

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, Lillia 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(st)e 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(st)e 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

VIII Inhaltsverzeichnis

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-Diffusionswiderstandszahl μ	84	3.7	Hanf	108
1.2.2	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d	85	3.8	Holzfasern	109
1.2.3	Auswahl der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ für den Nachweis nach Glaser	85	3.9	Holzwole-Leichtbauplatten und Holzwole-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 Strömungswiderstand r	86	3.13	Melaminharzschäum	117
1.3.4	Dynamische Steifigkeit s'	87	3.14	Mineralschäum	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, Hartschäum und Ortschäum)	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	Schäumglas	133
2.2.3	Ökologische Aspekte	92	3.25	Schilfrohr	135
2.2.4	Ökonomische Aspekte	96	3.26	Seegrass	136
2.3	Zusatzstoffe	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	Vakuumisoliationspaneele (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
2	Begriffsdefinition klimaangepasstes Bauen 156
3	Stand des Wissens im klimaangepassten Bauen 157
3.1	Die Klimaaanalyse als Teil des klimaangepassten Bauens 158
3.2	Handlungsempfehlungen – Strategien und bauliche Methoden 159
3.3	Analyse traditioneller Bauweisen 161
3.4	Planungs- und Optimierungstools 161
3.5	Bewertungsmethoden 162
3.6	Schlussfolgerungen aus der Literaturrecherche 163
4	Interviewstudie zum klimaangepassten Bauen 163
4.1	Vorgehensweise und Aufbau der Interviewstudie 163
4.2	Ergebnisse der Interviewstudie 164
5	Bewertungsmethode zum klimaangepassten Bauen 167
5.1	Das Gebäudemodell als Inputgröße 167
5.2	Quantifizierung der Klimaperformanz 168
5.3	Interpretation der Bewertungsergebnisse 170
6	Anwendung der Quantifizierungs- und Bewertungsmethode 171
6.1	Fallbeispiele 171
6.1.1	München, Deutschland 172
6.1.2	Vargo, Norwegen 173
6.1.3	Phoenix, Arizona 175
6.2	Erkenntnisse aus den Anwendungen in den Fallbeispielen 176
7	Evaluierung der Quantifizierungs- und Bewertungsmethode 176
7.1	Evaluation 1: Interviewstudie 177
7.2	Evaluation 2: Umfrage unter den Anwendern der Methode 180
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
2	Methode 196
2.1	Entwicklung des Ökobilanz-Tools 196
2.2	Berechnungsgrundlagen für die Ökobilanz 199
2.2.1	Grundlagen und Randbedingungen 199
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
3.1	Ergebnisse der Ökobilanzierung auf Gebäudeebene 217
3.2	Ergebnisse der Ökobilanzierung auf Bauteilebene 220
3.3	Betrachtung des Stromverbrauchs der Nutzer gemäß dem QNG in der Bilanzierung 223
3.4	Darstellung des Einflusses der Gebäudetechnik auf die ökologischen Eigenschaften von Gebäuden 225
4	Zusammenfassung 227
	Literatur 227
C 3 Methode zur Bilanzierung raumphysiologischer Auswirkungen 229 Carole Binsfeld, Klaus Sedlbauer, Roland Göttig	
1	Einleitung und Motivation 231
2	Zielstellung und methodisches Vorgehen 231
3	Bewertung des vorhandenen Wissensstandes 232
4	Grundlagen der Bilanzierungsmethode 234
5	Wirkungsabschätzung in der raumphysiologischen Bilanz 236
5.1	Bestandteile der Wirkungsabschätzung 237
5.2	Wirkungskategorie: Thermische Umgebung 238
5.3	Wirkungskategorie: Lufthygienische Umgebung 240

X	Inhaltsverzeichnis	
<hr/>		
5.4	Wirkungskategorie: Visuelle Umgebung	243
5.5	Wirkungskategorie: Akustische Umgebung	248
5.6	Auswertung der Wirkungsabschätzung	252
6	Sachbilanz in der raumphysiologischen Bilanz	254
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	
	Saskia Windhausen 279	
1	Einleitung	281
2	Sommerlicher Wärmeschutz	282
2.1	Grundlagen des sommerlichen Wärmeschutzes	282
2.2	Nachweisverfahren zum sommerlichen Wärmeschutz	282
3	Bewertungskriterium der Übertemperaturgradstunden beim Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	283
3.1	Übertemperaturgradstunden als Bewertungskriterium	283
3.2	Verteilung der ermittelten Übertemperaturgradstunden und des Anforderungswertes der Übertemperaturgradstunden übers Jahr	284
3.3	Bezugswert der operativen Innentemperatur	285
3.4	Berücksichtigung geringer Überschreitungen des Bezugswertes der operativen Innentemperatur	287
3.5	Berücksichtigung der Art und des Umfangs der Überschreitungen des Bezugswertes der operativen Innentemperatur	287
4	Bewertung der Erkenntnisse hinsichtlich des Bewertungskriteriums der Übertemperaturgradstunden	290
5	Zusammenfassung	291
	Literatur	292
D	Konstruktionen und Baustoffe	
D 1	Abdichtungstechnische und energetische Instandsetzung von Balkonen und Loggien	
	Peter Schmidt 293	
1	Einleitung	295
2	Begriffsdefinitionen und Einwirkungen	295
2.1	Begriffe	295
2.2	Einwirkungen	295
3	Problemstellung und Ausgangssituation	296
3.1	Fehlende thermische Trennung	296
3.2	Nicht funktionstüchtige oder fehlende Abdichtung und typische Schäden	297
3.3	Weitere Nachteile älterer Balkone und Loggien	299
3.3.1	Fehlende Barrierefreiheit	299
3.3.2	Bemessung für geringere Nutzlasten	300
3.3.3	Absturzsicherung	300
3.3.4	Sonstige Aspekte	300
3.4	Zusammenfassende Beurteilung	300
4	Grundlagen der Instandhaltung von Balkonen und Loggien	301
4.1	Allgemeines	301
4.2	Vorgehensweise bei der Instandsetzung oder Erneuerung von Balkonen und Loggien	302
5	Zustandsanalyse, Beurteilung und Entscheidung über Instandsetzung oder Erneuerung	302
5.1	Zustandsanalyse	302
5.2	Beurteilung des Ist-Zustands	303
5.3	Entscheidung über Instandsetzung oder Erneuerung	303
6	Anforderungen und anzuwendende Regelwerke	304
6.1	Allgemeines	304
6.2	Anforderungen an die Abdichtung von Balkonen und Loggien	304
6.2.1	Allgemeines	304
6.2.2	Funktionsfähigkeit bei Bewegungen des Untergrundes und Rissüberbrückung	305
6.2.3	Beständigkeit und Verträglichkeit	305
6.2.4	Dauerhaftigkeit	305

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 Nutzschrift	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	323			
	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 Flächentemperiersystems	341
4	Experimentelle Grundlagenversuche	330	8	Zusammenfassung	341
4.1	Versuchsaufbau	330	9	Ausblick	342
4.2	Versuchsdurchführung	331		Literatur	342
4.3	Ergebnisse	331			
5	Experimentelle Versuche an einem Prototyp	334			
5.1	Aufbau des Prototyps	334			

XII Inhaltsverzeichnis

D3 Implementierung von bauphysikalischen Funktionalitäten in der Automatisierung von Wohngebäuden 345		Alexander Peikos, Klaus Sedlbauer	
1	Einleitung und Motivation 347	3.3	Knowledge-Based – Algorithmik zur Interaktion 356
2	Zielsetzung und Hinweise zur Methodik 348	4	Implementierung 357
2.1	Algorithmus und Systemkonzepte für die Verwendung in Smart Homes 349	4.1	Gebäude- und Nutzermodule 358
2.1.1	Aktivitätserkennung von Nutzern 349	4.2	Algorithmen zur Erkennung von notwendigen Interaktionen 358
2.1.2	Kontextsensitive Steuerung 350	5	Fallstudien 361
2.1.3	Systeme künstlicher Intelligenz 351	5.1	Übersicht der Fallstudien 361
2.1.4	Digitaler Zwilling 352	5.2	In den Fallstudien verwendete Testwohnung 361
2.2	Bewertung des Standes des Wissens 352	5.3	Fallstudie 1: Berechnung der Schimmelpilzbildungsgefahr 363
3	Ganzheitliche Steuerung eines Smart Homes 354	5.4	Fallstudie 2: Bewertung der Radonkonzentration 373
3.1	Anforderungen anhand eines Kriterienkataloges 354	5.5	Fallstudie 3: Individuelle Berücksichtigung des Duschverhaltens 383
3.2	Kernkonzept – Human centered 355	6	Zusammenfassung und Ausblick 387
3.2.1	Digitaler Gebäudezwilling 355		Literatur 389
3.2.2	Digitaler Zwilling des Nutzers 355		
3.2.3	Interaktion von Nutzer- und Gebäudezwilling 356		
D4 Experimentelle und numerische Untersuchungen als Grundlage für die Entwicklung eines vereinfachten Rechenverfahrens zur Bestimmung des Feuerwiderstandes von Ziegelmauerwerk 393		Jochen Zehfuß, Lillia Maruhn	
1	Einleitung 395	3.4.1	Allgemeines 400
2	Stand der Forschung und Technik 396	3.4.2	Stationäre Versuche und instationäre Kriechversuche 401
2.1	Ermittlung des Feuerwiderstandsverhaltens von Mauerwerkswänden 396	3.4.3	Kleinformatige Brandversuche an Mauerwerkswänden 403
2.2	Thermisches und thermomechanisches Verhalten 397	3.5	Numerische Untersuchungen mit der FEM-Software Abaqus 406
3	Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Feuerwiderstandsverhalten von Ziegelmauerwerk 398	3.5.1	Allgemeines 406
3.1	Allgemeines 398	3.5.2	Entwicklung eines 2D-Modells für das Erwärmungsverhalten von Ziegelmauerwerk unter Brandbeanspruchung 407
3.2	Experimentelle Untersuchungen zu temperaturabhängigen Materialeigenschaften 398	3.5.3	Vergleich von Versuchs- und Rechenergebnissen 409
3.3	Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss der Lochgeometrie 400	3.5.4	Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur 413
3.4	Experimentelle Untersuchungen des thermomechanischen Material- und Bauteilverhaltens 400	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

XIV Inhaltsverzeichnis

D 6 Brandschutztechnische Bemessung einer raumabschließenden Holzrahmenbauwand anhand additiver Berechnungsmethoden 463	
Sabine Scheidel, Sebastian Dienst, Tobias Götz, Oliver Kornadt	
1	Einleitung 465
2	Grundlagen Brandschutz 465
2.1	Musterbauordnung 466
2.2	Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) 467
3	Additive Berechnungsmethoden 468
3.1	Additive Berechnungsverfahren nach DIN EN 1995-1-2:Anhang E 469
3.2	Component Additive Method 469
3.3	Berechnungsverfahren nach pr EN 1995-1-2:2025 470
4	Anwendung additiver Berechnungsverfahren bei Probekörpern für Großbrandversuche 471
4.1	Aufbau der Probekörper der Großbrandversuche 472
4.2	Versuchsablauf 472
4.3	Berechnung der raumabschließenden Funktion 474
4.3.1	DIN EN 1995-1-2:2010 474
4.3.2	Component Additive Method 475
4.3.3	pr EN 1995-1-2:2025 477
4.4	Ergebnisauswertung 479
5	Fazit 479
	Literatur 480
D 7 Brandrisiko von Elektrofahrzeugen in Parkgaragen 483	
Jochen Zehfuß, Lisa Sander	
1	Einführung 485
1.1	Allgemeines 485
1.2	Fahrzeugbestand und Neuzulassungen 485
1.3	Aktuelle Entwicklung von Elektrofahrzeugen 486
2	Entzündungsgefahr von Elektrofahrzeugen 487
2.1	Allgemeines 487
2.2	Lithium-Ionen-Akkumulatoren 487
2.3	Entzündungsgefahr 489
2.4	Thermisches Durchgehen 489
2.5	Sicherheitsmaßnahmen 490
3	Brandszenarien von Elektrofahrzeugen 490
3.1	Allgemeines 490
3.2	Fahrzeugabmessungen und Massen 490
3.3	Abbildung von Fahrzeugen in Brand-simulationsmodellen 492
3.4	Wärmefreisetzungsrate von Elektrofahrzeugen 492
3.4.1	Daten aus Realbrandversuchen 492
3.4.2	Approximationsansatz für Wärmefreisetzungen anderer Fahrzeug-segmente 493
3.5	Zeitpunkt des Brandüberschlags zwischen Elektrofahrzeugen 494
3.6	Festlegung geeigneter Brandszenarien 495
4	Brandrisiko von Elektrofahrzeugen in offenen, oberirdischen Parkgaragen 495
4.1	Allgemeines 495
4.2	Versagenswahrscheinlichkeit einer Tragstruktur von offenen, oberirdischen Parkgaragen 495
4.2.1	Referenzbeispiele für einen Verbundträger und eine Stahlstütze 495
4.2.2	Versagenswahrscheinlichkeit im Brandfall 495
4.3	Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fahrzeugbrandes 496
4.4	Auftretenswahrscheinlichkeit einer Fahrzeugkombination 496
4.5	Festlegung des Sicherheitsniveaus von offenen, oberirdischen Parkgaragen 497
4.6	Bewertung der Versagenswahrscheinlichkeit von Elektrofahrzeugen im Brandfall 498
5	Zusammenfassung 498
	Literatur 499

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 Entzündungs-
kriterien | 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

