

# Bauen +

Energie, Brandschutz, Bauakustik, Gebäudetechnik



- + Heizlastabdeckung mit der thermischen Bauteilaktivierung
- + Brandlasten in Rettungswegen – Möglichkeiten und Grenzen
- + Erstellung von Immissionsprognosen für die Baugenehmigung
- + Holz-Stabtragwerke mit Polymerbetonknoten als lösbare Verbindungen
- + Regenspeicher und Kanalrückstau – drohende Schäden, technische Regeln
- + Gute Aussicht vom Holzhybridbau
- + U-Halle Mannheim: Bestand als Ressource für offene Architektur

# Inhalt

## ENERGIE

Katja Biek und Maria Kuzminskaia

### Heizlastabdeckung mit der thermischen Bauteilaktivierung

Energetische Anforderungen, Materialien und Materialkombinationen ..... 6

## BRANDSCHUTZ

Gerd Geburtig

### Brandlasten in Rettungswegen – Möglichkeiten und Grenzen

Wann sind Brandlasten in Rettungswegen akzeptabel? ..... 11

## BAUAKUSTIK

Birger Gigla

### Erstellung von Immissionsprognosen für die Baugenehmigung

Außen liegende technische Anlagen erfordern auch bei Wohngebäuden eine Prognose ..... 16

## GEBÄUDETECHNIK

Wieland Becker und Thomas Lambert

### Holz-Stabtragwerke mit Polymerbetonknoten als lösbare Verbindungen

Neue Verbindungen für ressourceneffiziente Holzfachwerke ..... 21

Klaus W. König

### Regenspeicher und Kanalrückstau – drohende Schäden, technische Regeln

Rückstau im Zisternenüberlauf ..... 29

Susanne Jacob-Freitag

### Gute Aussicht vom Holzhybridbau

Minimalistisches Tragwerk als Blaupause für Aussichtstürme ..... 34

## NACHHALTIGKEIT

Frank Schönert, Nanni Grau, Matthias Ernst und Beate Kleber

### U-Halle Mannheim: Bestand als Ressource für offene Architektur

Beispiel für Zirkularität einer partizipativen Struktur ..... 39

## RUBRIKEN

Kurz & bündig ..... 5

Rechtsprechungsreport ..... 47

Normen & Richtlinien ..... 48

Produkte & Informationen ..... 49

Termine & Impressum ..... 50



Titelbild aus dem Fachartikel »Holz-Stabtragwerke mit Polymerbetonknoten als lösbare Verbindungen« von Wieland Becker und Thomas Lambert ab S. 21

Dieser Ausgabe liegt die Beilage »Aktuelle Baufachliteratur« des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB bei.

Katja Biek und Maria Kuzminskaia

# Heizlastabdeckung mit der thermischen Bauteilaktivierung

## Energetische Anforderungen, Materialien und Materialkombinationen

Für die Entwicklung von modularen Instandsetzungsverfahren unter Einbeziehung der Außenhülle des Gebäudes als thermisch aktivierte Fläche werden im Rahmen des Forschungsprojekts »EffTecSo-modIn« verschiedene numerische Simulationen durchgeführt. In diesem Zuge werden Materialien und Materialkombinationen für die thermische Bauteilaktivierung sowie die energetischen Anforderungen untersucht. Die Untersuchungen beinhalteten zudem auch eine Überprüfung der Heizlastabdeckung.

Bei der thermischen Bauteilaktivierung wird die Masse eines Gebäudes zur Temperaturregulierung mit genutzt. Mehrheitlich wird das Verfahren zur Beheizung oder Kühlung eingesetzt. Wird die thermische Bauteilaktivierung zur Beheizung genutzt, wird durch in die Bauteile eingebrachte Heizungsrohre die Wärme direkt an das Bauteil abgegeben. Die Abb. 1 zeigt den Grundriss einer Referenzwohnung in München, in deren Wohnzimmer die Außenwandaktivierung untersucht und realisiert wurde.

Das Heizungswasser wird durch die Heizungsrohre geführt, die in den Bauteilen angebracht sind, und somit die Wärme direkt an das Bauteil abgegeben. Dadurch sind die Außenwände temperiert und dem Raum wird durch die Wände Wärme zugeführt. Damit der Wärmestrom in die Richtung des Raums und nicht nach außen fließen kann, ist die Verwendung eines Dämmstoffs hinter den Heizungsrohren an der Außenwand notwendig. Die Hohlräume müssen mit einem Füllmaterial wieder überdeckt werden. Abb. 2 zeigt den Wandausschnitt einer thermisch aktivierten Außenwand.

### Materialien für die thermische Aktivierung

Durch die Verwendung von materialspezifisch und energetisch passenden Materialien kann die Leistung der Temperierung, die Behaglichkeit im Raum sowie die gesamte Energieeffizienz des Gebäudes erhöht werden.

#### KERNAUSSAGEN

- Die Außenwandaktivierung reicht aus, um den Energiebedarf der Referenzwohnung bei Außentemperaturen bis  $-5\text{ °C}$  zu decken.
- Die Heizungsleitungen müssen eine gute Wärmeleitfähigkeit, Sauerstoffdichtheit, Temperaturbeständigkeit und eine gewisse Elastizität sowie eine hohe Lebensdauer aufweisen.

Generell haben Metalle im Vergleich zu Kunststoffen eine höhere Wärmeleitfähigkeit. Vor diesem Hintergrund würden sich Metallrohre per se zunächst besser als Temperierungsleitungen eignen. Die Metallrohre sind jedoch aufgrund ihrer Kristallstruktur nicht elastisch und müssen daher beim Einbau in der Wand mit zahlreichen Verbindungsstücken versehen werden. Diese können mit der Zeit zu Undichtigkeiten führen. Der Einbauaufwand bei Metallrohren ist durch das Biegen und den Einbau von Verbindungsstücken zudem sehr aufwendig. Auch hinsichtlich der Kosten unterscheiden sich die Materialien. Kupfer ist i. d. R. deutlich teurer als Kunststoff<sup>1</sup>. Bei Kunststoffen sind PE-Xa-Rohre<sup>2</sup> am besten für Außenwandtemperierungen geeignet. Dank seiner guten thermischen und physikalischen Eigenschaften sowie der unkomplizierten Verlegung der Rohre eignet sich das PE-Xa-Rohr optimal für diesen Verwendungszweck. Außerdem sind die PE-Xa-Rohre unter dem Aspekt der Ökobilanz für thermisch aktive Bauteile sehr gut geeignet ( $EIP99 < 0,1^3$ ).

Bei der Auswahl der Rohre müssen die Parameter für den minimalen Durchmesser der Rohr- bzw. Schlauchleitung und den Biegeschenkel in der Schlauchleitung beachtet werden. Der minimale Durchmesser hängt von der Strömungsgeschwindigkeit und dem Volumenstrom des Mediums ab und wird nach Gleichung 1 berechnet. [2]

$$d_{min} = \sqrt{\frac{\dot{V} \cdot 4}{v \cdot \pi}} \quad (1)$$

Dabei ist

$d_{min}$  = minimaler Durchmesser [mm]

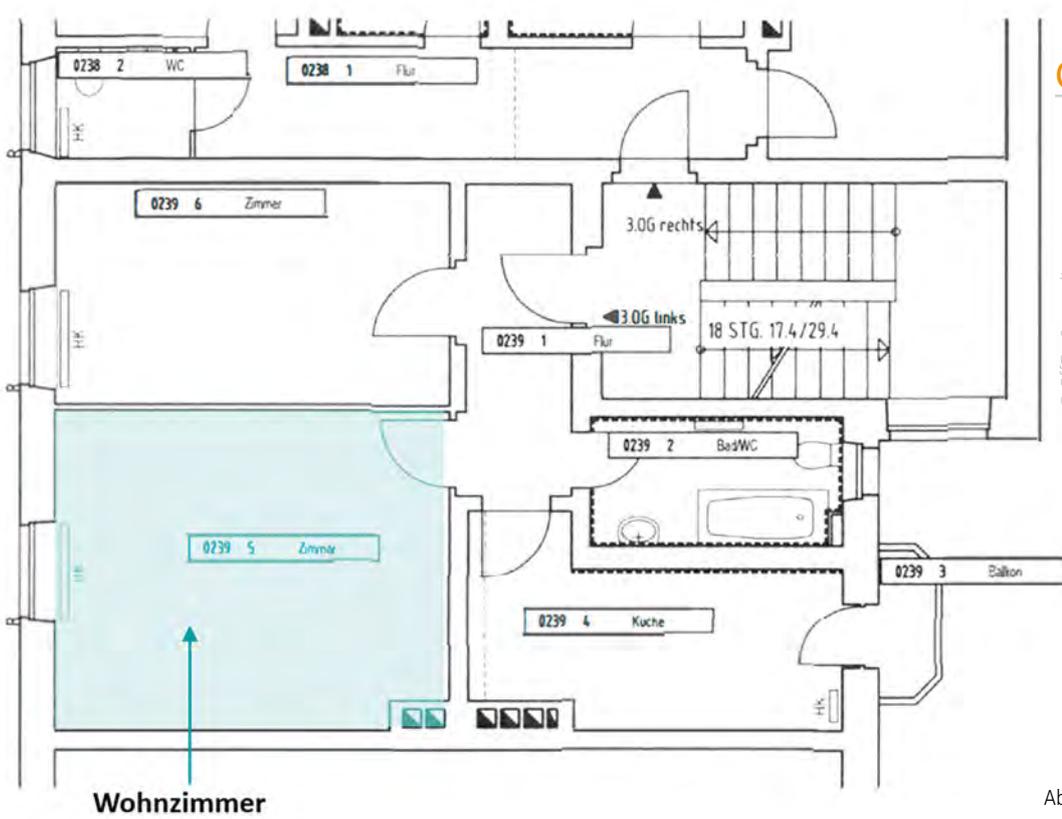
$\dot{V}$  = Volumenstrom [m<sup>3</sup>/s]

$v$  = Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

<sup>1</sup> 1,40€/m für Kupferrohre gegenüber 0,76€/m für PE-Xa-Rohre.

<sup>2</sup> PE-Xa ist eine Abkürzung von peroxidisch vernetztem Polyethylen.

<sup>3</sup> EIP99 (Eco-Indicator pp-Punkte) nach [1], S. 25.



© EffTecSo-modin

Abb. 1: Grundriss Versuchswohnung

Müssen die Rohre beim Leitungsverlauf in L- bzw. U-Bogen (s. Abb. 3) verlegt werden, können aufgrund der Belastung durch den Innendruck zusätzliche Spannungen und Kräfte auftreten. In diesem Fall ist es wichtig, die richtige Biegeschenkelänge nach den Gleichungen 2 und 3 zu berechnen.[3]

$$L_{A,L} = C_L * \sqrt{\Delta l * d_a} \quad (2)$$

$$L_{A,U} = \frac{C_U}{\sqrt{2}} * \sqrt{\Delta l * d_a} \quad (3)$$

Dabei ist

$L_{(A,L)}$  = Biegeschenkelänge [mm]

$L_{(A,U)}$  = Ausladelänge [mm]

$\Delta l$  = Wärmedehnung [mm]

$d_a$  = Rohraußendurchmesser [mm]

$C_L, C_U$  = Werkstoffkonstante [-]

Unter Dämmstoffen zeigen Elastomere gute physikalische und thermische Eigenschaften. Sie können sich bei Zug- und Druckbelastung verformen, nehmen danach aber wieder ihre ursprüngliche Form an. Diese Eigenschaft ist v. a. für die Außenwandtemperierung und ihre schmale und engkurvige Schlitzanordnung sehr vorteilhaft. Dank seiner Mikrozellstruktur lässt sich der Stoff gut schneiden, verarbeiten und ist zudem wasserabweisend. Elastomere bestehen aus wiederverwendbaren Rohstoffen und eignen sich nach ihrer Lebensdauer zur Herstellung neuer, hochwertiger Produkte. [4] Tab. 1 zeigt die physikalischen und thermischen Eigenschaften für die ausgewählte Materialkombination.

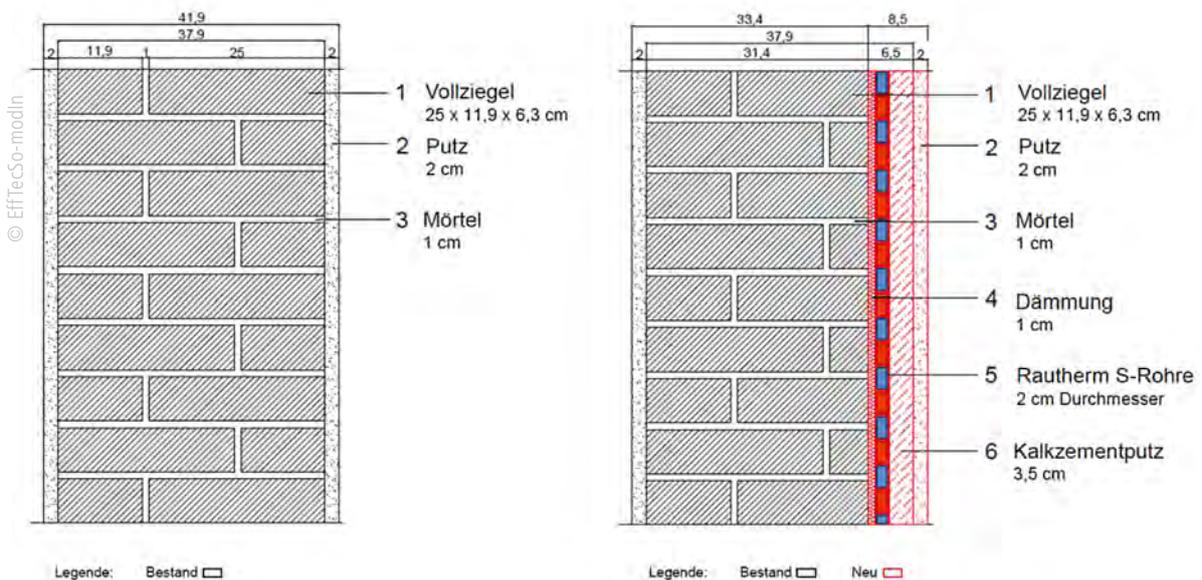


Abb. 2: Wandausschnitt ohne (links) und mit (rechts) Wandaktivierung

Gerd Geburtig

# Brandlasten in Rettungswegen – Möglichkeiten und Grenzen

## Wann sind Brandlasten in Rettungswegen akzeptabel?

*Der ausreichend langen Nutzbarkeit von Rettungswegen im Brandfall kommt im Bauordnungsrecht eine wesentliche Bedeutung zu. Deswegen sind Brandlasten und Brandentstehungsgefahren in Rettungswegen zu minimieren. Diese Anforderung ist jedoch nicht mit einer generellen Brandlastfreiheit gleichzusetzen, die überflüssig in Brandschutznachweisen häufig formuliert wird. Der Beitrag erörtert dahin gehend grundsätzliche Möglichkeiten und Grenzen.*

### Grundsätzliche Anforderungen in der Musterbauordnung

In allen Landesbauordnungen werden auf der Grundlage der Musterbauordnung (MBO) [1] hinsichtlich der Ausführung von notwendigen Fluren, notwendigen Treppenträumen und notwendigen Treppen als wesentliche Bestandteile der Rettungswege entsprechende Anforderungen gestellt. Aus bauordnungsrechtlicher Sicht müssen dazu zunächst die Bedingungen für Rettungswege begrenzende Bauteile eingehalten werden. Das betrifft vor allem die Oberflächen von Wänden und Decken, die Öffnungsabschlüsse sowie teilweise die Bodenbeläge.

Dabei gilt der wesentliche Grundsatz, dass die Nutzung der Rettungswege »im Brandfall ausreichend lang möglich« sein muss [1]. Eine grundsätzliche Brandlastfreiheit wird dafür – wie so oft fälschlich angenommen – jedoch nicht verlangt. Diese wäre auch gar nicht möglich, denn Rettungswege werden bestimmungsgemäß täglich von den in einem Gebäude befindlichen Menschen genutzt, zudem werden auf

den Rettungswegen jede Menge Brandlasten transportiert. In Abbildung 2 ist eine Sauberlaufzone zu sehen, die bei formaler Auslegung einer Nichtbrennbarkeit von Rettungswegen auch ausgeschlossen wird, was jedoch sicherlich nicht in der Intention des Gesetzgebers liegt.

### Bauordnungsrechtliche Regelungen der Musterbauordnung für Rettungswege

Neben der vorgenannten pauschalen Anforderung, wonach Rettungswege auch bei einem Gefahrenfall, wie einem Brand, ausreichend lange zu nutzen sein müssen, bestehen im Bauordnungsrecht konkrete materielle Anforderungen an die Beschaffenheit der Rettungswege in baulichen Anlagen. Bei notwendigen Fluren und Treppenträumen kommt es dabei insbesondere auf die Ausbildung der Oberflächen der Wände und der Deckenbereiche an. In diesen Bestandteilen eines Rettungswegsystems müssen, gemäß den §§ 35 und 36 MBO, Bekleidungen, Putze, Dämmstoffe, Unterdecken und Einbauten aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, zudem müssen



Abb. 1: Brandlasten in Rettungswegen führen immer wieder zu Diskussionen

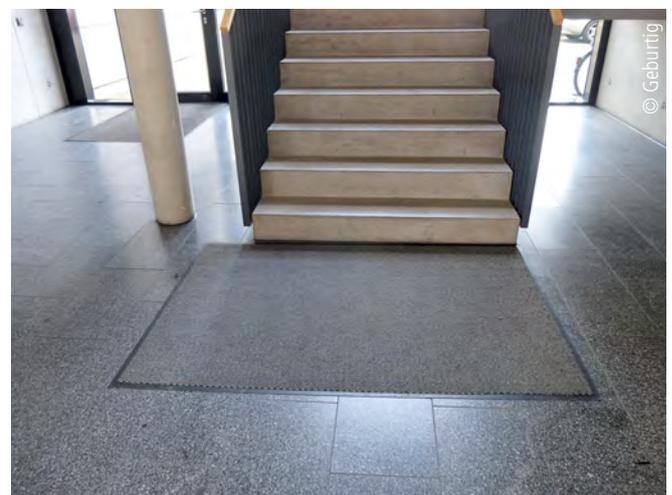


Abb. 2: Schmutzfangmatte in einem notwendigen Trepperraum



Abb. 3: Hölzerne Lambris in einem notwendigen Flur



Abb. 4: Für die Rettung und als Feuerwehrrangriffsweg geeigneter Spielflur in einer Kita



Abb. 5: Änderungsbedarf in einem notwendigen Treppenraum

Wände und Decken aus brennbaren Baustoffen eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke haben. [1] Für notwendige Treppenräume wird darüber hinaus gefordert, dass Bodenbeläge, ausgenommen Gleitschutzprofile, aus mindestens schwerentflammenden Baustoffen bestehen, was für notwendige Flure nicht geregelt ist und somit z. B. hölzerne Bodenbeläge generell zulässig sind.

Will man von diesen vorgenannten Vorgaben abweichen, liegt – je nachdem, ob es sich um einen Standard- oder einen Sonderbau handelt – ein Abweichungstatbestand vor, der mit einer Abweichungsentscheidung nach § 67 MBO [1] bzw. der Gestattung einer Erleichterung nach § 51 MBO [1] zu regeln ist (s. Abb. 3 und 4). Beispielsweise konnte in einem historischen Schulgebäude in dem notwendigen Flur auf dem Weg einer Erleichterung eine historische hölzerne Lambris aus denkmalpflegerischen Gründen erhalten bleiben (s. Abb. 3).

Eine Auslegung zum sachgerechten Umgang mit Brandlasten in Rettungswegen aus bauordnungsrechtlicher Sicht vermittelt die Bekanntmachung zum Vollzug der Thüringer Bauordnung (VollzBekThürBO) wie folgt: »Aus der Anforderung der Nichtbrennbarkeit der Oberflächen von Wänden und Decken ergibt sich unter Berücksichtigung des Schutzziels der ausreichend langen Nutzbarkeit im Brandfall eine Minimierung von Brandlasten und Brandentstehungsgefahren. Daraus ist abzuleiten, dass notwendige Flure von Brandlasten weitgehend freizuhalten sind. Baustoffeigenschaften für Bodenbeläge sind nicht geregelt. Aus der Systematik des § 35 Abs. 5 Nr. 3 [ThürBO] ergibt sich, dass mindestens schwerentflammbare Baustoffe jedenfalls ausreichen.« [2] Dieser Aussage sind die folgenden Grundsätze zu entnehmen:

- Es besteht keine Forderung nach einer prinzipiellen Brandlastfreiheit in Rettungswegen.
- Brandlasten in Rettungswegen sind lediglich zu minimieren.
- Im Vordergrund steht die Nichtbrennbarkeit der Oberflächen von Wänden und Decken im Verlauf von Rettungswegen.

Auch wenn ein Teil des Rettungswegs beispielsweise kein notwendiger Flur ist, sondern, wie im Beispiel der Abbildung 4, ein sogenannter Spielflur innerhalb einer Kindertagesstätte, gelten die gleichen Spielregeln: Eine Brandlastfreiheit ist nicht erforderlich, aber durch entsprechende Maßnahmen muss gesichert sein, dass der Rettungsweg ausreichend sowohl zur Selbstrettung als auch für einen Feuerwehrrangriff zur Verfügung steht.

Zudem ist zu beachten, dass für die angemessene Beurteilung von zulässigen Brandlasten in Rettungswegen nur solche Szenarien anzunehmen sind, die sich aus dem bestimmungsgemäßen Gebrauch einer baulichen Anlage ergeben können; eine im Einzelfall denkbare Brandstiftung zählt jedoch ausdrücklich nicht dazu.

## Gleichrangige arbeitsschutzrechtliche Bestimmungen

Neben den benannten bauordnungsrechtlichen Anforderungen existieren parallel erhebliche arbeitsschutzrechtliche Bestimmungen hinsichtlich der korrekten Ausführung bzw. Nutzung von Rettungswegen. Zu nennen sind dabei an dieser Stelle stellvertretend die Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) A2.3 [3], in der arbeitsschutzrechtliche Belange hinsichtlich der Rettungswege und Notausgänge behandelt werden. Oftmals werden in diesen Technischen Regeln des Arbeitsschutzes durchaus höhere Maßstäbe zur Sicherung von Rettungswegen angesetzt, als diese dem Bauordnungsrecht zugrunde liegen. Ein Grundsatz, der im Übrigen bei der Anwendung der vorgenannten Regeln ganz gern einmal außer Acht gelassen wird, ist dabei dieser Grundsatz, den der Gesetzgeber bewusst vorangestellt hat: »Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.« [3] Eine Schwierigkeit bei der Beachtung dieses Grundsatzes und der sachgerechten Abwägung besteht dabei sowohl für Planende und Nutzer als auch für behördliche Vertreter regelmäßig

### KERNAUSSAGEN

- Brandlasten in Rettungswegen sind möglich, aber dadurch dürfen Rettungswege nicht beeinträchtigt werden und sie müssen ausreichend lang zu benutzen sein.
- Es ist zu empfehlen, die Zulässigkeit von Möblierungen in Rettungswegen konzeptionell im Brandschutznachweis zu behandeln.
- Von modernen Flachbildschirmen geht keine Gefahr aus.
- »Brandlastfreie Rettungswege« gibt es nicht!

# Termine & Impressum

Messen, Seminare und Kongresse	Termin	Ort	Veranstalter
Optische Bauforensik – Training mit Tatortlampen, Filterbrillen und Forensikkameras zur Aufklärung von Bauschäden	5./6.8.2024	Stuttgart	Fraunhofer IRB; www.irb.fraunhofer.de
59. Frankfurter Bausachverständigentag Mängel bei und durch energetische Sanierungen	13.9.2024	Frankfurt	RKW Kompetenzzentrum; www.rkw-kompetenzzentrum.de
Bauakustik – Grundlagenseminar zur Planung und zum Nachweis der Schalldämmung von Fenstern und Fassaden	20.9.2024	Rosenheim	ift Rosenheim; www.ift-rosenheim.de
<b>Bauen+</b> Fachseminar »Schallschutz: Beurteilung von tief-frequenten Geräuschemissionen«	24./25.9.2024	online	Fraunhofer IRB; www.irb.fraunhofer.de
Drohnen sicher einsetzen	25./26.9.2024	Raesfeld	Akademie Schloss Raesfeld e.V.; www.akademie-des-handwerks.de
Abfall- und Entsorgungsrecht bei Baumaßnahmen – Praxiswissen für Architekten und Landschaftsarchitekten	26.9.2024	online	Bayerische Architektenkammer; www.byak.de
Umbau statt Neubau: Gebäude revitalisieren und graue Energie minimieren	1.10.2024	online	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V.; www.dgnb.de
Absicherung von Zahlungsansprüchen am Bau	8.10.2024	Feuchtwangen	Bayerische Bauakademie; www.baybauakad.de
Wärmebrückenberechnung Bauphysikseminar	10.–12.10.2024	Biberach online	Akademie der Hochschule Biberach; www.weiterbildung-biberach.de
Ökobilanz und Lebenszyklus Kostenanalyse beim Nachhaltigen Bauen	15.–17.10.2024	online	Fraunhofer IRB; www.irb.fraunhofer.de
<b>Bauen+</b> Fachseminar »Expertenwissen Brandschutz im Holzbau Von Best-Practice-Beispielen lernen«	24.10.2024	online	Fraunhofer IRB; www.irb.fraunhofer.de
Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit in Gebäudeenergiekonzepten	5.–7.11.2024	online	Fraunhofer IRB; www.irb.fraunhofer.de
16. EffizienzTagung klimaneutral Bauen+Modernisieren Gebäudebestand klimaneutral gestalten – jetzt!	8./9.11.2024	Hannover	Energie- und Umweltzentrum am Deister GmbH; www.effizienztagung.de
Fachkonferenz Wohnbau 2024 modular – seriell – nachhaltig Modulares und serielles Bauen als Lösung für mehr Wohnraum	28./29.11.2024	München	Management Forum Starnberg GmbH; www.management-forum.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,  
Mönkhof 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, Konopatzki & Edelhäuser Architekten und Beratende  
Ingenieure GmbH, Klingengasse 13, 91541 Rothenburg  
E-Mail: [mail@konopatzki-edelhaeuser.de](mailto:mail@konopatzki-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: 22,80 €, Einzelheft Ausland: 25,90 € inkl. MwSt. und Versandkosten. Der Jahresabonnementspreis des Premium-Abonnements beträgt 129,50 € (Inland) / 142,50 € (Ausland) inkl. MwSt. und Versandkosten. Das Studenten-Abonnement ist für 77,70 € 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 zur Datenbanken RReport-Online. Bestellungen über jede Buchhandlung oder beim Verlag. Der Bezugszeitraum beträgt jeweils 12 Monate. Die Abonnements können vom Kunden mit einer Frist von einem Monat zum Ablauf der Mindestbezugsfrist gekündigt werden. Andernfalls verlängert sich das Abonnement auf unbestimmte Zeit. Soweit sich die Vertragslaufzeit des Abonnements auf unbestimmte Zeit verlängert, kann das Abonnement vom Kunden jederzeit mit einer Frist von einem Monat gekündigt werden.

#### Vertrieb/Aboservice

Telefon: 0711 970-27 11, Telefax: 0711 970-25 08  
E-Mail: [abo-verwaltung@irb.fraunhofer.de](mailto:abo-verwaltung@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

Hier abonnieren &  
Geschenk sichern!

