

# Bauen +

Energie, Brandschutz, Bauakustik, Gebäudetechnik



- + Grundtemperierung eines Altbaus
- + KI erkennt und löscht Feuer, bevor es zum Schadfener wird
- + Experteninterview: »Die KI weiß genau, wo es brennt«
- + Mit Schallabsorbern Innenräume akustisch sanieren
- + Mensch-Roboter-Kooperation im Holzbau
- + Fenstermontage in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk
- + Modellierung von Bauwerksdatenmodellen standardisieren

# Inhalt

## ENERGIE

Katja Biek

### Grundtemperierung eines Altbaus

Thermische Aktivierung der Gebäudehülle ..... 10

## BRANDSCHUTZ

Ruben Schäfer

### KI erkennt und löscht Feuer, bevor es zum Schadfeder wird

Wenn der Roboter löscht ..... 16

### Experteninterview

Jack Bolz-Mendel und Stanislav Malorodov: »Die KI weiß genau, wo es brennt« ..... 18

## BAUAKUSTIK

Elmar Tober

### Mit Schallabsorbieren Innenräume akustisch sanieren

Nachhaltig gegen Nachhall ..... 20

## GEBÄUDETECHNIK

Ondrej Kyjanek, Tobias Schwinn und Achim Menges

### Mensch-Roboter-Kooperation im Holzbau

Potenziale für die Vorfertigung bei Holzbauwerken ..... 27

Wolfgang Jehl und Jürgen Benitz-Wildenburg

### Fenstermontage in hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk

Hinweise zu Planung, Ausschreibung und Ausführung ..... 33

Gamze Hort, Daiki John Feller, Anica Meins-Becker und Manfred Helmus

### Modellierung von Bauwerksdatenmodellen standardisieren

Entwicklung eines BIM-Standards für die Bauindustrie ..... 37

## RUBRIKEN

Kurz & bündig	5
Rechtsprechungsreport	42
Normen & Richtlinien	44
Produkte & Informationen	46
Fachliteratur	49
Termine & Impressum	50



Dieser Ausgabe liegt die Beilage »Fachliteratur Architektur | Baurecht | Energie« des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB bei.

Titelbild aus dem Fachartikel »Mensch-Roboter-Kooperation im Holzbau« von Ondrej Kyjanek, Tobias Schwinn und Achim Menges ab S. 27

Katja Biek

# Grundtemperierung eines Altbaus

## Thermische Aktivierung der Gebäudehülle

*Innerhalb des Forschungsprojekts »EffTecSo-modIn« werden modulare Instandsetzungsverfahren erforscht, die effiziente Technologien sozial verträglich realisierbar machen sollen, einfach betrieben werden können und Primärenergie einsparen. Teil des Forschungsprojekts ist die in diesem Beitrag vorgestellte Untersuchung. Dabei wird die Außenhülle des Altbaus mit dicken Außenwänden thermisch aktiviert. Als wichtiger Untersuchungspunkt erweist sich die Energiemengenmessung.*

Zur Erreichung der klimapolitischen Ziele bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird in Deutschland ein besonderes Augenmerk auf den Gebäudebestand und dessen energieeffizienzsteigernde Modernisierung gerichtet. Dazu wird im Rahmen des Forschungsprojekts »EffTecSo-modIn« an modularen Instandsetzungsverfahren geforscht, welche effiziente Technologien sozial verträglich realisierbar machen sollen, »einfach« betrieben werden können und Primärenergie einsparen.

Bei dem Vorhabenprojekt wird die Umsetzbarkeit und die Effizienz einer thermischen Aktivierung der Außenhülle in Gebäuden mit dicken Außenwänden (>38 cm) untersucht, welche vermehrt in den Jahren um 1900 bis ca. 1934 errichtet wurden. Gerade bei Bestandsgebäuden mit erhaltenswürdiger Fassade ist es schwierig, den Primärenergiebedarf zu senken. Das liegt zum einen daran, dass ein Wärmedämmverbundsystem auf der Fassade oft nicht möglich ist, da sich das sehr nachteilig auf das Erscheinungsbild auswirken würde und oft auch aus Gründen des Denkmalschutzes nicht gestattet ist. Zum anderen sind erneuerbare Energien hier oft schwer zu integrieren. Wärmepumpen beispielsweise sollten für eine möglichst effiziente Betriebsweise dem Wärmeübergabesystem geringe Vorlauftemperaturen liefern und sind damit beim Einsatz klassischer Heizkörper ungeeignet. Es bleibt dann bei solchen Gebäuden oft nur der Austausch der Fenster mit energiesparender Mehrfachverglasung. Die dichteren Fenster können allerdings auch bewirken, dass nicht abgeführter Wasserdampf an den kalten Wandflächen kondensiert, wenn der Taupunkt unterschritten wird.

In dem Projekt werden unterschiedliche Ausführungsvariationen, Methoden und Verfahren entwickelt und eva-

luiert. Dazu werden Strömungssimulationen durchgeführt, welche die Wärmeabgabe der Außenwand genauer untersuchen, und energetische Gebäudesimulationen, die das gesamte Jahr und das gesamte Gebäude betrachten. Der Forschungsgegenstand ist ein Wohnquartier der Postbaugenossenschaft München und Oberbayern eG. Abb. 1 zeigt die Außenfassade des untersuchten Gebäudekomplexes.

Für die durchzuführenden Messungen wurde ein Real-labor in dem Wohngebäudekomplex eingerichtet. Dazu wurde das System in einem Raum einer Versuchswohnung umgesetzt (Abb. 2), wodurch die tatsächlichen Endenergieeinsparungen gemessen und Auswirkungen auf die Behaglichkeit beurteilt werden können. Die Messwerte werden mit einem konventionell beheizten Raum verglichen.

Die baulogistische Realisierbarkeit und die soziale Verträglichkeit sind weitere wichtige Untersuchungspunkte. Bei einer Modernisierung nach dem Konzept einer Außenwandtemperierung werden die Wohnungen einzeln präpariert. Dazu werden die Außenwände geschlitzt, Heizleitungen mit entsprechenden Vorrichtungen verlegt und anschließend nach Dichtheitsprüfung wieder verputzt. Der Bauschutt wird über eine Schuttrutsche durch das Fenster entsorgt. Auf Lötverbindungen in der Wand wird verzichtet, weshalb Kunststoffrohre verwendet werden. Eine Dämmschicht direkt hinter den Leitungen soll den zusätzlichen Wärmestrom in Richtung der Außenluft reduzieren. Die Zuleitungen werden bei einer kompletten Modernisierung der Wohnung im Fußboden integriert. Wenn der Fußboden erhalten bleibt, werden die Zuleitungen im Fußleistenbereich untergebracht.

Motivation der Idee sind unter anderem die immer stärker variierenden Nutzerprofile innerhalb eines Wohngebäudes, welche mit dem demografischen Wandel einhergehen. Längere Abwesenheiten eines Bewohners, und damit ein Auskühlen der Wohnung, kann zu Schäden im Gebäude sowie zu einem erhöhten Heizaufwand und damit auch zu höheren Heizkosten bei anderen Mietern führen, welche die Transmissionswärmeverluste zu den Nachbarwohnungen ausgleichen müssen. Somit spielt die soziale Komponente dieses Heizsystems ebenfalls eine Rolle, da die Außenwandaktivierung eine Grundtemperierung des gesamten Gebäudes ermöglichen soll.

### KERNAUSSAGEN

- Anpassung des Heizsystems in Altbauten an sich ändernde Klimaverhältnisse
- Gebäudehülle wirkt als Wärmeübergabesystem auf niedrigerem Temperaturniveau
- Steigerung der Kompatibilität von Altbauten mit erneuerbaren Energien



Abb. 1: Außenfassade Gebäudekomplex

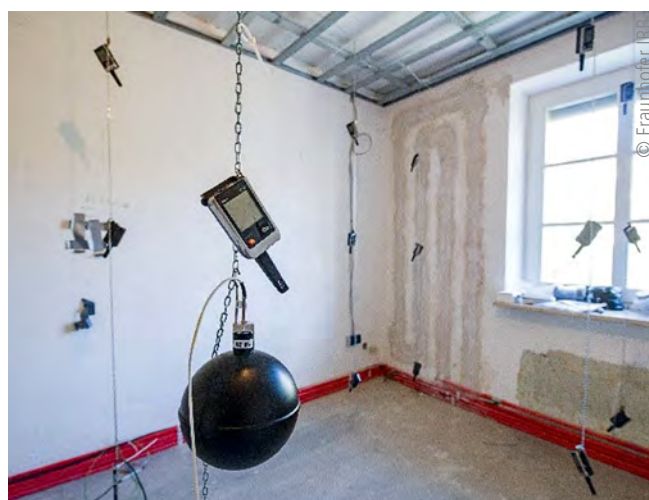


Abb. 2: Versuchsraum des Reallabors

## Exkurs demografischer Wandel

Im zweiten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts setzt sich der weltweite demografische Wandel fort. Je nach Ausmaß der Nettozuwanderung würde die Bevölkerungszahl in Deutschland bis 2060 deutlich zurückgehen. Die Prognose setzt eine geringere Geburtenziffer von 1,4 Kindern pro Frau, eine erhöhte durchschnittliche Lebenserwartung bis 2060 (auf 84,8 Jahre bei Männern und 88,8 Jahre bei Frauen) und eine langfristige Nettozuwanderung von 100 000 (geringere Zuwanderung) bzw. 200 000 (höhere Zuwanderung) voraus. Treten die Annahmen ein, schrumpft die Bevölkerungszahl je nach Ausmaß der Nettozuwanderung bei schwächerer Zuwanderung auf rund 67,6 Millionen und bei stärkerer Zuwanderung auf rund 73,1 Millionen Menschen. Das würde einen Rückgang um 14 bzw. 8 Millionen Menschen gegenüber der Bevölkerungszahl des Jahres 2014 mit 81,2 Millionen bedeuten. Die Geburtenrate, Sterblichkeitsrate sowie die Wanderungstrends sind unter anderen Faktoren jene, die signifikante Veränderungen in der Altersstruktur der Bevölkerung verursachen, und sind somit entscheidend für die zukünftige Bevölkerungsentwicklung. Heute sind besonders die immer geringer werdenden Zahlen jüngerer Altersgruppen und die stark besetzten »Babyboomer«-Generationen (Geburtsjahrgänge Ende der 1950er- bis Beginn der 1970er-Jahre) auffällig. In den nächsten Jahrzehnten wird sich der Trend fortsetzen und der Alterungsprozess der Bevölkerung wird sich in Deutschland verstärken. Die Bevölkerung sortiert sich auch innerhalb Deutschlands um. In einigen Regionen und Städten wächst die Zahl der Einwohner, in anderen sinkt sie. So lässt sich ein »verändertes Wanderungsmuster« feststellen, welches als »Schwarmverhalten« bezeichnet wird und soll durch ein Maß beschrieben werden, dessen Kern eine Kohortenanalyse ist. Die kumulierte Kohortenwachstumsrate stellt somit einen

Tab. 1: Wanderungsarten

Ausbildungswanderung	10 bis < 20 Jahre
Berufsanfängerwanderung	20 bis < 30 Jahre
Settlementwanderung	30 bis < 40 Jahre
Mittelalterwanderung	40 bis < 50 Jahre
Altenwanderung	50 bis < 70 Jahre

Entwicklungswert dar, welcher aussagt, wie hoch die Veränderung der Einwohnerzahl an einem definierten Ort, in einer definierten Altersklasse nach einer Bezugsgröße von fünf Jahren, ist. Ein hohes Kohortenwachstum kann sich aus unterschiedlichen Wanderungsarten zusammensetzen.

Die im August 2017 veröffentlichte Folgestudie von Empirica zeigt in Bezug auf die Schwarmstädte, dass vor allem die Abwanderung junger Menschen bereichsübergreifend eine Herausforderung darstellt. Weiterhin übersteigt die Anzahl der Geburten die Anzahl der Sterbefälle. In der Konsequenz vereinsamen Landregionen und die vorhandene Kultur stirbt aus. Demgegenüber stehen Schwarmstädte, die Schwierigkeiten haben, die wachstumsbedingten Auswirkungen zu kompensieren. Vorhandene Auswirkungen, wie steigende Mieten durch Wohnungsknappheit oder die Frage nach verfügbaren Grundstücken für erforderlichen Wohnungsbau, sind die direkte Folge der Überfüllung der Städte.

## Klimaerwärmung

Die aktuellen langfristigen Wetterprognosen, wie die Testreferenzjahre (TRY) des Deutschen Wetterdiensts (DWD), zeigen auf, dass die Sommer wärmer und die Winter milder werden. Somit rücken Kühlkonzepte immer weiter in den Vordergrund und ein angemessenes »Downsizing« der Heizungsanlage ist vertretbar. Bei der Energiebereitstellung mittels einer Wärmepumpe ist auch die Kühlung der Gebäudehülle im Sommer realisierbar.

Abb. 3 zeigt die deutliche Anhebung der Jahresdauerlinie des TRY 2045 um etwa 2,6K im Vergleich zum TRY 2015, wodurch sich die durchschnittliche Anzahl von Stunden reduziert, in denen die Lufttemperatur unter -5°C liegt. Von den 8760 Stunden eines Jahres fällt die Temperatur für rund 174 Stunden unter -5°C (DWD 2017). Für das prognostizierte TRY 2045, welches als Referenz für den Zeitraum 2030 bis 2060 gilt, sind es sogar nur 36 Stunden. Das Vorhabenprojekt setzt genau an diesem Punkt an. Mit der Temperierung der Außenwand kann ein Wohnhaus zu 98 Prozent (Tendenz steigend) der Jahresstunden bei niedrigen Vorlauftemperaturen mit Wärme versorgt werden und in den kälteren Stunden eine zusätzliche Heizung unterstützen.

Elmar Tober

# Mit Schallabsorbieren Innenräume akustisch sanieren Nachhaltig gegen Nachhall

*Mittels optimierter Anordnung von Schallabsorbieren kann der Aufwand für die akustische Sanierung von Innenräumen gegenüber herkömmlichen Methoden reduziert werden. Wird dazu noch ein ökologisch verträgliches Absorbermaterial eingesetzt, ist dem Ziel der Nachhaltigkeit umfassend Rechnung getragen.*

»Laute Räume« werden zunehmend zum Problem. Jeder kennt den Effekt der Lärmspirale (Lombard-Effekt) aus eigener Erfahrung, etwa vom letzten Besuch in einer Gaststätte: Wenn man sich dort gegenseitig schlecht versteht, weil es im Raum zu sehr hallt, muss man lauter sprechen, weshalb sich die anderen im Raum dann schlechter verstehen und ihrerseits die Gesprächslautstärke erhöhen, weshalb man selbst dann noch lauter spricht, und immer so weiter... Tatsächlich ist der diesbezügliche Sanierungsbedarf immens: Die Anzahl der akustisch sanierungsbedürftigen Räume aller Arten allein in Deutschland geht in die Millionen. Dabei ist es heute selbstverständlich, dass jede Maßnahme bzw. Lösung den zu Recht steigenden Ansprüchen an Nachhaltigkeit und ökologische Verträglichkeit<sup>1</sup> sowie gleichzeitig an die bauphysikalische Qualität der Räume genügen muss. Hingegen werden die verfügbaren Budgets immer knapper, was sich in absehbarer Zeit wohl eher nicht ändern wird.

Eine Lösung für die akustische Sanierung von Innenräumen soll insbesondere die folgenden Anforderungen berücksichtigen:

- Zunächst muss sie funktionieren, d.h. es soll insbesondere beim Bauen im Bestand eine signifikante Reduktion der Nachhallzeit erfolgen.
- Der Materialaufwand, d.h. die benötigte Menge an Absorbermaterial, soll dabei insgesamt möglichst gering sein (vorteilhaftes Kosten-Nutzen-Verhältnis).
- Es sollen bei einer akustischen Sanierung möglichst keine vorhandenen und noch brauchbaren Einrichtungen geopfert werden. Beispiel: In Schulen werden Räume häufig sukzessive saniert, und man möchte in der Regel bei einer akustischen Sanierung die Beleuchtungskörper (oder andere Installationen wie Brandmelder, Beamer usw.) erhalten.
- Die Installation vor Ort soll schnell vonstattengehen, so dass die Raumnutzung nur kurzfristig beeinträchtigt wird.
- Die Lösung soll baubiologisch und insgesamt ökologisch vorteilhaft sein.
- Nicht nur in architektonisch sensiblen Bereichen (z. B. Denkmalschutz) soll der optische Gesamteindruck des Raums möglichst wenig verändert bzw. beeinträchtigt werden.
- Alle weiteren baulichen Anforderungen sind zu beachten (Brandschutz, Absturzsicherheit, Dauerhaftigkeit, Vandalismussicherheit).

Wie kann nun eine solche Lösung aussehen? Dieser Frage wurde, wissenschaftlich begleitet durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik, nachgegangen.

## Exkurs zu wichtigen Fachbegriffen der Raumakustik

Für die Bewertung der »Akustik« eines Raums existiert eine Reihe von Parametern, wie z. B. die Nachhallzeit, der Speech Transmission Index (STI), die Pegelabnahme bei Abstandsverdoppelung u. a. Hierfür gibt es ebenfalls eine Reihe von Normen und Richtlinien, aus denen Grenz- bzw. Orientierungswerte für die diversen Kenngrößen je nach Nutzungsart des betreffenden Raums entnommen werden können. Stellvertretend seien hier genannt:

<sup>1</sup> Der Begriff »Ökologische Verträglichkeit« bezeichnet ein Maß für die direkten und indirekten Auswirkungen einer ursächlich durch den Menschen hervorgerufenen Veränderung der Umweltbedingungen auf Böden, Gewässer, Luft, Klima, Menschen, Tiere und Pflanzen. Im Sinne des vorliegenden Beitrags betrifft dies insbesondere den sparsamen Einsatz von Rohstoffen, die Vermeidung bzw. die Verringerung von Schall und Belastung von Luft und Lebewesen durch den wirtschaftlichen Kreislauf (Produktion, Konsumtion und Entsorgung) (zitiert nach [1]).

### KERNAUSSAGEN

- Nachhaltig gegen Nachhall
- Kante statt Fläche: Reduktion von Aufwand und Kosten
- Auswahl ökologisch verträglicher Absorbermaterialien

- DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung
- VDI-Richtlinie 2569:2019-10 Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros

Dabei gelten neben den genannten Akustiknormen auch Vorschriften für den Arbeitsschutz. Dies sei erwähnt, weil hieraus durch Personen, die unter mangelhafter Raumakustik zu leiden haben, ein unmittelbarer Handlungsbedarf für die verantwortlichen Stellen (z. B. Arbeitgeber) abgeleitet werden kann. Für Schulen und Kindertagesstätten sind dies z. B.: Arbeitsstättenrichtlinie A3.7-Lärm, TvÖD-V Anlage D.12, DGUV-Regeln 102-601 und 102-602.

Die bedeutsamste raumakustische Kenngröße in der Praxis ist die Nachhallzeit: Die *Nachhallzeit* ( $T$ ) ist die Zeit in Sekunden, in der der Schalldruckpegel in einem diffusen Schallfeld nach dem Abschalten des Signals um 60 dB abnimmt. Aus praktischen Gründen misst man allerdings nur die Zeit bis zur Abnahme um 30 dB bzw. 20 dB und extrapoliert dann auf 60 dB. Um dies kenntlich zu machen, werden die so ermittelten Nachhallzeiten mittels Indizes als  $T_{30}$  bzw.  $T_{20}$  gekennzeichnet. Die Nachhallzeit ist bei verschiedenen Frequenzen unterschiedlich, es wird daher vereinfachend oft ein gemittelter, »breitbandiger« Einzahlwert angegeben. Typische Nachhallzeiten sind z. B. (ca.-Werte, breitbandig):

- Wohnzimmer: 0,4 s,
- Klassenraum: 0,6 s (mit akustischer Ausstattung, so sollte es sein),
- Klassenraum: 1,3 s (so sieht es leider in vielen unsanierten Schulen aus),
- Kölner Dom: 13 s (ein gewisser Nachhall kann je nach Nutzung durchaus erwünscht sein).

Um die Nachhallzeit in einem Raum zu reduzieren, kann man dort spezielle schallabsorbierende Materialien einbringen, die durch ihre Struktur deutlich mehr Schallenergie durch Reibung in Wärme umwandeln, also »schlucken« können, als die normalen Raumbooberflächen (Wände, Mobiliar etc.).

Dieses »Schallschluckvermögen« wird durch den *Schallabsorptionsgrad* ( $\alpha$ ) angegeben: Es handelt sich um den von einer Oberfläche nicht reflektierten Anteil der einfallenden Schallenergie. Wird alles geschluckt, gilt  $\alpha = 1$ , und wird alles reflektiert, gilt  $\alpha = 0$ . Auch der Schallabsorptionsgrad ist frequenzabhängig. Typische Schallabsorptionsgrade sind z. B. (Werte für 500 Hz aus DIN 18041):

- Glattputz: 0,03,
- Teppichboden, 7 mm bis 10 mm Florhöhe, auf massivem Untergrund: 0,14,
- Melaminharz-Schaumstoff, Rohdichte 8-10 kg/m<sup>3</sup>, 50 mm dick: 0,87.

Kennt man den Absorptionsgrad einer Oberfläche, kann man daraus die sogenannte *äquivalente Absorptionsfläche* ( $A$ ) für alle möglichen Objekte berechnen: Es ist diejenige theoretische Oberfläche, die das Objekt hätte, wenn es einen Schallabsorptionsgrad von 1 hätte. Da  $\alpha$  frequenzabhängig ist, ist es  $A$  zwangsläufig auch.

Ein Teppich mit einer Fläche von 10 m<sup>2</sup> und einem Schallabsorptionsgrad von 0,14 (bei 500 Hz) hat demnach bei 500 Hz eine äquivalente Absorptionsfläche von 1,4 m<sup>2</sup>.

Allen im Raum vorhandenen Gegenständen, Oberflächen und Personen kann man so eine äquivalente Absorptionsfläche zuordnen. Beispiele für äquivalente Absorptionsflächen (Werte für 500 Hz aus DIN 18041):

- männliche Person im Anzug, sitzend: 0,55 m<sup>2</sup>,
- weibliche Person im Sommerkleid, sitzend: 0,15 m<sup>2</sup>,
- einfacher Polsterstuhl mit Textilbezug: 0,30 m<sup>2</sup>.

Der Zusammenhang der für einen Raum geltenden Parameter

- gesamte äquivalente Absorptionsfläche  $A$ ,
- Raumvolumen  $V$  und
- Nachhallzeit  $T$

lässt sich näherungsweise mittels der »Sabine'schen Formel« (nach W. C. Sabine, amerikanischer Physiker) beschreiben:

$$T = 0,163 \cdot V/A$$

Um in einem Raum die Nachhallzeit zu reduzieren, muss man die im Raum vorhandene äquivalente Absorptionsfläche erhöhen. Mit speziellen Schallabsorbiermaterialien, die besonders hohe Schallabsorptionsgrade aufweisen, gelingt dies folglich am effektivsten: Man erhält viel zusätzliche äquivalente Absorptionsfläche bei wenig zusätzlicher »realer« Fläche.

## Akustische Sanierung

Bei Neubauprojekten wird häufig eine integrierte Deckenlösung eingeplant, die z. B. Beleuchtungseinheiten beinhaltet oder als abgehängte Decke Leitungen o. Ä. verdeckt. Leider wird die Raumakustik hierbei nicht nur gelegentlich »vergessen«, sodass auch in soeben fertiggestellten Gebäuden häufig die Nachhallzeit zu hoch ist. Spätestens wenn die Akustik im neuen Raum dann nicht nur unangenehm ist, sondern der Raum nicht richtig genutzt werden kann, besteht hier bereits akustischer Sanierungsbedarf.

Im Gegensatz zum Neubau ist im Sanierungsfall eine vollflächige Deckenlösung (z. B. abgehängte Decke oder großflächige Belegung der Decke mit schallabsorbierendem Material) insbesondere aus den folgenden Gründen vielfach nicht möglich:

- kein Platz vorhanden, z. B. wegen vorhandenen Installationen an der Decke,
- räumlich nicht möglich, z. B. wegen zu geringer Raumhöhe,
- aufgrund des hohen Material- und Zeitbedarfs zu teuer,
- wegen der erforderlichen Erneuerung vorhandener Deckeninstallationen (Beleuchtung, Brandmelder, Beamter etc.) zu teuer,
- aus Gründen der Optik nicht erwünscht,
- Zeit für regelrechte »Baumaßnahme« nicht vorhanden,
- Baustelleneinrichtung wäre zu aufwendig, z. B. wegen vorhandenem Mobiliar,
- Raum darf nicht längere Zeit blockiert werden, d. h. soll schnell wieder nutzbar sein,
- Verschmutzungen sollen minimiert werden.

Es sollte daher der Frage nachgegangen werden, ob es physikalisch vorteilhafte Anordnungen von schallabsorbierenden Flächen im Raum gibt, bei denen die akustische Wirksamkeit von Schallabsorbierern besonders hoch ist und mittels derer damit der Bedarf an Ressourcen (Material, Platz, Geld und Zeit) verringert werden kann.

# Termine & Impressum

Messen, Seminare und Kongresse	Termin	Ort	Veranstalter
2. Deutscher Holzbau Kongress (DHK) Bauen mit Holz im urbanen Raum	24./25.8.2021	Berlin	Forum Holzbau; www.forum-holzbau.com
25. Internationale Passivhaustagung Passivhaus – Der Schlüssel zum nachhaltigen Bauen!	10./11.9.2021 14./15.9.2021	Wuppertal/ online	Passivhaus Institut; www.passivhaustagung.de
Holz und neue Materialien im Außenbereich	15.9.2021	online	ifbau Institut Fortbildung Bau; www.akbw.de/fortbildung/ifbau
Brandschutz in Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Garagen	21.9.2021	online	Akademie der Ingenieure AkadIng GmbH; www.akading-online.de
1. Fachkongress Konstruktiver Ingenieurbau Kompetenz-Plattform für die bautechnische Gesamtplanung	28./29.9.2021	Ostfildern/ online	Technische Akademie Esslingen; www.tae.de
4th International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings EEHB2021	6./7.10.2021	Benediktbeuern	Fraunhofer IBP; www.ibp.fraunhofer.de
Fachseminar »Betriebs- und Schadensrisiken an Photovoltaik-Anlagen«	7./8.10.2021	online	Fraunhofer IRB; www.irb.fraunhofer.de
Fachseminar »Fehler und Schäden an Photovoltaik-Anlagen professionell suchen, erkennen und bewerten«	14./15.10.2021	online	Fraunhofer IRB; www.irb.fraunhofer.de
13. EffizienzTagung Bauen+Modernisieren	5./6.11.2021	online	Energie- und Umweltzentrum am Deister GmbH; www.effizienztagung.de
Bauen für ältere Menschen Wohnungsbau im demografischen Wandel	10.11.2021	Biberach	Akademie der Hochschule Biberach; www.weiterbildung-biberach.de
6. Leipziger BIM-Fachtagung Building Information Modeling im Bauwesen	10.11.2021	Leipzig/ online	Bauakademie Sachsen; www.bauakademie-sachsen.de
Bauwerksabdichtung in der Praxis Anforderungen, Werkstoffe und Verarbeitung	22./23.11.2021	Ostfildern/ online	Technische Akademie Esslingen; www.tae.de
<b>Bauen+</b> Fachseminar »Brandschutz im Holzbau«	23./24.11.2021	online	Fraunhofer IRB; www.irb.fraunhofer.de
BauSIM 2022 Energetische und ökologische Gebäude- und Quartiersimulationen	20.-22.9.2022	Weimar	Bauhaus-Universität Weimar; www.uni-weimar.de

→ Weitere Veranstaltungshinweise finden Sie in unserem Veranstaltungskalender auf [www.bauenplus.de](http://www.bauenplus.de).

## IMPRESSUM

### Bauen+

Energie – Brandschutz – Bauakustik – Gebäudetechnik

#### Herausgeber

Fraunhofer IRB Verlag | Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
E-Mail: [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de) | [www.irb.fraunhofer.de](http://www.irb.fraunhofer.de)  
Das Fraunhofer IRB ist Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e. V.

#### Redaktion

Dipl.-Ing. (FH) Julia Ehl (verantwortl.), Telefon: 0711 970-25 51, Telefax: 0711 970-25 99  
E-Mail: [julia.ehl@irb.fraunhofer.de](mailto:julia.ehl@irb.fraunhofer.de)

#### Leitender Redakteur und verantwortlich für den Bereich Brandschutz

Dipl.-Ing. Architekt Reinhard Eberl-Pacan, Architekten + Ingenieure Brandschutz,  
Brunnenstraße 156, 10115 Berlin  
E-Mail: [r.eberl-pacan@brandschutzplus.de](mailto:r.eberl-pacan@brandschutzplus.de)

#### Verantwortlich für den Bereich Schallschutz

Prof. Dr.-Ing. Birger Gigla, Institut für Akustik im Technologischen Zentrum an der TH Lübeck,  
Mönkhofer Weg 239, 23562 Lübeck  
E-Mail: [birger.gigla@th-luebeck.de](mailto:birger.gigla@th-luebeck.de)

#### Verantwortlich für den Bereich Energie | Gebäudetechnik

Dipl.-Ing.(FH) Klaus-Jürgen Edelhäuser, Konopatki & Edelhäuser Architekten und Beratende  
Ingenieure GmbH, Klingengasse 13, 91541 Rothenburg  
E-Mail: [mail@konopatki-edelhaeuser.de](mailto:mail@konopatki-edelhaeuser.de)

#### Satz

Fraunhofer IRB Verlag | Herstellung Fachpublikationen

#### Druck

Ortmaier Druck GmbH, Birnbachstraße 2, 84160 Frontenhausen

#### Erscheinungsweise

zweimonatlich, jeweils zum 15. der ungeraden Monate

#### Bezugspreise/Bestellungen/Kündigungen

Einzelheft Inland: 22,10 €, Einzelheft Ausland: 25,10 € inkl. MwSt. und Versandkosten. Der Jahresabonnementspreis des Premium-Abonnements beträgt 125,50 € (Inland) / 135,90 € (Ausland) inkl. MwSt. und Versandkosten. Das Studenten-Abonnement ist für 75,30 € inkl. MwSt. und Versandkosten nur in Deutschland erhältlich. Die Abonnements umfassen die Lieferung der gedruckten Ausgaben sowie den Zugang zur Bauen+-App, zum Online-Archiv und zu den Datenbanken RReport-Online und Normen@aktuell. Bestellungen über jede Buchhandlung oder beim Verlag. Der Bezugszeitraum beträgt jeweils 12 Monate. Kündigungen müssen schriftlich erfolgen und spätestens am 15. des Vormonats, in dem das Abonnement endet, beim Verlag eingegangen sein.

#### Vertrieb/Abo-Service

Susanne Grünwald, Telefon: 0711 970-27 11, Telefax: 0711 970-25 08  
E-Mail: [susanne.gruenwald@irb.fraunhofer.de](mailto:susanne.gruenwald@irb.fraunhofer.de)

#### Anzeigenleitung

Stefan Kalbers, Telefon: 0711 970-25 02, Telefax: 0711 970-25 08  
E-Mail: [stefan.kalbers@irb.fraunhofer.de](mailto:stefan.kalbers@irb.fraunhofer.de)

#### Urheber- und Verlagsrechte

Alle in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Mit der Annahme des Manuskriptes zur Veröffentlichung überträgt der Autor dem Verlag das ausschließliche Vervielfältigungsrecht bis zum Ablauf des Urheberrechts. Das Nutzungsrecht umfasst auch die Befugnis zur Einspeicherung in eine Datenbank sowie das Recht zur weiteren Vervielfältigung zu gewerblichen Zwecken, insbesondere im Wege elektronischer Verfahren einschließlich CD-ROM und Online-Dienste.

#### Haftungsausschluss

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge wurden nach bestem Wissen und Gewissen geprüft. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann jedoch nicht übernommen werden. Eine Haftung für etwaige mittelbare oder unmittelbare Folgeschäden oder Ansprüche Dritter ist ebenfalls ausgeschlossen. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht notwendig die Meinung der Redaktion wieder.

ISSN: 2363-8125

# Bauen +

interdisziplinär  
kompetent  
praxisnah

Jetzt regelmäßig  
lesen!



## Ihre Vorteile als Abonnent:

- + Keine Ausgabe mehr verpassen
- + Praktisches allroundo® All-in-One-Ladekabel gratis
- + 10 % Nachlass auf das komplette Seminar und Tagungsangebot\* aus dem Bereich Bauwesen, Energieeffizienz und Umwelt der Technischen Akademie Esslingen (TAE).

Hier abonnieren &  
Geschenk sichern!



\* Die Aktion gilt für das Veranstaltungsangebot im Zeitraum vom 1.9.20 bis 31.12.21. Ausgenommen sind Zertifikatslehrgänge und Inhouse-Veranstaltungen. Eine Kombination mit anderen Rabattaktionen der TAE ist ausgeschlossen.