

2022



BAUPHYSIK KALENDER



Holzbau

2022

BAUPHYSIK KALENDER

Holzbau

Herausgegeben von
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nabil A. Fouad

22. Jahrgang

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Bauphysik-Kalender ab
Jahrgang 2001 steht im Internet zur Verfügung
unter www.ernst-und-sohn.de

Titelfoto: Sporthalle Magden, Schweiz (Bauherr: Gemeinde Magden, Schweiz)
Foto: PIRMIN JUNG Schweiz AG
Tragwerksplanung, Bauphysik: PIRMIN JUNG Schweiz AG
Architektur: ds.architekten eth sia, Basel
Holzbau: Hürzeler Holzbau AG, Magden

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2022 Ernst & Sohn GmbH, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Umschlaggestaltung: Sonja Frank, Berlin
Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin
Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Print ISBN 978-3-433-03360-9
ePDF ISBN 978-3-433-61107-4
ePub ISBN 978-3-433-61109-8
oBook ISBN 978-3-433-61108-1

Vorwort

Als nachwachsender, energieneutraler und in Mitteleuropa heimischer Rohstoff ist Holz nicht nur ein außergewöhnlich nachhaltiges Baumaterial, sondern zudem sehr beliebt. Dies liegt auch darin begründet, dass Holz sich ideal für modernes, umweltschonendes und gesundes Wohnen eignet. So entspricht das Bauen mit Holz dem Wunsch vieler Menschen, in allen Lebensbereichen umweltfreundlich und nachhaltig zu agieren. Der Baustoff Holz kommt daher in den letzten Jahren immer häufiger im mehrgeschossigen und verdichtenden Wohnungsbau sowie z. B. im Schulbau zum Einsatz. Insbesondere die letzten Novellierungen mehrerer Landesbauordnungen ermöglichen den Einsatz der Holz- und Holz-Hybridbauweise als auch den von nachhaltigen Dämmstoffen aus Naturfasern bei Gebäuden bis zur Klasse 5.

Alle an Entwurf, Planung und Ausführung von hölzernen Bauwerken Beteiligte sowie Bauproduktehersteller, Materialprüfanstalten und Bauaufsichtsbehörden müssen ein hohes Maß an Fachkenntnis sowie einen Überblick über den aktuellen Stand aller relevanten Bereiche im Zusammenhang mit dem Bauen mit Holz besitzen. Nur durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit können sichere und optimierte Holzbauten entwickelt und realisiert, Umplanungen vermieden und Genehmigungsverfahren optimiert werden.

Der Bauphysik-Kalender 2022 widmet sich dem Bauen mit Holz. Er soll für die Planung und Ausführung bei Neubauten und im Bestand eine aktuelle, verlässliche und praxismgerechte Arbeitsgrundlage schaffen. Die folgenden Inhalte werden vermittelt:

- Kommentierung/Erläuterung aktueller Regeln der Technik,
- Beiträge über gebräuchliche und innovative Dämmstoffe insbesondere aus nachwachsenden Rohstoffen,
- Vorstellung der neuesten Entwicklungen und ausgeführte Beispiele für das Konstruieren mit Holz,
- Vorstellung der neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet möglicher bauphysikalischer Nachweis- und Bemessungsverfahren im Holzbau, wobei insbesondere Berechnungsverfahren für den Wärme-, Feuchte-, Schall- sowie Brandschutz vorgestellt und erläutert werden,
- im Abschnitt E die jährlich aktualisierten bauphysikalischen Materialkennwerte sowie einen Beitrag mit materialtechnischen Tabellen für den Brandschutz.

Der Bauphysik-Kalender 2022 will mit der dargestellten Beitragsvielfalt den Bogen von der Forschung zur Praxis und vom Planungsbüro zur ausführenden Firma spannen und dabei auf neue Entwicklungen und Tendenzen hinweisen. Er stellt eine solide Arbeitsgrundlage sowie ein aktuelles Nachschlagewerk nicht nur für die Praxis, sondern auch für Lehre und Forschung dar. Für kritische Anmerkungen sind die Autoren, der Herausgeber und der Verlag dankbar.

Der Herausgeber möchte an dieser Stelle allen Autoren für ihre Mitarbeit und dem Verlag für die angenehme Zusammenarbeit herzlichst danken.

Hannover, im September 2021

Nabil A. Fouad

Inhaltsübersicht

A Allgemeines und Normung

- A 1 Feuchteschutz im Holzbau – Hintergründe und aktuelle Regeln der Technik 1
Hartwig Künzel, Daniel Zirkelbach, Daniel Kehl

B Materialtechnische Grundlagen

- B 1 Dämmstoffe im Bauwesen 43
Wolfgang M. Willems, Kai Schild
- B 2 Naturfaserdämmstoffe 121
Norbert Rüter
- B 3 Bauprodukte aus Rinde 139
Eugenia Mariana Tudor, Hermann Huber

C Nachweisverfahren

- C 1 Energetisch optimierte Holzkonstruktionen 171
Peter Schmidt, Saskia Windhausen
- C 2 Dokumentation einer Energiebilanz nach DIN/TS 18599 Beiblatt 3 205
Kati Jagnow, Lutz Dorsch
- C 3 Erfassen der Feuchtespeicherung in Holz und Potenzial für Messsysteme zur Bauwerksüberwachung 227
Mike Sieder, Yannick Plüss, Paul Biller, Moritz Tronnier
- C 4 Rechnerische Simulation zeitlicher Holzfeuchteverläufe im Vergleich zu langjährigen Messreihen 249
Sandra Tilleke, Nabil A. Fouad
- C 5 Schallschutz im Holzbau 275
Joachim Hessinger, Andreas Rabold, Bernd Saß, Markus Schramm
- C 6 Entwicklung und experimentelle Untersuchung einer neuartigen Holzleichtbauwand für Schulen 357
Michael Flieger, Markus Hofmann, Tobias Götz, Oliver Kornadt
- C 7 Luftdichtheit in Planung, Ausführung und Messung 393
Stefanie Rolfsmeier, Robert Borsch-Laaks, Alexander Kiß, Paul Simons
- C 8 Zerstörungsfreie/-arme Prüfmethoden für Bestandsuntersuchungen im Holzbau: Wellenbasierte Methoden – Stand der Technik und Untersuchungsergebnisse 423
Elena Perria, David Böhler, Mike Sieder
- C 9 Berechnungsverfahren von Holzrahmenbauteilen mit brandschutztechnischer raumabschließender Funktion 465
Sabine Scheidel, Sebastian Dienst, Tobias Götz, Oliver Kornadt

D Konstruktive Ausbildung/Ausführungsplanung

- D 1 Aufstockungen von Bestandsbauten [497](#)
Maren Fath, Michael Storck, Mike Sieder, Annette Hafner
- D 2 Leichtes und nachhaltiges Bauen – Erfahrungen und Analysen im Kontext
des Wettbewerbs Solar Decathlon Europe [517](#)
Frauke Rottschy, Jan Martin Müller, Karsten Voss
- D 3 Brandschutz bei hölzernen Bauteilen nach den nationalen Regeln und
Brandschutzkonzepte bei hölzernen Bauwerken [555](#)
Michael Dehne, Dirk Kruse, Björn Kampmeier
- D 4 Nachhaltige Holzbrücken für Geh- und Radwege [573](#)
Wilfried Moorkamp, Leif A. Peterson, Thomas Uibel

E Materialtechnische Tabellen

- E 1 Materialtechnische Tabellen für den Brandschutz [593](#)
Nina Schjerve
- E 2 Materialtechnische Tabellen [631](#)
Rainer Hohmann

Stichwortverzeichnis [687](#)

Inhaltsverzeichnis

A Allgemeines und Normung

A 1 Feuchteschutz im Holzbau – Hintergründe und aktuelle Regeln der Technik 1

Hartwig Künzel, Daniel Zirkelbach, Daniel Kehl

- | | | | | | |
|---------|--|----|---------|---|----|
| 1 | Einleitung | 3 | 3.2.1.3 | Diffusionswiderstand | 20 |
| 2 | Relevante hygrothermische Beanspruchungen und deren Auswirkungen | 3 | 3.2.1.4 | Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität | 21 |
| 2.1 | Ursachen für hygrothermische Beanspruchungen | 3 | 3.2.1.5 | Generische Datensätze für Holzwerkstoffe | 21 |
| 2.1.1 | Raumseitige Temperatur- und Feuchtebeanspruchungen | 4 | 3.2.2 | Rand- und Anfangsbedingungen | 23 |
| 2.1.2 | Außenseitige Temperatur- und Feuchtebeanspruchungen | 4 | 3.2.2.1 | Außenklimabedingungen | 23 |
| 2.1.3 | Solare Einstrahlung | 5 | 3.2.2.2 | Raumklima | 25 |
| 2.1.4 | Schlagregen | 6 | 3.2.2.3 | Anfangsbedingungen | 26 |
| 2.1.5 | Umkehrdiffusion durch Sonneneinstrahlung nach Regen (Solar Vapour Drive) | 7 | 3.2.3 | Wärme- und Feuchteübergang | 26 |
| 2.1.6 | Dampfkonvektion durch Undichtheiten in Außenbauteilen infolge von Luftdruckdifferenzen | 8 | 3.2.4 | Hilfsmodelle zur vereinfachten Berücksichtigung spezieller hygrothermischer Effekte | 27 |
| 2.1.7 | Anfangsfeuchte | 8 | 3.2.4.1 | Berücksichtigung von Konvektionseffekten | 28 |
| 2.1.8 | Leitungswasserschäden | 9 | 3.2.4.2 | Berücksichtigung von Regenwasserpenetration | 29 |
| 2.2 | Auswirkungen von Temperatur- und Feuchtebeanspruchungen | 9 | 3.2.5 | Simulationsergebnisse und deren Interpretation | 30 |
| 2.2.1 | Feuchtebedingte Erhöhung des Wärmedurchgangs | 9 | 3.2.5.1 | Feuchtebilanz | 30 |
| 2.2.2 | Schimmel und holzerstörende Pilze | 10 | 3.2.5.2 | Relevante Bewertungskriterien für den Holzbau | 30 |
| 2.2.3 | Korrosion von metallischen Verbindungen und Befestigungsmitteln | 11 | 3.2.5.3 | Feuchteverhältnisse an den Oberflächen | 31 |
| 2.2.4 | Hygrothermisch verursachtes Quell- und Schwindverhalten | 12 | 3.2.5.4 | Holzfeuchte | 31 |
| 3 | Feuchteschutzbemessung anhand von Normen und Richtlinien | 12 | 3.2.5.5 | Holzwerkstofffeuchte | 31 |
| 3.1 | Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3:2018-10 | 13 | 3.2.5.6 | Tauwasserbildung innerhalb des Bauteils | 32 |
| 3.1.1 | Nachweisfreie Konstruktionen | 13 | 3.2.5.7 | Wassergehaltsgrenzwerte für mineralische Baustoffe | 32 |
| 3.1.1.1 | Holzfachwerkwände | 13 | 3.3 | Feuchteschutz nach Holzschutznorm DIN 68800-2 | 32 |
| 3.1.1.2 | Dächer in Holzbauweise | 13 | 3.3.1 | Berücksichtigung und Gründe für eine Trocknungsreserve | 33 |
| 3.1.2 | Nachweis mithilfe des Periodenbilanzverfahrens nach Glaser | 14 | 3.3.2 | Hygrothermische Simulation für außen dampfdichte Bauteile | 33 |
| 3.1.3 | Feuchteschutznachweis durch hygrothermische Simulation | 16 | 3.4 | Regeln für die hygrothermische Simulation von Holzbauteilen nach WTA | 34 |
| 3.2 | Grundlagen, Normen und Richtlinien zur hygrothermischen Simulation | 18 | 3.4.1 | Verschattung | 34 |
| 3.2.1 | Materialkennwerte für Holz und Holzwerkstoffe | 18 | 3.4.2 | Bewertung von Holz durch die Porenluft- und Holzfeuchte | 35 |
| 3.2.1.1 | Feuchtespeicherung | 19 | 3.4.3 | Bewertung von Holzwerkstoffen durch Materialfeuchte | 37 |
| 3.2.1.2 | Feuchtetransport dampfförmig und flüssig | 20 | 4 | Schlussfolgerungen und Ausblick | 38 |
| | | | 5 | Literatur | 39 |

B Materialtechnische Grundlagen**B 1 Dämmstoffe im Bauwesen 43**

Wolfgang M. Willems, Kai Schild

- | | | | | | |
|-------|--|----|-------|---|----|
| 1 | Physikalische Grundlagen | 47 | 3.2 | Baumwolle | 68 |
| 1.1 | Wärmeschutz | 47 | 3.2.1 | Herstellung und Hintergrundinformationen | 68 |
| 1.1.1 | Wärmeleitfähigkeit λ | 47 | 3.2.2 | Anwendungsbereiche und Verarbeitung | 69 |
| 1.1.2 | Wärmedurchlasswiderstand R | 50 | 3.2.3 | Charakteristische Kenngrößen „Baumwolle“ | 70 |
| 1.1.3 | Spezifische Wärmekapazität c | 50 | 3.2.4 | Gesundheitliche und ökologische Aspekte | 70 |
| 1.1.4 | Temperaturleitzahl a | 51 | 3.3 | Blähglas | 70 |
| 1.1.5 | Physik der Wärmedämmung | 51 | 3.3.1 | Herstellung und Hintergrundinformationen | 70 |
| 1.2 | Feuchteschutz | 52 | 3.3.2 | Anwendungsbereiche und Verarbeitung | 71 |
| 1.2.1 | Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ | 52 | 3.3.3 | Charakteristische Kenngrößen „Blähglas“ | 71 |
| 1.2.2 | Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d | 52 | 3.3.4 | Gesundheitliche und ökologische Aspekte | 71 |
| 1.2.3 | Auswahl der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ für den Nachweis nach Glaser | 53 | 3.4 | Blähton | 72 |
| 1.3 | Schallschutz | 53 | 3.4.1 | Herstellung und Hintergrundinformationen | 72 |
| 1.3.1 | Schallabsorptionsgrad | 53 | 3.4.2 | Anwendungsbereiche und Verarbeitung | 72 |
| 1.3.2 | Schallabsorptionsfläche A | 54 | 3.4.3 | Charakteristische Kenngrößen „Blähton“ | 73 |
| 1.3.3 | Längenbezogener Strömungswiderstand r | 54 | 3.4.4 | Gesundheitliche und ökologische Aspekte | 73 |
| 1.3.4 | Dynamische Steifigkeit s' | 55 | 3.5 | Flachs | 73 |
| 1.3.5 | Dynamischer Elastizitätsmodul E_{Dyn} | 55 | 3.5.1 | Herstellung und Hintergrundinformationen | 73 |
| 1.4 | Brandschutz | 55 | 3.5.2 | Anwendungsbereiche und Verarbeitung | 74 |
| 1.4.1 | Baustoffklassen nach DIN 4102-1 | 55 | 3.5.3 | Charakteristische Kenngrößen „Flachs“ | 74 |
| 1.4.2 | Benennung des Brandverhaltens nach DIN EN 13501-1 | 56 | 3.5.4 | Gesundheitliche und ökologische Aspekte | 74 |
| 1.5 | Rohdichte | 59 | 3.6 | Getreidegranulat | 74 |
| 2 | Dämmstoffe im Bauwesen | 60 | 3.6.1 | Herstellung und Hintergrundinformationen | 74 |
| 2.1 | Dämmstoffübersicht | 60 | 3.6.2 | Anwendungsbereiche und Verarbeitung | 75 |
| 2.2 | Aspekte für die Auswahl von Dämmstoffen | 60 | 3.6.3 | Charakteristische Kenngrößen „Getreidegranulat“ | 75 |
| 2.2.1 | Baukonstruktive Aspekte | 60 | 3.6.4 | Gesundheitliche und ökologische Aspekte | 75 |
| 2.2.2 | Bauphysikalische Aspekte | 60 | 3.7 | Hanf | 76 |
| 2.2.3 | Ökologische Aspekte | 60 | 3.7.1 | Herstellung und Hintergrundinformationen | 76 |
| 2.2.4 | Ökonomische Aspekte | 63 | 3.7.2 | Anwendungsbereiche und Verarbeitung | 76 |
| 2.3 | Zusatzstoffe | 63 | 3.7.3 | Charakteristische Kenngrößen „Hanf“ | 77 |
| 2.3.1 | Treibmittel | 63 | 3.7.4 | Gesundheitliche und ökologische Aspekte | 77 |
| 2.3.2 | Bindemittel | 65 | | | |
| 2.3.3 | Stützfasern | 66 | | | |
| 2.3.4 | Zusätze für Brand- und Feuchteschutz | 66 | | | |
| 2.4 | Entwicklung der Dämmschichtdicken in Dach und Wand in den europäischen Ländern | 66 | | | |
| 3 | Beschreibung von Dämmstoffen | 66 | | | |
| 3.1 | Aerogel | 66 | | | |
| 3.1.1 | Herstellung und Hintergrundinformationen | 66 | | | |
| 3.1.2 | Anwendungsbereiche und Verarbeitung | 68 | | | |
| 3.1.3 | Charakteristische Kenngrößen „Aerogel“ | 68 | | | |
| 3.1.4 | Gesundheitliche und ökologische Aspekte | 68 | | | |

- 3.8 Holzfaser 77
- 3.8.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 77
- 3.8.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 78
- 3.8.3 Charakteristische Kenngrößen „Holzfaser“ 78
- 3.8.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 78
- 3.9 Holzwole-Leichtbauplatten und Holzwole-Mehrschichtplatten 79
- 3.9.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 79
- 3.9.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 80
- 3.9.3 Charakteristische Kenngrößen „HWL“ 81
- 3.9.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 81
- 3.10 Kalziumsilikat 81
- 3.10.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 81
- 3.10.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 82
- 3.10.3 Charakteristische Kenngrößen „Kalziumsilikat“ 82
- 3.10.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 82
- 3.11 Kokos 83
- 3.11.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 83
- 3.11.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 83
- 3.11.3 Charakteristische Kenngrößen „Kokos“ 83
- 3.11.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 83
- 3.12 Kork 84
- 3.12.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 84
- 3.12.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 84
- 3.12.3 Charakteristische Kenngrößen „Kork“ 85
- 3.12.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 85
- 3.13 Melaminharzschäum 85
- 3.13.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 85
- 3.13.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 86
- 3.13.3 Charakteristische Kenngrößen „Melaminharz“ 86
- 3.13.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 86
- 3.14 Mineralschäum 86
- 3.14.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 86
- 3.14.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 87
- 3.14.3 Charakteristische Kenngrößen „Mineralschäum“ 87
- 3.14.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 87
- 3.15 Mineralwolle 88
- 3.15.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 88
- 3.15.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 89
- 3.15.3 Charakteristische Kenngrößen „Mineralwolle“ 89
- 3.15.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 89
- 3.16 Perlite 90
- 3.16.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 90
- 3.16.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 90
- 3.16.3 Charakteristische Kenngrößen „Perlite“ 91
- 3.16.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 91
- 3.17 Phenolharz 91
- 3.17.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 91
- 3.17.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 91
- 3.17.3 Charakteristische Kenngrößen „Phenolharz“ 92
- 3.17.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 92
- 3.18 Polyesterfasern 92
- 3.18.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 92
- 3.18.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 92
- 3.18.3 Charakteristische Kenngrößen „Polyesterfasern“ 93
- 3.18.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 93
- 3.19 Polystyrol, expandiert (EPS) 93
- 3.19.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 93
- 3.19.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 94
- 3.19.3 Charakteristische Kenngrößen „EPS“ 95
- 3.19.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 95
- 3.20 Polystyrol, extrudiert (XPS) 95
- 3.20.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 95
- 3.20.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 96
- 3.20.3 Charakteristische Kenngrößen „XPS“ 97
- 3.20.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 97

- 3.21 Polyurethan (PUR, Hartschaum und Ortschaum) 97
 - 3.21.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 97
 - 3.21.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 98
 - 3.21.3 Charakteristische Kenngrößen „PUR“ 98
 - 3.21.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 99
- 3.22 Pyrogene Kieselsäure 99
 - 3.22.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 99
 - 3.22.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 99
 - 3.22.3 Charakteristische Kenngrößen „Pyrogene Kieselsäure“ 99
 - 3.22.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 100
- 3.23 Schafwolle 100
 - 3.23.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 100
 - 3.23.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 100
 - 3.23.3 Charakteristische Kenngrößen „Schafwolle“ 101
 - 3.23.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 101
- 3.24 Schaumglas 101
 - 3.24.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 101
 - 3.24.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 101
 - 3.24.3 Charakteristische Kenngrößen „Schaumglas“ 102
 - 3.24.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 103
- 3.25 Schilfrohr 103
 - 3.25.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 103
 - 3.25.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 103
 - 3.25.3 Charakteristische Kenngrößen „Schilfrohr“ 104
 - 3.25.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 104
- 3.26 Seegras 104
 - 3.26.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 104
 - 3.26.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 104
 - 3.26.3 Charakteristische Kenngrößen „Seegras“ 104
 - 3.26.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 104
- 3.27 Stroh 105
 - 3.27.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 105
 - 3.27.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 105
 - 3.27.3 Charakteristische Kenngrößen „Stroh“ 106
 - 3.27.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 106
- 3.28 Transparente Wärmedämmung 106
 - 3.28.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 106
 - 3.28.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 106
 - 3.28.3 Charakteristische Kenngrößen „TWD“ 107
 - 3.28.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 107
- 3.29 Vacuum Insulating Sandwich (VIS) 107
 - 3.29.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 107
 - 3.29.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 109
 - 3.29.3 Charakteristische Kenngrößen „VIS“ 109
 - 3.29.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 109
- 3.30 Vakuumisolationspaneele (VIP) 109
 - 3.30.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 109
 - 3.30.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 111
 - 3.30.3 Charakteristische Kenngrößen „VIP“ 112
 - 3.30.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 112
- 3.31 Vermiculite 112
 - 3.31.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 112
 - 3.31.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 112
 - 3.31.3 Charakteristische Kenngrößen „Vermiculite“ 113
 - 3.31.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 113
- 3.32 Zellelastomere 113
 - 3.32.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 113
 - 3.32.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 113
 - 3.32.3 Charakteristische Kenngrößen „Zellelastomere“ 114
 - 3.32.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 114
- 3.33 Zellulose 114
 - 3.33.1 Herstellung und Hintergrundinformationen 114
 - 3.33.2 Anwendungsbereiche und Verarbeitung 115
 - 3.33.3 Charakteristische Kenngrößen „Zellulose“ 115
 - 3.33.4 Gesundheitliche und ökologische Aspekte 116
- 4 Literatur 116

B2 Naturfaserdämmstoffe 121

Norbert Rüter

- | | | | | | |
|-------|---------------------------------|-----|-------|---------------|-----|
| 1 | Einleitung | 123 | 2.3 | Sonstige | 127 |
| 2 | Rohstoffe | 123 | 2.3.1 | Seegras | 127 |
| 2.1 | Forstwirtschaft | 123 | 2.3.2 | Zellulose | 128 |
| 2.1.1 | Nadelholzfaser | 124 | 2.3.3 | Schafwolle | 128 |
| 2.1.2 | Nadelholzspäne | 124 | 3 | Dämmstoffe | 129 |
| 2.1.3 | Holzwole | 124 | 4 | Anwendungen | 130 |
| 2.1.4 | Kork | 125 | 5 | Bauphysik | 131 |
| 2.2 | Landwirtschaft | 125 | 5.1 | Feuchteschutz | 132 |
| 2.2.1 | Flachs | 125 | 5.2 | Wärmeschutz | 133 |
| 2.2.2 | Hanf | 125 | 5.3 | Brandschutz | 133 |
| 2.2.3 | Schilf/Reet | 126 | 5.4 | Schallschutz | 135 |
| 2.2.4 | Stroh | 126 | 6 | Literatur | 137 |
| 2.2.5 | Wiesengras/Wiesengras-Zellulose | 127 | | | |

B3 Bauprodukte aus Rinde 139

Eugenia Mariana Tudor, Hermann Huber

- | | | | | | |
|-------|--|-----|-----|---|-----|
| 1 | Einleitung | 141 | 4.3 | Oriented Strand Boards | 152 |
| 2 | Baumrinde – allgemeine Eigenschaften | 141 | 4.4 | Dämmplatten aus Rinde | 152 |
| 2.1 | Anatomie der Baumrinde | 142 | 4.5 | Dekorative und Dämmplatten aus Baumrinde mit geringem Formaldehydgehalt | 154 |
| 2.2 | Chemische Zusammensetzung von Baumrinde | 142 | 4.6 | Rinde-Ton-Verbundwerkstoffe mit feuerhemmenden Eigenschaften | 154 |
| 2.3 | Tannine | 143 | 4.7 | Verbundplatten aus Baumrinde und deren Schallabsorptionsvermögen | 156 |
| 2.3.1 | Tannin-basierte Klebstoffe | 144 | 4.8 | The “living wall” – decorative bark-based panels | 158 |
| 2.3.2 | Tannin-basierte Schäume | 144 | 5 | Kork | 158 |
| 3 | Vorbereitung des Rohstoffes | 144 | 5.1 | Die Makrostruktur von Kork | 158 |
| 3.1 | Entrindungsmethoden | 144 | 5.2 | Die Mikrostruktur von Kork | 159 |
| 3.1.1 | Trommelentrindung | 145 | 5.3 | Eigenschaften von Kork | 159 |
| 3.1.2 | Cradle-Entrindung | 146 | 6 | Produkte auf Korkbasis | 160 |
| 3.1.3 | Fräskopfentrindung (Rosserkopf-entrindung) | 146 | 6.1 | Agglomerierte Korkverbundwerkstoffe | 160 |
| 3.1.4 | Kettenschlagentrinder | 146 | 6.2 | Expandierte Korkagglomerate | 160 |
| 3.1.5 | Hochdruck-Wasserstrahl-Entrindung | 146 | 6.3 | Kork-Kautschuk-Verbundwerkstoffe | 161 |
| 3.1.6 | Kompressionsentrinder | 147 | 6.4 | Kork-Sandwich-Verbundwerkstoffe | 161 |
| 3.1.7 | Bio-Entrindung | 147 | 6.5 | Kork-Mineralien-Verbundwerkstoffe | 161 |
| 3.2 | Zerkleinern der Rinde | 147 | 6.6 | Korkböden und Wandverkleidungen | 161 |
| 3.3 | Sichtung der Rindenpartikel | 148 | 6.7 | Umweltaspekte von Korkprodukten | 162 |
| 3.4 | Trocknung der Rinde | 148 | 7 | Literatur | 162 |
| 4 | Produkte aus Baumrinde | 149 | | | |
| 4.1 | Spanplatten aus Baumrinde | 150 | | | |
| 4.2 | Mitteldichte Faserplatten mit Baumrinde | 151 | | | |

C Nachweisverfahren

C1 Energetisch optimierte Holzkonstruktionen 171

Peter Schmidt, Saskia Windhausen

1	Einführung	173	4.3.4	Unterer Gebäudeabschluss (Bodenplatte und Kellerdecke)	187
2	Anforderungen und Regelwerke	173	4.3.5	Bauteile zu unbeheizten Räumen	188
3	Bauweisen und Konstruktion	175	4.4	Sonstige Anforderungen	188
3.1	Typische Merkmale und Vorteile der Holzbauweise	175	5	Anschlüsse und Details	189
3.2	Blockbauweise	176	5.1	Wärmebrücken	189
3.2.1	Klassische Blockbauweise	176	5.2	Luftdichtheit	191
3.2.2	Moderne Blockhäuser	177	5.3	Ausgewählte Anschlüsse und Details	193
3.2.3	Abdichtung der Fugen	177	6	Sommerlicher Wärmeschutz	193
3.2.4	Vorfertigung und Güteüberwachung	177	6.1	Gebäudestandort und Ausrichtung des Gebäudes	196
3.2.5	Sonstige Massivholzbauweisen	178	6.2	Fenster	196
3.3	Holzrahmenbau und Holztafelbau	178	6.3	Sonnenschutzmaßnahmen	196
3.3.1	Konstruktionsprinzip	178	6.4	Lüftung und passive Kühlung	197
3.3.2	Entwurfsgrundlagen und Rastermaß	179	6.5	Interne Wärmequellen	197
3.3.3	Vorteile der Holztafelbauweise	179	6.6	Wirksame Wärmespeicherfähigkeit	197
3.3.4	Güteüberwachung	180	7	Anlagensysteme	199
3.4	Holzskelettbau	180	7.1	Heizungsanlage	199
4	Energetische Ausbildung von Baukörper und Bauteilen	181	7.2	Trinkwarmwasser	200
4.1	Einflussgrößen auf den Energiebedarf von Gebäuden	181	7.3	Solarthermieanlage	200
4.2	Baukörper und Grundstück	181	7.4	Lüftungsanlage	200
4.3	Bauteile	182	7.5	Sonstige Anlagenkomponenten	201
4.3.1	Dach	182	8	Zusammenfassung	201
4.3.2	Außenwände	184	9	Literatur	201
4.3.3	Fenster und Verglasungen	185			

C2 Dokumentation einer Energiebilanz nach DIN/TS 18599 Beiblatt 3 205

Kati Jagnow, Lutz Dorsch

1	Einführung	207	4.4	Dokumentation der Gebäudegeometrie und Qualitäten der Bauteile	215
2	Entstehungshistorie	207	4.5	Dokumentation von Heizwärme- und Kühlbedarf	216
2.1	Das Beiblatt von 2015	208	4.6	Dokumentation der RLT- und Lüftungsanlagen	217
2.2	Förderprojekt BMU und DIBt	208	4.7	Dokumentation der statischen Heizsysteme	218
2.3	Projektgruppe und Arbeitstreffen	208	4.7.1	Wärmeübergabe	218
2.4	Überführung in ein Normungsvorhaben	209	4.7.2	Wärmeverteilung	220
3	Struktur des Beiblattes	209	4.7.3	Wärmespeicherung	220
3.1	Gliederung der Dokumentation	209	4.7.4	Wärmeerzeugung	221
3.2	Allgemeine Festlegungen	210	4.8	Dokumentation der Beleuchtung	222
3.3	Erläuterungstext und Zielgruppe	210	4.9	Dokumentation der Stromerzeugung	224
4	Beispielprojekt mit Dokumentation	211	5	Fazit und Ausblick	225
4.1	Vorstellung des Bürogebäudes mit Zonen und Versorgung	211	6	Dank	225
4.2	Dokumentation der Verfahren und Randbedingungen	212	7	Literatur	225
4.3	Dokumentation der Nutzung und Konditionierung	212			

C3 Erfassen der Feuchtespeicherung in Holz und Potenzial für Messsysteme zur Bauwerksüberwachung 227

Mike Sieder, Yannick Plüss, Paul Biller, Moritz Tronnier

1	Einleitung	229	3.1.2	Holzeigenschaften	237
2	Feuchtetransport in Vollholz und Holzwerkstoffen	229	3.1.3	Prüfkörperform	237
2.1	Feuchteaufnahme durch Sorption	229	3.1.4	Faserrichtung	237
2.1.1	Chemisorption	230	3.1.5	Feuchteverteilung im Holz	237
2.1.2	Physisorption	230	3.1.6	Elektroden und Widerstandsmessgerät	238
2.1.3	Kapillarkondensation	230	3.2	Kalibrierung von zwei Hygrometern	238
2.2	Kapillare Wasseraufnahme	230	3.2.1	Versuchsaufbau	238
2.3	Flüssigkeitstransport im Holz	231	3.2.2	Referenzmessungen	239
2.4	Einflüsse auf die Wasseraufnahme	232	3.2.3	Ergebnisse der Versuchsreihe A	239
2.4.1	Änderungen des Umgebungsklimas	232	3.2.4	Ergebnisse der Versuchsreihe B	240
2.4.2	Unterschiede aufgrund der Holzstruktur	232	3.2.5	Aufwand der Kalibrierung	242
2.4.3	Einfluss von Verklebungen und Beschichtungen	233	4	Holzfeuchtebestimmung über Sorptionskurven im Gebäudemonitoring	242
2.5	Berechnung der Holzfeuchteverteilung	234	4.1	Versuchsaufbau und Ergebnisse	242
2.5.1	Feuchteaufnahme aus der Luft	234	4.2	Kalibrierung und Genauigkeit	244
2.5.2	Feuchtetransport im Holz	234	4.3	Mögliche Einbauvarianten	245
3	Ermittlung der Holzfeuchte über den elektrischen Widerstand	236	4.4	Anwendungsbereiche	246
3.1	Feuchte	236	5	Fazit und Ausblick	246
3.1.1	Temperatur	237	5.1	Genauigkeit des Sensors	246
			5.2	Sensitivität und Ansprechverhalten	247
			6	Literatur	247

C4 Rechnerische Simulation zeitlicher Holzfeuchteverläufe im Vergleich zu langjährigen Messreihen 249

Sandra Tilleke, Nabil A. Fouad

1	Einleitung und Motivation	251	4	Klimadaten	266
2	Physikalische Grundlagen	253	4.1	Einfluss der Messfrequenz	266
2.1	Feuchte- und Wärmespeicherung	253	4.2	Einfluss des Messzeitpunktes	267
2.1.1	Feuchtespeicherung	253	4.3	Einfluss der Datenquelle	268
2.1.2	Wärmespeicherung	254	4.3.1	Anpassung der Außenklima-Daten	268
2.2	Transportvorgänge	255	4.3.2	Ergebnisse der Simulationen aus den Klimadaten	269
2.2.1	Feuchtetransport	255	5	Vergleich der Simulationen mit den gemessenen Langzeitwerten	270
2.2.2	Wärmetransport	257	6	Fazit	271
2.2.3	Gekoppelter Wärme-Feuchte-Transport	258	7	Literatur	272
3	Materialmodell	258			
3.1	Materialspezifische Kennwerte für den Baustoff Holz	258			
3.1.1	Allgemeine und thermische Kennwerte	258			
3.1.2	Hygrische Materialparameter	258			
3.2	Anpassung des Materialmodells	261			
3.2.1	Ergänzende Versuche	261			
3.2.2	Parameterstudie	262			

C5 Schallschutz im Holzbau 275

Joachim Hessinger, Andreas Rabold, Bernd Saß, Markus Schramm

- 1 Einführung 277
- 1.1 Schallprüfungen, Begriffsdefinitionen 277
- 1.2 Schalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden 277
 - 1.2.1 Luftschalldämmung 278
 - 1.2.2 Trittschalldämmung 279
- 1.3 Nationale Anforderungen, DIN 4109 279
- 1.4 Grundlagen der Bauakustik 280
 - 1.4.1 Massegesetz 281
 - 1.4.2 Koinzidenzfrequenz 282
 - 1.4.3 Platten-Eigenfrequenz 283
 - 1.4.4 Masse-Feder-Masse Resonanz 284
 - 1.4.5 Entkopplung 285
 - 1.4.6 Dämpfung/Schallabsorption 285
- 2 Holzdecken 285
 - 2.1 Konstruktionsregeln 286
 - 2.1.1 Estrichaufbauten 286
 - 2.1.2 Rohdeckenbeschwerden 288
 - 2.1.3 Schwingungstilger 288
 - 2.1.4 Tragstruktur und Dämmung im Balkenzwischenraum 288
 - 2.1.5 Unterdecken 289
 - 2.1.6 Gehbeläge 290
 - 2.2 Konstruktive Optimierung von Holzdecken 290
 - 2.2.1 Einfluss von Estrichaufbauten 290
 - 2.2.2 Einfluss durch Rohdeckenbeschwerung 291
 - 2.2.3 Verbesserung durch federnd abgehängte Unterdecke 291
 - 2.3 Bauteilsammlung für Holzdecken 292
 - 2.4 Flankenübertragung 296
 - 2.4.1 Flankenübertragung bei vertikaler Trittschallübertragung 296
 - 2.4.2 Flankenübertragung bei vertikaler Luftschallübertragung 299
 - 2.4.3 Horizontale Flankenübertragung von Decke und Boden 299
 - 2.4.4 Massivholzelemente als flankierende Bauteile 300
 - 2.5 Berechnungsbeispiel und Genauigkeit des K_1, K_2 -Verfahrens für die Trittschalldämmung 305
 - 2.6 Berechnungsbeispiel und Genauigkeit des differenzierten Berechnungsverfahrens 306
 - 2.7 Schalldämmung der Decken bei tiefen Frequenzen 306
 - 2.8 Hinweise zur Bauausführung 309
- 3 Wände in Holzbauweise 312
 - 3.1 Konstruktive Details von Wandkonstruktionen 312
 - 3.1.1 Holzständerkonstruktionen 312
 - 3.1.2 Massivholzkonstruktionen 313
 - 3.2 Holzwände in unterschiedlichen Anwendungsbereichen 313
 - 3.2.1 Innenwände 313
 - 3.2.2 Außenwände 314
 - 3.2.3 Gebäudetrennwände in Holzbauweise 315
 - 3.2.4 Flankenschalldämmung von Holzständerwänden 316
 - 3.2.5 Flankenschalldämmung von Massivholzwänden 316
 - 3.2.6 Bauteilsammlung für Holzwände 316
 - 3.3 Berechnungsbeispiel 321
 - 3.4 Genauigkeit des Prognoseverfahrens 322
 - 3.5 Schalldämmung von Holzwänden bei tiefen Frequenzen 322
 - 3.5.1 Anwendung für Gebäudetrennwände 322
 - 3.5.2 Anwendung für Außenwände 325
- 4 Dächer 326
 - 4.1 Steildachkonstruktionen 326
 - 4.1.1 Steildächer mit Zwischensparrendämmung 326
 - 4.1.2 Steildächer mit Aufsparrendämmung 327
 - 4.1.3 Trennwandanschluss an Steildächer 328
 - 4.1.4 Transmissionsschalldämmung von Steildächern 329
 - 4.1.5 Flankenschalldämmung von Steildächern 331
 - 4.2 Flachdachkonstruktionen 334
 - 4.2.1 Einfluss der Dämmung bei Flachdächern 334
 - 4.2.2 Abdichtung, Dachdeckung und Gehbelag 334
 - 4.2.3 Unterdecke und raumseitige Bekleidung 335
 - 4.3 Bauteilsammlung für Steildächer 335
 - 4.4 Bauteilsammlung für Flachdächer 341
 - 4.5 Schalldämmung von Steildächern bei tiefen Frequenzen 341
 - 4.6 Hinweise zur Bauausführung 346
- 5 Treppen in Reihenhäusern in Holzbauweise 349
 - 5.1 Stahl-Holz-Treppen 350
 - 5.2 Massivholz-Treppen 351
 - 5.3 Einfluss der Trennwand auf die Trittschalldämmung der Treppe 351
 - 5.4 Verbesserung der Trittschalldämmung von Treppen 352
- 6 Literatur 353

C6	Entwicklung und experimentelle Untersuchung einer neuartigen Holzleichtbauwand für Schulen 357		
	Michael Flieger, Markus Hofmann, Tobias Götz, Oliver Kornadt		
1	Einleitung 359	4.3	Kontrolle der Umgebungsbedingungen und des Hintergrundgeräuschpegels 380
2	Akustische Grundlagen 359	4.4	Experimentelle Messung der Nachhallzeit 380
2.1	Schall und Schalldruckpegel 359	4.5	Experimentelle Messung des Schalldämm-Maßes 381
2.2	Raumakustik 360	5	Entwicklung einer Holzleichtbauwand 382
2.3	Bauakustik 365	5.1	Entwicklungsziele und Projektpartner 382
2.4	Resonanzfrequenz und Koinzidenzgrenzfrequenz 367	5.2	Simulationstechnische Prognose des Schalldämm-Maßes 382
3	Normative Anforderungen der DIN 4109 an Leichtbautrennwände 368	5.3	Prognose des bewerteten Bauschalldämm-Maßes nach DIN 4109 383
3.1	Mindestanforderungen und erhöhte Anforderungen nach DIN 4109 368	5.4	Entwicklung von Prototypvarianten 384
3.2	Rechnerische Nachweisverfahren für Leichtbautrennwände nach DIN 4109-2 371	5.5	Experimentelle Untersuchung im Wandprüfstand 386
3.3	Daten für die rechnerischen Nachweisverfahren 373	5.6	Auswertung der Labormessungen 387
3.3.1	Daten für Metallständerwände 373	5.6.1	Bau- und Raumakustische Eigenschaften 387
3.3.2	Daten für Holztafelwände 373	5.6.2	Vergleich zwischen den Prototypvarianten 389
4	Normative Vorgaben für experimentelle Untersuchungen im Labor 378	5.6.3	Vergleich mit anderen Trennwänden 389
4.1	Normative Anforderungen an einen akustischen Wandprüfstand 378	6	Zusammenfassung und Fazit 390
4.2	Anforderungen an das Mess-equipment 378	7	Literatur 391
C7	Luftdichtheit in Planung, Ausführung und Messung 393		
	Stefanie Rolfmeier, Robert Borsch-Laaks, Alexander Kiß, Paul Simons		
1	Einleitung 395	5.2.5	Angebotsanfrage, Ausschreibung 403
2	Antriebskräfte, die Luftströmungen durch Lecks bewirken 395	5.2.6	Gewerkeübergreifendes Koordinierungsgespräch 403
3	Gründe für eine luftdichte Gebäudehülle 397	5.2.7	Überprüfung der Ausführung 403
3.1	Funktion von Lüftungsanlagen sicherstellen 397	5.3	Luftdichtheitskonzept im Neubau 405
3.2	Bauschäden durch konvektiven Feuchteintrag vermeiden 398	5.4	Luftdichtheitskonzept bei großen Gebäuden 405
4	Überprüfung der Gebäudehülle mit einer Luftdurchlässigkeitsmessung (Blower-Door-Messung) 399	5.4.1	Detailplanung 406
5	Luftdichtheitskonzept: Der erfolgreiche Weg zur vereinbarten Luftdichtheit 400	5.4.2	Detailoptimierung mittels Luftdichtheitsstest in einem Musterraum 408
5.1	Luftdichtheit bei der energetischen Sanierung 400	5.4.3	Eigenüberwachung der Luftdichtheitsebene 409
5.2	Luftdichtheitskonzept bei der Sanierung von kleinen Wohnungsbauten 400	5.4.4	Schlussmessung im fertiggestellten Gebäude 409
5.2.1	Grobkonzept 400	6	Arten von Luftleckagen 409
5.2.2	Hinweise: Einbindung haustechnischer Anlagen 401	7	Messzeitpunkt 409
5.2.3	Relevante Details 401	7.1	Messung am Bestandsgebäude 409
5.2.4	Detailplanung 402	7.2	Messung bzw. Untersuchung während Bauprozess 409
		7.3	Schlussmessung 410
		7.4	Messung nach einigen Betriebsjahren 410
		8	Luftdurchlässigkeitsmessung nach DIN EN ISO 9972: 2018-12 410

8.1	Grenzwerte für kleine Gebäude (< 1500 m ³) 410	8.6.1	Festlegung des Prüfumfangs 415
8.1.1	Ermittlung des Gebäudeluftvolumens 410	8.6.2	Preiskalkulation der Blower-Door-Messung 416
8.2	Grenzwerte für große Gebäude (> 1500 m ³) 411	8.6.3	Nachströmwege der Luft zu den Blower-Door-Messgeräten 416
8.2.1	Ermittlung der Hüllfläche A _E 412	8.6.4	Baubegehung vor der Messung 416
8.3	Schlussmessungen 412	8.6.5	Vorbereitung der Messung 417
8.3.1	Messzeitpunkt 412	8.6.6	Gebäuderundgang 417
8.3.2	Die Luftdichtheitsschicht ist überdeckt – das Gebäude ist fertiggestellt 413	8.6.7	Messung – Aufnahme der Messreihen 417
8.3.2.1	Leckageortung 413	8.6.8	Beispiele von Messungen an großen Gebäuden 419
8.4	Der Messablauf 414	8.7	Messung hoher Gebäude 419
8.5	Luftdurchlässigkeitsmessung in Mehrfamilien- und Laubenganghäusern 414	9	Beurteilung von Luftleckagen in der Luftdichtheitsebene 420
8.6	Blower-Door-Messung bei großen Gebäuden 415	10	Literatur 421

C 8 Zerstörungsfreie/-arme Prüfmethode für Bestandsuntersuchungen im Holzbau: Wellenbasierte Methoden – Stand der Technik und Untersuchungsergebnisse 423
 Elena Perria, David Böhler, Mike Sieder

1	Theoretische Grundlagen 425	3	Experimentelle Ergebnisse zum Einfluss der Holzmerkmale auf die Schallgeschwindigkeit 444
1.1	Physikalische Grundlagen – Wellen 425	3.1	Problembeschreibung 444
1.1.1	Mechanische Wellen 425	3.2	Methode 446
1.1.2	Elektromagnetische Wellen 425	3.3	Materialien und Sortierung 447
1.2	Grundlagen zum Baustoff Holz 427	3.3.1	Geometrie 447
1.2.1	Holzanatomie 427	3.3.2	Sortierung der Proben 448
1.2.1.1	Struktur und Aufbau 427	3.4	Messung der Proben 449
1.2.1.2	Eigenschaften des Holzes 428	3.5	Auswertung der Versuchsergebnisse 450
1.2.1.3	Strukturveränderungen 428	3.5.1	Fichtenholz 450
1.2.1.4	Pilze und Mikroorganismen 429	3.5.2	Eichenholz 452
1.2.1.5	Insekten und Meeresorganismen 429	3.5.3	Zusammensetzung von bereichsweise ermittelten Schallwellengeschwindigkeiten 452
1.3	Schlussfolge 430	3.6	E-Modul 453
2	Wellenbasierte zerstörungsfreie Baustoffprüfmethode für Holz 430	3.6.1	Fichtenholz 453
2.1	Radar 431	3.6.2	Eichenholz 454
2.1.1	Grundlagen der Radartechnik 431	3.6.3	Schädigungstabellen 456
2.1.2	Physikalisches Messprinzip 431	4	Anwendungsbeispiel in der Praxis 459
2.1.3	Holzspezifische Einflüsse auf Radarmessungen 432	4.1	Einteilung der Messreihen auf der Balkenunterseite 459
2.1.4	Aussagekraft über mechanische Eigenschaften 434	4.2	Bestimmung der Roh-, Darrdichte und Holzfeuchte 460
2.2	Terahertz-Strahlung 434	4.3	Berechnung der Schallwellengeschwindigkeit und E-Modul 460
2.2.1	Grundlagen der Terahertz-Strahlungstechnik 434	4.4	Korrektur der Schallwellengeschwindigkeit 460
2.2.2	Physikalisches Messprinzip 434	4.5	Bewertung des Holzzustands 460
2.2.3	Holzspezifische Einflüsse auf Terahertz-Strahlungsmessungen 435	4.6	Bewertung der Tragfähigkeit über den dynamischen E-Modul 460
2.2.4	Aussagekraft über die mechanischen Eigenschaften 436	4.7	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse 461
2.3	Schallwellenbasierte Messsysteme 437	5	Schlussfolgerung und Ausblick 461
2.3.1	Grundlagen der Schalltechnik 437	6	Literatur 462
2.3.2	Physikalisches Messprinzip 437		
2.3.3	Holzspezifische Einflüsse auf Terahertz-Strahlungsmessungen 437		
2.3.4	Aussagekraft über mechanische Eigenschaften 444		

C9 Berechnungsverfahren von Holzrahmenbauteilen mit brandschutztechnischer raumabschließender Funktion 465

Sabine Scheidel, Sebastian Dienst, Tobias Götz, Oliver Kornadt

- | | | | | | |
|-------|---|-----|-------|--|-----|
| 1 | Einleitung | 467 | 6 | Untersuchungen zu additiven Berechnungsverfahren | 482 |
| 2 | Grundlagen | 467 | 6.1 | Hintergrund | 482 |
| 2.1 | Brandschutz | 467 | 6.2 | Brandversuche | 482 |
| 2.2 | Holzbau | 470 | 6.2.1 | Versuchsaufbau Brandversuche | 482 |
| 3 | Additive Berechnungsverfahren | 472 | 6.2.2 | Ergebnisauswertung Brandversuche | 483 |
| 3.1 | Additive Berechnungsverfahren | 473 | 6.3 | Berechnungsverfahren | 484 |
| 3.1.1 | Britisches Berechnungsverfahren | 473 | 6.3.1 | Nach DIN EN 1995-1-2 Anhang E | 484 |
| 3.1.2 | Kanadisches Verfahren | 473 | 6.3.2 | Nach Component Additive Method | 485 |
| 3.1.3 | Dänisches Verfahren | 474 | 6.3.3 | Ergebnisauswertung Berechnungsverfahren | 487 |
| 3.2 | Verfahren nach Joakim Norén | 475 | 6.4 | Simulationen | 489 |
| 4 | Aktuelle, europäische additive Berechnungsverfahren | 476 | 6.4.1 | Modulbeschreibung | 489 |
| 4.1 | Verfahren nach DIN EN 1995-1-2:2010 Anhang E | 476 | 6.4.2 | Simulationsergebnisse | 489 |
| 4.2 | Component Additive Method | 477 | 6.5 | Auswertung der Ergebnisse | 491 |
| 4.3 | Berechnungsverfahren nach DIN ENV 1995-1-2 | 478 | 7 | Weitere Schritte und Ausblick | 494 |
| 5 | Anwendung in der Praxis | 480 | 8 | Fazit | 494 |
| | | | 9 | Literatur | 495 |

D Konstruktive Ausbildung/Ausführungsplanung

D1 Aufstockungen von Bestandsbauten 497

Maren Fath, Michael Storck, Mike Sieder, Annette Hafner

- | | | | | | |
|-------|---|-----|-------|---|-----|
| 1 | Aufstockungen – Allgemeines | 499 | 4.2 | Planungsaufwand von Anschlussdetails | 506 |
| 2 | Bestandsgebäude | 499 | 4.3 | Außenwand Aufstockung/Bestand | 507 |
| 2.1 | Potenzial verschiedener Bestandsgebäude für Aufstockungen | 499 | 4.4 | Loggien und Balkone | 508 |
| 2.2 | Eigenschaften von Bestandsgebäuden | 500 | 5 | Ökobilanzierung | 510 |
| 3 | Anforderungen an Aufstockungen | 504 | 5.1 | Grundlagen/ökologische Vorteile von Aufstockungsmaßnahmen | 510 |
| 3.1 | Wärmeschutz nach GEG | 504 | 5.2 | Ökologische Bilanzierung von Gebäuden | 511 |
| 3.1.1 | Winterlicher Wärmeschutz | 504 | 5.3 | Ökobilanz Aufstockungen | 512 |
| 3.1.2 | Sommerlicher Wärmeschutz | 505 | 5.4 | Berechnungsbeispiel | 513 |
| 3.2 | Feuchteschutz | 505 | 5.4.1 | Beschreibung der Aufstockungsmaßnahme | 513 |
| 3.3 | Schallschutz | 505 | 6 | Literatur | 515 |
| 3.4 | Brandschutz | 505 | | | |
| 4 | Anschlussituationen | 506 | | | |
| 4.1 | Allgemeine Hinweise | 506 | | | |

D2 Leichtes und nachhaltiges Bauen – Erfahrungen und Analysen im Kontext des Wettbewerbs Solar Decathlon Europe 517

Frauke Rottschy, Jan Martin Müller, Karsten Voss

- | | | | | | |
|-------|---|-----|-------|------------------------------------|-----|
| 1 | Einführung | 519 | 2.2 | Datenbasis und Auswertungsmethodik | 524 |
| 2 | Modulares und elementiertes Bauen | 520 | 2.3 | Ergebnisse | 526 |
| 2.1 | Randbedingungen beim Wettbewerb | 522 | 2.4 | Projektbeispiele | 530 |
| 2.1.1 | Anforderungen an den Transport | 523 | 2.4.1 | IKAROS Bavaria – Team Rosenheim | |
| 2.1.2 | Zeitliche Beschränkung für Auf- und Abbau | 524 | | SDE 2010 | 531 |

2.4.2	Nottingham H.O.U.S.E – Team Nottingham SDE 2010	533	3.3.2	Counter Entropy House – Team Aachen SDE 2012	545
2.4.3	home+ – Team Stuttgart SDE 2010	534	3.3.3	Habiter 2030 – Team Lille SDE 2019	546
2.4.4	Urcomante – Team Valladolid SDE 2010	536	3.4	Der Urban Mining Index zur Bewertung der Kreislaufkonsistenz	547
2.4.5	Lumen House – Team Blacksbury SDE 2010	536	3.4.1	Systematik	547
2.5	Zusammenfassung	537	3.4.2	Qualitätsstufen	547
3	Nachhaltiges und recyclinggerechtes Bauen	539	3.4.3	Bewertungsebenen	548
3.1	Der Gebäudebestand als Rohstofflager – Urban Mining	540	3.4.4	Umsetzung als Berechnungswerkzeug	549
3.2	Nachhaltigkeit als Disziplin im Solar Decathlon	542	3.4.5	Beispielhafte Ergebnisse	551
3.3	Projektbeispiele	543	3.5	Zusammenfassung	552
3.3.1	Ecolar – Team Konstanz SDE 2012	544	4	Ausblick	552
			5	Danksagung	553
			6	Literatur	553

D3 Brandschutz bei hölzernen Bauteilen nach den nationalen Regeln und Brandschutzkonzepten bei hölzernen Bauwerken 555

Michael Dehne, Dirk Kruse, Björn Kampmeier

1	Einleitung	557	2.6.1	Konstruktive Grundsätze für Holzfassaden in der Gebäudeklasse 4 und 5	563
2	Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise – MHolzBauRL, Fassung Oktober 2020	558	2.6.1.1	Hinterlüftung/Nichtbrennbare Trägerplatte	563
2.1	Allgemeines	558	2.6.1.2	Horizontale Brandsperrern	563
2.2	Neuerungen der MHolzBauRL	559	2.6.1.3	Vertikale Brandsperrern	564
2.3	Anforderungen an Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 in Massivholzbauweise	560	2.6.2	Wirksame Löscharbeiten für die Feuerwehr	565
2.4	Oberflächen von Massivholzbauteilen	561	2.7	Installationen	565
2.5	Rauchdichtigkeit von raumabschließenden Massivholzbauteilen	561	2.7.1	Allgemeines	565
2.5.1	Rauchdichtigkeit von Massivholzwänden	561	2.7.2	Elektrische Leitungen	565
2.5.1.1	Rauchdichtigkeit von Elementfugen	561	3	Projektbeispiel: Brandschutzkonzept für ein Hochhaus in Holz-Hybrid-Bauweise in Heilbronn	565
2.5.1.2	Rauchdichtigkeit von Bauteilfugen	561	3.1	Beschreibung des Gebäudes	565
2.5.2	Rauchdichtigkeit von Geschossdecken	562	3.2	Erschließung für die Feuerwehr	566
2.6	Anforderungen an Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5	562	3.3	Flucht- und Rettungswege	567
			3.4	Anforderungen an die Konstruktion	567
			3.5	Anlagentechnischer Brandschutz	570
			4	Zusammenfassung	571
			5	Literatur	571

D4 Nachhaltige Holzbrücken für Geh- und Radwege 573

Wilfried Moorkamp, Leif A. Peterson, Thomas Uibel

1	Einleitung	575	3.4	Analyse des Brückenzustands	578
2	Motivation	575	4	Invention der Standardbrücken	582
3	Bestandsuntersuchungen	575	4.1	Anforderungen und Anwendungsbereiche	582
3.1	Holzbrücken in Deutschland	575	4.2	Standardtypen und Ausführungsvarianten	583
3.2	Holzbrücken in NRW	576	4.3	Bauteile und Anschlüsse	583
3.3	Analyse der NRW-Datenbasis	576			

5	Betrachtungen zur Nachhaltigkeit	587	6	Leitfäden für Planer und Bauherren	589
5.1	Grundlagen	587	7	Zusammenfassung	591
5.2	Umweltindikatoren	588	8	Literatur	591
5.3	Ökobilanz der Standardbrücken	588			

E Materialtechnische Tabellen

E1 Materialtechnische Tabellen für den Brandschutz 593

Nina Schjerve

1	Einleitung	595	2.4	Heizwerte	604
1.1	Relevanz von Materialdaten	595	2.5	Lagerungsdichte und m-Faktoren	611
1.2	Prüfverfahren ausgewählter Materialdaten	595	2.6	Luftbedarf	614
1.3	Einheiten und Einheiten- Konvertierung	596	2.7	Verbrennungseffektivität und Verbrennungsanteile	615
2	Stoffdaten	596	2.8	Zusätzliche Stoffdaten für Kunststoffe	619
2.1	Zündtemperaturen und Entzündungs- kriterien	596	2.9	Flächenbezogene Brandleistung und Brandentwicklung	622
2.2	Abbrand	601	3	Literatur	628
2.3	Brandausbreitung	603			

E2 Materialtechnische Tabellen 631

Rainer Hohmann

1	Vorbemerkungen	633	3	Schallschutztechnische und akustische Kennwerte	673
2	Wärme- und feuchtetechnische Kennwerte	635	4	Literatur	685

Stichwortverzeichnis 687

Autor:innenverzeichnis

Biller, Paul, M.Sc.

Ausbildung zum Tischler, Bauingenieurstudium an der HCU Hamburg (Bachelor) und TU Braunschweig (Master) mit konstruktiver Ausrichtung im Holz-, Stahl- und Massivbau, Master-Thesis über die Evaluierung eines neuartigen Holzfeuchte-Sensors mit Entwicklung eines Monitoring-Konzepts, Projektingenieur bei WTM Engineers, Hamburg.

WTM Engineers, Johannesbollwerk 6–8,
20459 Hamburg

Böhler, David, M.Sc.

Ausbildung zum Zimmerer 2012, Bauingenieurstudium TU Braunschweig 2020, seit 2020 wiss. Mitarbeiter und Promotionsstudent am Institut für Baustoffe Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig.

Technische Universität Braunschweig, Institut für Baustoffe Massivbau und Brandschutz (iBMB),
Fachgebiet Baustoffe, Beethovenstr. 52,
38106 Braunschweig

Borsch-Laaks, Robert, Sachverständiger für Bauphysik

Studium der Physik sowie der Sozial- und Erziehungswissenschaften für das Lehramt an berufsbildenden Schulen, 1981 Mitbegründung des Forschungs- und Weiterbildungsinstituts „Energie- und Umweltzentrum am Deister“ (e.u. [z.]), Springe sowie der Ingenieurgemeinschaft Bau + Energie GmbH, ab 1992 freiberuflicher Sachverständiger für Bauphysik in Aachen, ab 2013 Fachautor, Lektor und Dozent in der beruflichen Weiterbildung von Architekten, Baufachingenieuren und Handwerkern.

Drei-Rosen-Straße 32, 52066 Aachen

Dehne, Michael, Dr.-Ing.

Studium des Bauingenieurwesens an der TU Braunschweig, 1999–2004 wiss. Mitarbeiter im Fachgebiet Brandschutz des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz iBMB der TU Braunschweig, Promotion mit dem Thema: „Probabilistisches Sicherheitskonzept für den vorbeugenden Brandschutz“, seit 2000 Tätigkeit als Brandschutzgutachter mit den Schwerpunkten Brandschutzkonzepte für Sonderbauten aller Art, Brandsimulation und Personenstromsimulation; seit 2005 Geschäftsführer des Ingenieurbüros für Brandschutz „Dehne Kruse Brandschutzingenieure GmbH & Co. KG“, Autor wiss. Veröffentlichungen, Auszeichnung mit dem „Deutschen Brandschutzpreis 2006“ und dem „Wilhelm-Klauditz-Preis 2006“. Von der Ingenieurkammer Niedersachsen

öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für vorbeugenden Brandschutz.

Dehne, Kruse Brandschutzingenieure GmbH & Co. KG, Gustav-Schwannecke-Straße 13, 38518 Gifhorn

Dienst, Sebastian, M.Eng.

Zimmermeister Rasom Wood Technology Srl., Italien, Studium Holzingenieurwesen HAWK Hildesheim, Studium M.Eng. Vorbeugender Brandschutz TAS, HS Kaiserslautern, seit 2011 Projektleiter PIRMIN JUNG Deutschland GmbH Remagen, seit 2017 Mitglied der Geschäftsleitung und Prokurist PIRMIN JUNG Deutschland GmbH Remagen, seit 2017 Nachweisberechtigter für vorbeugenden Brandschutz, Ingenieurkammer Hessen.

PIRMIN JUNG Deutschland GmbH,
Am Güterbahnhof 16, 53424 Remagen

Dorsch, Lutz, Dipl.-Ing. (FH) M.BP.

Bauingenieurstudium an der FH Köln, Studium der Bauphysik an der Universität Stuttgart, 2007–2020 Geschäftsführer der Dorsch und Hoffmann GmbH Institut für Energieeffizienz, 2012–2019 Lehrbeauftragter an der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen, seit 2019 Senior Lecturer an der FH Salzburg Studiengang Smart Building.

l.dorsch@i-f-ee.de
5400 Hallein/Österreich

Fath, Maren, Dipl.-Ing.

Studium des Bauingenieurwesens an der Leibniz Universität Hannover, Abschluss als Diplom Bauingenieurin 2014, seit 2015 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Baukonstruktion und Holzbau der TU Braunschweig, Projektmitarbeit an verschiedenen Forschungsprojekten zu den Themen Aufstockungen und Nachverdichtung.

Technische Universität Braunschweig, Institut für Baukonstruktion und Holzbau, Schleinitzstraße 21 A,
38106 Braunschweig

Flieger, Michael, M.Sc.

Studium des Bauingenieurwesens an der TU Kaiserslautern, seit 2015 Mitarbeiter am Fachgebiet Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung der TU Kaiserslautern.

Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung,
Paul-Ehrlich-Straße 29, 67663 Kaiserslautern

Fouad, Nabil A., Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium an der Ain Shams Universität in Kairo, 1991–1999 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl Allgemeiner Ingenieurbau an der TU Berlin, 1997 Promotion, 1992–2001 freie Mitarbeit bei der CRP Bauingenieure GmbH, anschließend bis 2018 Leiter der Niederlassung Hannover, seit 2018 Geschäftsführender Gesellschafter der 3B Bauconsult GmbH & Co. KG., 2001–2007 Professor für Bauplanung und Bauwerkserhaltung und seit 2007 Professor für Bauphysik und Bauwerkssanierung an der Leibniz Universität Hannover, von der IHK Hannover öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Bauphysik und vorbeugenden Brandschutz.

Leibniz Universität Hannover, Institut für Bauphysik, Appelstraße 9a, 30167 Hannover

Götz, Tobias, Dipl.-Ing. (FH)

1998–2001 Wanderschaft als Zimmermann, Freie Vogtländer Deutschland, Studium Holzingenieurwesen HAWK Hildesheim, 2006–2010 Projektleiter bei PIRMIN JUNG Ingenieure für Holzbau AG in Rain (CH), seit 2010 Geschäftsführender Gesellschafter der PIRMIN JUNG Deutschland GmbH Remagen, seit 2015 Lehrbeauftragter an der TU Kaiserslautern, seit 2016 Nachweisberechtigung für Standsicherheit Ingenieurkammer Hessen, seit 2019 Nachweisberechtigung für Schall- und Wärmeschutz Ingenieurkammer Hessen.

PIRMIN JUNG Deutschland GmbH, Am Güterbahnhof 16, 53424 Remagen

Hafner, Annette, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Architektin, Leiterin des Lehrstuhls Ressourceneffizientes Bauen an der Ruhr-Universität Bochum, Arbeitsschwerpunkte: Umsetzung von ressourcenschonenden Baukonstruktionen, Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen und nachhaltiges Bauen, Ökobilanzierung von Gebäuden, Klimaschutz und Ressourcenschonung im Bauwesen, tätig für Forschungsprojekte im Bereich des nachhaltigen und ressourceneffizienten Bauens, div. Arbeitsgruppen und Jürs, Mitglied im wiss. Beirat für Waldpolitik beim BMEL.

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Ressourceneffizientes Bauen, IC 5/161, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

Hessinger, Joachim, Dr. Dipl.-Phys.

Physikstudium an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und Promotion, seit 2005 Prüfstellenleiter im ift Labor Bauakustik (Prüfung von Bauelementen, Deckenelementen, Verglasungen und Holzbauwänden sowie Forschungsprojekte, Baumessungen und Gutachten), in verschiedenen Funktionen tätig in der Holz-

und Fensterbranche, Lehrbeauftragter, Referent und Fachautor, Mitglied in verschiedenen Normen und Fachausschüssen (NA 005-55-74 AA – Anforderungen an den Schallschutz) des DIN.

ift Rosenheim, Theodor-Gietl-Straße 7–9, 83026 Rosenheim

Hofmann, Markus, Dipl.-Ing.

Studium des Bauingenieurwesens an der Bauhaus-Universität Weimar, 2008 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl Bauphysik an der Bauhaus-Universität Weimar, seit 2013 wiss. Mitarbeiter am Fachgebiet Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung der TU Kaiserslautern.

Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung, Paul-Ehrlich-Straße 29, 67663 Kaiserslautern

Hohmann, Rainer, Prof. Dr.-Ing.

Professor für Bauphysik an der FH Dortmund, Mitglied im Sachverständigenausschuss „Bauwerks- und Dachabdichtung“ des DIBt, Obmann im DIN-Ausschuss der DIN 18197 „Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern“ und der DIN 18541 „Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Ort beton“, Mitglied im DAfStb-Ausschuss „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ (WU-Richtlinie) sowie in den DBV-Arbeitskreisen „Injektionsschlauchsysteme und quellfähige Einlagen für Arbeitsfugen“, „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen“ und „Beschichtete Fugenbleche“.

Fachhochschule Dortmund, Fachbereich Architektur, Fachgebiet Bauphysik, Emil-Figge-Straße 40, 44047 Dortmund

Huber, Hermann, Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Ing.

Studium Holztechnologie & Holzbau, FH Salzburg, Campus Kuchl, Masterstudium Holztechnologie & Holzwirtschaft, FH Salzburg, 1999–2002 Leiter F&E Mafi Holzverarbeitung GmbH, 2002–2011 Geschäftsführer, timberfreaks Holztechnik GmbH, 2005–2008 externer Lehrbeauftragter, FH Salzburg, seit 2008 Lehrbeauftragter und Fachbereichsleiter Holzbau, FH Salzburg.

Fachhochschule Salzburg GmbH, Studiengang Holztechnologie & Holzbau, Markt 136a, 5431 Kuchl/Österreich

Jagnow, Kati, Prof. Dr.-Ing.

1997–2001 Studium der Technischen Gebäudeausrüstung, FH Braunschweig/Wolfenbüttel, 2004 Promotion an der Universität Dortmund, Fakultät Bauwesen,

2001–2003 wiss. Mitarbeit am Trainings- & Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel e. V., seit 2004 selbständig im Ingenieurbüro, seit 2010 Lehrtätigkeit an der HS Magdeburg-Stendal, Fachbereich Wasser, Umwelt Bau und Sicherheit Bauwesen, seit 2014 Professur, Schwerpunkte: Qualitätssicherung für Anlagentechnik; Energiegutachten und Optimierungskonzepte.

info@delta-q.de
38124 Braunschweig

Kampmeier, Björn, Prof. Dr.-Ing.

Studium des Holzingenieurwesens an der FH Hildesheim, Studium des Bauingenieurwesens an der TU Braunschweig, 2004–2012 wiss. Mitarbeiter und Oberingenieur am iBMB der TU Braunschweig, 2008 Promotion mit dem Thema „Risikogerechte Brandschutzlösungen für den mehrgeschossigen Holzbau“, Wilhelm-Klauditz-Preis für Holzforschung und Umweltschutz 2006, Sonderpreis der ProWood-Stiftung 2005, freiberufliche Nebentätigkeit im Ingenieurbüro für Brandschutz, seit 2012 Professur an der HS Magdeburg-Stendal im Fachbereich Wasser, Umwelt, Bauen und Sicherheit für die Fachgebiete Brandschutz und Baukonstruktion.

Hochschule Magdeburg-Stendal, Fachgebiet Brandschutz und Baukonstruktion, Breitscheidstraße 2, 39114 Magdeburg

Kehl, Daniel, Dipl.-Ing. (FH)

Holzingenieurstudium FH Hildesheim, 2000–2002 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl für Stahl- und Holzbau der Universität Leipzig, 2003–2007 wiss. Mitarbeiter an der MFPA Leipzig im Bereich Brandschutz und AG-Leiter im Bereich Bauphysik, 2007–2011 wiss. Mitarbeiter im Holz- und Verbundbau an der Berner Fachhochschule, 2011–2014 wiss. Mitarbeiter am Institut für Bauklimatik der TU Dresden, seit 2014 selbstständig.

Büro für Holzbau und Bauphysik, Nixenweg 14, 04277 Leipzig

Kiß, Alexander, Dipl.-Ing.

Studium der Wirtschaftswissenschaften an der Leibniz Universität Hannover, seit 2013 bei der BlowerDoor GmbH und seit 2020 Teil der Geschäftsführung, Tätigkeitsbereich: Schulung, Beratung und Verkauf von BlowerDoor MessSystemen.

BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen

Kornadt, Oliver, Prof. Dr. rer. nat.

Studium der Physik und Mathematik mit Diplom in Physik an der Universität des Saarlandes, 1992 Promotion an der RWTH Aachen, 1993–2001 Leiter des

Fachgebiets Bauphysik der Philipp Holzmann AG, 2001 Berufung zum Universitätsprofessor für Bauphysik an der Bauhaus-Universität Weimar, 2012 Berufung zum Universitätsprofessor für Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung an der TU Kaiserslautern, seit 1997 Mitglied und seit 2006 Obmann des NaBau-Ausschusses zur DIN 4109-1 „Schallschutz im Hochbau“, zahlreiche Publikationen und mehrere Auszeichnungen für seine Forschungsarbeiten.

Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung, Paul-Ehrlich-Straße 29, 67663 Kaiserslautern

Kruse, Dirk, Prof. Dr.-Ing.

Ausbildung zum Energieelektroniker bei der PreussenElektra AG, Studium Elektrotechnik und Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig, 1994–2013 Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI), zuletzt in der Funktion als Abteilungsleiter, seit 2006 geschäftsführender Gesellschafter von Dehne, Kruse Brandschutzingenieure GmbH & Co. KG, seit 2009 Lehrbeauftragter an der HS für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Fachbereich Holzingenieurwesen, ab 2018 Professur für Brandschutz, Sachverständiger für vorbeugenden Brandschutz.

Dehne, Kruse Brandschutzingenieure GmbH & Co. KG, Gustav-Schwannecke-Straße 13, 38518 Gifhorn

Künzel, Hartwig, Prof. Dr.-Ing.

Leiter der Abteilung Hygrothermik am Fraunhofer-IBP, Mitglied in bauphysikalischen Normungs- und Fachgremien (DIN, CEN und ASHRAE), Obmann des deutschen Normungsausschusses zum klimabedingten Feuchteschutz, Honorarprofessor für klimarechtes Bauen und für Raumklima an der Universität Stuttgart, Autor von 400 nationalen und internationalen Publikationen und Konferenzbeiträgen.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Fraunhoferstr. 10, 83626 Valley

Moorkamp, Wilfried, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium an der Universität Hannover, 1997–2002 wiss. Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der Universität Hannover, 2002 Promotion am Lehrstuhl für Bautechnik und Holzbau der Universität Hannover, 2002–2010 selbstständig tätig als Tragwerksplaner und Lehrbeauftragter an der FH Hannover, seit 2010 Professor für Holzbau und Nachhaltiges Bauen an der FH Aachen, Nebentätigkeit im konstruktiven Ingenieurbau und als Gutachter.

FH Aachen, Fachbereich Bauingenieurwesen, Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH), Bayernallee 9, 52066 Aachen

Müller, Jan Martin, M.Sc. (Arch.)

Architekturstudium an der Bergischen Universität Wuppertal mit dem Schwerpunkt „Nachhaltigkeit und Architekturperformance“, 2017–2019 wiss. Hilfskraft an der Bergischen Universität Wuppertal im Lehr- und Forschungsgebiet Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung, 2. Preis des Urban Mining Student Awards (2019), seit 2019 wiss. Mitarbeiter an der Bergischen Universität Wuppertal in der Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen im Projekt „Urban Solar Decathlon“, einem internationalen Studierendenwettbewerb für solares und nachhaltiges Bauen.

Bergische Universität Wuppertal, Fakultät für Architektur & Bauingenieurwesen,
Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal

Perria, Elena, Dr.-Ing., M.Sc. Arch.

Architekturstudium Università degli Studi di Firenze (UNIFI) Italien, 2011–2012 freiberufliche Architektin, 2012–2016 PhD Kandidatin in Civil and Environmental Engineering UNIFI/TU Braunschweig, 2014 Lehrbeauftragte für Entwerfen und Restaurierung Universität Santo Tomás de Aquino Bucaramanga (USTA) Kolumbien, 2016 Promotion am Lehrstuhl für Baukonstruktion und Holzbau der TU Braunschweig/Civil and Environmental Engineering UNIFI, seit 2016 wiss. Mitarbeiterin am Institut für Baukonstruktion und Holzbau der TU Braunschweig.

Technische Universität Braunschweig, Institut für Baukonstruktion und Holzbau (iBHolz),
Schleinitzstraße 21 A, 38106 Braunschweig

Peterson, Leif Arne, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium an der Leibniz-Universität Hannover, 2007 Promotion am dortigen Institut für Bauphysik, anschließend tätig als Akademischer Rat und Leiter der Abteilung Holzbau, 2012 Berufung an die FH Aachen, Tätigkeitschwerpunkte: Stärkung des Holzbaus und der Bauphysik im konstruktiven Ingenieurbau, freiberufliche Ingenieur- und Gutachtertätigkeit, seit 2020 Mitarbeit im Ingenieurbüro Volkmann-Planung.

FH Aachen, Fachbereich Bauingenieurwesen,
Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH),
Bayernallee 9, 52066 Aachen

Plüss, Yannick, M. Sc.

Studium Bauingenieurwesen an der Hochschule für Technik und Architektur in Freiburg (HTA-FR)/Schweiz, Aufenthalt an der FH Westschweiz in Lausanne und der TU Graz, 2010–2013 wiss. Mitarbeiter am Institut für Bau- und Umwelttechnologien der HTA-FR, 2014–2018 Projektleiter Tragwerksplanung und Bauprojektleiter, seit 2018 wiss. Mitarbeiter an der

TU Braunschweig, seit 2020 Oberingenieur am Institut für Baukonstruktion und Holzbau TU Braunschweig, freiberuflich beratender Ingenieur für Statik und Tragwerksplanung.

Technische Universität Braunschweig, Institut für Baukonstruktion und Holzbau (iBHolz),
Schleinitzstraße 21A, 38106 Braunschweig

Rabold, Andreas, Prof. Dr.-Ing.

Holztechnik-Studium an der Hochschule Rosenheim, Bauingenieurstudium und Promotion an der TU München, 1996–2014 als Prüflingenieur, Produktingenieur und Prüfstellenleiter am ift Rosenheim tätig, seit 2014 Lehrbeauftragter an der TH Rosenheim im Bereich Bauphysik und Bauinformatik, seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Bauakustik für den Holzbau.

Technische Hochschule Rosenheim,
Hochschulstraße 1, 83024 Rosenheim

Rolfsmeier, Stefanie, Dipl.-Ing.

Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Hannover, zertifizierte Prüferin der Gebäudeluftdichtigkeit nach dem FLiB e. V., Gebäudeenergieberaterin, Mitarbeiterin bei der Ingenieurgemeinschaft Bau + Energie + Umwelt GmbH und seit 2018 bei der BlowerDoor GmbH, Arbeitsschwerpunkte: Luftdurchlässigkeitsmessungen von Gebäuden und Sondermessungen, Entwicklung von Anwendungen, Seminar- und Vortragstätigkeit.

BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und
Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen

Rottschy, Frauke, Dipl.-Ing. MBA & Eng.

Architekturstudium an der TU Darmstadt mit Schwerpunkt „Energieeffizientes Bauen“, 1. Preis im Gesamtwettbewerb des Solar Decathlon in Washington D.C. (2009), berufsbegleitendes Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der HS München, 2013–2019 Tätigkeit in Architekturbüros in München, Ulm und Düsseldorf, seit 2019 wiss. Mitarbeiterin an der Bergischen Universität Wuppertal, Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen im Projekt „Urban Solar Decathlon“, einem internationalen Studierendenwettbewerb für solares und nachhaltiges Bauen.

Bergische Universität Wuppertal, Fakultät für Architektur & Bauingenieurwesen,
Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal

Rüther, Norbert, Dipl.-Ing.

Holzingenieurstudium an der FH Hildesheim-Holzminde (1992–1996), 1996–2002 Anwendungstechniker in der Holzwerkstoffindustrie, seit 2002 Projekt-

leiter im Fraunhofer Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI.

Fraunhofer-Institut für Holzforschung,
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, Bienroder Weg 54 E,
38108 Braunschweig

Saß, Bernd, Dipl.-Ing. (FH)

Holztechnikstudium an der FH Rosenheim, seit 2001 Prüfstellenleiter am ift Rosenheim im Bereich Bauakustik und seit 2004 dort stellvertretender Prüfstellenleiter (Prüfung von Bauelementen, Deckenelementen, Verglasungen und Holzbauwänden sowie Forschungsprojekte, Baumessungen und Gutachten), als gelernter Tischler seit vielen Jahren in der Fensterbranche in verschiedenen Funktionen tätig, Referent und Fachautor, Mitglied in verschiedenen Normen- und Fachausschüssen, z. B. in NA 062-02-31 AA (Arbeitsausschuss Schalldämmung und Schallabsorption, Messung und Bewertung) des NMP oder im Normenausschuss NA 005-55-75 AA (Nachweisverfahren, Bauteilkatalog, Sicherheitskonzept zu DIN 4109).

ift Rosenheim, Theodor-Gietl-Straße 7–9,
83026 Rosenheim

Scheidel, Sabine, M.Eng.

Architekturstudium FH Kaiserslautern, Studium M.Eng. Baulicher Brandschutz und Sicherheitstechnik DISC TU Kaiserslautern, seit 2018 wiss. Mitarbeiterin im Fachgebiet Baulicher Brandschutz der TU Kaiserslautern, seit 2009 selbstständige Sachverständige für vorbeugenden Brandschutz.

Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Baulicher Brandschutz, Gottlieb-Daimler-Straße 67,
67663 Kaiserslautern

Schild, Kai, Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil.

Bauingenieurstudium an der Ruhr-Universität Bochum (RUB), 1997–2003 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baukonstruktionen, Ingenieurholzbau und Bauphysik der RUB, 2002 Promotion, 2003–2007 wiss. Assistent der AG Baukonstruktionen und Bauphysik der RUB, 1997–2003 freiberufliche Tätigkeit, seit 2005 Mitglied im NA Wärmetransport, seit 2006 im NA Feuchteschutz beim DIN, 2005–2019 Gesellschafter der „Ingenieurgesellschaft Willems und Schild GmbH“, seit 2007 Akad. Rat am Lehrstuhl für Bauphysik und TGA der TU Dortmund, seit 2018 Akad. Oberrat, 2017 Habilitation und *venia legendi*, Gesellschafter (seit 2008) und Geschäftsführer (seit 2020) der „ENOTHERM GmbH“.

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Bauphysik und TGA, August-Schmidt-Straße 8,
44227 Dortmund

Schjerve, Nina, Dr. techn. Dipl.-Ing.

Studium der Architektur an der TU Wien, Mitarbeit in Architektur- und Ziviltechnikerbüros (Industriebau), 2002–2003 wiss. Mitarbeit am Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz im Fachbereich Brandschutz, 2005–2012 Projektassistentin bzw. Univ. Assistentin am Institut für Hochbau und Technologie, im Fachbereich Brandschutz der TU Wien, 2011 Promotion, seit 2010 diverse Vortragstätigkeiten, seit 2012 Brandschutz Fachplanung und Projektleitung, seit 2018 bei FSE Ruhrhofer & Schweitzer GmbH.

FSE Ruhrhofer & Schweitzer GmbH,
Mariahilferstraße 115/12, 1060 Wien/Österreich

Schmidt, Peter, Prof. Dr.-Ing.

Studium Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig, ab 1989 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baukonstruktionen, Ingenieurholzbau und Bauphysik an der Ruhr-Universität Bochum, 1994 Promotion, mehrjährige Tätigkeit in verschiedenen Planungsbüros, ab 1998 Leiter der Arbeitsgruppe Baukonstruktion, Ingenieurholzbau und Bauphysik an der Uni Siegen, Herausgeber und Autor verschiedener wiss. Publikationen in den Bereichen Baukonstruktion und Bauphysik.

Universität Siegen, Arbeitsgruppe Baukonstruktion, Ingenieurholzbau und Bauphysik,
Paul-Bonatz-Str. 9–11, 57076 Siegen

Schramm, Markus, M.Eng., Dipl.-Ing. (FH)

Holzbau und Ausbau-Studium mit anschließendem Masterstudium im Fachbereich Holztechnik an der HS Rosenheim, seit 2018 stellvertretender Prüfstellenleiter des ift Labor Bauakustik (Prüfung von Bauelementen, Deckenelementen, Verglasungen und Holzbauwänden sowie Forschungsprojekte, Baumessungen und Gutachten), Referent und Fachautor.

ift Rosenheim, Theodor-Gietl-Straße 7–9,
83026 Rosenheim

Sieder, Mike, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Studium Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität Weimar, 2009–2012 Vertretungs-Professur an der TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, seit 2014 Professor an der TU Braunschweig, Leiter des Instituts für Baukonstruktion und Holzbau, Mitglied in verschiedenen nationalen und internationalen Normungsgremien und Ausschüssen des Holzbaus, u. a. Obmann des NA 005-04-01 AA „Holzbau (Spiegelausschuss zu CEN/TC 124, CEN/TC 250/SC5, ISO/TC 165)“, Tragwerksplaner und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für

Holzbau, Tragwerke (Statik und Konstruktion) im Holzbau.

Technische Universität Braunschweig, Institut für Baukonstruktion und Holzbau (iBHolz), Schleinitzstraße 21A, 38106 Braunschweig

Simons, Paul, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium an der FH Aachen, anschließend tätig als Bauleiter (Hochbau), seit 1993 in der Ingenieurgemeinschaft Bau + Energie + Umwelt GmbH im Bereich Luftdichtheit der Gebäudehülle und energetische Optimierung von Gebäuden tätig, seit 1998 Geschäftsführer der BlowerDoor GmbH, Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Luftdichtheitskonzept des Fachverbandes Luftdichtheit im Bauwesen FLiB e. V.

BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe-Eldagsen

Storck, Michael, M.Sc.

Studium des Bauingenieurwesens an der Ruhr-Universität Bochum (RUB), seit 2017 wiss. Mitarbeiter an der RUB, Lehrstuhl für Ressourceneffizientes Bauen bei Prof. Hafner, Projektmitarbeit in unterschiedlichen Forschungsprojekten zur innerstädtischen Nachverdichtung sowie Betreuung der Lehre.

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Ressourceneffizientes Bauen IC 5/161, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

Tilleke, Sandra, Dipl.-Ing.

Studium des Bauingenieurwesens an der Leibniz Universität Hannover, 2005–2010 Mitarbeiterin der HOCHTIEF Construction AG in Essen und Düsseldorf, Bauleitung für Hochbau und Sanierung, seit 2010 wiss. Mitarbeiterin und Lehrbeauftragte an der Leibniz Universität am Institut für Bauphysik, verantwortlich für das Fachgebiet Holzbau.

Leibniz Universität Hannover, Institut für Bauphysik, Appelstraße 9a, 30167 Hannover

Tronnier, Moritz, B. Sc.

Studium Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig, Bachelorarbeit über die Kalibrierung von Hygrometern nach dem Widerstandsprinzip mit Nagelektroden, Masterstudium Bauingenieurwesen mit konstruktiver Ausrichtung im Holz-, Stahl- und Massivbau, wiss. Hilfskraft am iBHolz.

Technische Universität Braunschweig, Institut für Baukonstruktion und Holzbau (iBHolz), Schleinitzstraße 21A, 38106 Braunschweig

Tudor, Eugenia Mariana, FH-Prof. Dipl. Ing. Dipl. Ing. Dr.

Feinmechanikstudium, Vertiefung Automatisierungen, Transilvania Universität in Brasov, Rumänien 1986–1992, Masterstudium Holztechnologie- und Holzwirtschaft FH Salzburg 2011–2013, 2018 Promotion am Lehrstuhl für Holztechnologie an der Technischen Universität in Zvolen, Slowakei, 1994–1995 Assistentin in der Abteilung für Statistik der Transilvania Universität in Brasov, 1995–2002 Chefredakteurin der Zeitung AntenaPress in Brasov, Rumänien, 2001–2002 Lehrbeauftragte an der Transilvania Universität in Brasov, 2007–2011 Experte im Bereich E-learning, Transilvania Universität in Brasov, ab 2014 Lehrbeauftragte an der FH Salzburg.

Fachhochschule Salzburg GmbH, Studiengang Holztechnologie & Holzbau, Markt 136a, 5431 Kuchl/Österreich

Transilvania University of Brasov, B-dul Eroilor nr. 29, 500306, Brasov/Rumänien

Uibel, Thomas, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium an der Universität Hannover, 2002–2012 wiss. Mitarbeiter am KIT, Holzbau und Baukonstruktionen, 2012 Promotion, seit 2012 Professor für Holzbau und Grundlagen konstruktiver Ingenieurbau an der FH Aachen, Mitglied Spiegelausschuss Holzbau im DIN NABau, Leiter AK 15 „EC 5 – Verbindungen und Befestigungsmittel“, Mitarbeiter CEN/TC 250/SC 5/WG 5 „Connections and fasteners“, Vorstandsmitglied der Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau.

FH Aachen, Fachbereich Bauingenieurwesen, Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH), Bayernallee 9, 52066 Aachen

Voss, Karsten, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Maschinenbaustudium an der Universität Karlsruhe, 12 Jahre wiss. Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, seit 2003 Professor für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung an der Bergischen Universität Wuppertal, Leitung des Studienschwerpunktes „Nachhaltiges Bauen und Gebäudeperformance“, zahlreiche Forschungsprojekte und Veröffentlichungen auf den Gebieten der Gebäudeperformance und Gebäudesimulation, Tätigkeiten in der Internationalen Energieagentur, seit 2019 Wettbewerbsdirektor im Projekt „Urban Solar Decathlon“, einem internationalen Studierendenwettbewerb für solares und nachhaltiges Bauen.

Bergische Universität Wuppertal, Fakultät für Architektur & Bauingenieurwesen, Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal

Willems, Wolfgang M., Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.

Bauingenieurstudium Universität Essen, 1993 Promotion an der Ruhr-Universität Bochum (RUB), 1999 Habilitation und *venia legendi*, Mitglied mehrerer Sachverständigenausschüsse beim DIBt, ab 2003 Leiter der Arbeitsgruppe Baukonstruktionen und Bauphysik an der RUB, 2005–2019 Gesellschafter der „Ingenieurgesellschaft Willems und Schild GmbH“, seit 2007 Ordinarius des Lehrstuhls für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung an der TU Dortmund, Gesellschafter (seit 2008) und Geschäftsführer (seit 2020) der „ENOTHERM GmbH“, Mitglied im NA Wärmeschutz und NA Vakuumdämmung.

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Bauphysik und TGA, August-Schmidt-Straße 8, 44227 Dortmund

Windhausen, Saskia, Dr.-Ing.

Studium Bauingenieurwesen an der Ruhr-Universität Bochum, der Fachhochschule Köln und der Universität Siegen, danach in div. Ingenieurbüros mit den Schwerpunkten Tragwerksplanung und Bauphy-

sik, seit 2015 wiss. Mitarbeiterin der Arbeitsgruppe Baukonstruktion, Ingenieurholzbau und Bauphysik an der Universität Siegen, 2020 Promotion im Bereich der Bauphysik.

Universität Siegen, Arbeitsgruppe Baukonstruktion, Ingenieurholzbau und Bauphysik, Paul-Bonatz-Str. 9–11, 57076 Siegen

Zirkelbach, Daniel, Dr.- Ing.

Bauingenieurstudium TU München, 2016 Promotion Universität Stuttgart, 2001–2004 wiss. Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) Holzkirchen, seit 2004 Gruppenleiter und seit 2007 stellvertretender Leiter der Abteilung Hygrothermik, Lehrauftrag Feuchteschutz an der Hochschule München, Sachverständiger am DIBt (SVA-A und B3), Mitglied Normengremium DIN 4108-3, WTA-Arbeitsgruppen Innendämmung und Feuchteschutz von Holzbaukonstruktionen.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Fraunhoferstr. 10, 83626 Valley

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nabil A. Fouad
Leibniz Universität Hannover
Institut für Bauphysik
Appelstraße 9a, 30167 Hannover

Verlag

Ernst & Sohn GmbH
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
Tel. (030) 47031-200
E-Mail: info@ernst-und-sohn.de
www.ernst-und-sohn.de

