

Inhaltsübersicht

A Allgemeines und Normung

- A 1 Umweltgerechtes Bauen für Mensch, Flora und Fauna am Beispiel neuer Grünfassadensysteme 1
Holger Röseler, Pia Krause, Philip Leistner, Leonie K. Fischer, Eva Bender, Solène Guenat
- A 2 Klimaneutrale Bestandsquartiere im digitalen Zeitalter – welche Beiträge können von der modernen Gebäude- und Quartierssimulation erwartet werden? 37
John Grunewald, Hauke Hirsch, Hans Petzold, Stephan Hirth, René Hoch, Dirk Weiß, Katja Tribulowski, Heike Sonntag, Ulrich Ruisinger, Peggy Freudenberg

B Dämmstoffe

- B 1 Dämmstoffe im Bauwesen 75
Wolfgang M. Willems, Kai Schild

C Nachweisverfahren und Berechnungsmethoden

- C 1 Die Klimaperformanz – eine neue Größe zur Quantifizierung und Bewertung der Klimaanpassung von Gebäuden 153
Anica Mayer, Roland Göttig, Klaus Sedlbauer
- C 2 Ökobilanzielle Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden – eine numerische Methode zur Optimierung der Gebäudeplanung 193
Zakaria Istanbuly, Torsten Richter, Martin Schäfers, Wolfgang Eden, Nabil A. Fouad
- C 3 Methode zur Bilanzierung raumphysiologischer Auswirkungen 229
Carole Binsfeld, Klaus Sedlbauer, Roland Göttig
- C 4 Anpassung des Nachweisverfahrens zum sommerlichen Wärmeschutz unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit 279
Saskia Windhausen

D Konstruktionen und Baustoffe

- D 1 Abdichtungstechnische und energetische Instandsetzung von Balkonen und Loggien 293
Peter Schmidt
- D 2 Potenzial von Peltier-Elementen zum Einsatz als dezentrale Wärmepumpen in einem Flächentemperiersystem 323
Tobias Blum, Svenja Carrigan, Oliver Kornadt, Dieter Platzek
- D 3 Implementierung von bauphysikalischen Funktionalitäten in der Automatisierung von Wohngebäuden 345
Alexander Peikos, Klaus Sedlbauer
- D 4 Experimentelle und numerische Untersuchungen als Grundlage für die Entwicklung eines vereinfachten Rechenverfahrens zur Bestimmung des Feuerwiderstandes von Ziegelmauerwerk 393
Jochen Zehfuß, Lilia Maruhn

VI Inhaltsübersicht

- D 5** Brandschutztechnische Grundlagenuntersuchungen und Empfehlungen
für die Planung von mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise
bis zur Hochhausgrenze 417
Jochen Zehfuß, Thomas Engel, Felix Steeger, Christoph Kurzer, Patrick Sudhoff,
Björn Kampmeier, Norman Werther, Daniel Butscher, Stefan Winter,
Sven Brunkhorst
- D 6** Brandschutztechnische Bemessung einer raumabschließenden
Holzrahmenbauwand anhand additiver Berechnungsmethoden 463
Sabine Scheidel, Sebastian Dienst, Tobias Götz, Oliver Kornadt
- D 7** Brandrisiko von Elektrofahrzeugen in Parkgaragen 483
Jochen Zehfuß, Lisa Sander

E Materialtechnische Tabellen

- E 1** Materialtechnische Tabellen für den Brandschutz 501
Nina Schjerve
- E 2** Materialtechnische Tabellen 539
Rainer Hohmann

Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autor:innenverzeichnis XVII

A Allgemeines und Normung

A 1 Umweltgerechtes Bauen für Mensch, Flora und Fauna am Beispiel neuer Grünfassadensysteme 1

Holger Röseler, Pia Krause, Philip Leistner, Leonie K. Fischer, Eva Bender, Solène Guenat

1	Einleitung 3	4.1.2	Klimaregulation 16
2	Grundlagen und Stand des Wissens 3	4.2	Prozesse an der Gebäudehülle 17
2.1	Klimawandel 3	4.2.1	Wärmeübergang außen 17
2.2	Prozesse im Außenraum 4	4.2.1.1	Wärmeabstrahlung 18
2.2.1	Charakteristik von naturnahen und urbanen Räumen 5	4.2.1.2	Verschattung 19
2.2.2	Grüne Strukturen und Grünfassaden 7	4.2.1.3	Strömung 20
2.3	Prozesse an der Gebäudehülle und im Innenraum 7	4.2.1.4	Auswirkung 23
2.3.1	Wärmeschutz 8	4.2.2	Wärmedurchlass Bauteil 24
2.3.2	Sommerliche Überhitzung 9	4.3	Wirkung auf das Gebäude 25
3	Forschungs- und Erhebungsmethode 10	4.3.1	Randbedingungen 25
4	Ergebnisse 13	4.3.2	Auswirkung 26
4.1	Prozesse im Außenraum 13	5	Von der Forschung in die Praxis 30
4.1.1	Strukturreichtum und Artenvielfalt 13	6	Zusammenfassung und Diskussion 31
			Literatur 33

A 2 Klimaneutrale Bestandsquartiere im digitalen Zeitalter – welche Beiträge können von der modernen Gebäude- und Quartierssimulation erwartet werden? 37

John Grunewald, Hauke Hirsch, Hans Petzold, Stephan Hirth, René Hoch, Dirk Weiß, Katja Tribulowski, Heike Sonntag, Ulrich Ruisinger, Peggy Freudenberg

1	Einleitung 39	3	Simulationsplattform SIM-VICUS 46
1.1	Energetische Gebäudesimulation 39	3.1	Einführung in die Software 46
1.2	Hemmnisse 40	3.2	Qualitätssicherung in der thermischen Gebäudesimulation 48
1.3	Nutzen 40	3.3	F&E-Projekt SimQuality 49
1.4	Quartiersbezüge 41	3.4	Praxisbeispiel einer energetischen Gebäudeplanung 50
2	Oberflächennahe(ste) Geothermie und kalte Nahwärmenetze 41	3.4.1	Modellerstellung 50
2.1	Überblick 41	3.4.2	Analyse der Ergebnisse 51
2.1.1	Kalte Nahwärme 41	3.5	Thermohydraulische Netzsimulation 52
2.1.2	Oberflächennahe(ste) Geothermie 42	3.5.1	Netzmodellierung 53
2.2	Detaillierte Projektbeschreibungen 42	3.5.2	Parametrisierung 53
2.2.1	Kalte Nahwärme Bad Nauheim 42	3.6	Zusammenfassung 54
2.2.2	Erdeisspeicher in Schleswig 43	4	Planungsleitfaden für Bestandssanierung mit Innendämmung 54
2.3	Simulationsmodelle 44	4.1	Einleitung 54
2.3.1	Wesentliche Einflussgrößen 44	4.1.1	Außendämmung 55
2.3.2	Erdreichparametrierung 44	4.1.2	Kerndämmung 55
2.3.3	Hygrothermisches Erdreichmodell in DELPHIN 45	4.1.3	Innendämmung 55
2.3.4	Thermohydraulisches Netzmodell in SIM-VICUS 45	4.2	Ziele des neuen Planungsleitfadens 56
2.4	Gekoppelte Simulation des Gesamtsystems 46	4.3	Gebäudeanalyse 56
2.5	Zusammenfassung 46	4.4	Fassadensanierung und Innendämmung 57
		4.4.1	Fassadensanierungskonzept 58

4.4.2	Dämmkonzept	59	5.3	Bemessung von Erdwärmekollektoren nach VDI	63
4.4.3	Betrachtung konstruktiver Anschlussdetails	59	5.4	Simulationsstudie Erdwärmekollektoren	64
4.5	Zusammenfassung	61	5.5	Simulationsstudie Bohrlochsonden	67
5	Bewertung oberflächennaher geothermischer Quellen	62	5.6	Zusammenfassung	71
5.1	Einleitung	62	6	Ausblick	71
5.2	Aktuelle Bemessungsansätze im Planungsprozess	63	6.1	Plattformansatz	71
			6.2	Erwarteter Nutzen	72
				Literatur	73

B Dämmstoffe

B 1 Dämmstoffe im Bauwesen 75

Wolfgang M. Willems, Kai Schild

1	Physikalische Grundlagen	79	2.4	Entwicklung der Dämmschichtdicken in Dach und Wand in den europäischen Ländern	98
1.1	Wärmeschutz	79	3	Beschreibung von Dämmstoffen	99
1.1.1	Wärmeleitfähigkeit λ	79	3.1	Aerogel	99
1.1.2	Wärmedurchlasswiderstand R	82	3.2	Baumwolle	100
1.1.3	Spezifische Wärmekapazität c	82	3.3	Blähglas	102
1.1.4	Temperaturleitzahl a	83	3.4	Blähton	104
1.1.5	Physik der Wärmedämmung	83	3.5	Flachs	105
1.2	Feuchteschutz	84	3.6	Getreidegranulat	106
1.2.1	Wasserdampf-Diffusionswiderstands- zahl μ	84	3.7	Hanf	108
1.2.2	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d	85	3.8	Holzfaser	109
1.2.3	Auswahl der Wasserdampf-Diffusions- widerstandszahl μ für den Nachweis nach Glaser	85	3.9	Holzwolle-Leichtbauplatten und Holzwolle-Mehrschichtplatten	111
1.3	Schallschutz	85	3.10	Kalziumsilikat	113
1.3.1	Schallabsorptionsgrad	85	3.11	Kokos	115
1.3.2	Schallabsorptionsfläche A	86	3.12	Kork	116
1.3.3	Längenbezogener Strömungs- widerstand r	86	3.13	Melaminharzschaum	117
1.3.4	Dynamische Steifigkeit s'	87	3.14	Mineralschaum	118
1.3.5	Dynamischer Elastizitätsmodul E_{Dyn}	87	3.15	Mineralwolle	120
1.4	Brandschutz	87	3.16	Perlite	122
1.4.1	Baustoffklassen nach DIN 4102-1	87	3.17	Phenolharz	123
1.4.2	Benennung des Brandverhaltens nach DIN EN 13501-1	88	3.18	Polyesterfaser	124
1.5	Rohdichte	91	3.19	Polystyrol, expandiert (EPS)	125
2	Dämmstoffe im Bauwesen	92	3.20	Polystyrol, extrudiert (XPS)	127
2.1	Dämmstoffübersicht	92	3.21	Polyurethan (PUR, Hartschaum und Ortschaum)	129
2.2	Aspekte für die Auswahl von Dämmstoffen	92	3.22	Pyrogene Kieselsäure	131
2.2.1	Baukonstruktive Aspekte	92	3.23	Schafwolle	132
2.2.2	Bauphysikalische Aspekte	92	3.24	Schaumglas	133
2.2.3	Ökologische Aspekte	92	3.25	Schilfrohr	135
2.2.4	Ökonomische Aspekte	96	3.26	Seegras	136
2.3	Zusatzzstoffe	96	3.27	Stroh	137
2.3.1	Treibmittel	96	3.28	Transparente Wärmedämmung	138
2.3.2	Bindemittel	97	3.29	Vacuum Insulating Sandwich (VIS)	139
2.3.3	Stützfasern	97	3.30	Vakuumisolationspaneele (VIP)	141
2.3.4	Zusätze für Brand- und Feuchteschutz	98	3.31	Vermiculite	144
			3.32	Zellelastomere	145
			3.33	Zellulose	146
				Literatur	148

C	Nachweisverfahren und Berechnungsmethoden		
C 1	Die Klimaperformanz – eine neue Größe zur Quantifizierung und Bewertung der Klimaanpassung von Gebäuden 153		
Anica Mayer, Roland Göttig, Klaus Sedlbauer			
1	Einleitung 155	5.1	Das Gebäudemodell als Inputgröße 167
2	Begriffsdefinition klimaangepasstes Bauen 156	5.2	Quantifizierung der Klimaperformanz 168
3	Stand des Wissens im klimaangepassten Bauen 157	5.3	Interpretation der Bewertungsergebnisse 170
3.1	Die Klimaanalyse als Teil des klima- angepassten Bauens 158	6	Anwendung der Quantifizierungs- und Bewertungsmethode 171
3.2	Handlungsempfehlungen – Strategien und bauliche Methoden 159	6.1	Fallbeispiele 171
3.3	Analyse traditioneller Bauweisen 161	6.1.1	München, Deutschland 172
3.4	Planungs- und Optimierungstools 161	6.1.2	Vargo, Norwegen 173
3.5	Bewertungsmethoden 162	6.1.3	Phoenix, Arizona 175
3.6	Schlussfolgerungen aus der Literatur- recherche 163	6.2	Erkenntnisse aus den Anwendungen in den Fallbeispielen 176
4	Interviewstudie zum klimaangepassten Bauen 163	7	Evaluierung der Quantifizierungs- und Bewertungsmethode 176
4.1	Vorgehensweise und Aufbau der Interviewstudie 163	7.1	Evaluation 1: Interviewstudie 177
4.2	Ergebnisse der Interviewstudie 164	7.2	Evaluation 2: Umfrage unter den Anwendern der Methode 180
5	Bewertungsmethode zum klimaangepassten Bauen 167	7.3	Schlussfolgerungen aus den Evaluationen 183
		8	Bewertung und Beitrag der Arbeit 183
		9	Zusammenfassung und Ausblick 185
			Literatur 186
C 2	Ökobilanzielle Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden – eine numerische Methode zur Optimierung der Gebäudeplanung 193		
Zakaria Istanbuly, Torsten Richter, Martin Schäfers, Wolfgang Eden, Nabil A. Fouad			
1	Einleitung 195	3.1	Ergebnisse der Ökobilanzierung auf Gebäudeebene 217
2	Methode 196	3.2	Ergebnisse der Ökobilanzierung auf Bauteilebene 220
2.1	Entwicklung des Ökobilanz-Tools 196	3.3	Betrachtung des Stromverbrauchs der Nutzer gemäß dem QNG in der Bilanzierung 223
2.2	Berechnungsgrundlagen für die Ökobilanz 199	3.4	Darstellung des Einflusses der Gebäude- technik auf die ökologischen Eigenschaften von Gebäuden 225
2.2.1	Grundlagen und Randbedingungen 199	4	Zusammenfassung 227
2.2.2	Untersuchungsobjekte 201		
2.2.2.1	Einfamilienhaus 201		
2.2.2.2	Reihenmittelhaus 207		
2.2.2.3	Mehrfamilienhaus 212		
3	Ergebnisse 217		Literatur 227
C 3	Methode zur Bilanzierung raumphysiologischer Auswirkungen 229		
Carole Binsfeld, Klaus Sedlbauer, Roland Göttig			
1	Einleitung und Motivation 231	5	Wirkungsabschätzung in der raum- physiologischen Bilanz 236
2	Zielstellung und methodisches Vorgehen 231	5.1	Bestandteile der Wirkungsabschätzung 237
3	Bewertung des vorhandenen Wissensstandes 232	5.2	Wirkungskategorie: Thermische Umgebung 238
4	Grundlagen der Bilanzierungsmethode 234	5.3	Wirkungskategorie: Lufthygienische Umgebung 240

X	Inhaltsverzeichnis				
5.4	Wirkungskategorie: Visuelle Umgebung	243	7	Ziel und Untersuchungsrahmen der raumphysiologischen Bilanz	262
5.5	Wirkungskategorie: Akustische Umgebung	248		Anwendung der raumphysiologischen Bilanz	263
5.6	Auswertung der Wirkungsabschätzung	252	8	Zusammenfassung und Ausblick	271
6	Sachbilanz in der raumphysiologischen Bilanz	254	9	Literatur	275
6.1	Erstellung der Sachbilanz	254			
6.2	Anwendung der Sachbilanz in der raumphysiologischen Bilanz	255			
C 4	Anpassung des Nachweisverfahrens zum sommerlichen Wärmeschutz unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit	279			
	Saskia Windhausen				
1	Einleitung	281	3.3	Bezugswert der operativen Innentemperatur	285
2	Sommerlicher Wärmeschutz	282	3.4	Berücksichtigung geringer Überschreitungen des Bezugswertes der operativen Innentemperatur	287
2.1	Grundlagen des sommerlichen Wärmeschutzes	282		Berücksichtigung der Art und des Umfangs der Überschreitungen des Bezugswertes der operativen Innentemperatur	287
2.2	Nachweisverfahren zum sommerlichen Wärmeschutz	282	3.5	Zusammenfassung	291
3	Bewertungskriterium der Übertemperaturgradstunden beim Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	283	4	Literatur	292
3.1	Übertemperaturgradstunden als Bewertungskriterium	283			
3.2	Verteilung der ermittelten Übertemperaturgradstunden und des Anforderungswertes der Übertemperaturgradstunden übers Jahr	284			
D	Konstruktionen und Baustoffe				
D 1	Abdichtungstechnische und energetische Instandsetzung von Balkonen und Loggien	293			
	Peter Schmidt				
1	Einleitung	295	4.2	Vorgehensweise bei der Instandsetzung oder Erneuerung von Balkonen und Loggien	302
2	Begriffsdefinitionen und Einwirkungen	295	5	Zustandsanalyse, Beurteilung und Entscheidung über Instandsetzung oder Erneuerung	302
2.1	Begriffe	295		Zustandsanalyse	302
2.2	Einwirkungen	295		Beurteilung des Ist-Zustands	303
3	Problemstellung und Ausgangssituation	296	5.1	Entscheidung über Instandsetzung oder Erneuerung	303
3.1	Fehlende thermische Trennung	296	5.2	Anforderungen und anzuwendende Regelwerke	304
3.2	Nicht funktionstüchtige oder fehlende Abdichtung und typische Schäden	297	5.3	Allgemeines	304
3.3	Weitere Nachteile älterer Balkone und Loggien	299	6	Anforderungen an die Abdichtung von Balkonen und Loggien	304
3.3.1	Fehlende Barrierefreiheit	299		Allgemeines	304
3.3.2	Bemessung für geringere Nutzlasten	300	6.1	Funktionsfähigkeit bei Bewegungen des Untergrundes und Rissüberbrückung	305
3.3.3	Absturzsicherung	300	6.2	Beständigkeit und Verträglichkeit	305
3.3.4	Sonstige Aspekte	300	6.2.1	Dauerhaftigkeit	305
3.4	Zusammenfassende Beurteilung	300	6.2.2		
4	Grundlagen der Instandhaltung von Balkonen und Loggien	301	6.2.3		
4.1	Allgemeines	301	6.2.4		

6.3	Anforderungen an den Wärmeschutz bei Balkonen und Loggien	305	7.4.5.3	Entwässerung	311
6.3.1	Allgemeines	305	7.4.5.4	Untergrund	311
6.3.2	Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108	305	7.4.5.5	Anschlüsse an aufgehenden Bauteilen	311
6.3.3	Anforderungen nach GEG	306	7.4.5.6	Durchdringungen und Bewegungsfugen	312
7	Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen bei Balkonen und Loggien	306	7.4.5.7	Türanschlüsse	312
7.1	Allgemeines	306	7.4.6	Ausführung	313
7.2	Ablauf der Instandsetzung oder Erneuerung der Abdichtung	307	7.4.7	Instandhaltung	313
7.2.1	Allgemeines	307	7.5	Instandsetzung mit Flüssigkunststoffen (FLK)	313
7.2.2	Vorarbeiten	307	7.5.1	Allgemeines	313
7.2.3	Aufstellung eines Instandsetzungskonzepts	307	7.5.2	Flüssigkunststoffe (FLK)	313
7.3	Instandsetzung von Abdichtungen im Verbund mit Fliesen oder Platten (AIV-F)	308	7.5.3	FLK mit integrierter Schutz- und Nutzschicht	314
7.3.1	Allgemeines	308	7.5.4	Abdichtungsbauarten	314
7.3.2	Instandsetzung einer AIV-F	308	7.5.5	Ausführung der Abdichtung mit FLK	315
7.4	Instandsetzung mit polymeren Beschichtungen	309	7.5.5.1	Allgemeines	315
7.4.1	Allgemeines	309	7.5.5.2	Witterungsbedingungen	315
7.4.2	Anforderungen	309	7.5.5.3	Anforderungen an den Untergrund	315
7.4.3	Anwendungsvoraussetzungen und Eigenschaften	309	7.5.5.4	Ausführung	315
7.4.3.1	Oberflächenschutzsystem OS 8	310	7.5.5.5	Mindesttrockenschichtdicke	316
7.4.3.2	Oberflächenschutzsystem OS 10	310	7.5.5.6	Überlappungen	316
7.4.3.3	Oberflächenschutzsystem OS 11	310	7.5.5.7	Schutz der Abdichtung	316
7.4.4	Stoffe	310	7.6	Instandsetzung bzw. Erneuerung weiterer Bauteile	316
7.4.5	Planungsgrundsätze	311	7.7	Energetische Verbesserungsmaßnahmen	316
7.4.5.1	Allgemeines	311	8	Neubau von Balkonen und Loggien	319
7.4.5.2	Gefälle	311	8.1	Allgemeines	319
			8.2	Voruntersuchungen und Planung	319
			8.3	Tragkonstruktionen	319
			9	Zusammenfassung	321
				Literatur	321

D 2 Potenzial von Peltier-Elementen zum Einsatz als dezentrale Wärmepumpen in einem Flächentemperiersystem

Tobias Blum, Svenja Carrigan, Oliver Kornadt, Dieter Platzek

1	Einleitung	325	5.2	Versuchsdurchführung	335
2	Das Peltier-Element	325	5.3	Ergebnisse	336
2.1	Aufbau und Funktionsweise	325	6	Simulative Untersuchungen der Integration des Flächentemperiersystems im Gebäude	338
2.2	Coefficient of performance	327	6.1	Simulationskonzept und Modellierung	338
2.3	Peltier-Elemente im Bauwesen	328	6.2	Ergebnisse	339
3	Das Flächentemperiersystem	328	7	Diskussion	340
3.1	Konzeption	328	7.1	Diskussion der Peltier-Elemente als dezentrale Wärmepumpen	340
3.2	Chancen und Risiken des Systems	329	7.2	Diskussion des Flächentemperier-	
4	Experimentelle Grundlagenversuche	330		systems	341
4.1	Versuchsaufbau	330	8	Zusammenfassung	341
4.2	Versuchsdurchführung	331	9	Ausblick	342
4.3	Ergebnisse	331		Literatur	342
5	Experimentelle Versuche an einem Prototyp	334			
5.1	Aufbau des Prototyps	334			

D 3	Implementierung von bauphysikalischen Funktionalitäten in der Automatisierung von Wohngebäuden	345
	Alexander Peikos, Klaus Sedlbauer	
1	Einleitung und Motivation	347
2	Zielsetzung und Hinweise zur Methodik	348
2.1	Algorithmus und Systemkonzepte für die Verwendung in Smart Homes	349
2.1.1	Aktivitätserkennung von Nutzern	349
2.1.2	Kontextsensitive Steuerung	350
2.1.3	Systeme künstlicher Intelligenz	351
2.1.4	Digitaler Zwilling	352
2.2	Bewertung des Standes des Wissens	352
3	Ganzheitliche Steuerung eines Smart Homes	354
3.1	Anforderungen anhand eines Kriterienkataloges	354
3.2	Kernkonzept – Human centered	355
3.2.1	Digitaler Gebäudezwilling	355
3.2.2	Digitaler Zwilling des Nutzers	355
3.2.3	Interaktion von Nutzer- und Gebäudezwilling	356
3.3	Knowledge-Based – Algorithmik zur Interaktion	356
4	Implementierung	357
4.1	Gebäude- und Nutzermodule	358
4.2	Algorithmen zur Erkennung von notwendigen Interaktionen	358
5	Fallstudien	361
5.1	Übersicht der Fallstudien	361
5.2	In den Fallstudien verwendete Testwohnung	361
5.3	Fallstudie 1: Berechnung der Schimmelpilzbildungsgefahr	363
5.4	Fallstudie 2: Bewertung der Radonkonzentration	373
5.5	Fallstudie 3: Individuelle Berücksichtigung des Duschverhaltens	383
6	Zusammenfassung und Ausblick	387
	Literatur	389
D 4	Experimentelle und numerische Untersuchungen als Grundlage für die Entwicklung eines vereinfachten Rechenverfahrens zur Bestimmung des Feuerwiderstandes von Ziegelmauerwerk	393
	Jochen Zehfuß, Lilia Maruhn	
1	Einleitung	395
2	Stand der Forschung und Technik	396
2.1	Ermittlung des Feuerwiderstandsverhaltens von Mauerwerkswänden	396
2.2	Thermisches und thermomechanisches Verhalten	397
3	Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Feuerwiderstandsverhalten von Ziegelmauerwerk	398
3.1	Allgemeines	398
3.2	Experimentelle Untersuchungen zu temperaturabhängigen Materialeigenschaften	398
3.3	Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss der Lochgeometrie	400
3.4	Experimentelle Untersuchungen des thermomechanischen Material- und Bauteilverhaltens	400
3.4.1	Allgemeines	400
3.4.2	Stationäre Versuche und instationäre Kriechversuche	401
3.4.3	Kleinformatige Brandversuche an Mauerwerkswänden	403
3.5	Numerische Untersuchungen mit der FEM-Software Abaqus	406
3.5.1	Allgemeines	406
3.5.2	Entwicklung eines 2D-Modells für das Erwärmungsverhalten von Ziegelmauerwerk unter Brandbeanspruchung	407
3.5.3	Vergleich von Versuchs- und Rechenergebnissen	409
3.5.4	Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur	413
4	Zusammenfassung und Ausblick	414
	Literatur	415

D 5	Brandschutztechnische Grundlagenuntersuchungen und Empfehlungen für die Planung von mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise bis zur Hochhausgrenze	417
	Jochen Zehfuß, Thomas Engel, Felix Steeger, Christoph Kurzer, Patrick Sudhoff, Björn Kampmeier, Norman Werther, Daniel Butscher, Stefan Winter, Sven Brunkhorst	
1	Einführung	419
2	Experimentelle Untersuchungen	419
2.1	Branddynamik bei Raumbrandversuchen	419
2.1.1	Allgemeines	419
2.1.2	Auswirkungen im Brandraum	420
2.1.3	Auswirkungen im Fassadenbereich	422
2.2	Abbrandverhalten von Holz bei Norm- und Naturbrandbeanspruchung	424
2.2.1	Einführung	424
2.2.2	Prüfkörperaufbau und Anordnung der Temperaturmessstellen	425
2.2.3	Geprüfte Brandszenarien	425
2.2.4	Messergebnisse	426
2.2.5	Erkenntnisse	426
2.3	Leistungsfähigkeit von Brandschutzbekleidungen	428
2.3.1	Allgemeines	428
2.3.2	Leistungsfähigkeit bei ETK-Beanspruchung	429
2.3.3	Leistungsfähigkeit bei Naturbrandbeanspruchung	430
2.3.4	Ergebniszusammenfassung	431
2.4	Nachbrandverhalten und Selbstverlöschen	431
2.4.1	Bauordnungsrechtliche Anforderungen an das Nachbrandverhalten	431
2.4.2	Selbstverlöschen von Bränden in Räumen aus Holzbauweisen	432
2.5	Brandverhalten von Fugen unter Naturbrandbeanspruchung	434
2.5.1	Ausführung der Fugen in den Belegversuchen	434
2.5.2	Ergebnisse zu Bauteil- und Elementfugen	434
3	Risikobetrachtungen	436
3.1	Hohlraumbrände durch elektrische Leitungen	436
3.1.1	Grundlagen	436
3.1.2	Versuchsreihe zur Untersuchung der Brandgefahr durch Elektrizität in Holzbauelementen	437
3.1.3	Experimentelle Untersuchungen und Ergebnisse	438
3.1.4	Fazit und Ableitung von Maßnahmen	439
3.2	Abwehrender Brandschutz	440
3.3	Brandschutztechnische Prinzipien zur Planung von Holzfassaden	441
3.3.1	Einleitung	441
3.3.2	Grundlagen der Fassadenplanung	441
3.3.3	Hintergründe für die brandschutztechnische Planung und Ausführung von Holzfassaden	444
3.3.4	Zugänglichkeit und wirksame Löscharbeiten für die Feuerwehr	446
3.3.5	Fazit	446
3.4	Vereinfachtes Bemessungsverfahren zur Bestimmung der Brandeinwirkungen mit Berücksichtigung der strukturellen Brandlast	447
3.4.1	Allgemeines	447
3.4.2	Vergleich mit Versuchsergebnissen	447
4	Empfehlungen für die Praxis	448
4.1	Ausbildung von Anschlüssen und deren Rauchdichtigkeit	448
4.1.1	Ergebnisse des HolzBauRLBW-Projektes	448
4.1.2	Ausführungsprinzipien für Bauteil- und Elementfugen	449
4.2	Anordnung ungeschützter Holzoberflächen	451
4.2.1	Allgemeines	451
4.2.2	Vergleich Anordnung ungeschützter Wand- und Deckenoberflächen	452
4.3	Anwendbarkeit von Decken und Wänden in Holztafelbauweise in der Gebäudeklasse 5 unterhalb der Hochhausgrenze	454
4.3.1	Allgemeines	454
4.4	Haustechnische Installationen im Holzbau	455
4.4.1	Bauordnungsrechtliche Anforderungen	455
4.4.2	Installationsführungen in Holzbauteilen	455
5	Zusammenfassung	458
	Literatur	459

D 6 Brandschutztechnische Bemessung einer raumabschließenden Holzrahmenbauwand anhand additiver Berechnungsmethoden 463
Sabine Scheidel, Sebastian Dienst, Tobias Götz, Oliver Kornadt

1	Einleitung 465	4	Anwendung additiver Berechnungsverfahren bei Probekörpern für Großbrandversuche 471
2	Grundlagen Brandschutz 465	4.1	Aufbau der Probekörper der Großbrandversuche 472
2.1	Musterbauordnung 466	4.2	Versuchsablauf 472
2.2	Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) 467	4.3	Berechnung der raumabschließenden Funktion 474
3	Additive Berechnungsmethoden 468	4.3.1	DIN EN 1995-1-2:2010 474
3.1	Additive Berechnungsverfahren nach DIN EN 1995-1-2:Anhang E 469	4.3.2	Component Additive Method 475
3.2	Component Additive Method 469	4.3.3	pr EN 1995-1-2:2025 477
3.3	Berechnungsverfahren nach pr EN 1995-1-2:2025 470	4.4	Ergebnisauswertung 479
		5	Fazit 479
			Literatur 480

D 7 Brandrisiko von Elektrofahrzeugen in Parkgaragen 483
Jochen Zehfuß, Lisa Sander

1	Einführung 485	3.5	Zeitpunkt des Brandüberschlags zwischen Elektrofahrzeugen 494
1.1	Allgemeines 485	3.6	Festlegung geeigneter Brandszenarien 495
1.2	Fahrzeugbestand und Neuzulassungen 485	4	Brandrisiko von Elektrofahrzeugen in offenen, oberirdischen Parkgaragen 495
1.3	Aktuelle Entwicklung von Elektrofahrzeugen 486	4.1	Allgemeines 495
2	Entzündungsgefahr von Elektrofahrzeugen 487	4.2	Versagenswahrscheinlichkeit einer Tragstruktur von offenen, oberirdischen Parkgaragen 495
2.1	Allgemeines 487	4.2.1	Referenzbeispiele für einen Verbundträger und eine Stahlstütze 495
2.2	Lithium-Ionen-Akkumulatoren 487	4.2.2	Versagenswahrscheinlichkeit im Brandfall 495
2.3	Entzündungsgefahr 489	4.3	Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fahrzeugbrandes 496
2.4	Thermisches Durchgehen 489	4.4	Auftretenswahrscheinlichkeit einer Fahrzeugkombination 496
2.5	Sicherheitsmaßnahmen 490	4.5	Festlegung des Sicherheitsniveaus von offenen, oberirdischen Parkgaragen 497
3	Brandszenarien von Elektrofahrzeugen 490	4.6	Bewertung der Versagenswahrscheinlichkeit von Elektrofahrzeugen im Brandfall 498
3.1	Allgemeines 490	5	Zusammenfassung 498
3.2	Fahrzeugabmessungen und Massen 490		Literatur 499
3.3	Abbildung von Fahrzeugen in Brand-simulationsmodellen 492		
3.4	Wärmefreisetzungsraten von Elektrofahrzeugen 492		
3.4.1	Daten aus Realbrandversuchen 492		
3.4.2	Approximationsansatz für Wärme-freisetzungen anderer Fahrzeug-segmente 493		

E Materialtechnische Tabellen**E 1 Materialtechnische Tabellen für den Brandschutz 501**

Nina Schjerve

1 Einleitung 503	2.3 Brandausbreitung 511
1.1 Relevanz von Materialdaten 503	2.4 Heizwerte 512
1.2 Prüfverfahren ausgewählter Materialdaten 503	2.5 Lagerungsdichte und m-Faktoren 519
1.3 Einheiten und Einheiten-Konvertierung 504	2.6 Luftbedarf 522
2 Stoffdaten 504	2.7 Verbrennungseffektivität und Verbrennungsanteile 523
2.1 Zündtemperaturen und Entzündungskriterien 504	2.8 Zusätzliche Stoffdaten für Kunststoffe 527
2.2 Abbrand 509	2.9 Flächenbezogene Brandleistung und Brandentwicklung 530
	Literatur 536

E 2 Materialtechnische Tabellen 539

Rainer Hohmann

1 Vorbemerkungen 541	3 Schallschutztechnische und akustische Kennwerte 581
2 Wärme- und feuchtetechnische Kennwerte 543	Literatur 593

Stichwortverzeichnis 595