahme in Zusammenarbeit mit einem großen Forschungsinstitut beworben. Ziel ist es, die Eignung unseres Klebstoffs für industrierelevante Anwendungen wie Spanplatten oder Dämmstoffe nachzuweisen.

2 Wood Adhesives and Binders Market: www.futuremarketinsights.com/reports/wood-adhesives-and-binders-market [abgerufen am: 27.04.2026]

3 gl. CIRCULAR-C Fraunhofer CBP: www.cbp.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/circular-c.html [abgerufen am: 27.04.2026]

Böhmer: Welchen übergeordneten Beitrag leistet das Start-up zum Klima- und Ressourcenschutz?

Adam: LIGARO adressiert zwei zentrale Herausforderungen gleichzeitig: den fossilen Ressourcenverbrauch in der Holzwerkstoffindustrie und die CO_2-Intensität chemischer Bindemittel. Durch die Verwendung proteinreicher Reststoffe aus verschiedenen Industrien werden Nebenströme in hochwertige industrielle Anwendungen überführt – das reduziert die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen, ohne zusätzlichen Flächenverbrauch zu erzeugen. Gleichzeitig entsteht ein Klebstoffsystem, das im Vergleich zu MUF-, UF- und PF-Systemen einen bis zu 85 Prozent geringeren CO_2-Fußabdruck aufweist – bezogen auf erste interne Lebenszyklusanalysen. Bereits bei der Herstellung einer Tonne Klebstoff können so 1,3 Tonnen CO_2-Äquivalente eingespart werden. Bei breiter Anwendung wäre das ein relevanter Beitrag zur Dekarbonisierung von Bauprodukten. Hinzu kommt ein Systemeffekt, der häufig unterschätzt wird: Weil LIGARO-Klebstoffe zur Recyclebarkeit der Endprodukte beitragen, können sie so die stoffliche Verwertung von verklebten Holz- und Papierwerkstoffen ermöglichen. Statt thermischer Verwertung würde werkstoffliches Recycling möglich. Damit schafft LIGARO Voraussetzungen für eine klimafreundlichere Bauwirtschaft, die Materialkreisläufe schließt, CO_2 einspart und Abfall reduziert – ganz im Sinne von SDG 12[4] (nachhaltiger Konsum und Produktion) und SDG 13 (Klimaschutz).

Böhmer: Wie reagieren potenzielle Kunden auf Ihre Innovation und was ist die häufigste Frage?

Kappes: Die Reaktionen potenzieller Kunden sind durchweg positiv – wir spüren echte Begeisterung für die Innovation und eine große Bereitschaft, unser junges Start-up aktiv zu unterstützen. Viele sehen in unserer Entwicklung nicht nur ein Produkt, sondern eine Lösung, auf die die Branche schon lange gewartet hat. Die häufigste Frage, die wir hören, ist: »Wann kann ich den Klebstoff testen?« – das ist für uns das schönste Zeichen, dass wir auf dem richtigen Weg sind. Viele Kunden haben erlebt, dass nachhaltige Klebstoffe bislang Abstriche bei der Wasserfestigkeit erforderten, das ist bei den meisten Mitbewerbern tatsächlich noch eine offene Baustelle. Für uns war die Wasserfestigkeit deshalb von Anfang an ein zentrales Entwicklungsziel, damit unser Klebstoff in verschiedensten Anwendungen Bestandteil werden kann. Danach kommt häufig die Frage nach der Sicherheit unserer Rohstoff-Lieferkette. Darauf haben wir von Beginn an geachtet: Der Mechanismus zur Modifikation von Proteinen ist in der Entwicklung unserer Rezepturen so mitgedacht, dass er flexibel und auf verschiedene Quellen übertragen werden kann. Damit schaffen wir Spielraum in der Art des Proteins und des Zulieferers.

Böhmer: Wie sieht Ihr Marktzugang aus – und wie kann die Baubranche hier mithelfen?

Adam: Wir starten mit spezialisierten KMU der Holz- und Baustoffindustrie – also Unternehmen, die kurze Entscheidungswege haben, innovationsoffen sind und die Bereitschaft mitbringen, neue Technologien iterativ zu testen. In größeren Unternehmen sind die Zertifizierungszyklen und internen Freigabeprozesse deutlich länger, das ist für diese sehr frühe Phase weniger geeignet. Was wir von Pilotpartnern brauchen, ist eigentlich wenig: Offenheit für neue Technologien und die Bereitschaft zu iterativem Testen, damit wir unsere Formulierung gezielt anpassen können. Mehrere Unternehmen haben bereits zugesagt, den LIGARO-Klebstoff zu testen – zusammen verwenden sie mehrere Hundert Tonnen Klebstoff pro Jahr. Unser primäres Ziel ist ein wasserfester Klebstoff – aber wir sind ausdrücklich auch an Partnern aus dem Indoor-Bereich interessiert. Überall dort, wo ein Wechsel auf einen heißaushärtenden Proteinkleber denkbar ist, kann unsere Technologie einen echten Mehrwert bieten. Wer also in der Holz- oder Baustoffbranche aktiv ist und Interesse hat, ist herzlich eingeladen, auf uns zuzukommen.

4 Vgl. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ): Agenda 2030. Die globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung. www.bmz.de/de/agenda-2030 [abgerufen am: 27.04.2026]

Böhmer: Was ist Ihre Vision für LIGARO?

Kappes: Klebstoffe sind heute oft unsichtbar, belasten aber die Umwelt. Unsere Vision ist es, Holzprodukte wieder zu ihrem Ursprung zurückzuführen: ein vollständig natürliches Material. Holz ist für uns der erste Anwendungsbereich – aber unsere Plattformtechnologie ist vielseitig. Langfristig wollen wir auch in andere Sektoren wie Verpackung und Papier vordringen.

Böhmer: Ihr Start-up steht für innovative Klebstofftechnologie und ihr Team ist überwiegend weiblich. Das ist nicht alltäglich, oder?

Körding: In der Chemie- und Werkstoffbranche sind technologiegetriebene Gründungen nach wie vor stark männlich dominiert. Unser Team ist dagegen nicht nur fachlich breit aufgestellt, von Chemie über Life Science bis Holzingenieurwesen, sondern tritt auch mehrheitlich weiblich auf. Das war keine gezielte Entscheidung, sondern hat sich organisch ergeben, und dennoch merken wir, wie selten so ein Team bislang ist und wie stark das wahrgenommen wird. Mit unserem Start-up möchten wir zeigen: Technologische Innovation kommt ganz selbstverständlich auch von Frauen. Wir wollen Sichtbarkeit schaffen und mit gutem Beispiel vorangehen – nicht nur bei nachhaltigen Materialien, sondern auch bei der Frage, wie Gründung heute aussehen kann: divers, interdisziplinär und auf Augenhöhe.

Böhmer: Und zum Schluss: Wofür steht der Name LIGARO?

Adam: Lignin ist ein natürliches Polymer im Holz. Es hält die Holzzellen zusammen – wie ein Klebstoff. Die erste Silbe haben wir übernommen, als Statement dafür, dass wir natürlich kleben. Der Rest hört sich einfach gut an.

Böhmer: Vielen Dank für das aufschlussreiche Interview!

Joana Kappes (M.Sc. Entrepreneurship) denkt den LIGARO-Klebstoff nicht nur im Labor, sondern konsequent skaliert auf dem Markt. Nach mehreren Jahren in der Strategieberatung weiß sie, wie aus einer Idee ein tragfähiges Unternehmen wird. Mit einer Weiterbildung in Sustainable Business Strategy verbindet sie wirtschaftliche Effizienz mit echtem Klimaanspruch – und begleitet LIGARO von der Finanzierungsstrategie bis zum Markteintritt.

Florentine Adam (M.Sc. Holz- und Umweltingenieurin) vereint zwei Perspektiven, die selten zusammenkommen: die leidenschaftliche Holzhandwerkerin, die seit ihrer Jugend Surfbretter baut, und die Ingenieurin, die den ökologischen Fußabdruck jedes Werkstoffs im Blick behält. Mit mehrjähriger Erfahrung in Produkt- und Materialentwicklung und CO_2-Bilanzierung verantwortet sie bei LIGARO Anwendungstechnik, Zertifizierung und den Product-Market-Fit. Die Idee zu LIGARO entstand buchstäblich in ihrem eigenen Keller – aus dem Wunsch heraus, auf einem Surfboard zu stehen, das vollständig aus natürlichen Materialien besteht.

Mona Körding (M.Sc. Life Sciences) ist Schnittstelle zwischen Biotechnologie und Digitalisierung. Mit ihrem Schwerpunkt in Bioinformatik, Proteinmodellierung und Bioprozessentwicklung versteht sie, wie Proteine auf molekularer Ebene funktionieren – und wie man dieses Wissen nutzt, um einen leistungsstarken, biobasierten Klebstoff zu entwickeln. Ihre Leidenschaft: die Potenziale von KI mit modernem Labormanagement zu verbinden und so die Entwicklung voranzutreiben.

7.3 Forschung trifft Praxis

Im folgenden Kapitel findet sich ein Überblick über aktuelle Schwerpunkte in der Bauforschung. Die Beiträge stellen wegweisende Projekte und Forschungsarbeiten von Universitäten, Nachwuchswissenschaftlern und Unternehmen vor. So beschäftigt sich eine spannende Forschungsarbeit mit neuartiger Fluoreszenz, die als Indikator für Alterungsprozesse genutzt werden kann, es wird gezeigt, wie immersives VR-Training für Bewehrungsinspektionen und Multi-User-Interaktion genutzt werden kann, und ein Start-up stellt vor, wie innovative Deckenpaneele die Wärmespeicherung revolutionieren können. Spannende Beispiele, die zeigen, wie aus Forschungsaktivitäten in den Bereichen Verfahrenstechnik, Energietechnik und Klimaschutz innovative Lösungen für die Praxis entstehen.

7.3.1 IFB-Forschung: Wissenschaft im Dienst von Resilienz und Prävention

Die Jahre 2025 und 2026 stehen für das Institut für Bauforschung erneut im Zeichen der Anwendungsforschung und des entsprechenden Wissenstransfers. Mit erfolgreich durchgeführten Studien und Analysen hat das Institut maßgebliche Impulse für das zukunftsfähige Planen und Bauen gesetzt.

Ein zentraler Schwerpunkt lag dabei auf dem Megatrend der Resilienz: Angesichts fortschreitender Klimaveränderungen sind Bestandsanalysen und innovative Strategien erforderlich, um Gebäude und Infrastrukturen widerstandsfähiger gegen Extremwetterereignisse zu machen. Die entsprechende Studie wird hier und detailliert in Abschnitt 7.1.2 vorgestellt. Hand in Hand damit ging die Arbeit im Bereich der aktiven Schadenprävention, durch die fundierte Ansätze zur Vermeidung von Planungs- und Ausführungsfehlern im Baualltag etabliert werden konnten. Um diese wissenschaftlichen Erkenntnisse dort nutzbar zu machen, wo sie die größte Wirkung entfalten, hat das Institut im vergangenen Jahr seine Kommunikation verstärkt. Durch zielgruppengerechte Publikationen wurden sowohl Planungs- und Baubeteiligte als auch Verbraucher direkt erreicht und für ein sichereres, nachhaltiges Bauen sensibilisiert.

Studie

Klimawandel und Extremwetterereignisse – Schadenentwicklung und Anforderungen an Wohngebäude

Auftraggeber: VHV Allgemeine Versicherungen AG, Hannover

Der Klimawandel und die damit verbundenen Extremwetterereignisse stellen das Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden zunehmend vor neue Herausforderungen. Starkregen, Hagel, Sturm, Hitzeperioden oder langanhaltende Wetterlagen stehen häufig in physikalischen Zusammenhängen und können sich räumlich wie zeitlich überlagern. Lokale Gewitterschäden entwickeln sich dabei zunehmend zu großflächigen Schadenlagen, während aufeinanderfolgende Extremereignisse Kaskaden- und Kumulationseffekte verursachen können. Für Gebäude bedeutet dies kurzfristige Vorwarnzeiten, steigende Belastungen für Gebäudehülle und technische Anlagen sowie erhöhte Anforderungen an Konstruktion, Materialwahl und Gebäudetechnik.

Aus Sicht der Wohngebäudeversicherung sind die wirtschaftlichen Auswirkungen erheblich. Während Sturm- und Hagelschäden seit Jahren zu den schadenträchtigsten Gefahren zählen und entsprechend breit versichert sind, besteht insbesondere bei Starkregen- und Überschwemmungsrisiken weiterhin eine deutliche Versicherungslücke. Dies verdeutlicht den steigenden Bedarf an Prävention, Risikovorsorge und klimaangepassten Bauweisen. Auch Investoren, Banken und Eigentümer bewerten physische Klimarisiken zunehmend als relevanten Wert- und Kostenfaktor. Steigende Schadenbelastungen und Versicherungsprämien führen dazu, dass Resilienz gegenüber Extremwetterereignissen immer stärker als Qualitäts- und Bewertungsmerkmal von Immobilien betrachtet wird.

Vor diesem Hintergrund gewinnen die Anpassung bestehender Gebäude sowie klimaresiliente Planungs- und Baukonzepte zunehmend an Bedeutung. Technische Regelwerke und Bemessungsansätze basieren überwiegend auf statistischen Annahmen vergangener Ereignisse, die durch zukünftige Extremereignisse überschritten werden können. Regelmäßige Überprüfungen von Normen, Bemessungsgrundlagen und Ausführungsqualitäten erscheinen daher notwendig. Gleichzeitig zeigen regionale Erfahrungen, dass angepasste Bauweisen, konstruktive Schutzmaßnahmen und Sensibilisierung die Schadenanfälligkeit deutlich reduzieren können.

Der Bericht knüpft an die Untersuchungen der Jahre 2018 und 2023 an und erweitert diese insbesondere um die Betrachtung von Gewitterlagen als verbindendes meteorologisches Phänomen. Ziel der Studie ist eine auf Schadendaten und bautechnischer Praxis basierende, nachvollziehbare Analyse der Gefährdung von Gebäuden durch Extremwetterereignisse, auf deren Basis präventive Handlungsempfehlungen zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit von Gebäuden gegenüber Naturgefahren abgeleitet werden können.

Kurzstudie

Die 10 häufigsten Fehler beim Neubau und der Sanierung von Wohngebäuden mit Wärmepumpen

Auftraggeber: Bauherren-Schutzbund e.V., Berlin

Vor dem Hintergrund der energie- und klimapolitischen Zielsetzungen sowie der fortschreitenden Wärmewende hat sich die Wärmepumpe in den vergangenen Jahren zu einer zentralen Heiztechnologie entwickelt. Mit der stark steigenden Zahl installierter Anlagen nimmt jedoch auch das Risiko von Planungs-, Ausführungs- und Nutzungsfehlern zu, die sowohl die Effizienz als auch die Betriebssicherheit beeinträchtigen können.

Die Wärmepumpentechnik selbst ist seit Langem bekannt und basiert auf physikalischen Prinzipien, die bereits im 19. Jahrhundert entwickelt wurden. Erst mit dem Ausbau erneuerbarer Energien und der Abkehr von fossilen Heizsystemen hat sie jedoch eine breite Marktdurchdringung erfahren. Heute gilt sie als Schlüsseltechnologie für eine klimafreundliche Gebäudeenergieversorgung. Ihre Effizienz wird maßgeblich über die Jahresarbeitszahl (JAZ) beschrieben, die das Verhältnis von eingesetzter elektrischer Energie zur erzeugten Wärme abbildet.

Trotz ihrer technischen Reife zeigt die Praxis, dass insbesondere im Zusammenspiel von Planung, Gebäudebestand und Ausführung vielfältige Fehlerquellen bestehen. Dies betrifft sowohl die Auslegung der Anlagen als auch die hydraulische Einbindung, die Abstimmung mit dem Gebäudebestand sowie die Nutzerführung im Betrieb. Gerade im Sanierungsbereich ergeben sich zusätzliche Herausforderungen durch bestehende Heizsysteme, bauliche Restriktionen und unzureichend angepasste Systemtemperaturen.

Ziel der Studie ist, die im Feld häufig auftretenden Mängel und Fehlerbilder zu identifizieren, zu strukturieren und ihre Ursachen sowie Auswirkungen nachvollziehbar darzustellen. Dabei steht insbesondere die Frage im Mittelpunkt, welche Planungs-, Ausführungs- und Nutzungsfehler dazu führen, dass Wärmepumpensysteme ihre erwartete Effizienz nicht erreichen oder Störungen im Betrieb auftreten.

Die Ergebnisse dienen der Verbraucherinformation und sollen Bauherren, Eigentümern sowie Fachbeteiligten eine fundierte Grundlage bieten, um typische Risiken frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Ergänzend werden technische Grundlagen, aktuelle Rahmenbedingungen sowie relevante rechtliche Aspekte im Zusammenhang zwischen Planung, Ausführung und Betrieb eingeordnet. Ziel ist eine praxisorientierte Orientierungshilfe für einen dauerhaft effizienten und sicheren Einsatz von Wärmepumpensystemen.

Kurzstudie

Die 10 häufigsten Schadenrisiken bei der nachhaltigen Bestandssanierung

Auftraggeber: Bauherren-Schutzbund e.V., Berlin

Der Wohngebäudebestand in Deutschland umfasst nahezu 20 Millionen Gebäude mit rund 45 Millionen Wohneinheiten. Ein Großteil dieser Gebäude wurde vor Inkrafttreten der Ersten Wärmeschutzverordnung 1978 errichtet und entspricht heute weder den aktuellen energetischen Anforderungen noch den Ansprüchen an Wohnkomfort, Barrierefreiheit oder technische Ausstattung. Viele Gebäude weisen veraltete Anlagentechnik, schadstoffbelastete Bauteile sowie Gebäudehüllen mit alten Fenstern, undichten Fassaden oder sanierungsbedürftigen Dächern auf, über die häufig erhebliche Mengen an Heizenergie verloren gehen. Trotz staatlicher Förderprogramme bleibt die Sanierungsrate vergleichsweise niedrig. Häufig fehlen Eigentümern finanzielle Mittel, Fachwissen oder die notwendige Planungssicherheit für umfangreiche Maßnahmen.

Gleichzeitig steigt der Handlungsbedarf. Gebäude müssen an veränderte Lebensbedingungen angepasst und energetisch ertüchtigt werden, um Energieverbrauch, Emissionen und Betriebskosten langfristig zu reduzieren. Darüber hinaus rücken nachhaltige Aspekte wie Ressourcenschonung, Resilienz und Zukunftsfähigkeit stärker in den Fokus.

Umbau- und Sanierungsmaßnahmen im Bestand sind jedoch technisch anspruchsvoll und mit Risiken verbunden. Eingriffe in bestehende Konstruktionen erfordern fundiertes Fachwissen sowie eine sorgfältige Planung und Ausführung. Oft zeigen sich erst während der Arbeiten verdeckte Schäden oder Abweichungen von den ursprünglichen Planunterlagen. Details wurden anders ausgeführt, Materialien verändert oder frühere Umbauten nicht ausreichend dokumentiert. Fehler bei Planung, Materialwahl oder Ausführung können in solchen Fällen zu erheblichen Schäden führen, etwa durch Feuchtigkeit, Wärmebrücken, Undichtigkeiten oder mangelnde Dauerhaftigkeit.

Die vorliegende Kurzstudie knüpft an eine bereits im Jahr 2020 veröffentlichte Untersuchung zu typischen Mängeln und Fehlern bei der Sanierung von Ein- und Zweifamilienhäusern an und greift aktuelle Anforderungen und Entwicklungen auf. Untersucht werden typische Schadenschwerpunkte sowie besonders anfällige Gewerke und Bauteile. Darüber hinaus werden häufige Fehler von Planenden, Ausführenden und Nutzern sowie deren mögliche Folgen dargestellt. Ziel der Studie ist es, das Bewusstsein für Risiken bei der nachhaltigen Bestandssanierung zu schärfen und praxisnahe Ansätze zur Schadenvermeidung aufzuzeigen.

7.3.2 Neuartige Fluoreszenz als Indikator für Alterungsprozesse

Hintergrund

Seit einigen Jahren gewinnt bei der Bauwerksanalyse eine neue Methode an Bedeutung: die optische Bau-Forensik. Dabei werden optische Baustoffeigenschaften wie Fluoreszenz genutzt, um unsichtbare Spuren sichtbar zu machen. In meiner Dissertation habe ich am Beispiel Holz erforscht, wie sich Alterungsprozesse bereits in frühen Stadien durch einen Farbwechsel zeigen. Die Ergebnisse lassen sich auf andere Stoffe übertragen und bieten Potenzial für die Entwicklung neuer Analysemethoden.

Dr. Frank B. Peters

Was ist Floureszenz?

Mithilfe von Fluoreszenz lassen sich feinste Spuren und Veränderungen sichtbar machen. Die Polizei nutzt diese Eigenschaft, um an Tatorten zum Beispiel Blut, Speichel oder Urinspuren aufzuspüren und den Tathergang aufzuklären. Fluoreszenz ist unter anderem aus Diskotheken bekannt, wenn unter Schwarzlicht Zähne und Kleidung aufleuchten. Doch auch am Bau fluoreszieren viele Stoffe. Wird zum Beispiel Holz mit ultraviolettem Licht (UV-Licht) bestrahlt, so fluoresziert es ebenfalls, je nach Holzart in einer anderen Farbe. Bis vor einigen Jahren war das noch weitgehend unbekannt. Fluoreszenz galt auch unter Holzwissenschaftlern als Alleinstellungsmerkmal einiger weniger Holzarten. Dank besserer Lichtquellen und Filtertechnik ist heute jedoch bekannt, dass jedes Holz fluoresziert (Abbildung 01). Selbst reinste Cellulose, der Hauptbestandteil von Holz, fluoresziert relativ stark. Dabei dürfte sie dies nach der klassischen Fluoreszenztheorie eigentlich gar nicht.

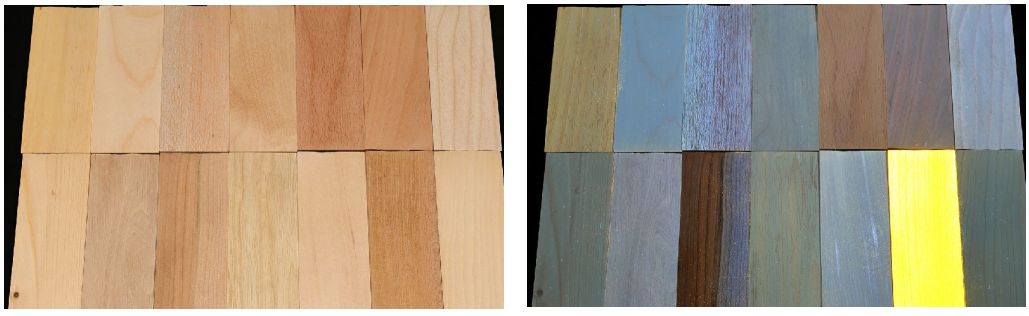


Abb. 01: Unterschiedliche Holzarten im Normalbild (links) und im UV-angeregten Fluoreszenzbild (rechts). Die starke Fluoreszenz von Robinie (unten, zweite Tafel v. r.) gilt als Alleinstellungsmerkmal, aber auch alle anderen Hölzer fluoreszieren. Nicht-fluoreszierende Gegenstände wären schwarz im Fluoreszenzbild. [Foto: Dr. F. B. Peters]

Warum fluoresziert Holz?

Cellulose weist eine Grundvoraussetzung für Fluoreszenz nicht auf: Nahezu alle klassischen nichtmineralischen Fluoreszenzstoffe beruhen auf konjugierten Doppelbindungssystemen, die eine Delokalisierung von Elektronen erlauben. Obwohl die Fluoreszenz von Cellulose bereits vor über 130 Jahren von Walter Noel Hartley beschrieben wurde[1], wurde sie seitdem immer wieder fluoreszierenden Verunreinigungen zugeschrieben und nicht als Eigenfluoreszenz anerkannt. Genau hier setzte meine Forschungsarbeit an. wAm Beispiel Holz habe ich gezeigt, dass diese scheinbar ungewöhnliche Fluoreszenz bestimmten Regeln folgt – und wie sich das für die Schadenfrüherkennung nutzen lässt.

In den 2010er-Jahren wurden zunehmend auch andere Stoffe bekannt, die ebenfalls nicht als klassische Fluoreszenzstoffe infrage kamen, aber dennoch fluoreszierten. Neben Cellulose gehören auch Stärke und Proteine dazu, ebenso wie viele synthetische Kunststoffe. Die Überraschung der Forschenden äußerte sich in Fachartikel-Überschriften wie »inexplicable« (= unerklärlich)[2], »non-conventional« (= unkonventionell)[3] und »fluorescence in nonfluorescent polymers« (= Fluoreszenz in nichtfluoreszierenden Materialien)[4]. Es wuchs die Erkenntnis, dass es sich um einen völlig neuen, bisher vernachlässigten Mechanismus handeln musste. Die Fluoreszenz wurde in diesen Stoffen nicht durch konjugierte Doppelbindungssysteme innerhalb des Moleküls, sondern durch Wechselwirkungen zwischen den Molekülen erzeugt. Die Fluoreszenz entstand also erst durch das Zusammenlagern (Clustering) der Moleküle. Folgerichtig wurde das Phänomen Clusterlumineszenz getauft.

Warum ist das wichtig?

Dieser neue Mechanismus verändert unser Grundverständnis der Fluoreszenz und damit auch die Art, wie wir Fluoreszenzänderungen interpretieren. Clusterlumineszenz folgt anderen Regeln als klassische Fluoreszenz. Ein Beispiel: Bei klassischer Fluoreszenz entsteht das Leuchten im Molekül. Wenn sich die Fluoreszenz also verändert, lässt sich daraus oft schlussfolgern, dass sich das Molekül verändert hat, beispielsweise durch chemische Zersetzung. Bei Clusterlumineszenz ist das nicht so. Eine Veränderung der Clusterlumineszenz sagt lediglich aus, dass sich die Wechselwirkungen zwischen den Molekülen verändert haben. Das kann zum Beispiel schon durch einfaches Lösen

1 Hartley, W. N.: Observations on the origin of colour and on fluorescence. Journal of the Chemical Society, Transactions (1893), Nr. 63, S. 243–256, DOI: 10.1039/CT8936300243

2 Tomalia, D. A.; Klajnert-Maculewicz, B.; Johnson, K. A.-M.; Brinkman, H. F.; Janaszewska, A.; Hedstrand, D. M.: Non-traditional intrinsic luminescence: inexplicable blue fluorescence observed for dendrimers, macromolecules and small molecular structures lacking traditional/conventional luminophores. Progress in Polymer Science 90 (2019), S. 35–117, DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2018.09.004

3 Ye, R.; Liu, Y.; Zhang, H.; Su, H.; Zhang, Y.; Xu, L.; Hu, R.; Kwok, R. T. K.; Wong, K. S.; Lam, J. W. Y.; Goddard, W. A.; Tang, B. Z.: Non-conventional fluorescent biogenic and synthetic polymers without aromatic rings. Polymer Chemistry 8 (2017), Nr. 10, S. 1722–1727, DOI: 10.1039/C7PY00154A

4 Chatterjee, D. P.; Pakhira, M.; Nandi, A. K.: Fluorescence in »Nonfluorescent« Polymers. ACS Omega, 5 (2020), Nr. 48, S. 30747–30766, DOI: 10.1021/acsomega.0c04700

von Stärke in Wasser geschehen. Die Clusterlumineszenz verschwindet in verdünnten Lösungen völlig, weil die Moleküle nicht mehr als Cluster, sondern voneinander getrennt vorliegen. Die Moleküle selbst können dabei jedoch völlig intakt bleiben.

Für die Bau-Forensik ist dieser Unterschied entscheidend. Denn optische Veränderungen sind nur dann diagnostisch brauchbar, wenn klar ist, was sie bedeuten. Verändert sich die Fluoreszenz eines Baustoffs, heißt das nicht zwangsläufig, dass seine Moleküle chemisch verändert sind. Bei Clusterlumineszenzstoffen kann bereits eine Veränderung der Wechselwirkungen genügen, um Farbe und Intensität des Leuchtens zu verändern.

Das Beispiel Holz

Dies zeigte sich eindrücklich in meinen Versuchen am Beispiel Holz. Drei sehr unterschiedliche Alterungs- und Abbauprozesse – Braunfäule, Weißfäule und Besonnung – führten zu erstaunlich ähnlichen Verschiebungen der Clusterlumineszenz. Das ist bemerkenswert, weil dabei keineswegs dieselben Holzbestandteile abgebaut werden. Chemisch gesehen ist Holz eine Mischung aus verschiedenen Stoffen: Cellulose, andere Kohlenhydrate und Lignin bilden die Hauptbestandteile. Besonnung mit UV-Licht zersetzt beispielsweise vor allem das Lignin[5], während der Braunfäulepilz *Serpula lacrymans* hauptsächlich Cellulose und andere Kohlenhydrate angreift. Der Weißfäulepilz *Trametes versicolor* wiederum baut alle Holzbestandteile einigermaßen gleichmäßig ab. Abbildung 02 zeigt exemplarisch eine Fichtenholzplatte, die von *Serpula lacrymans* befallen ist.

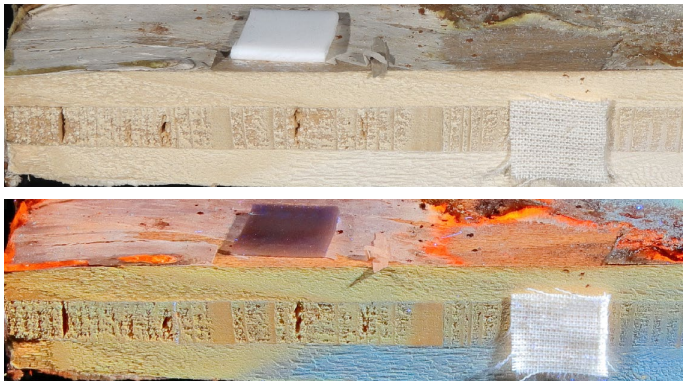


Abb. 02: Fichte-Dreischichtplatte, die vom Braunfäulepilz *Serpula lacrymans* befallen ist. Oben: Normalbild, unten: UV angeregtes Fluoreszenzbild. Die bereits vom Mycel durchwachsenen und teilweise abgebauten Bereiche fluoreszieren gelblich, während das unbefallene Holz (rechts unten) in tieferen Schichten grünlich-blau fluoresziert. [Foto: Dr. F. B. Peters]

5 Peters, F. B.; Rapp, A. O.: Wavelength-dependent photodegradation of wood and its effects on fluorescence. Holzforschung 76 (2021), Nr. 1, S. 60 – 67, DOI: 10.1515/hf-2021-0102

Würde man der klassischen Fluoreszenztheorie folgen, läge anhand der ähnlichen Fluoreszenzverschiebung die Vermutung nahe, dass bei allen drei Prozessen ähnliche Abbauprodukte entstehen. Tatsächlich bleibt die Suche nach einem solchen »fluoreszierenden Abbauprodukt« in vielen wissenschaftlichen Arbeiten bislang ungelöst, nicht nur bei Holz. Oft wird vermutet, dass die Abbauprozesse chemisch zu komplex sind, um die verantwortlichen Stoffe eindeutig zu identifizieren. Meine Ergebnisse deuten jedoch auf eine andere Möglichkeit hin: Vielleicht greift die Suche nach einem einzelnen fluoreszierenden Produkt grundsätzlich zu kurz. Vor dem Hintergrund der Clusterlumineszenz spricht vieles dafür, dass nicht einzelne neu entstandene Stoffe entscheidend sind, sondern die veränderten Wechselwirkungen zwischen vielen Bestandteilen.

Am Beispiel Holz bedeutet das: Die Interaktionen zwischen den Bestandteilen werden bei allen drei oben genannten Prozessen auf ähnliche Weise gestört. Obwohl unterschiedliche Stoffe abgebaut werden, handelt es sich in allen drei Fällen um oxidative Prozesse, bei denen zum Beispiel Carbonylgruppen gebildet werden. Diese sind bekannt dafür, intermolekulare Wechselwirkungen einzugehen, die für die Clusterbildung wichtig sind.

Die allgemeine Regel

Ausgehend von dieser Beobachtung habe ich in einer umfangreichen Literaturrecherche untersucht, ob sich solche Verschiebungen auch bei anderen Clusterlumineszenzstoffen finden. Tatsächlich zeigte sich ein ähnliches Muster in vielen sehr unterschiedlichen Materialien. Insbesondere für Proteine und viele synthetische Kunststoffe sind ähnliche Effekte dokumentiert. Alterungsprozesse, insbesondere oxidative Prozesse, verschieben die Clusterlumineszenz dabei häufig in Richtung längerer Wellenlängen, also zu wärmeren Farbtönen.[6]

Cellulose besitzt in ihrer reinsten Form beispielsweise eine Emission im blauen Bereich. Im Holz, wo sie mit vielen anderen Stoffen interagiert, lässt sich diese blaue Emission nicht mehr beobachten, sondern verschiebt sich in den grünlichen Bereich. Im besonnten Holz wird die Mischung noch heterogener – und die Emission verschiebt sich noch weiter bis ins Gelbliche, auch wenn die Cellulose nicht abgebaut wird. Dieselben Cellulosemoleküle tragen also zu unterschiedlichen Fluoreszenzfarben bei, je nach Ausprägung der zwischenmolekularen Interaktionen.

6 Peters, F. B.; Rapp, A. O.: A Wavelength Rule for the Analysis of Clusteroluminescence. Polymers 17 (2025), Nr. 14, Art.-Nr. 1908, DOI: 10.3390/polym17141908

Ausblick für die Bau-Forensik

Für die Praxis bedeutet das: Eine Rotverschiebung kann als Verdachtsmoment für oxidative Alterung gelesen werden – nicht nur bei Holz. Das Feld der baurelevanten Clusterlumineszenzstoffe ist groß. Außer in Holz und Holzwerkstoffen kommt Clusterlumineszenz in vielen Klebstoffen, Kunststoffen, Beschichtungen, Textilien, Dämmstoffen sowie in vielen biologischen Spuren und Bewüchsen vor. Schon jetzt wird die Fluoreszenz in der Bau-Forensik sehr erfolgreich genutzt, um unsichtbare Spuren sichtbar zu machen. Mit den neuen Erkenntnissen könnte es gelingen, Veränderungen in der Fluoreszenz nicht nur zu erkennen, sondern auch zielgerichteter zu interpretieren. Weitere Forschung sollte sich darauf konzentrieren, die beobachteten Wellenlängenverschiebungen zu quantifizieren, potenzielle Fehlerquellen zu identifizieren und konkrete Messmethoden zu erarbeiten.

Dr. Frank B. Peters ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Berufswissenschaften im Bauwesen der Leibniz Universität Hannover. Nach einer Tischlerlehre und einem Lehramtsstudium ist er seit 2020 in der Bau-Forensik aktiv, zunächst in Form von Abschlussarbeiten und Seminarangeboten, später auch mit Forschungsarbeit und Sachverständigentätigkeit. In seiner Doktorarbeit untersuchte er die Clusterlumineszenz von Holz. Er ist Mitautor des Schimmelpilz-Handbuchs und des BVS-Standpunkts Optische Bau-Forensik sowie Gründungsmitglied des Prüfungsausschusses Optische Bau- und Fahrzeug-Forensik.

7.3.3 Immersives VR-Training für Bewehrungsinspektionen und Multi-User-Interaktion in einer CAVE-Umgebung

Loreen Zeisberg

1 Einleitung

Die zunehmende Komplexität von Bauprojekten und der anhaltende Fachkräftemangel in der Bauwirtschaft erfordern innovative Schulungsansätze. Insbesondere Aufgaben der Qualitätssicherung, wie die Bewehrungsinspektion, sind zeitintensiv, fehleranfällig und erfordern hohe Präzision. Traditionelle Trainingsmethoden, zum Beispiel anhand realer Bauteile, stoßen hierbei an Grenzen: Sie sind organisatorisch aufwendig, schwer standardisierbar und nur eingeschränkt wiederholbar.[1]

Virtuelle Realitäten (VR) und Augmented Reality (AR) bieten die Möglichkeit, realitätsnahe Lernumgebungen zu schaffen, in denen komplexe Arbeitsprozesse risikofrei und wiederholbar trainiert werden können[2]. Die Arbeit untersucht, wie VR-Trainings die Lücke zwischen Theorie und Praxis auf Baustellen schließen können. Im Fokus stehen zwei VR-Demonstratoren: ein realistischer Simulator zur Bewehrungsprüfung und ein interaktives Multi-User-CAVE-System zur Förderung virtueller Teamarbeit. Ziel ist die Analyse ihres Potenzials zur Verbesserung des räumlichen Vorstellungsvermögens, der Fehlererkennung und der kollaborativen Entscheidungsfindung sowie die Ableitung von Empfehlungen für den Einsatz von VR-Trainings in der Baubranche.

2 Herausforderungen der Bewehrungsinspektion

Bewehrungsinspektionen sind zentrale Elemente der Bauaufsicht und entscheidend für die Qualität und Sicherheit von Bauprojekten. Die Herausforderungen umfassen:

- geometrisch komplexe Bauteile mit hoher Bewehrungsdichte,
- eingeschränkte Sichtbarkeit und Zugänglichkeit, zum Beispiel bei mehrlagiger Bewehrung,
- Fehleranfälligkeit bei visueller und manueller Prüfung,
- traditionelle Schulungen sind ressourcenintensiv und kaum skalierbar.

1 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020

2 Strojny, P. und Dużmańska-Misiarczyk, N.: Measuring the Effectiveness of Virtual Training: A Systematic Review. Computers & Education: X Reality, 2, Art.-Nr. 100006, 2023, DOI: 10.1016/j.cexr.2022.100006

Fehlende oder fehlerhafte Bewehrung kann zu erheblichen strukturellen Schäden führen, was auf lange Sicht kostspielige Nachbesserungen erforderlich macht.[3] Der Einsatz immersiver Technologien kann die Qualitätssicherung durch realistische Simulationen und wiederholbares Training unterstützen.

3 Immersive Lernansätze im Bauwesen

3.1 Grundlagen

Immersive Technologien wie Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), Augmented Virtuality (AV) und Extended Reality (XR) ermöglichen die Interaktion mit computergenerierten Umgebungen und eröffnen damit neue Möglichkeiten für das Lernen und die Ausbildung.[4] VR schafft vollständig digitale, immersive Umgebungen, in die Nutzer eintauchen können. AR und AV hingegen überlagern digitale Informationen mit der realen Welt, wodurch eine erweiterte Wahrnehmung der Umgebung entsteht. XR dient als Oberbegriff für alle Formen erweiterter Realität und vereint die jeweiligen Vorteile der Technologien. Durch die Kombination von realistischer 3D-Visualisierung, interaktiven Elementen und Gamification-Ansätzen lassen sich kognitive Fähigkeiten, räumliche Vorstellungskraft und die Fähigkeit zur Fehlererkennung signifikant verbessern, was insbesondere für praxisnahe Lern- und Trainingssituationen im Bauwesen von hoher Relevanz ist.[5]

3.2 Potenzial für Ausbildung und Praxis

Immersive Lernformate bieten ein erhebliches Potenzial für Ausbildung und Praxis im Bauwesen. Virtuelle Szenarien ermöglichen ein risikofreies Training, da Gefahren am realen Bauplatz vermieden werden können, gleichzeitig lassen sich komplexe Arbeitsschritte unter kontrollierten Bedingungen wiederholt üben. Diese Szenarien sind flexibel einsetzbar, da sie unabhängig von äußeren Faktoren wie Wetterbedingungen genutzt werden können, und erlauben zudem eine standardisierte Vermittlung von Inhalten. Die Integration von Gamification-Elementen steigert Motivation, Aufmerksamkeit und Engagement der Lernenden, indem typische Spielmechanismen wie Punkte, Levels oder Wettbewerbe das Lernen spielerisch unterstützen. Ein besonderer Vorteil bietet das CAVE-System, eine Mehrbenutzer-Umgebung, die die interaktive Teamarbeit fördert und es mehreren Nutzern ermöglicht, gemeinsam in einer virtuellen Umgebung zu agieren und zu kom-

3 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020; Strojny, P. und Dużmańska-Misiarczyk, N.: Measuring the Effectiveness of Virtual Training: A Systematic Review. Computers & Education: X Reality, 2, Art.-Nr. 100006, 2023, DOI: 10.1016/j.cexr.2022.100006

4 Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. und Jung, B. (Hrsg.): Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg, 2019, DOI: 10.1007/978-3-662-58861-1

5 Kesim, M., und Ozarslan, Y.: Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education. Procedia – Social and Behavioral Sciences, Cyprus International Conference on Educational Research (CY-ICER-2012) North Cyprus, 2012, Bd. 47 Amsterdam: Elsevier, 2012, S. 297 – 302, DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.654

munizieren. Metaanalysen belegen, dass immersive Lernformate insbesondere für prozedurales Wissen und komplexe Lernaufgaben überlegen sind, da sie räumliches Vorstellungsvermögen, Fehlererkennung und Handlungsabläufe effektiv trainieren können.[6]

4 VR-Demonstratoren

4.1 VR-Training für Bewehrungsinspektionen

Ziel: Praktische Schulung zur Identifikation und Dokumentation von Bewehrungsfehlern.

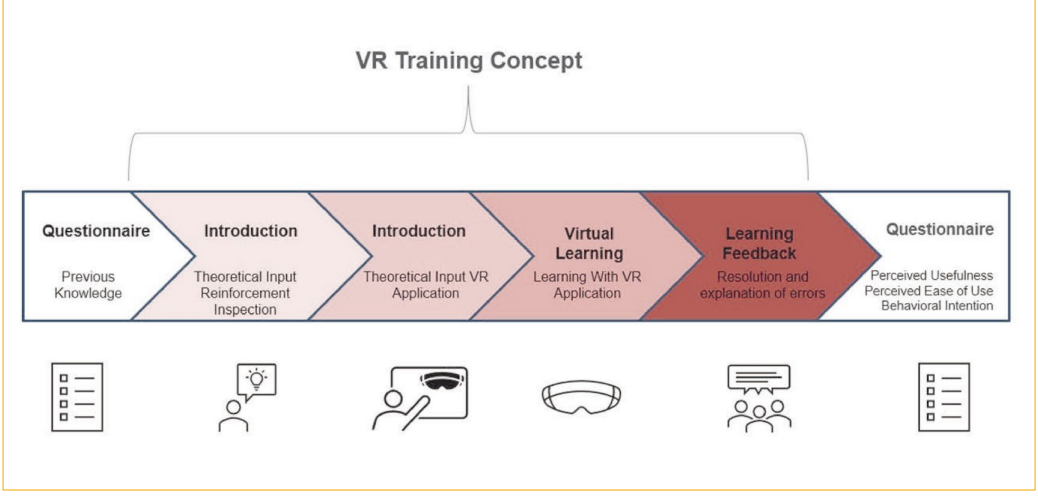


Abb. 01: Trainingskonzept VR-Schulung [Quelle: Kreuzhofen[7], eigene Darstellung]

Die beiden VR-Demonstratoren bilden das Kernstück dieser Studie und fokussieren auf praxisnahe Schulungen im Bereich der Bewehrungsinspektion. Der erste Demonstrator, das immersive Training zur Bewehrungsinspektion, wurde entwickelt, um die Identifikation und Dokumentation von Fehlern in der Bewehrung realistisch zu simulieren. Grundlage bilden reale Baupläne sowie relevante Normen wie DIN 488, DIN 4099 und Eurocode 2, die in das Modell integriert wurden, um eine technisch fundierte Bewertung zu ermöglichen. Dabei wurden die 3D-Modelle gezielt vereinfacht, sodass nur die bewehrungsrelevanten Elemente detailliert dargestellt sind. Absichtlich eingebaute Fehler, wie fehlende Abstände oder falsche Biegelängen, zwingen die Lernenden, aktiv zu prüfen und zu entscheiden.

6 Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. und Davis, T. J.: Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. Computers & Education (2014), Nr. 70, S. 29 – 40, DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033

7 Kreuzhofen, F.: Virtuelle und Erweiterte Realität in der Schulung der Bewehrungsabnahme (nicht veröffentlichte Bachelorthesis). Jade Hochschule Oldenburg. (2025)

Die Nutzung von Meta Quest 3 und VR-CAVE-Systemen ermöglicht eine immersive Darstellung, ergänzt durch interaktive Werkzeuge wie virtuelle Lineale oder digitale Pläne, die innerhalb der VR-Umgebung abrufbar sind. Das Trainingsszenario beginnt mit einer Einführung, gefolgt von der Inspektion und der Identifikation von Fehlern, und endet mit einer Reflexion der Ergebnisse. Die Vorteile liegen klar in der sicheren und wiederholbaren Durchführung, der Förderung räumlicher Vorstellungskraft sowie der aktiven Fehlererkennung.[8]

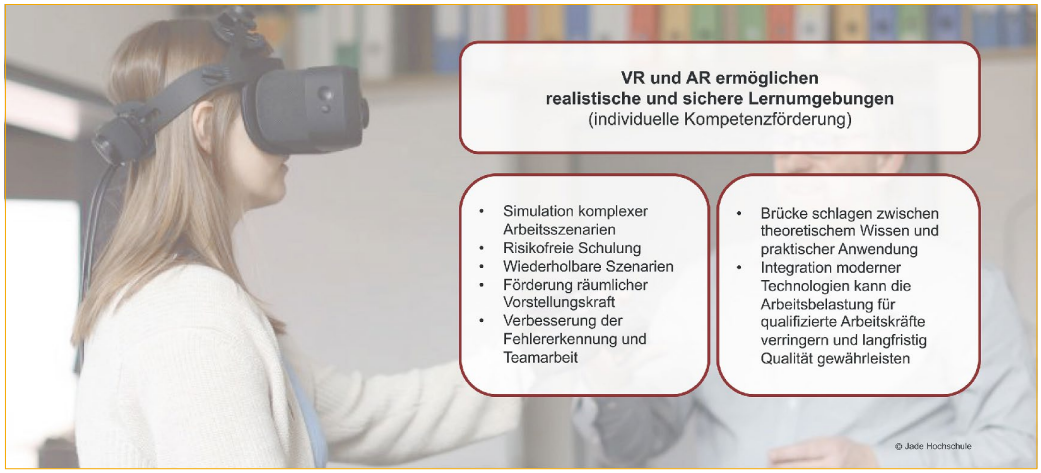


Abb. 02: Vorteile von VR- und AR-Lernumgebungen [Quelle: Jade Hochschule – IDoK, eigene Darstellung]

Vorteile: Sicheres, wiederholbares Training, Verbesserung der räumlichen Wahrnehmung und aktiven Fehlererkennung

4.2 Multi-User-Interaktion in einer CAVE-Umgebung

Ziel: Spielerische Vermittlung digitaler Kompetenzen und VR-Interaktion

Der zweite Demonstrator, Multi-User-Interaktionen in einer CAVE-Umgebung, verfolgt einen spielerischen Ansatz, um digitale Kompetenzen und VR-Interaktion zu vermitteln. Das Multi-User-CAVE-System ermöglicht mehreren Nutzern gleichzeitig, stereoskopisch projizierte 3D-Umgebungen zu betreten und Aufgaben sowohl in der virtuellen als auch in der realen Welt zu lösen. Die Escape-Game-Mechanik motiviert die Teilnehmenden durch Zeitdruck, Zielorientierung und interaktive Problemlösungsaufgaben, während sie

8 Kreuzhofen, F.: Virtuelle und Erweiterte Realität in der Schulung der Bewehrungsabnahme. Bachelorarbeit, Jade Hochschule Oldenburg, 2025

Teamarbeit und interdisziplinäre Zusammenarbeit fördern. Technische Grundlagen wie Mixed Reality, 3D-Modelle und sensorbasierte Positionierungssysteme werden praxisnah angewendet, wodurch die Lernenden sowohl ihre technologischen Fähigkeiten als auch die Fähigkeit zur kollaborativen Entscheidungsfindung erweitern. Der Demonstrator zeichnet sich durch eine niedrige Einstiegshürde aus und steigert Motivation, Engagement und die Bereitschaft zur aktiven Teilnahme an komplexen Aufgaben.

Vorteile: Niedrige Einstiegshürde, hoher Motivationsfaktor, Förderung kollaborativer Entscheidungsprozesse

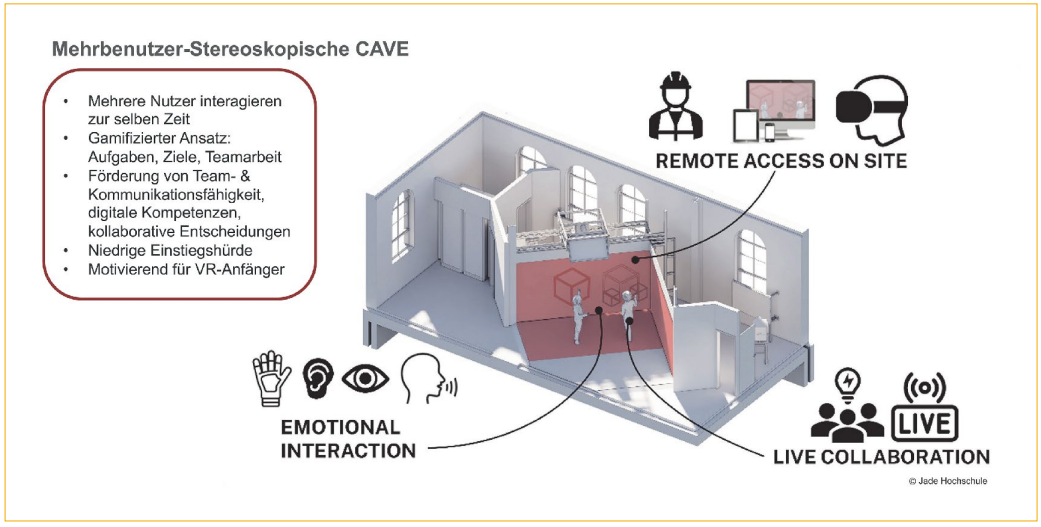


Abb. 03: Mixed Reality CAVE (VR CAVE) [Quelle: Jade Hochschule – IDoK, eigene Darstellung]

Zusammenfassend zeigen beide VR-Demonstratoren unterschiedliche, aber komplementäre Ansätze: Während das VR-Training für Bewehrungsinspektionen gezielt fachliche Kompetenzen und Fehlererkennung in realitätsnahen Szenarien stärkt, fördern die Multi-User-Interaktionen in einer CAVE-Umgebung die sozialen und digitalen Kompetenzen in einer kooperativen Umgebung. Beide Ansätze verdeutlichen das Potenzial von VR-Technologien, die Ausbildung im Bauwesen praxisnah, sicher und motivierend zu gestalten.

5 Evaluation und Ergebnisse

5.1 VR-Training für Bewehrungsinspektionen

Die Evaluation der beiden Demonstratoren erfolgte differenziert und zielte darauf ab, sowohl die Nutzbarkeit als auch die Lerneffekte zu erfassen. Für das immersive Training

zur Bewehrungsinspektion wurden zwei Teilnehmergruppen herangezogen: Studierende sowie erfahrene Fachleute aus dem Bauwesen. Die Befragung erfolgte mittels strukturierter Fragebögen, die drei zentrale Dimensionen abdeckten: wahrgenommene Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit der Anwendungen und die Bereitschaft, VR-gestütztes Training zukünftig zu nutzen. Ergänzend wurden qualitative Beobachtungen während der Nutzung durchgeführt, um das Verhalten der Teilnehmenden bei der Interaktion mit den virtuellen Werkzeugen und Modellen besser einordnen zu können.

Die Ergebnisse zeigten, dass die 3D-Darstellung der Bewehrung und die realistische Simulation der Inspektionsaufgaben die räumliche Vorstellungskraft der Lernenden deutlich verbesserten. Die Integration von absichtlich eingebauten Fehlern motivierte die Teilnehmenden, aktiv zu prüfen und Entscheidungen zu treffen, wodurch die Fehlererkennung geschult wurde. Kritikpunkte betrafen insbesondere die Steuerung im CAVE-System, die teils als intuitiv wahrgenommen wurde, sowie die schwer lesbaren kleinen Pläne innerhalb der VR-Umgebung. Trotz dieser Einschränkungen zeigten sowohl Studierende als auch Experten eine hohe Akzeptanz und Bereitschaft, VR-gestütztes Training in Zukunft zu nutzen.

5.2 Multi-User-Interaktion in einer CAVE-Umgebung

Für die Multi-User-Interaktion in einer CAVE-Umgebung lag der Fokus auf der Erfassung von Teamarbeit, Problemlösungsverhalten und der Motivation durch Gamification. Die Teilnehmer konnten intuitiv in die immersive Umgebung eintreten und Aufgaben sowohl in der virtuellen als auch der realen Welt lösen. Die spielerische Einbettung der Aufgaben förderte die Zusammenarbeit, erhöhte das Engagement und motivierte zur aktiven Teilnahme. Besonders hervorzuheben ist die niedrige Einstiegshürde, die es auch Personen ohne Vorerfahrung ermöglichte, die VR-Anwendung effektiv zu nutzen.

Zusammenfassend verdeutlicht die Evaluation, dass beide Demonstratoren ihre Zielsetzungen erreichen: Das immersive Training stärkt fachliche Kompetenzen, insbesondere die Fehlererkennung und räumliche Vorstellungskraft, während das Escape Game soziale Kompetenzen, Teamarbeit und digitale Fähigkeiten fördert. Gleichzeitig liefern die Ergebnisse Hinweise für Optimierungen, etwa hinsichtlich Steuerung, Lesbarkeit von Plänen und didaktischer Einbindung, um die Effektivität und Akzeptanz der VR-gestützten Trainingsformate weiter zu erhöhen.

5.3 Vergleich der Demonstratoren

Merkmal	VR-Training für Bewehrungsinspektionen	Multi-User-Interaktion in einer CAVE-Umgebung
Fokus	technische Skills, Fehlererkennung	Teamarbeit, digitale Kompetenzen
Lernansatz	individuell, realitätsnah	gamifiziert, kollaborativ
Vorteil	realistische Simulation, Wiederholbarkeit	Motivation, Zugänglichkeit, Zusammenarbeit
Limitation	Steuerung, CAVE-Komplexität	weniger Fokus auf technische Details

Abb. 04: Vergleich der Demonstratoren [Quelle: Kreuzhofen[9], eigene Darstellung]

6 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Studie unterstreichen die Relevanz von VR-basierten Trainingsumgebungen für die praxisnahe Ausbildung im Bauwesen. Das immersive VR-Training zur Bewehrungsinspektion konnte die präzise Erfassung und Bewertung von Bewehrungselementen realitätsnah simulieren, wodurch die räumliche Vorstellungskraft der Lernenden gefördert und die Fehlererkennung gezielt trainiert wurde. Durch die Integration typischer Fehler und praxisnaher Inspektionsaufgaben erhielten die Teilnehmenden die Möglichkeit, theoretisches Wissen unmittelbar anzuwenden, ohne Sicherheitsrisiken oder organisatorische Einschränkungen realer Baustellen.

Die Multi-User-Interaktion in einer CAVE-Umgebung zeigte hingegen die Stärken von spielerischem Lernen und Teamarbeit. Die Multi-User-Umgebung ermöglichte die Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachrichtungen in einer interaktiven, virtuellen Welt, wobei die Gamification-Elemente wie Zeitdruck, Zielorientierung und aufgabenbasierte Herausforderungen die Motivation und das Engagement der Teilnehmenden deutlich steigerten. Die Evaluation zeigte, dass auch Nutzer ohne vorherige VR-Erfahrung die Aufgaben intuitiv bearbeiten konnten, wodurch die Einstiegshürde gering und die Akzeptanz hoch war.

Insgesamt verdeutlichen die Demonstratoren die komplementären Vorteile immersiver Lernformate: Das VR-Training eignet sich besonders für die individuelle Vermittlung technischer Fertigkeiten, während die Multi-User-Interaktion in einer CAVE-Umgebung soziale Kompetenzen, Teamarbeit und digitale Fähigkeiten stärkt. Beide Ansätze zeigen das Potenzial, traditionelle Ausbildungsmethoden zu ergänzen, indem sie orts- und zeitunabhängiges, sicheres Lernen ermöglichen, Lerninhalte realistisch und motivierend aufbereiten und die Effizienz der Qualifikation steigern.

9 Kreuzhofen, F.: Virtuelle und Erweiterte Realität in der Schulung der Bewehrungsabnahme (nichtveröffentlichte Bachelorthesis). Jade Hochschule Oldenburg. (2025)

Für die Zukunft lassen sich mehrere Empfehlungen ableiten: Zunächst sollten die Trainingsszenarien in erweiterten Feldstudien mit größeren Teilnehmergruppen validiert werden, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu sichern. Zudem ist eine Weiterentwicklung realistischer Modelle, benutzerfreundlicher Steuerungssysteme und die Integration in bestehende Ausbildungs- und didaktische Strukturen sinnvoll. Auch die internationale Adaptation der VR-Szenarien für unterschiedliche Normen, Bauweisen und Ausbildungssysteme eröffnet Potenziale für grenzüberschreitende Anwendung. Langfristig können VR- und AR-Technologien dazu beitragen, das Bauwesen für Nachwuchskräfte attraktiver zu gestalten, praxisnahe Kompetenzen effizient zu vermitteln und somit einen Beitrag zur Bewältigung des Fachkräftemangels zu leisten.

Loreen Zeisberg ist Promotionsstipendiatin und beschäftigt sich mit digitalen Lernformaten sowie bedarfsgerechten Qualifikationsstrategien. Ihre Ausbildung in Architektur bildet die Basis, ergänzt durch Erfahrungen in digitalen Planungsprozessen, neuen Technologien und Wissensvermittlung. Komplexe Inhalte bereitet sie praxisnah auf, unter Nutzung von digitalen Formaten, Gamification oder AR/VR. Eine interdisziplinäre Arbeitsweise fördert effiziente, zukunftsorientierte Lösungen. Effizienz, Lernbereitschaft und Kreativität prägen ihr Handeln.

7.3.4 Die Zukunft der Wärmespeicherung: innovative Deckenpaneele für die Energiewende

FOTO: FOTOSTUDIO »DIE FOTOGRAFEN«

Stefanie Hennig

Das Problem: Gebäude verlieren Energie und verursachen hohe CO_2-Emissionen

Etwa drei Viertel der Gebäude in Europa gelten als energetisch ineffizient.[1] Dabei entfallen über 30 Prozent des gesamten Primärenergieverbrauchs und 36 Prozent der CO_2-Emissionen auf den Gebäudesektor, wobei ein erheblicher Anteil auf Heizung und Kühlung zurückzuführen ist.[2] Laut einer Analyse von Purpose Green gehörten 2025 fast zwei Drittel der bundesweiten Wohnimmobilien den Effizienzklassen E-H an.[3]

Gleichzeitig liegt die jährliche Sanierungsrate in den EU-Staaten bei rund einem Prozent.[4] Das muss sich ändern: Im Rahmen der EU-Klimaziele und der überarbeiteten Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) sind die Mitgliedstaaten deshalb verpflichtet, den Gebäudebestand schrittweise zu verbessern: Insbesondere die energetisch schlechtesten Gebäude sollen bis 2030/2033 Mindeststandards erreichen, während langfristig ein nahezu klimaneutraler Bestand bis 2050 angestrebt wird.[5]

Während Neubauten bereits streng reguliert sind und häufig moderne Gebäudetechnik wie Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen integrieren, besteht in Bestandsimmobilien ein erheblicher Bedarf an Lösungen für die Nachrüstung. Diese sollen ohne tiefgreifende Eingriffe, das heißt minimalinvasiv, umgesetzt werden können. Hier setzt das im August 2025 von Dr. Felix Marske (CEO), Eric Matthes, M.Sc (CTO) und Dominik L. Schreiber, LL.M. (CFO) gegründete Start-up Nanolope an, das minimalinvasive Wärmespeicher-Lösungen entwickelt. Aus der niedrigen Sanierungsrate und dem Regulationsdruck ergibt sich für das Berliner Energie-Start-up ein strukturell attraktiver Markt für energetische Gebäudesanierungen.

1 Europäische Union: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (bis 2026). https://eur-lex.europa.eu/DE/legal-content/summary/energy-performance-of-buildings-until-2026.html [abgerufen am: 22.04.2026]

2 European Commission: In focus: Energy efficiency in buildings. https://commission.europa.eu/news-and-media/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en [abgerufen am: 23.04.2026]

3 Purpose Green: Bundesweite Immobilienanalyse 2025: Jedes zweite Gebäude verbraucht zu viel Energie. https://www.purpose-green.com/article/bundesweite-immobilienanalyse-2025-jedes-zweite-gebaude-verbraucht-zu-viel-energie/ [abgerufen am: 22.04.2026]

4 Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG): Sanierungsquote. https://buveg.de/sanierungsquote [abgerufen am: 22.04.2026]

5 Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR): EU-Gebäuderichtlinie (EPBD). GEG-Infoportal. https://www.bbsr-geg.bund.de/GEGPortal/DE/ErgaenzendeRegelungen/EPBD/epbd_node.html [abgerufen am: 23.04.2026]

Ein zentraler Faktor ist hier auch die technische und wirtschaftliche Komplexität klassischer Sanierungsmaßnahmen – wie der Einbau neuer Fenster oder eine bessere Dämmung. Viele Gebäude können nicht ohne erhebliche Eingriffe umfassend modernisiert werden, etwa aufgrund von Kostenrestriktionen, baulichen Gegebenheiten (zum Beispiel hohen Decken im Altbau, fehlender Unterkellerung, schwierigen Bauanschlüssen, Denkmalschutz) oder Nutzungseinschränkungen während der Sanierungsmaßnahmen.

Das Potenzial: minimalinvasive Sanierungsmaßnahmen im gewerblichen Gebäudebestand

Hier entstehen Marktchancen für Lösungen, die mit geringem Eingriff in die Gebäudestruktur implementiert werden können und dennoch einen messbaren energetischen Effekt erzielen. Innerhalb des Bestandsmarkts zeigt sich zudem, dass gewerblich genutzte Immobilien ein besonders hohes Potenzial für den Einsatz von wärmespeichernden Deckenpaneelen aufweisen. Gewerbeimmobilien wie Büro- und Verwaltungsgebäude, Bildungseinrichtungen, Einzelhandelsflächen oder die Gastronomie und Hotellerie zeichnen sich durch hohe interne Wärmelasten aus. Diese entstehen durch die Wärmeabstrahlung von Menschen, elektronischen Geräten (zum Beispiel Computer, Kaffeemaschinen) und der Beleuchtung sowie durch die Sonneneinstrahlung bei Gebäuden mit großen Glasflächen. Gleichzeitig bestehen häufig definierte Nutzungsprofile, etwa typische Bürozeiten, Mittagspausen oder spezifische An- und Abreisezeiten, die zu wiederkehrenden thermischen Lastspitzen führen.

Insbesondere in den Sommermonaten führt das zu einer zunehmenden Überhitzung. Das Umweltbundesamt zeigt in einer Studie zum sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden, dass steigende Außentemperaturen und häufigere Hitzeperioden zu einer signifikanten Verschlechterung des Raumklimas führen[6]. Das kann sich negativ auf die Aufenthaltsqualität für Kunden, Gäste oder Mitarbeiter auswirken sowie zu negativen Nutzungserfahrungen und krankheitsbedingten Ausfällen führen. Ein schlechtes Raumklima stellt somit ein potenzielles wirtschaftliches Risiko dar.

Die Lösung: wärmespeichernde Deckenpaneele

Sanierungen sind jedoch häufig teuer und aufwendig. Wohnungsunternehmen, Vermieter etc. müssen dafür in Vorleistung gehen, profitieren aber gleichzeitig nicht von den Einsparungen. Sie dürfen gemäß § 559 BGB lediglich 8 Prozent der Modernisierungskosten der jeweiligen Wohnung jährlich auf ihre Mieterschaft umlegen, was Sanierungsmaßnahmen häufig ausbremst (Vermieter-Mieter-Dilemma).[7]

6 Umweltbundesamt (Hrsg.): Kühle Gebäude im Sommer. Anforderungen und Methoden des sommerlichen Wärmeschutzes. Abschlussbericht. CLIMATE CHANGE 14/2023. www.umweltbundesamt.de/publikationen/kuehle-gebaeude-im-sommer-0 [abgerufen am: 23.04.2026]

7 Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz: Bürgerliches Gesetzbuch (BGB). § 559 Mieterhöhung nach Modernisierungsmaßnahmen. Gesetzestexte. https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/__559.html [abgerufen am: 23.04.2026]

Um die Hürden möglichst gering zu halten, hat das Team von Nanolope eine minimalinvasive Lösung in Form wärmespeichernder Paneele entwickelt, die einfach und nachträglich in Bestandsimmobilien integriert werden können. Die Deckenpaneele bestehen aus einem biobasierten, festen Verbundmaterial aus Phasenwechselmaterialien (Phase Change Materials, kurz PCM) und einer nanoporösen Silikatmatrix, und weisen eine ähnliche mechanische Stabilität wie Gipsplatten auf. Dadurch lassen sie sich einfach bearbeiten (zum Beispiel bohren und verschrauben) sowie flexibel an der Decke von Bestandswohnungen nachrüsten – entweder abgehängt, geklebt oder als Ersatz für bestehende Deckenmaterialien. Das flüssige PCM wird in der nanoporösen Silikatmatrix am Austritt gehindert und nimmt ab einer vorab definierten und eingestellten Temperatur (zum Beispiel 21 °C) überschüssige Wärme auf (passive Kühlung). Bei Unterschreiten der Temperatur gibt es diese zeitversetzt wieder an den Raum ab (passive Heizung).

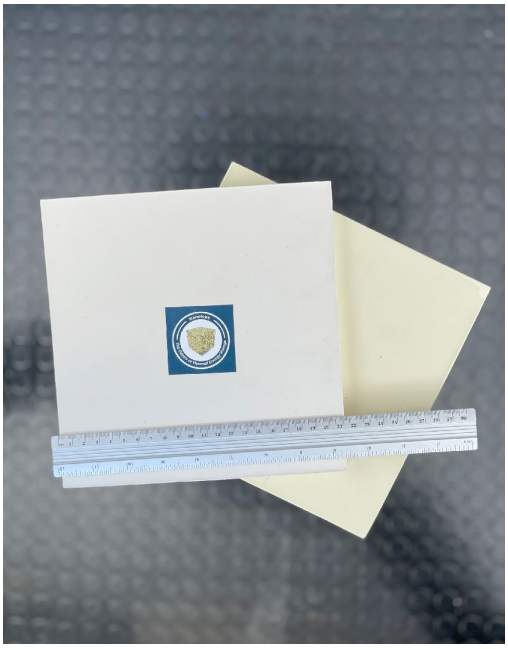


Abb. 01: Nanolope PCM-Deckenpaneel [Nanolope GmbH]

Das innovative Baumaterial geht auf Dr. Felix Marske (CEO von Nanolope) zurück (siehe Abb. 01). Er hat im Rahmen seiner Doktorarbeit an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg die ersten formstabilisierten Phasenwechselmaterialien als Latentwärmespeicher mit einer hohen mechanischen Stabilität und Wärmespeicherkapazität entwickelt. Ziel war es, diese im Gebäudesektor, in der Photovoltaik, in der Elektronik und in Warmwasserspeichern einzusetzen.

Anders als bisherige PCM-Lösungen sorgen bei den Nanolope PCM ein nanoskopisch kleines Silikatgerüst und starke Kapillarkräfte dafür, dass das beim Schmelzen flüssig gewordene Phasenwechselmaterial formstabil bleibt und nicht ausläuft. Der Phasenwechsel ist von außen nicht erkennbar und das Material bleibt mechanisch stabil.

Dr. Felix Marske konnte dabei ein weiteres, zentrales Problem bisheriger PCMs lösen: Während in den Produkten anderer Hersteller lediglich 3 bis 10 Gewichtsprozent an Phasenwechselmaterialien enthalten waren, sind bei den Deckenpaneelen von Nanolope 85 Gewichtsprozent integriert. Das führt zu einer rund 10- bis 24-fach höheren Wärmespeicherkapazität als bei Gipsplatten mit bzw. ohne PCM.

Gleichzeitig entwickelt das Team von Nanolope die Paneele nach den 12 Prinzipien der Grünen Chemie, das heißt

- es kommen weder giftige Chemikalien noch seltene Erden zum Einsatz,
- die Deckenpaneele werden aus nachwachsenden Rohstoffen aus der EU gefertigt und
- sie sind zu 90 Prozent recycelbar.

Um zukunftsfähig zu bleiben und sich von volatilen Energiepreisen und -krisen unabhängig zu machen, lassen sich die PCM-basierten Deckenpaneele mit Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen kombinieren, um Energie bzw. Wärme zwischenzuspeichern (thermische Energiespeicherung, Power-to-Heat). Das ermöglicht eine bedarfsgerechte Energieproduktion und -nutzung. Abb. 02 zeigt die Anwendung der Deckenpaneele als passives (links) und aktives Heiz- und Kühlsystem (rechts).

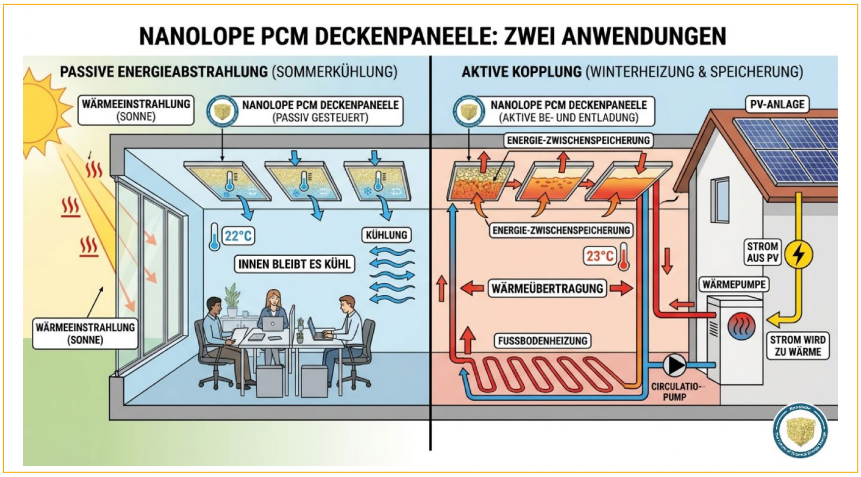


Abb. 02: Die Deckenpaneele dient als passives Heiz- und Kühlsystem (linke Seite), kann aber auch mit Photovoltaikanlage und Wärmepumpe kombiniert als aktive Heiz- und Kühllösung genutzt werden. [Grafik: KI-generierte Darstellung, Nanolope GmbH]

Bei Investitionskosten von 9.000 Euro für die Deckenpaneele in einer 100-Quadratmeter-Wohnung amortisieren sich die Kosten innerhalb von 9 Jahren. Sie sind dadurch deutlich günstiger als vergleichbare Lösungen und sparen bis zu 50 Prozent an Heiz- und Kühlkosten. Hinzu kommt, dass die Deckenpaneele mindestens 70 Jahre haltbar sind, ohne an Effizienz und Stabilität einzubüßen.

Nächste Schritte, um die Energie- und Wärmewende im Bestand voranzutreiben

Da Gebäude nach unterschiedlichen Standards gebaut sind, zum Beispiel nach dem Zweiten Weltkrieg oder in den 1920er-Jahren, muss jedes Gebäude im Einzelfall analysiert werden. Lösungen von der Stange, wie sie häufig bei Photovoltaikanlagen oder Wärmepumpen angeboten werden, sind hier nicht immer die optimale Wahl. Das Team von Nanolope entwickelt die wärmespeichernden Deckenpaneele deshalb maßgeschneidert für die Bedürfnisse und den Bedarf jedes Kunden und Gebäudes.

Um möglichst verschiedene Anwendungsfälle und Gebäudetypen zu adressieren, startet Nanolope 2026 nach der Produktionsskalierung die ersten von 15 bezahlten Pilotprojekte. Hier werden Use Cases wie ein Überhitzungsschutz im Treppenhaus, verschiedene Arten der Installation (Paneele werden geklebt oder unter die Decke gehängt) und verschiedene Installationsorte dazu genutzt, um die Lösungen an realen Einsatzorten zu integrieren und deren Wirkweise zu validieren. Zudem werden weitere Anwendungsfälle für die PCM-Materialien, zum Beispiel in der Wand oder im Fußboden, in Kombination mit Photovoltaik, Wärmepumpen und Fußbodenheizungen getestet.

Neben der Produktionsskalierung und dem Start der Pilotprojekte fließt das in einer Pre-Seed-Runde eingeworbene Investoren- und Förderkapital – unter anderem vom B#-Fonds der IBB Ventures[8] – auch in den Team- und Markenaufbau. Ziel ist es, die Sichtbarkeit von Nanolope zu erhöhen und den Austausch mit Immobilienunternehmen gezielt zu stärken. Aktuell sucht das Team von Nanolope nach Pilotkunden im Gewerbeimmobilienbereich, da hierin besonders großes Potenzial für die Reduktion des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen sowie für die Optimierung des Raumklimas gesehen wird.

Fazit

Die Wärmewende wird im Gebäudebestand entschieden, der ein zentrales Hebelpotenzial zur Senkung von Energieverbrauch, Kosten und CO_2-Emissionen darstellt. Nanolope entwickelt hierfür eine hocheffiziente, kosteneffektive und ressourcenschonende Lösung zur thermischen Energiespeicherung in Bestandsgebäuden.

8 Vgl. Investitionsbank Berlin: https://www.ibb.de/de/foerderprogramme/vc-pre-seed-fonds.html [abgerufen am: 30.04.2026]

Das Berliner Energie-Start-up ermöglicht Immobilienbetreibern damit eine skalierbare, minimalinvasive Sanierungsoption, die sich ohne tiefgreifende Eingriffe in bestehende Strukturen integrieren lässt.

Stefanie Hennig ist seit Januar 2026 als Head of Marketing für die Nanolope GmbH tätig. Nach 20 Jahren im Content-, Projekt- und Prozessmanagement hat sie sich mit ihrem Master »Zukunftsforschung« an der FU Berlin und als Autorin auf nachhaltige Stadtplanung und Mobilität spezialisiert. Bei Nanolope verantwortet sie deshalb neben Marketing und PR auch das Thema Nachhaltigkeit. Die Nanolope GmbH wurde im August 2025 als Spin-off der TU Berlin gegründet und ist EXIST-gefördert. Dr. Felix Marske (CEO) hält als Erfinder von Nanolope PCM drei Patente und hat mit Eric Matthes (CTO, vormals Fraunhofer CSP) mehrere Awards gewonnen, unter anderem den Hugo-Junkers-Preis. Dominik L. Schreiber (CFO) ergänzt das Gründerteam als Serial Entrepreneur mit erstem Exit in der Bauwirtschaft. Das Start-up beschäftigt acht Mitarbeiter und will durch thermische Energiespeichersysteme aus formstabilen Phasenwechselmaterialien energieeffizientere Heiz- und Kühllösungen schaffen.

8 PERSPEKTIVE

Die Zukunft des Bauens entscheidet sich insbesondere an der Schnittstelle von Ressourceneffizienz, Dekarbonisierung und digitaler Transformation! Mit diesem nun vorliegenden, siebten Bauschadenbericht richten wir unseren Fokus auf die Evolution der Baustoffe und stellen Fragen in den Mittelpunkt wie: Welche innovativen Materialien brauchen wir im Zusammenhang mit Klimawandel und Zukunftsfähigkeit? Was macht der technische Fortschritt möglich? Wie sieht ein konkretes Leistungsprofil aus? Im Zentrum steht dabei die Materialinnovation als Schlüssel zur CO_2-Reduktion und zirkulären Wertschöpfung.

Gerade vor dem Hintergrund aktueller makroökonomischer Herausforderungen wird deutlich: Wir befinden uns mitten in einer umfassenden Wirtschaftswende, die ein grundsätzliches Umdenken erfordert. Zukunftsfähiges, nachhaltiges Bauen lässt sich nur noch bedingt mit den Rezepten der Vergangenheit realisieren. Gemeinsam mit einer Vielzahl von Partnern beleuchten wir den Paradigmenwechsel der Baubranche aus unterschiedlichen Blickwinkeln – mit Mut zu neuen Wegen, aber auch einem analytischen Blick in die Vergangenheit und Gegenwart, mit der gebotenen kritischen Auseinandersetzung und objektiven Beurteilung möglicher Risiken, auch – aber nicht nur – im Zusammenhang mit innovativen Materialansätzen.

Entgegen der aktuellen wirtschaftlichen Skepsis zieht dieser Bericht ein betont optimistisches Fazit: Die Baubranche beweist beim Umgang mit den regulatorischen und technischen Hürden neuer Baustoffe eine enorme Innovationskraft. Dass ökologische Nachhaltigkeit und verlässliche Bauschadenprävention keine Gegensätze sind, untermauern die zahlreichen herausragenden Praxisbeispiele für optimierte Materialien, zirkuläre Prozesse und smarte, digitale Produktlösungen. Diese gelebte Innovationskraft bricht mit alten Denkmustern und eröffnet unserer Branche eine durchaus positive, zukunftsgewandte Perspektive.

Ein Blick zurück auf die Schwerpunkte der Bauschadenberichte seit 2019 verdeutlicht, dass uns die fundamentalen Rahmenbedingungen des Bauens weiterhin intensiv beschäftigen. Allerdings stehen die Faktoren Ressourcenknappheit, graue Energie und Materialverfügbarkeit heute unter einem ganz neuen Fokus. Wer heute ressourceneffizient bauen will, muss den gesamten Lebenszyklus der Gebäude betrachten. Die Anforderungen an die funktionale Langlebigkeit und Wiederverwendbarkeit von Baustoffen steigen kontinuierlich, während die Komplexität zunimmt, Bau- und Schadenkosten weiter steigen und der Fachkräftemangel die gesamte Branche belastet. Hinzu kommen globale, klimabedingte Verpflichtungen zur CO_2-Minderung, die uns zwingen, (vor allem) die Materialbasis unserer Gebäude fundamental neu zu denken.

Ein bloßes »Weiter wie bisher« mit dem Verweis auf altbewährte Traditionen oder der Angst vor Haftungsrisiken ist angesichts der notwendigen Materialwende nicht mehr tragbar. Gleichzeitig verlagert sich der Fokus der Branche spürbar: Eine umfassende energetische Sanierung des Gebäudebestands und die hocheffiziente Bereitstellung sowie Speicherung von Wärme im Quartier werden zu den zentralen Schlüsselaufgaben der kommenden Jahre. Vor dem Hintergrund sinkender Sanierungsraten spielt auch der Zeitfaktor eine wichtige Rolle.

Wie dringend notwendig dieser Wandel hin zu kreislauffähigen und emissionsarmen Werkstoffen ist, untermauern auch die aktuellen Analysen der VHV-Versicherungen, denn konventionelle Materialien und starre Bauweisen stoßen an ökologische und ökonomische Grenzen; wir benötigen dringend smarte, zukunftsfähige Materialinnovationen, die durch digitale Überwachung und optimierte Eigenschaften das Schadenrisiko minimieren.

Das theoretische Wissen für diesen Umbruch ist vorhanden, wie auch unsere Autoren betonen. Spätestens jetzt ist der Punkt erreicht, an dem wir Werkstoffe im Kreislauf denken und anders einsetzen müssen, um eine zukunftsfähige und bezahlbare Bauqualität zu sichern. Dieser Transformationsprozess beginnt jedoch nicht erst mit dem starren Erfüllen von Vorschriften oder dem Standardeinsatz herkömmlicher Produkte nach den bekannten Regeln der Technik. Er beginnt mit der ersten Entwurfsidee und dem klugen, partnerschaftlichen Entwickeln eines materialoptimierten Baukonzepts – egal ob im Neubau oder im Bestand.

In der Fachwelt und der Politik wird derzeit intensiv darüber diskutiert, wie durch eine »neue Einfachheit«, den gezielten Einsatz von Recyclingmaterialien und den Verzicht auf Materialüberfrachtung neue Freiheiten im Planungs- und Genehmigungsprozess entstehen können. Eine Schlüsselrolle nehmen hierbei regenerative und kreislauffähige Bauweisen ein: Der moderne, systemische Holzbau, effiziente Massivbauten und innovative hybride Konstruktionen zeigen bereits, wie CO_2-neutrale Tragstrukturen im großen

Stil realisierbar sind. Flankiert wird diese Entwicklung durch das wegweisende Bauen mit klimaneutralen, ökologischen, regionalen Baustoffen, wie zum Beispiel Lehmbaustoffen, die nicht nur hervorragende kreislaufwirtschaftliche Eigenschaften besitzen, sondern auch das Raumklima und den Feuchtigkeitsbedarf im Gebäudeinneren vollkommen natürlich regulieren.

Gerade im Bereich der Baustoffentwicklung und der digitalen Materialerfassung ist die Dynamik aktuell enorm hoch. Mit den Reformen der Landesbauordnungen, wie in Niedersachsen und Bayern, geht die Politik mutige Wege: Weniger bürokratische Hürden machen den Weg frei für den rechtssicheren Einsatz innovativer Materialien und kreislauffähiger Konstruktionen. Fachleute werten dies als entscheidende Weichenstellung und als Fundament für die zukünftige Arbeit von Architekten und Ingenieuren. Insbesondere beim Bauen im Bestand, bei Dachausbauten, Aufstockungen oder Umnutzungen dürften diese Vereinfachungen den Einsatz moderner Leichtbaustoffe und urbaner Ressourcen massiv erleichtern, aber auch den innovativen, digital geplanten Neubau beflügeln. Wir werden genau analysieren, wie sich zum Beispiel »neue Freiheiten« auf die Bauqualität auswirken, und unsere Erkenntnisse in den kommenden Berichten teilen.

Der vorliegende Bauschadenbericht widmet sich daher im Kern der Erforschung und Anwendung innovativer Materialien, CO_2-reduzierter Methoden und digital gestützter Verarbeitungsprozesse. Praxisnahe Pilotprojekte demonstrieren eindrucksvoll, wie die Umsetzung zirkulärer Materialkonzepte in der Realität schadenfrei gelingt. Beiträge zu digitalen Tools, wie dem Gebäuderessourcenpass, zu neuen Rückbaustrategien sowie spannende Interviews mit Experten aus Politik, Wissenschaft und Praxis zeigen auf, wie nachhaltige Konstruktionen entwickelt und Materialrisiken durch kluge Schadenprävention minimiert werden. Zudem dokumentieren die zukunftsgerichteten Forschungsprojekte unserer Partneruniversitäten und die prämierten Wettbewerbsarbeiten, wie rasant und faszinierend die Entwicklung voranschreitet.

Das enorme Interesse am Leitthema »Innovation Material« spiegelt sich direkt in der hohen Fachkompetenz der Autoren und der herausragenden Qualität der Beiträge wider. Wir wünschen uns, dass die Impulse dieses Bauschadenberichts richtungsweisend für die Praxis werden. Mögen sie die Diskussion über Kreislaufwirtschaft, CO_2-Reduktion und Digitalisierung im Bauwesen weiter anregen, eine breite Sensibilisierung schaffen und durch den großflächigen Einsatz innovativer Werkstoffe in Lehre und Praxis das Fundament für eine zukunftsfähige, schadenfreie Bauqualität der nächsten Generation legen.

Die Autoren

9 DANK

Der neue VHV-Bauschadenbericht ist da! Unter dem Leitthema »Innovation Material« widmet sich unsere Publikation einer der drängendsten Fragen unserer Zeit: Wie können innovative Werkstoffe den Übergang zu echter Nachhaltigkeit und klimagerechter Resilienz im Bauwesen ebnen? Der beachtliche Umfang dieses Buches spiegelt dabei eindringlich die Komplexität und die fundamentale Bedeutung wider, die diesen Materialien in der aktuellen Fachdebatte zukommt.

Auf den mehr als 300 Seiten ist es wieder gelungen, aktuelle Branchenthemen rund um zukunftsfähige Materialien, einfaches Bauen, Kreislaufwirtschaft und die Resilienz unserer gebauten Umwelt zu vereinen. Das Werk bündelt die Ergebnisse aus einem Jahr intensiver Forschung, interdisziplinärer Zusammenarbeit und starker Netzwerkarbeit. Damit geben wir Ihnen erneut ein wertvolles Kommunikationswerkzeug für die Bauwende an die Hand. Wir hoffen auf dessen breite Anwendung in Praxis und Ausbildung, um Gebäude nachhaltig und zukunftssicher zu machen.

Es ist uns ein großes Anliegen, all jenen zu danken, die dieses ambitionierte Buchprojekt durch ihr Wissen, ihre Unterstützung und ihr Vertrauen überhaupt erst ermöglicht haben. Ein Werk dieser Tragweite ist das Ergebnis intensiver Forschungsarbeit, interdisziplinären Austauschs und eines starken, verlässlichen Netzwerks, das ohne die Mitarbeit und Unterstützung zahlreicher Beteiligter nicht möglich gewesen wäre.

So gilt unser erster Dank der VHV Allgemeine Versicherung AG in Hannover. Sie hat uns finanziell, fachlich und durch die Bereitstellung des umfangreichen Datenmaterials unterstützt. Dieses Vertrauen ermöglicht es uns, Schadenursachen zu analysieren und Wege für ein schadenfreies, ressourceneffizientes und resilientes Bauen aufzuzeigen.

Wir danken dem Fraunhofer IRB Verlag für die gute Zusammenarbeit. Sie ermöglicht es, diese wichtigen Erkenntnisse allen an Planung und Bau Beteiligten zugänglich zu machen. Ein weiterer Dank gilt unserem Partnerkreis, der uns mit Fachkompetenz, Ideen und konstruktiver Kritik unterstützt hat. Hier seien besonders die VHV Allgemeine

Versicherung AG, die TOPJUS Rechtsanwälte, das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Bauen, die ARGE in Kiel, der vdw, der GdW, das Fraunhofer IRB in Stuttgart, der HDB und der ZDB erwähnt. Sie alle tragen dazu bei, die Weichen für ein nachhaltiges und krisenfestes Bauen von morgen zu stellen.

Wir danken den folgenden geschätzten Persönlichkeiten für die wertvollen Impulse und Grußworte zum Auftakt unseres Bauschadenberichts Hochbau:

- Grant-Hendrik Tonne, Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr und Bauen,
- Dr. Susanne Schmitt, Verbandsdirektorin vdw Niedersachsen und Bremen,
- Axel Gedaschko, Präsident des GdW,
- Prof. Dietmar Walberg, Geschäftsführer ARGE Kiel,
- Dr. Sebastian Reddemann, Sprecher des Vorstands, VHV Allgemeine Versicherung AG.

Des Weiteren danken wir den Autorinnen und Autoren, die dieses Werk mit ihrem fundierten Fachwissen und ihren Innovationen bereichert haben. Durch die hochinteressanten Fachbeiträge, insbesondere in den Kapiteln 2, 3, 6 und 7 sowie durch ihr außerordentliches Engagement haben sie maßgeblich zum Gelingen dieses Buches beigetragen. Sie machen den Bauschadenbericht zu dem, was er ist: ein hochaktuelles, praxisorientiertes Werk für alle, die sich der Mangel- und Schadenprävention sowie dem qualitätsbewussten Planen und Bauen verschrieben haben:

- Heike Böhmer
- Wolf Goertz
- Björn Kaminski
- Dr. Benjamin Kowalski
- Rosalie Schuster
- Prof. Dr. jur. Günther Schalk
- RA Michael Halstenberg
- RA Josie Charwat
- Marek Naser
- RA Felix Pakleppa
- Tim-Oliver Müller
- Linda Hildebrand
- Dr. Ipek Ölzüm
- Lewin Fricke
- Maximilian Wörner
- Michael Maier
- Katrin Mees
- Carsten Lenz

- Fabian Schier
- Silke Bainbridge Nott
- Frank Beister
- Cher Sze Tan
- Stefan Anders
- Vera Hartmann
- Patricia Jeglitsch
- Dr. Friederike Münn
- Eike Becker
- Michael Blohm
- Julius Gefäller
- Volker Schweizer
- Julia Ehl
- Jannis Jedhoff
- Benedikt Bührle
- Marcel Winter
- Alexander Pritzl
- Nils Weis
- Markus Becker
- Dr. Parisa Kloss
- Lina Vieres
- Esther Heyse
- Oskar Leibnitz
- Florentine Adam
- Joana Kappes
- Mona Körding
- Dr. Frank B. Peters
- Loreen Zeisberg
- Stefanie Hennig

Abschließend bedanken wir uns bei allen Akteuren und Unterstützern für das Vertrauen, ihr Fachwissen sowie ihre Praxiserfahrung im Bauschadenbericht zu teilen. So leisten wir gemeinsam einen wertvollen Beitrag zur Aus- und Weiterbildung in der Baubranche.

Die Autoren
Institut für Bauforschung e. V.

Abbildungsverzeichnis

Seite 3, Grant Hendrik Tonne [Foto: Jonah Bublitz]
Seite 5, Dr. Susanne Schmitt
Seite 5, Axel Gedaschko [Foto: Ritter Consult]
Seite 7, Prof. Dipl.-Ing. Architekt Dietmar Walberg [Foto: Schön! FOTOGRAFIE]
Seite 9, Dr. Sebastian Reddemann [Foto: VHV Allgemeine Versicherung AG]

Einleitung

1 Baustoffe im Wandel

Seite 22, Heike Böhmer
Seite 29, Wolf Goertz [Foto: Future Forest Initiative]
Seite 29, Björn Kaminski [Foto: Future Forest Initiative]
Seite 30, Dr. Benjamin Kowalski [Foto: Future Forest Initiative]
Seite 30, Rosalie Schuster [Foto: Future Forest Initiative]

2 Rechtssicher in die Zukunft

Seite 38, Prof. Dr. jur. Günther Schalk
Seite 42, RA Michael Halstenberg
Seite 48, Josie Charwat
Seite 55, Dipl.-Ing. Marek Naser
Seite 55, Dipl.-Ing. Heike Böhmer

3 Fokus Bauwende

Seite 62, Felix Pakleppa [Foto: ZD B/Hufnagl]
Seite 62, Felix Pakleppa
Seite 65, Tim-Oliver Müller
Seite 68, Dirk Salewski

4 Aktuelle Schadenanalyse

Seite 74, Abb. 01: Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 76, Abb. 02: Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2013 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 77, Abb. 03: Zeitraum zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung, Meldejahre 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 78, Abb. 04: Durchschnittliche Anzahl der Monate zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung bei geschlossenen und noch offenen Schadenfällen [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 79, Abb. 05: Verhältnis der geschlossenen zu den noch offenen Schadenfällen, Meldejahre 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 80, Abb. 06: Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle pro Jahr, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 82, Abb. 07: Durchschnittlicher Aufwand je Schadenfall pro Jahr, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 83, Abb. 08: Aufwand für abgeschlossene Schadenfälle, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 84, Abb. 09: Aufwand für Schadenfälle in Bearbeitung, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 86, Abb. 10: Die prozentuale Zusammensetzung der Aufwandskosten aller gemeldeten Schadenfälle, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 87, Abb. 11: Die Aufschlüsselung der durchschnittlichen Einzelkosten je Schadenfall pro Jahr, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 89, Abb. 12: Die festgestellten Schadenarten, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 90, Abb. 13: Die häufigsten festgestellten Schadenarten, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 92, Abb. 14: Die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Aufwendungen je Schadenart, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 94, Abb. 15: Rückstellung, Regulierungskosten und Zahlung je Schadenart, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 96, Abb. 16: Die Entwicklung der Regulierungskosten je Schadenart, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 98, Abb. 17: Die Entwicklung der Zahlungen je Schadenart, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 100, Abb. 18: Die festgestellten Schadenbilder, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 102, Abb. 19: Die festgestellten Schadenursachen, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 104, Abb. 20: Die häufigsten festgestellten Schadenursachen, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 106, Abb. 21: Die festgestellten Schadenstellen, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 107, Abb. 22: Die häufigsten festgestellten Schadenstellen, 2020 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 108, Abb. 23: Die Entwicklung der häufigsten Schadenarten, 2013 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 113, Abb. 24: Die Entwicklung der durch die Gewerke Estrichleger und Fliesenleger verursachten Schäden, 2013 bis 2024 [Grafik: IFB, Daten: VHV]
Seite 114, Abb. 25: Genehmigungszahlen für Baumaßnahmen in Deutschland [Quelle: DIW Berlin]
Seite 114, Abb. 26: Baumaßnahmen bei Wohngebäuden in Deutschland [Quelle: DIW Berlin]

5 Schadenbeispiele

Seite 124, Abb. 01: Durch starke Hitzeeinwirkung beschädigtes PV-Modul
Seite 125, Abb. 02: Wie Abb. 01
Seite 130, Abb. 01: Schimmelpilzbefall im Bereich der Fensterlaibungen
Seite 130, Abb. 02: Wie Abb. 01
Seite 132, Abb. 03: Schimmelpilzbefall im Anschlussbereich Außenwand-Decke
Seite 137, Abb. 01: Blick auf den Gebäudesockel
Seite 138, Abb. 02: Durchfeuchtete Wand im Fußpunktbereich
Seite 138, Abb. 03: Schimmelpilzbefall in der Raumecke, Aufnahme nach Rückbau der Küchenzeile
Seite 142, Abb. 01: Aufgestautes Niederschlagswasser vor dem Neubau.
Seite 144, Abb. 02: Bauteilöffnung, stehendes Wasser und sandige Ablagerungen unter der Abdichtungsbahn [Begutachtung und Fotos von THEES*PARTNER Beratende Ingenieure, Trier-Hannover-Stuttgart-München]
Seite 144, Abb. 03: Wie Abb. 02 [Begutachtung und Fotos von THEES*PARTNER Beratende Ingenieure, Trier-Hannover-Stuttgart-München]

6 Tradition trifft Innovation: Bewährte Werkstoffe und neue Qualitäten im Bau

Seite 150, Linda Hildebrand
Seite 151, Abb. 01: Bereits seit etwa 8.000 Jahren werden Ziegel hergestellt. Dabei bildeten sich regionale Unterschiede in Materialzusammensetzung, Farbe und Format aus. [Foto: A. Kollmann/L. Hildebrand]
Seite 153, Abb. 02: Die ehemalige Schule in der Aachener Franzstraße [Foto: L. Hildebrand]

Seite 154, Abb. 03: Die Wiederverwendung von Ziegelsteinen ist flexibel, aber arbeitsintensiv und stark von der Qualität des Rückbaus abhängig. [Foto: Concular GmbH]
Seite 155, Abb. 04: Ziegelriemchen als dünne Verkleidungsschicht [Foto: L. Hildebrand]
Seite 155, Abb. 05: Ziegelbruchabfolge [Foto: L. Hildebrand]
Seite 157, Dr. Ipek Ölcüm [Foto: Peter Wehowsky]
Seite 158, Abb. 01: Lehmsteinmauerwerk [Foto: KIMM Baustoffe]
Seite 161, Abb. 02: Lehm-Trockenbau im Rohbau [ClayTec GmbH & Co. KG]
Seite 164, Lewin Fricke [Foto: TRIQBRIQ AG]
Seite 164, Maximilian Wörner [Foto: TRIQBRIQ AG]
Seite 165, Abb. 01: Produktion der BRIQs [Foto: TRIQBRIQ AG]
Seite 167, Abb. 02: Projekt EDEKA-Markt in Braunschweig [Foto: Lars Krumfuss]
Seite 168, Abb. 03: Einfamilienhaus in Frankfurt [Foto: TRIQBRIQ AG]
Seite 169, Abb. 04: Aufbau CRCLR HUT [Foto: TRIQBRIQ AG]
Seite 172, Michael Maier
Seite 173, Abb. 01: Petrochemischer Anteil konventioneller Innenwandfarben. [Quelle: Verschoor et al. (2016), EA (2022); eigene Berechnung auf Basis Farbdichte 1,4 kg/l]
Seite 175, Abb. 02: Inhaltsstoffe konventioneller Wandfarben und ihre gesundheitliche/ökologische Relevanz. [Quelle: EA (2022); Salthammer, T. (2018); Umweltbundesamt (o. J.); Seifert, B. (1999)]
Seite 178, Katrin Mees
Seite 188, Carsten Lenz
Seite 188, Fabian Schier
Seite 190, Abb. 01: Zulässige Anteile grober rezyklierter Gesteinskörnung, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung (%-Volumenanteil) [Quelle: DIN 1045-2; Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton-Teil 2: Beton]
Seite 195, Abb. 02: Höhe der Zuwendungen für die einzelnen Fördertatbestände [Quelle: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg – Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Förderung von ressourcen- und klimaschonendem Beton (VwV R-Beton)]
Seite 197, Abb. 03: Stillgelegte Tankstelle auf dem Grundstück des Neubaus der KSG-Firmenzentrale in Hannover [Foto: Wilhelm Wallbrecht GmbH & Co. KG]
Seite 197, Abb. 04: Fertiggestellter Neubau der KSG-Firmenzentrale in Hannover [Foto: Wilhelm Wallbrecht GmbH & Co. KG]
Seite 200, Silke Bainbridge Nott, Frank Beister
Seite 204, Cher Sze Tan
Seite 205, Abb. 01: Gaming-Controller und Betonbohrkern: zwei Welten, die im Kontext
der Digitalisierung im Bauwesen aufeinandertreffen [Foto: Cher Sze Tan]
Seite 214, Stefan Anders
Seite 215, Patricia Jeglitsch
Seite 215, Patricia Jeglitsch [Foto: Nikolaus Brade]
Seite 215, Vera Hartmann [Foto: Erik Jan Ouwerker]
Seite 215, Dr. Friederike Münn [Foto: B&O Bau]
Seite 216, Abb. 01: Zuschnitt und Zwischenlagerung von Betonelementen aus dem Bestand zur Wiederverwendung als Re-Use-Fundamente.
Seite 219, Abb. 02: Darstellung der fünf tragenden Forschungsbauteile des Holz-Lehm-Hybrid
Seite 221, Abb. 03: Einheben der vorgefertigten Holzbodenplatte auf die Re-Use-Stapelfundamente
Seite 222, Abb. 04: Holz-Lehm-Hybriddecke mit tragenden Holzbalken und eingehängten Lehmformsteinen
Seite 224, Abb. 05: Vorgefertigte Holz-Gebäudeabschlusswand mit sichtbaren Kiefernstielen im Innenbereich
Seite 228, Eike Becker
Seite 229, Abb. 01: Die Macherei in Berlin-Kreuzberg [Foto: Art-Invest Real Estate Management GmbH & Co. KG]
Seite 231, Abb. 02: Digitales Gebäudemodell, BIM-Modell [Grafik: Eike Becker Architekten]
Seite 234, Abb. 03: Bauzustand Rückbau Regelgeschoss [Grafik: Eike Becker_ Architekten]
Seite 235, Abb. 04: Fassadenbaustelle [Foto: Konrad Hofmann]
Seite 239, Abb. 05: Belegungsplanung Multispace [Grafik: Eike Becker_ Architekten]
Seite 241, Julius Gefäller
Seite 241, Michael Blohm
Seite 243, Abb. 01: Die Dachöffnung gibt den Blick auf die alten mit Mörtel verschmierten Dachziegel frei. [Foto: Holz- und Energiewerk GmbH]
Seite 244, Abb. 02: Foto der rückseitigen Wechselrichterinstallation [Foto: Holz- und Energiewerk GmbH]
Seite 245, Abb. 03: Schaltplan Parallelschaltung [Grafik: Michael Blohm]
Seite 245, Abb. 04: Verschattungsanalyse des Daches [Grafik: Holz- und Energiewerk GmbH]
Seite 246, Abb. 05: Indach-Photovoltaikanlage auf dem denkmalgeschützten Dach [Foto: Holz- und Energiewerk GmbH]
Seite 248, Volker Schweizer [Foto: Fotografie-Ebinger]
Seite 249, Abb. 01: Anwendungsbereiche für KI beim Planen und Bauen [Grafik: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB]
Seite 251, Julia Ehl [Foto: Fotografie-Ebinger]
Seite 252, Abb. 02: Ablaufschema der Datenverarbeitung in Data Treasure [Grafik: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB]
Seite 253, Jannis Jedhoff
Seite 255, Abb. 01: Links Ombrometer [KI-generiert mithilfe von ChatGPT, 2026] und rechts Darstellung der räumlichen Verteilung der vom DWD-CDC zur Verfügung gestellten Niederschlagsstationen [Quelle: Meteovise]
Seite 256, Abb. 02: Tageswerte der Niederschlagshöhe an zwei Bodenmessstationen des DWD
[Quelle: Meteovise]
Seite 258, Abb. 03: Schematische Funktionsweise von Wetterradar und Radarverbund DWD
[Quelle: Meteovise]
Seite 262, Abb. 04: Eigene Lösung zur Verarbeitung von RADOLAN-Daten [Quelle: Meteovise]
Seite 263, Abb. 05: Beispiel in eigener Aufbereitung im Kontext der Bauleistungsversicherung [Quelle: Meteovise]
Seite 265, Benedikt Bührle
Seite 265, Marcel Winter
Seite 267, Abb. 01: Materialdaten direkt am Bauteil: Per Smartphone re-identifiziertes Materialelement mit direktem Zugang zu DPP, Material- und Lieferketteninformationen. [Grafik: CMiD – Component & Material Identity]
Seite 270, Abb. 02: Lineare Nutzung und zirkuläres Zielbild: Erforderliche Material- und Lebenszyklusdaten als Grundlage für belastbare Bewertung und Wiederverwendung. [Grafik: CMiD – Component & Material Identity]
Seite 272, Alexander Pritzl
Seite 272, Nils Weis
Seite 273, Abb. 01: Ursachenverteilung [Grafik: IFS]
Seite 274, Abb. 02: Verteilung auf Baugruppen [Grafik: IFS]
Seite 274, Abb. 03: Übersicht Installationen [Grafik: IFS]

7 Wegweiser Zukunft: Themen, Risiken und Chancen

Seite 280, Markus Becker
Seite 284, Abb. 01: Schadenhäufigkeit je 1.000 Verträge – VGV-Grunddeckung und Elementar-Zusatzdeckung (2002–2024) [Daten: VHV 2025, Grafik: IFB]
Seite 285, Abb. 02: Schadenhäufigkeit und Schadenaufwand je 1.000 Verträge (2002–2024), differenziert nach Naturgefahren-Gruppen [Daten: VHV 2025, Grafik: IFB]
Seite 286, Abb. 03: Sturmschäden im Jahresverlauf, Vergleich 2002 bis 2022 und 2023 bis 2024 [Daten: VHV 2025, Grafik: IFB]
Seite 287, Abb. 04: Regionale Verteilung von Starkregenschäden; absolute Anzahl der Ereignisse im Zeitraum 2023/2024, klassiert in 8 gleichverteilte Klassen (Quantile) [Daten: VHV 2025, Grafik: IFB]

Seite 290, Dr. Parisa Kloss
Seite 291, Abb. 01: Demo-Day am Fresenius Campus Düsseldorf mit dem SmartSylvan-Team [Foto: SmartSylvan UG]
Seite 292, Abb. 02: Visualisierung mehrerer SmartSylvan-Einheiten als flexible grüne Klimainfrastruktur für einen stark versiegelten urbanen Raum [Grafik: SmartSylvan UG]
Seite 293, Abb. 03: Visualisierung von SmartSylvan-Einheiten, die in stark versiegelten urbanen Räumen verschattete, klimaangepasste Aufenthaltsbereiche schaffen [Grafik: SmartSylvan UG]
Seite 295, Abb. 01: Prozessdarstellung zur Herstellung von substratbasiertem Myzelmaterial [Grafik: Fraunhofer UMSICHT]
Seite 295, Lina Vieres
Seite 296, Abb. 02: Inkubation der Substrate [Foto: Fraunhofer UMSICHT/M. Henning]
Seite 297, Abb. 03: Die leistungsstarke Ausstattung des Myzeltechnikums ermöglicht es, individuelle Prototypen herzustellen und zu erforschen. [Foto: Fraunhofer UMSICHT/M. Henning]
Seite 298, Esther Heyse | Oskar Leibnitz
Seite 299, Abb. 01: Materialfluss im Bausektor – was einst als Primärstoff genutzt wurde, wird wieder entsorgt [Foto links: IStock; Foto rechts: ReWorth Blocks UG]
Seite 300, Abb. 02: Mineralischer Abbruchabfall [Foto: ReWorth Blocks UG]
Seite 301, Abb. 03: Prototyp ReBlock [Foto: ReWorth Blocks UG]
Seite 303, Abb. 04: ReBlock im Einsatz – Wandaufbau und Anwendungsbeispiele im zukünftigen Wohn- und Gewerbebau [Grafik: ReWorth Blocks UG]
Seite 305, Joana Kappes
Seite 305, Florentine Adam
Seite 305, Mona Körding
Seite 313, Abb. 01: Unterschiedliche Holzarten im Normalbild (links) und im UV-angeregten Fluoreszenzbild (rechts). Die starke Fluoreszenz von Robinie (unten, zweite Tafel v.r.) gilt als Alleinstellungsmerkmal, aber auch alle anderen Hölzer fluoreszieren. Nicht-fluoreszierende Gegenstände wären schwarz im Fluoreszenzbild. [Foto: Dr. F.B. Peters]
Seite 313, Dr. Frank B. Peters
Seite 315, Abb. 02: Fichte-Dreischichtplatte, die vom Braunfäulepilz *Serpula lacrymans* befallen ist. Oben: Normalbild, unten: UV angeregtes Fluoreszenzbild. Die bereits vom Mycel durchwachsenen und teilweise abgebauten Bereiche fluoreszieren gelblich, während das unbefallene Holz (rechts unten) in tieferen Schichten grünlich-blau fluoresziert. [Foto: Dr. F.B. Peters]
Seite 318, Loreen Zeisberg
Seite 320, Abb. 01: Trainingskonzept VR-Schulung [Quelle: Kreuzhofen, eigene Darstellung]
Seite 321, Abb. 02: Vorteile von VR- und AR-Lernumgebungen [Quelle: Jade Hochschule – IDoK, eigene Darstellung]
Seite 322, Abb. 03: Mixed Reality CAVE (VR CAVE) [Quelle: Jade Hochschule – IDoK, eigene Darstellung]
Seite 324, Abb. 04: Vergleich der Demonstratoren [Quelle: Kreuzhofen, eigene Darstellung]
Seite 326, Stefanie Hennig [Foto: Fotostudio »Die FotoGrafen«]
Seite 326, Stefanie Hennig328, Abb. 01: Nanolope PCM-Deckenpaneel [Nanolope GmbH]
Seite 329, Abb. 02: Die Deckenpaneele dient als passives Heiz- und Kühlsystem (linke Seite), kann aber auch mit Photovoltaikanlage und Wärmepumpe kombiniert als aktive Heiz- und Kühllösung genutzt werden. [Grafik: KI-generierte Darstellung, Nanolope GmbH]

8 Perspektive

9 Dank

Stellvertreterfotos

Seite 14,18, 36, 60, 71, 72, 122,148, 278, 332, 336 [IFB]

Notizen

ISBN 978-3-7388-1085-1

Fraunhofer IRB | Verlag

SCHUTZGEBÜHR 24,– €