

## Inhaltsübersicht

### A Allgemeines und Normung

- A 1 Neuausgabe der DIN/TS 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ 1  
Hans Erhorn

### B Dämmstoffe

- B 1 Dämmstoffe im Bauwesen 23  
Wolfgang M. Willems, Kai Schild

### C Nachweisverfahren und Berechnungsmethoden

- C 1 Integrale Bewertung des sommerlichen Wärmeverhaltens –  
thermischer Komfort und energetische Performance 101  
Stephan Schlitzberger, Anton Maas
- C 2 Einblicke in die hygrothermische Bauteilsimulation für die Praxis 151  
Hartwig M. Künzel, Christian Bludau, Daniel Zirkelbach
- C 3 Stadtklimamodellierung – Grundlagen und praktische Anwendung 205  
Simon Schmidt, Afshin Afshari
- C 4 Wärmepumpenplanung auf Basis von Verbrauchsdaten mit einfachen Exceltools 227  
Kati Jagnow, Dieter Wolff, Katharina Gebhardt
- C 5 Beleuchtung von Räumen mit Tageslicht – Anforderungen, Nachweise, Simulationen 267  
Peter Schmidt, Saskia Windhausen
- C 6 Anwendung von Brandsimulationsmodellen für die Berechnung der thermischen  
Einwirkungen im Brandfall und der Rauchableitung 291  
Jochen Zehfuß, Olaf Riese
- C 7 Simulation des Brandverlaufs in Gebäuden in Holzbauweise unter Berücksichtigung  
der strukturellen Brandlast 333  
Sven Brunkhorst, Jochen Zehfuß
- C 8 Räumungssimulation und Personenstromberechnungen nach DIN 18009-2 357  
Manuel Kitzlinger, Benjamin Schröder, Gregor Jäger
- C 9 Künstliche Intelligenz in der Bauphysik – Hintergrund, Anwendungen und Potenziale 395  
Michael Anton Kraus, Christoph Waibel, Nadja Bishara, Danielle Griego
- C 10 Thermische Gebäudesimulation: Aktuelle Anwendungen und Erweiterungen mittels  
der Finite-Elemente-Methode 435  
Thomas Mühlberger, Paul Dragos Schoplocher, Oliver Steffens
- C 11 Geräusche gebäudetechnischer Anlagen – Bestimmung von Eingangsdaten  
und Berechnung der Schallübertragung im Gebäude 469  
Fabian Schöpfer, Andreas Mayr, Ulrich Schanda, Sven Öhler, Jochen Scheck

VI Inhaltsübersicht

---

**D Konstruktionen und Baustoffe**

**D 1 BIM im Brandschutz 501**

Manuel Kitzlinger

**D 2 BIM im Schallschutz 525**

Camille Châteauvieux-Hellwig, Yvonne Weise

**D 3 Smart and Urban Tree – großformatige Strukturen zur Stadtbegrünung und Kühlung 549**

Ulrich Pont, Magdalena Wölzl, Peter Schober, Sigrun Swoboda, Peter Bauer, Vera Stiegler, Rupert Wolffhardt, Isabel Auer

**D 4 Regenerative Wärme- und Kälteversorgung des städtischen Quartiers auf Basis eines neuartigen aktiven Dämm-, Heiz- und Kühlsystems 583**

Katja Tribulowski, Monika Wicke, Dirk Weiß, Torsten Schwan, John Grunewald

**E Materialtechnische Tabellen**

**E 1 Materialtechnische Tabellen für den Brandschutz 599**

Nina Schjerve

**E 2 Materialtechnische Tabellen 637**

Rainer Hohmann

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autor:innenverzeichnis XIX

### A Allgemeines und Normung

#### A 1 Neuausgabe der DIN/TS 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ 1 Hans Erhorn

- |       |   |    |       |  |    |
|-------|---|----|-------|--|----|
| 1     | Historie  | 5  | 3.5   | DIN/TS 18599 – Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen und DIN/TS 18599 – Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen  | 12 |
| 2     | Status quo  | 5  | 3.5.1 | Wärmepumpen  | 12 |
| 3     | Die Neuerungen im Detail  | 7  | 3.5.2 | Teildämmung von Hallengebäuden   | 13 |
| 3.1   | DIN/TS 18599 – Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger             | 7  | 3.5.3 | Kalte Wärmenetze und Eisspeicher   | 13 |
| 3.1.1 | Klarstellungen und Vereinfachungen bei der Zonierung  | 7  | 3.5.4 | Solarthermie   | 13 |
| 3.1.2 | Aktualisierte Primärenergiefaktoren und CO <sub>2</sub> -Äquivalente  | 7  | 3.5.5 | Deckenstrahlplatten  | 13 |
| 3.1.3 | Informativer Anhang mit Begriffserläuterungen im Vergleich zu DIN EN ISO 52000-1  | 8  | 3.5.6 | Wärmeübergabe  | 13 |
| 3.2   | DIN/TS 18599 – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen   | 8  | 3.5.7 | Wärme-Kälte-Kopplung   | 13 |
| 3.2.1 | Bestimmung des Anteils der mitbeheizten Fläche an der Gesamtläche $a_{tb}$ in Abhängigkeit von $A_{NGF}$                  | 8  | 3.5.8 | Bivalente Systeme aus Wärmepumpe und Brennwertkessel   | 13 |
| 3.2.2 | Überarbeitung der Temperatur-Korrekturfaktoren von Bauteilen des unteren Gebäudeabschlusses                               | 9  | 3.5.9 | Nutzung von Strommengen, die sonst abgeregelt werden würden  | 13 |
| 3.2.3 | Berücksichtigung des Einflusses der Neigung von transparenten Bauteilen bei der Bestimmung des Wärmetransferkoeffizienten | 10 | 3.6   | DIN/TS 18599 – Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau  | 13 |
| 3.2.4 | Überarbeitete sowie neu aufgenommene Kennwerte von Gläsern und Sonnenschutzvorrichtungen                                  | 10 | 3.6.1 | Aktualisierung der Kennwerte für die Wärmerückgewinnung  | 13 |
| 3.2.5 | Neu aufgenommene Bewertung der energetischen Qualität von Fenstern bzw. Verglasungen                                      | 10 | 3.6.2 | Aktualisierung der Kennwerte für die Ventilatorleistung  | 14 |
| 3.3   | DIN/TS 18599 – Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung  | 10 | 3.6.3 | Aktualisierung der Kennwerte für die Bedarfsführung  | 15 |
| 3.3.1 | Erweitertes Kennwerteverfahren  | 10 | 3.6.4 | Erweiterung der Systeme zur Wohnungskühlung  | 15 |
| 3.3.2 | Bonus für Qualitätssicherungsverfahren  | 10 | 3.6.5 | Klarstellung Dauer Heizperiodenbetrieb   | 15 |
| 3.4   | DIN/TS 18599 – Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung   | 11 | 3.7   | DIN/TS 18599 – Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau   | 15 |
| 3.4.1 | Aktualisierung LED-Daten  | 11 | 3.7.1 | Neustrukturierung des Abschnittes zur Kaltwasserhydraulik  | 15 |
| 3.4.2 | Kontextmodifikatoren für die Beleuchtungsstärke   | 11 | 3.7.2 | Kälterzeugung  | 15 |
| 3.4.3 | Dynamische Beleuchtung  | 11 | 3.7.3 | Wärmeverschiebung  | 15 |
| 3.4.4 | Lichttransmissionsgrade   | 11 | 3.8   | DIN/TS 18599 – Teil 9: End- und primärenergetische Bewertung von Kraft-Wärme-Kopplungs-, Photovoltaik- und Windenergieanlagen im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude | 16 |
| 3.4.5 | Beleuchtungskontrolle   | 11 | 3.8.1 | Standardwerte für Photovoltaik-Systeme   | 16 |
| 3.4.6 | Umstellung Beispiele auf LED-Leuchten   | 12 | 3.8.2 | Korrekturfaktor für Stromnutzung von Durchlauferhitzern  | 16 |
|       |   |    | 3.8.3 | Daten typischer Windenergieanlagen   | 16 |
|       |   |    | 3.8.4 | Brennstoffzellen in Nichtwohngebäuden  | 16 |

VIII Inhaltsverzeichnis

3.9	DIN/TS 18599 – Teil 10: Nutzungs- randbedingungen, Klimadaten 17	3.11	DIN/TS 18599 – Teil 12: Tabellenverfahren für Wohngebäude 19
3.9.1	Aufnahme der zusätzlichen Option eines nutzungsbedingten Mindestaußenluft- wechsels 17	3.12	DIN/TS 18599 – Teil 13: Tabellenverfahren für Nichtwohngebäude 20
3.9.2	Anpassungen bezüglich der Wartungswerte der Beleuchtungsstärke bei Nichtwohn- gebäuden 17	3.13	DIN Media Kommentar: Berechnung der Anteile erneuerbarer Energien nach GEG 2024 – Anwendung von Kennwerten aus DIN V 18599 21
3.9.3	Neu aufgenommene Richtwerte für die Gebäudeautomation bei Nichtwohn- gebäuden 17	3.14	DIN V 18599 – Beiblatt 1: Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich 21
3.9.4	Anpassungen der Werte für die Wärmezufuhr aus Arbeitshilfen bei Nichtwohngebäuden 17	3.15	DIN V 18599 – Beiblatt 2: Nachweisprozedur für die nach dem Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) geforderten Erneuerbare Energien Anteile (EE) für die Wärmeerzeugung 21
3.9.5	Überarbeitung der Richtwerte des Nutzenergiebedarfs Trinkwarmwasser für Nichtwohngebäude 18	3.16	DIN/TS 18599 – Beiblatt 3: Standardisiertes Ausgabeformat 21
3.10	DIN/TS 18599 – Teil 11: Gebäudeautomation 18	4	Ausblick 21
3.10.1	Rechnerischer Nachweis des Einflusses der Gebäudeautomation 18		Literatur 22
3.10.2	Automationsgrade 19		
3.10.3	Gebäudeautomationsfunktionen 19		

**B Dämmstoffe**

**B 1 Dämmstoffe im Bauwesen 23**  
Wolfgang M. Willems, Kai Schild

1	Physikalische Grundlagen 27	2	Dämmstoffe im Bauwesen 40
1.1	Wärmeschutz 27	2.1	Dämmstoffübersicht 40
1.1.1	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ 27	2.2	Aspekte für die Auswahl von Dämmstoffen 40
1.1.2	Wärmedurchlasswiderstand R 30	2.2.1	Baukonstruktive Aspekte 40
1.1.3	Spezifische Wärmekapazität c 30	2.2.2	Bauphysikalische Aspekte 40
1.1.4	Temperaturleitzahl a 31	2.2.3	Ökologische Aspekte 40
1.1.5	Physik der Wärmedämmung 31	2.2.4	Ökonomische Aspekte 44
1.2	Feuchteschutz 32	2.3	Zusatzstoffe 44
1.2.1	Wasserdampf-Diffusionswiderstands- zahl $\mu$ 32	2.3.1	Treibmittel 44
1.2.2	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke $s_d$ 33	2.3.2	Bindemittel 45
1.2.3	Auswahl der Wasserdampf-Diffusions- widerstandszahl $\mu$ für den Nachweis nach Glaser 33	2.3.3	Stützfasern 45
1.3	Schallschutz 33	2.3.4	Zusätze für Brand- und Feuchteschutz 46
1.3.1	Schallabsorptionsgrad 33	2.4	Entwicklung der Dämmschichtdicken in Dach und Wand in den europäischen Ländern 46
1.3.2	Schallabsorptionsfläche A 34	3	Beschreibung von Dämmstoffen 47
1.3.3	Längenbezogener Strömungs- widerstand r 34	3.1	Aerogel 47
1.3.4	Dynamische Steifigkeit $s'$ 35	3.2	Baumwolle 48
1.3.5	Dynamischer Elastizitätsmodul $E_{\text{Dyn}}$ 35	3.3	Blähglas 50
1.4	Brandschutz 35	3.4	Blähton 52
1.4.1	Baustoffklassen nach DIN 4102-1 35	3.5	Flachs 53
1.4.2	Benennung des Brandverhaltens nach DIN EN 13501-1 36	3.6	Getreidegranulat 54
1.5	Rohdichte 39	3.7	Hanf 56
		3.8	Holzfaser 57
		3.9	Holzwolle-Leichtbauplatten und Holzwolle-Mehrschichtplatten 59
		3.10	Kalziumsilikat 61
		3.11	Kokos 63

3.12	Kork	64	3.23	Schafwolle	80
3.13	Melaminharzschaum	65	3.24	Schaumglas	81
3.14	Mineralschaum	66	3.25	Schilfrohr	83
3.15	Mineralwolle	68	3.26	Seegrass	84
3.16	Perlite	70	3.27	Stroh	85
3.17	Phenolharz	71	3.28	Transparente Wärmedämmung	86
3.18	Polyesterfaser	72	3.29	Vacuum Insulating Sandwich (VIS)	87
3.19	Polystyrol, expandiert (EPS)	73	3.30	Vakuuminulationspaneele (VIP)	89
3.20	Polystyrol, extrudiert (XPS)	75	3.31	Vermiculite	92
3.21	Polyurethan (PUR, Hartschaum und Ortschaum)	77	3.32	Zellelastomere	93
3.22	Pyrogene Kieselsäure	79	3.33	Zellulose	94
				Literatur	96
<b>C Nachweisverfahren und Berechnungsmethoden</b>					
<b>C 1 Integrale Bewertung des sommerlichen Wärmeverhaltens – thermischer Komfort und energetische Performance 101</b>					
Stephan Schlitzberger, Anton Maas					
1	Einführung	103	3.2.3	Zusammenfassung und Empfehlung zur Fortentwicklung der Anforderungs- systematik	120
1.1	Hintergrund	103	3.2.3.1	Auswertungen für den Anwendungsfall Wohnnutzung für $n_{\text{Kat.II}} \leq 300$ h/a	121
1.2	Zielsetzung	103	3.2.3.2	Auswertungen für den Anwendungsfall Nichtwohnnutzung für $n_{\text{Kat.II}} \leq 150$ h/a	122
2	Randbedingungen der Bearbeitung	104	3.3	Auswertungen zum thermischen Komfort (Wohnnutzung)	124
2.1	Methodische Hinweise	104	3.3.1	Einfluss des $U_{\text{W}}$ -Wertes	124
2.2	Erläuterungen zur öffentlich-rechtlichen Anforderungssystematik zum sommerlichen Wärmeschutz	104	3.3.2	Einfluss des g-Wertes	126
2.3	Erläuterungen zur Komfortbewertung nach DIN EN 16798 – Teil 1	105	3.3.3	Einfluss Automation bei Sonnenschutz und Lüftung	127
2.4	Parametrisierung	106	3.4	Auswertungen zum thermischen Komfort (Nichtwohnnutzung)	130
2.4.1	Raummodell	106	3.4.1	Einfluss des $U_{\text{W}}$ -Wertes	130
2.4.2	Fensterflächenanteil und Orientierung	106	3.4.2	Einfluss des g-Wertes	133
2.4.3	Klimadaten	106	3.4.3	Einfluss Automation bei Sonnenschutz und Lüftung	135
2.4.4	Nutzung	107	3.5	Energiebedarf für Heizen und Kühlen	139
2.4.5	Kennwerte Fenster und Sonnenschutz	107	3.5.1	Auswertungen für Wohnnutzung	140
2.4.6	Steuerung Sonnenschutz	107	3.5.2	Auswertungen für Nichtwohnnutzung	143
2.4.7	Nachtlüftung (Lüftung außerhalb der Nutzungs- bzw. Anwesenheitszeit)	107	3.5.3	Zusammenfassung	147
3	Ergebnisse	107	4	Kernaussagen	147
3.1	Klimawandel	108		Literatur	149
3.2	Künftige Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz	114			
3.2.1	Anwendungsfall Wohnnutzung	115			
3.2.2	Anwendungsfall Nichtwohnnutzung	118			
<b>C 2 Einblicke in die hygrothermische Bauteilsimulation für die Praxis 151</b>					
Hartwig M. Künzel, Christian Bludau, Daniel Zirkelbach					
1	Einleitung	153	2	Wärme- und Feuchteverhalten von Baustoffen und Bauteilen	153
1.1	Erläuterung der Intention dieses Beitrags	153	2.1	Verhalten von Baustoffen gegenüber Feuchte	154
1.2	Vorstellung der Inhalte	153	2.1.1	Hygroskopizität und Hydrophilie	154
			2.1.2	Feuchtetransport in porösen Medien	156
			2.1.3	Wärmetransport in feuchten Baustoffen	160

X	Inhaltsverzeichnis	
2.2	Außen- und raumklimatische Einflüsse	161
2.2.1	Raumseitige Temperatur- und Feuchtebeanspruchungen	161
2.2.2	Außenseitige Temperatur- und Feuchtebeanspruchungen	161
2.2.3	Temperatur- und Feuchtebeanspruchungen im Erdreich	162
2.2.4	Solare Einstrahlung	163
2.2.5	Niederschlag	164
2.2.6	Luftströmungen in und durch Außenbauteile mit Auswirkungen auf den Wärme- und Feuchtetransfer	166
2.3	Anfangsfeuchte	168
3	Simulation des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports	169
3.1	Grundlagen	169
3.2	Klimatische Randbedingungen	170
3.3	Durchführung der Simulation	170
4	Einsatzbereiche und Anwendungsgrenzen der hygrothermischen Simulation	173
4.1	Feuchteschutzbemessung für Neubau und Sanierung	173
4.1.1	Bemessung von Dächern	174
4.1.2	Bemessung von Außenwänden	178
4.2	Prüfung wesentlicher oder unsicherer Einflussgrößen durch Parametervariation	179
4.3	Zweidimensionale Beurteilung von Anschlussdetails	180
4.4	Dämmung von Kaltwasserrohren und Kühlleitungen	181
4.5	Bautrocknungsmaßnahmen	183
4.6	Entwicklung von Prüfmethoden zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit und Alterung von Bauteilen	184
4.7	Anwendungsgrenzen der hygrothermischen Simulation	185
5	Bewertung von Simulationsergebnissen	188
5.1	Analyse der Wassergehaltsverläufe	188
5.2	Beurteilung von Schadensrisiken	188
5.2.1	Schimmel	188
5.2.2	Holzfäule	190
5.2.3	Korrosion	191
5.2.4	Frost	192
5.2.5	Tauwasser in hydrophoben Faserdämmungen	193
5.3	Einfluss der Feuchte auf die Dämmwirkung	194
6	Normen und Richtlinien zur Feuchteschutzbemessung durch hygrothermische Simulation	195
6.1	Feuchteschutzbemessung mithilfe der hygrothermischen Simulation gemäß DIN EN 15026	195
6.2	Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3 (03-2024)	196
6.3	Weitere europäische Normen und Richtlinien zum Feuchteschutz durch hygrothermische Simulation	197
7	Schlussfolgerung	198
8	Ausblick	199
	Literatur	200
<b>C 3</b>	<b>Stadtklimamodellierung – Grundlagen und praktische Anwendung</b>	<b>205</b>
	Simon Schmidt, Afshin Afshari	
1	Einleitung	207
1.1	Erläuterung der Notwendigkeit	207
1.2	Vorstellung der Inhalte	207
2	Hintergrund der Stadtklimamodellierung	208
2.1	Klimawandel, Klimaanpassung, Klimaresilienz	208
2.2	Aktive und passive Klimaanpassungstechnologien	210
2.3	Energie- und Impulsflüsse auf (urbane) Oberflächen	211
3	Einblicke in die Stadtklimamodellierung	213
3.1	Numerische Fluidodynamik	213
3.1.1	Navier-Stokes-Gleichungen	214
3.1.2	Logarithmisches Gesetz	215
3.1.3	Computational Fluid Dynamics	216
3.2	Mesoskalige und mikroskalige Modelle, multiskalige gekoppelte Simulation	217
3.2.1	Vereinfachte Darstellung der Urban Canopy Layer (UCL)	217
3.2.2	Urban Canopy Model (UCM) in mesoskaligen Modellen	218
4	Praktische Anwendungen	221
4.1	Simulationsbasierte Entscheidungsunterstützung für die Stadtplanung	221
4.1.1	Einflüsse auf Urbane Wärmeinsel [Urban Heat Island, UHI]	222
4.1.2	Einflüsse auf Luftverschmutzungen	223
4.1.3	Anwendung in bestehenden Simulationen	223
5	Zusammenfassung und Ausblick	224
	Literatur	225

<b>C 4</b>	<b>Wärmepumpenplanung auf Basis von Verbrauchsdaten mit einfachen Exceltools</b>	<b>227</b>
	Kati Jagnow, Dieter Wolff, Katharina Gebhardt	
1	Einführung	229
1.1	Ziel der Tools	229
1.2	Beispielprojekt	230
2	Beratung mit der „Standardbilanz“	230
2.1	Hintergrund und Motivation	230
2.2	Umfang des Tools	230
2.3	Ein- und Ausgaben	231
2.4	Anwendungsbeispiel	233
2.5	Notwendigkeiten und Möglichkeiten von Modifikationen	235
2.6	Updates und Bezugsquelle	236
3	Planung mit der „Energieanalyse“	236
3.1	Hintergrund und Motivation	236
3.2	Umfang des Tools	236
3.3	Ein- und Ausgaben	237
3.4	Anwendungsbeispiel	242
3.4.1	Randdaten der Wärmepumpe	242
3.4.2	Planungsideen	244
3.4.3	Bestand	244
3.4.4	Vorlauftemperaturoptimierung	247
3.4.5	Gebäudeverbesserung und Vorlauf-temperaturoptimierung	247
3.4.6	Einsatz einer kleineren Wärmepumpe	249
3.4.7	Minimale Außentemperatur und Auslegung des Heizstabes	252
3.4.8	Bestandsauslegung mit Bruttoheizlast	252
3.5	Notwendigkeiten und Möglichkeiten von Modifikationen	254
3.6	Updates und Bezugsquelle	254
4	Optimierung mit „Optimus“	254
4.1	Hintergrund und Motivation	254
4.2	Umfang des Tools	254
4.3	Anwendungsbeispiel	255
4.4	Notwendigkeiten und Möglichkeiten von Modifikationen	258
4.5	Updates und Bezugsquelle	258
5	Hintergrundwissen	258
5.1	Energieanalyse aus dem Verbrauch	258
5.1.1	Daten aus Wärmemengenzählern	259
5.1.2	Übergang zur Bedarfsanalyse	260
5.1.3	Daten aus Endenergiezählern	261
5.2	Fingerabdruck oder h-Wert und Heizgrenztemperatur	261
5.3	Brutto- und Nettoheizlast	262
5.4	Außentemperaturverlauf und Deckungsanteile	263
5.5	Wärmepumpentheorie und -praxis	264
6	Fazit und Ausblick	265
	Literatur	266
<b>C 5</b>	<b>Beleuchtung von Räumen mit Tageslicht – Anforderungen, Nachweise, Simulationen</b>	<b>267</b>
	Peter Schmidt, Saskia Windhausen	
1	Einleitung	269
2	Regelwerke und Vorschriften	269
2.1	Bauordnung	269
2.2	DIN EN 17037 „Tageslicht in Gebäuden“	269
2.3	DIN 5034 „Tageslicht in Innenräumen“	270
2.4	DIN EN 12464 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung an Arbeitsstätten“	270
2.5	DIN EN 12665 „Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung“	271
3	Grundlagen	271
3.1	Allgemeines	271
3.2	Zusammenhang zwischen Tageslicht sowie Solar- und Globalstrahlung	271
3.2.1	Solarstrahlung	271
3.2.2	Globalstrahlung	272
3.2.3	Sichtbares Licht und Tageslicht	273
3.3	Begriffe	273
4	Anforderungen und Verfahren zur Beurteilung des Tageslichts in Innenräumen	275
4.1	Fensterfläche	275
4.2	Tageslichtversorgung bzw. Helligkeit	276
4.2.1	Nachweis über Empfehlungsstufen für die Tageslichtversorgung nach DIN EN 17037	276
4.2.2	Vereinfachter Nachweis der Helligkeit mithilfe des Tageslichtquotienten	276
4.2.3	Unterschiede der Rechenverfahren nach DIN 5034 und DIN EN 17037	279
4.3	Sichtverbindung nach außen	279
4.3.1	Empfehlungen an die Sichtverbindung nach außen nach DIN 5034	279
4.3.2	Regelungen zur Beurteilung der Aussicht nach DIN EN 17037	280
4.4	Erfüllung der Sehaufgabe	281
4.5	Besonnungsdauer	281
4.5.1	Allgemeines	281
4.5.2	Empfehlungen für die Besonnungsdauer	282
4.5.3	Berechnung und Verifizierung der Besonnungsdauer	282

## XII Inhaltsverzeichnis

- 
- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>4.6 Blendungsschutz 282</li> <li>4.6.1 Allgemeines 282</li> <li>4.6.2 Empfehlungen für den Blendungsschutz 282</li> <li>4.6.3 Verifizierung für den Blendungsschutz 282</li> <li>5 Planungshinweise 282</li> <li>5.1 Allgemeines 282</li> <li>5.2 Sonnenschutz 283</li> <li>5.3 Schutz vor kurzweiliger Strahlung 283</li> <li>5.4 Anordnung von Tageslichtöffnungen 283</li> <li>5.4.1 Fenster 283</li> <li>5.4.2 Dachoberlichter 284</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>5.5 Planung und Gestaltung von Innenräumen 284</li> <li>6 Planung und Bewertung der Versorgung von Räumen mit Tageslicht mittels Simulationsverfahren 284</li> <li>7 Beispiel 286</li> <li>8 Zusammenfassung 289</li> <li>Literatur 289</li> </ul> |
|--|---|
- C 6 Anwendung von Brandsimulationsmodellen für die Berechnung der thermischen Einwirkungen im Brandfall und der Rauchableitung 291**  
Jochen Zehfuß, Olaf Riese
- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Einführung 293</li> <li>1.1 Allgemeines 293</li> <li>1.2 Thermische Einwirkungen 293</li> <li>1.2.1 Eurocodes 293</li> <li>1.2.2 Bauaufsichtliche Einführung 293</li> <li>1.3 Rauchableitung 294</li> <li>2 Brandszenarien und Bemessungsbrände 294</li> <li>2.1 Bemessungs-Brandszenarien 294</li> <li>2.1.1 Allgemeines 294</li> <li>2.1.2 Bemessungs-Brandszenarien für die Bauteil- bzw. Tragwerksbemessung 296</li> <li>2.1.3 Bemessungs-Brandszenarien für die Gewährleistung der Personenrettung 296</li> <li>2.1.4 Weitere Bemessungs-Brandszenarien 296</li> <li>2.2 Bemessungsbrände 296</li> <li>2.2.1 Der Brandverlauf und Grundsätze seiner Modellierung 296</li> <li>2.2.2 Bemessungsbrände als Grundlage für die Brandsimulation 297</li> <li>2.2.2.1 <math>t^2</math>-Modell für die Brandausbreitungsphase 297</li> <li>2.2.2.2 Beschreibung der Vollbrandphase 299</li> <li>2.2.2.3 Wärmefreisetzungsrate 300</li> <li>2.2.2.4 Flashover 300</li> <li>2.2.2.5 Berücksichtigung der strukturellen Brandlast bei Gebäuden in Holzbauweise 301</li> <li>3 Modelle 302</li> <li>3.1 Überblick 302</li> <li>3.2 Handrechenverfahren 302</li> <li>3.2.1 Allgemeines 302</li> <li>3.2.2 Parametrische Temperaturzeitkurven 302</li> <li>3.2.3 Plumemodelle 303</li> <li>3.2.3.1 Heskestad-Plume (EC 1-1-2 Anhang C) 303</li> <li>3.2.3.2 Zukoski-Plume 304</li> <li>3.2.3.3 McCaffrey-Plume 304</li> <li>3.2.3.4 Thomas/Hinkley-Plume 305</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>3.2.4 Ceiling Jet-Modelle 305</li> <li>3.2.4.1 Heißgasströmung an der Decke 305</li> <li>3.2.4.2 Rauchgasströmung an der Decke 305</li> <li>3.3 Zonen- und Mehrzonenmodelle 306</li> <li>3.3.1 Allgemeines 306</li> <li>3.3.2 Erhaltung der Masse 308</li> <li>3.3.3 Erhaltung der Spezies 309</li> <li>3.3.4 Erhaltung der Energie 309</li> <li>3.3.5 Mehrraum-Mehrzonenmodelle 309</li> <li>3.3.6 Allgemeine Beurteilung von Zonenmodellen 310</li> <li>3.4 Feldmodelle 310</li> <li>3.4.1 Allgemeines 310</li> <li>3.4.2 Erhaltungsgleichungen 310</li> <li>3.4.3 Weitere Annahmen und Vereinfachungen 311</li> <li>3.4.4 Turbulenzmodellierung 312</li> <li>3.4.5 Quellterme und Randbedingungen 312</li> <li>3.4.6 Pyrolysemodellierung 314</li> <li>3.4.7 Durchführung von CFD-Berechnungen 315</li> <li>4 Validierung 316</li> <li>4.1 Allgemeines 316</li> <li>4.2 Internationale Ansätze 316</li> <li>4.3 Methodik zur Analyse der Zeitreihen aus Versuchen und Simulation 317</li> <li>4.4 Beispiel Validierung PRISME DOOR 318</li> <li>4.4.1 Durchgeführte Versuche 318</li> <li>4.4.2 Durchgeführte Simulationen 319</li> <li>4.4.3 Modellaufbau 320</li> <li>4.4.4 Bewertungsgrundsätze 320</li> <li>4.4.5 Ergebnisse 320</li> <li>5 Anwendungsbeispiele 322</li> <li>5.1 Bürogebäude mit Atrium 322</li> <li>5.1.1 Gebäudebeschreibung 322</li> <li>5.1.2 Nachweis der Personensicherheit 323</li> <li>5.1.2.1 Bemessungsbrand Personensicherheit 323</li> <li>5.1.2.2 Berechnungsergebnisse Personensicherheit 324</li> </ul> |
|--|--|

5.1.3	Nachweis der Standsicherheit im Brandfall	324	5.2	Büroraum (thermische Einwirkungen)	327
5.1.3.1	Konstruktion	324	5.3	Atrium (Rauchableitung)	329
5.1.3.2	Bemessungsbrand Standsicherheit im Brandfall	325		Literatur	330
5.1.3.3	Berechnungsergebnisse Standsicherheit im Brandfall	326			
<b>C 7</b>	<b>Simulation des Brandverlaufs in Gebäuden in Holzbauweise unter Berücksichtigung der strukturellen Brandlast</b> 333				
	Sven Brunkhorst, Jochen Zehfuß				
1	Einleitung	335	4.3	Ansätze zur Modellierung der strukturellen Brandlast	341
2	Abbrandverhalten von Holz	336	4.3.1	Allgemeines	341
2.1	Allgemeines	336	4.3.2	Modellierung über vordefinierte flächen-spezifische Massenverluste (Ansatz 1)	341
2.2	Thermische Zersetzung von Holz	336	4.3.3	Modellierung über konstante flächen-spezifische Massenverluste mit Entzündungs- und Extinktionstemperatur (Ansatz 2)	342
2.2.1	Dehydratation	336	4.3.4	Modellierung über eindimensionales Pyrolysemodell (Ansatz 3)	343
2.2.2	Pyrolyse	336	4.3.5	Pyrolyseschemata	343
2.2.3	Oxidation	337	4.3.6	Kinetische Reaktionsparameter	344
2.2.4	Kohleschicht	337	4.3.7	Reaktions- und Verbrennungswärme	345
2.3	Entzündungstemperatur von Holz	338	4.4	Verbrennungsreaktion	346
2.4	Abbrandverhalten von Holz	338	5	Modellvalidierung	347
2.5	Nachbrandverhalten von Holz	339	5.1	Allgemeines	347
2.6	Thermische Materialeigenschaften von Holz	339	5.2	Modellvalidierung anhand mittelmaßstäblicher Brandversuche	349
3	Abbildung der strukturellen Brandlast in einem vereinfachten Brandmodell	340	5.3	Modellvalidierung anhand realmaßstäblicher Brandversuche	351
3.1	Allgemeines	340	5.4	Anwendungsgrenzen	354
3.2	Brandlastdichte	340	6	Zusammenfassung	355
3.3	Wärmefreisetzungsrate	340		Literatur	355
4	Abbildung der strukturellen Brandlast in einem allgemeinen Brandmodell	341			
4.1	Allgemeines	341			
4.2	Modellierungsansätze für die strukturelle Brandlast	341			
<b>C 8</b>	<b>Räumungssimulation und Personenstromberechnungen nach DIN 18009-2</b> 357				
	Manuel Kitzlinger, Benjamin Schröder, Gregor Jäger				
1	Einführung	359	4	Funktionale Anforderungen und Leistungskriterien	369
1.1	Weg zur Norm	359	4.1	Verfügbare Räumungszeiten aus Brandszenarien	370
1.2	Zielstellung der Norm und Anwendungsbereich	359	4.2	Stauermale und Staukenngrößen	371
1.3	Einbettung in bestehende Normen	360	4.3	Weitere Anwendungsfälle	372
1.4	Grundvorstellung und Begriffe	361	5	Modelle und Modellauswahl	372
2	Grundzüge der Nachweisführung	361	5.1	Makroskopische Rechenmodelle	373
2.1	Ingenieurtechnische Nachweise	361	5.1.1	Grundlegende Modellannahmen	373
2.2	Nachweise zur Personensicherheit	362	5.1.2	Kapazitätsanalyse	374
3	Räumungsszenarien zum Nachweis der Personensicherheit	365	5.1.3	Vereinfachtes dynamisches Strömungsmodell	375
3.1	Grundlegende Betrachtung von Szenarien	365	5.1.4	Fundamentaldiagramme und Rechenwerte	376
3.2	Hinweise zur Entwicklung von Räumungsszenarien	366	5.2	Mikroskopische Modelle	378
3.3	Auswahl von Räumungsszenarien	368			

## XIV Inhaltsverzeichnis

6	Sicherheitskonzept	378	8.2	Ermittlung der Fluchtzeit	385
6.1	Sicherheitskonzepte im Brandschutz- ingenieurwesen	378	8.2.1	Kapazitätsanalyse	385
6.2	Sicherheitskonzept für die Räumungs- simulation	379	8.2.2	Vereinfachtes dynamisches Strömungsmodell	387
7	Dokumentation und Prüfung	380	8.2.3	Mikroskopisches Modell	389
7.1	Mindestinhalte	381	8.2.4	Vergleich der Fluchtzeiten aus unterschiedlichen Modellen	390
7.2	4-Augen-Prinzip	381	8.3	Staubbewertung	390
8	Praxisbeispiel zur Modellanwendung	382	8.3.1	Makroskopische Betrachtung	390
8.1	Räumungsszenarien	384	8.3.2	Mikroskopische Betrachtung	391
8.1.1	Kategorie Gebäude	384	9	Zusammenfassung und Ausblick	391
8.1.2	Kategorie Nutzung und Nutzer	384		Literatur	392
8.1.3	Kategorie Räumungsanlass	385			
8.1.4	Kategorie Brandschutz- und Sicherheitsmaßnahmen	385			
<b>C 9</b>	<b>Künstliche Intelligenz in der Bauphysik – Hintergrund, Anwendungen und Potenziale</b>				<b>395</b>
	Michael Anton Kraus, Christoph Waibel, Nadja Bishara, Danielle Griego				
1	Einleitung und Motivation	397	3.4	Solare Potenziale in der Stadt: Generative Berechnungsmodelle und Fassaden- segmentierung für gebäudeintegrierte Photovoltaik	416
2	Künstliche Intelligenz – Einführung und Grundlagen	397	3.5	Beschleunigte Strömungssimulationen	418
2.1	Grundlagen zu KI-Algorithmen, Modellen und Daten	397	3.6	Ausblick auf bildgenerative Verfahren und Large Language Models (LLM) im gesamtheitlichen Gebäudeentwurf	420
2.2	Machine Learning/Maschinelles Lernen	402	3.7	Energieflexibilität im Städtischen Quartier	422
2.3	Deep Learning/Tiefes Lernen	404	3.8	Sanierung auf Quartiersebene – Verknüpfung von Gebäudekonzepten im vernetzten Betrieb	424
2.4	Explainable Artificial Intelligence/Erklärbare Künstliche Intelligenz	407	3.9	Energiebilanzierung und -optimierung von Quartieren mit KI-Modellen	425
2.5	Physik-informierte/Domänen-informierte Künstliche Intelligenz	407	4	Zusammenfassung und Fazit	427
2.6	Digitaler Zwilling/Digital Twin und Bauen 4.0	408	4.1	Zusammenfassung	427
3	Anwendungsbeispiele zum Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Bauphysik	409	4.2	Fazit	427
3.1	Akustik und Schallschutz: SoundLab AI	410	5	Glossar	428
3.2	Hygrothermische Charakterisierung von Bauteilen	412		Literatur	431
3.3	KI-basierte Temperatur- und Energie- einsparprädiktion mit „Calculus®“	414			
<b>C 10</b>	<b>Thermische Gebäudesimulation: Aktuelle Anwendungen und Erweiterungen mittels der Finite-Elemente-Methode</b>				<b>435</b>
	Thomas Mühlberger, Paul Dragos Schoplocher, Oliver Steffens				
1	Einführung: Von statischen Verfahren zur dynamischen Gebäudesimulation	437	2	Gebäudesimulationen mit Kompaktmodellen	438
1.1	Warum Gebäudesimulation?	437	2.1	Einfache Gebäudesimulation	439
1.2	Entwicklung der Gebäudesystem- simulation	437	2.2	Dynamische Simulationstechnologien	439
1.2.1	Die frühe Phase	437	2.2.1	Traditionelle Simulationstechnologien	439
1.2.2	Die zweite Generation	438	2.2.2	Gleichungsbasierte Simulationstechnologien	440
1.2.3	Thermische Netzwerk-Modelle und Co-Simulation	438	2.2.3	Detaillierte Gebäudesimulation	440

2.3	Der Weg zur Praxis	442	3.3.3	Elementmatrix und Globalmatrix	454
2.3.1	Validierung von Simulations- technologien	442	3.3.4	Rechenzeit-Optimierung	455
2.3.2	Optimierungen in allen Planungsphasen	443	3.3.5	Post-processing und Validierung	456
2.4	Praxisbeispiele	444	3.4	Bauphysikalische Modellierung des Wärmetransports in der FEM	456
2.4.1	Sommerlicher Wärmeschutznachweis für ein Einfamilienhaus	444	3.4.1	Wärmetransport durch Wärmeleitung	456
2.4.2	Hybridlüftungskonzept eines Schulhauses	445	3.4.2	Wärmetransport durch Strahlung	458
2.4.3	Thermische Komfortanalysen für einen vollverglasten Büroturm	446	3.4.3	Wärmetransport durch Konvektion	458
2.4.4	Kalibrierung von Simulationsmodellen	447	3.5	Gebäudesimulation mittels FEM	459
2.4.5	Forschungsprojekt MAGGIE	448	3.5.1	Randbedingungen	460
3	Gebäudesimulationen auf Basis der Finite-Elemente-Methode	451	3.5.2	Vereinfachtes FEM-Modell (Quasi-LPM-Modell)	460
3.1	Einsatz der FEM im Bauwesen	451	3.5.3	Strahlung	460
3.2	Aufbau eines FEM-Modells	452	3.5.4	Inhomogene Wärmeströme und Wärmebrücken	461
3.3	Anwendung und Workflow der FEM in der Bauphysik	453	3.5.5	Wärmeübergang durch Konvektion	462
3.3.1	Modellierung	454	3.5.6	Diskussion	463
3.3.2	Diskretisierung	454	4	Ausblick: Erweiterung von BPS mithilfe der FEM	463
				Literatur	465

#### C 11 Geräusche gebäudetechnischer Anlagen – Bestimmung von Eingangsdaten und Berechnung der Schallübertragung im Gebäude 469

Fabian Schöpfer, Andreas Mayr, Ulrich Schanda, Sven Öhler, Jochen Scheck

1	Einführung	471	5	Berechnung der Schallübertragung im Gebäude nach EN 12354-5	480
2	Aktuelle Situation in DIN 4109	471	5.1	Methodik der DIN EN 12354-5	481
2.1	Anforderungen	471	5.2	Luftschall	481
2.2	Stand der Nachweisführung	472	5.2.1	Quelle im Aufstellraum	482
2.3	Zukünftiges Verfahren	472	5.2.2	Quelle in entferntem Raum	482
3	Eingangsdaten für GTA	473	5.2.3	Vorsatzschalen und Einhausungen	483
3.1	Luftschallübertragung	473	5.3	Körperschall	483
3.2	Körperschallübertragung	474	5.3.1	Allgemeiner Fall	484
3.2.1	Allgemeines Modell und Kenngrößen zur Berechnung der Körperschall- übertragung	474	5.3.1.1	Hintergrund, Einführung und Definition der Übertragungsfunktion	484
3.2.2	Freie Schnelle	475	5.3.1.2	Anwendung Übertragungsfunktionen	485
3.2.3	Admittanz der Quelle	475	5.3.1.3	Berechnung der Gesamtübertragung in Form von Übertragungsfunktionen	488
3.2.4	Admittanz der Empfangsstruktur	475	5.3.2	Kraftquellsituation – Prognose mit DIN EN ISO 12354-2	489
3.2.5	Blockierte Kraft der Quelle	475	5.3.3	Eingangsdaten für die Admittanz von GTA und Bauteilen im Gebäude	489
3.2.6	Empfangsplattenmethode zur Bestimmung der blockierten Kraft	476	6	Anwendungsbeispiele	490
3.2.7	Empfangsplattenmethode zur Bestimmung der freien Schnelle	477	6.1	Heiz- und Lüftungsgeräte	490
3.2.8	Two-stage Methode zur Bestimmung der Quellenadmittanz	478	6.1.1	Luftschallübertragung	490
3.2.9	Unsicherheiten aus europäischem Ringversuch	478	6.1.2	Körperschallübertragung	491
4	Eingangsdaten für Abwasserinstallationen nach DIN EN 14366-1	479	6.1.3	Gesamtpegel	492
4.1	Prüfeinrichtung und Messaufbau	479	6.1.4	Diskussion	492
4.2	Bestimmung der Eingangsdaten	480	6.2	Abwasserinstallationen	493
			6.2.1	Prognose von Abwassergeräuschen für die Kraftquellsituation	495
			6.2.2	Prognose von Abwassergeräuschen für den Allgemeinen Fall	495
			7	Zusammenfassung	496
				Literatur	498

**D Konstruktionen und Baustoffe****D 1 BIM im Brandschutz 501**  
Manuel Kitzlinger

- 1 Einleitung 503
- 1.1 Einführung Digitalisierung 503
- 1.2 Historie der Digitalisierung im Bauwesen 503
- 1.3 Moderne IT 503
- 2 Allgemeine Fragen zu BIM 504
  - 2.1 Was ist BIM? 504
  - 2.2 Was sind BIM-Modelle? 504
  - 2.3 Wie erfolgt der Informationsaustausch mit BIM-Modellen? 505
  - 2.4 Welche Informationen müssen im BIM-Modell enthalten sein? 505
  - 2.5 Wie läuft die Planung in BIM ab? 506
- 3 Software und Technik 507
  - 3.1 Software 507
    - 3.1.1 Viewer 508
    - 3.1.2 Prüfsoftware 508
    - 3.1.3 Software zur Informationsmanipulation 508
    - 3.1.4 Autorensoftware 508
    - 3.1.5 CDE (Common Data Environment) 508
  - 3.2 Technik und Standards für openBIM 508
    - 3.2.1 IFC-Standard (Darstellung Modelle) 508
    - 3.2.2 BCF-Standard (Darstellung Kommunikation) 509
    - 3.2.3 MVD-Standard (Filter) 510
    - 3.2.4 IDS, technische Spezifikation der Information 510
    - 3.2.5 IDM, Information Delivery Manual 510
  - 3.3 Digitale Abbildung von Geometrie 510
  - 3.4 Hinweis auf weiterführende Information 511
- 4 Markt und Einführung von BIM 511
  - 4.1 Marktdurchdringung und Einführung von BIM 511
  - 4.2 Auswahl von Software 511
- 4.3 Öffentliche Verwaltung und BIM 512
  - 4.3.1 Öffentliche Bauherren 512
  - 4.3.2 Genehmigungsbehörden 512
  - 4.4 Besondere Marktbedingungen im Brandschutz 513
- 5 Vorbeugender Brandschutz mit BIM 513
  - 5.1 Vorbeugender Brandschutz 513
  - 5.2 Leistungen im Brandschutz als Ausgangspunkt für Anwendungsfälle 514
  - 5.3 Einbindung der Brandschutzplanung in den BIM-Gesamtprozess 515
    - 5.3.1 Prüfen von Brandschutzanforderungen im Objektmodell 516
    - 5.3.2 Annotieren von Brandschutzanforderungen im Objektmodell 516
    - 5.3.3 Übermittlung der Brandschutzanforderungen in eigenem Fachmodell 517
  - 5.4 Anwendungsfall: Brandschutzplanung zur Baugenehmigung 517
    - 5.4.1 DataDrops: Informationslieferungen im Brandschutz 517
    - 5.4.2 Merkmalkatalog 517
      - 5.4.2.1 Merkmale für die Vorplanung 517
      - 5.4.2.2 Merkmale für die Entwurfsplanung 518
    - 5.4.3 Übergang zum Fachmodell Brandschutz 518
  - 5.5 Weitere Anwendungsfälle im Brandschutz 522
    - 5.5.1 Brandsimulation 522
    - 5.5.2 Planung von Leitungsabschottungen 523
    - 5.5.3 Fachbauleitung Brandschutz 523
- 6 Digitalisierung in der Brandschutzbranche 523
  - Literatur 523

**D 2 BIM im Schallschutz 525**  
Camille Châteauevieux-Hellwig, Yvonne Weise

- 1 Einleitung 527
- 2 Digitale Planungsprozesse mit open BIM 527
- 3 Idealer Planungsprozess für den Schallschutz 529
- 4 Grundlagen der Schallschutzplanung 530
- 5 Informationen in IFC 531
  - 5.1 Aufbau einer IFC-Datei 531
  - 5.2 Gebäudehierarchie in IFC 533
  - 5.3 Räume und Raumbegrenzungen in IFC 533
  - 5.4 Bauteile und Material in IFC 534
  - 5.5 Zusammengesetzte Bauteile in IFC 535
  - 5.6 Vorsatzschalen in IFC 536
  - 5.7 Stoßstellen in IFC 537

6	Aktueller Stand im Schallschutz	539	7.2	IFC-basierte Ergebnissrückgabe	542
6.1	AcouBAT by CYPE	540	7.2.1	Eigenschaften in IFC	542
6.2	Schallschutz 3D PLUS von Hottgenroth	540	7.2.2	Erweiterung des IFC-Schemas um Stoßstelleninformationen	543
7	Fachmodell Akustik	541	8	Zukunftsvision Fachmodell Bauphysik	545
7.1	Fachmodell mit externen Dateien	541		Literatur	546
<b>D3</b>	<b>Smart and Urban Tree – großformatige Strukturen zur Stadtbegrünung und Kühlung</b>				<b>549</b>
	Ulrich Pont, Magdalena Wölzl, Peter Schober, Sigrun Swoboda, Peter Bauer, Vera Stiegler, Rupert Wolffhardt, Isabel Auer				
1	Einführung	551	3.2	Grundlegender und Site-spezifischer Vergleich von Bäumen und Smart and Urban Trees sowie grundlegende Annäherungen	563
2	Methoden	554	3.3	Ergebnisse aus der Entwurfsübung	566
2.1	Grundlegender Methodenüberblick	554	3.4	Ergebnisse aus den Simulationsberechnungen	572
2.2	Standort der Fallstudie und grundlegende Festlegungen	556	3.5	Ergebnisse aus den Stakeholderbefragungen	575
2.3	Grundlegender Ansatz: Bäume versus Smart and Urban Trees?	557	4	Schlussfolgerungen	578
2.4	Research via Design?	557	4.1	Limitierung dieser Studie	578
2.5	Ansätze zur Performance-Bewertung via Simulation	557	4.2	Zukünftige Forschung	578
2.6	Stakeholder-Evaluation	557		Literatur	579
3	Resultate	558			
3.1	Referenzbeispiele	558			
<b>D4</b>	<b>Regenerative Wärme- und Kälteversorgung des städtischen Quartiers auf Basis eines neuartigen aktiven Dämm-, Heiz- und Kühlsystems</b>				<b>583</b>
	Katja Tribulowski, Monika Wicke, Dirk Weiß, Torsten Schwan, John Grunewald				
1	Einleitung	585	6	Wirtschaftlichkeit und Kosteneffizienz	596
1.1	Motivation und Zielsetzung	585	6.1	Kostenanalyse der Sanierungsmaßnahmen	596
1.2	Hintergrund und Kontext des Projekts	585	6.2	Vergleich zu herkömmlichen Sanierungsmethoden	596
1.3	Bedeutung der regenerativen Wärme- und Kälteversorgung	586	6.3	Langfristige wirtschaftliche Vorteile	596
2	Projektübersicht	586	7	Umwelt- und Klimaschutzaspekte	596
2.1	Beschreibung des Quartiers Hosterwitz/Pillnitz	586	7.1	Reduktion von CO <sub>2</sub> -Emissionen	596
2.2	Analyse des aktuellen Energieverbrauchs und -bedarfs	586	7.2	Verbesserung der Energieeffizienz	597
2.3	Herausforderungen bei der Bestandssanierung	588	7.3	Beitrag zur nachhaltigen Stadtentwicklung	597
3	Technologische Grundlagen	588	8	Monitoring und Evaluierung	597
3.1	Aktive Dämmungstechnologien	589	8.1	Methoden der Erfolgskontrolle	597
3.2	Heiz- und Kühlsysteme	589	8.2	Optimierungspotenziale und Weiterentwicklung	597
3.3	Integration erneuerbarer Energien	590	9	Zusammenfassung	597
3.4	Aktivierung der Speichermasse	591	10	Ausblick	598
3.5	Innovative Planung mit Digital Twin und Gebäudesimulation	593		Literatur	598
3.6	SIM-VICUS	594			
4	Energiekonzept	594			
5	Implementierung im Quartier	595			

XVIII Inhaltsverzeichnis

---

**E Materialtechnische Tabellen****E 1 Materialtechnische Tabellen für den Brandschutz 599**  
Nina Schjerve

- |     |  |     |     |   |     |
|-----|--|-----|-----|---|-----|
| 1   | Einleitung                                     | 601 | 2.3 | Brandausbreitung                                      | 609 |
| 1.1 | Relevanz von Materialdaten                     | 601 | 2.4 | Heizwerte   | 610 |
| 1.2 | Prüfverfahren ausgewählter<br>Materialdaten    | 601 | 2.5 | Lagerungsdichte und m-Faktoren                        | 617 |
| 1.3 | Einheiten und Einheiten-<br>Konvertierung      | 602 | 2.6 | Luftbedarf  | 620 |
| 2   | Stoffdaten                                     | 602 | 2.7 | Verbrennungseffektivität und<br>Verbrennungsanteile   | 621 |
| 2.1 | Zündtemperaturen und Entzündungs-<br>kriterien | 602 | 2.8 | Zusätzliche Stoffdaten für Kunststoffe                | 625 |
| 2.2 | Abbrand  | 607 | 2.9 | Flächenbezogene Brandleistung und<br>Brandentwicklung | 628 |
|     |  |     |     | Literatur   | 634 |

**E 2 Materialtechnische Tabellen 637**  
Rainer Hohmann

- |   |   |     |   |  |     |
|---|---|-----|---|--|-----|
| 1 | Vorbemerkungen                            | 639 | 3 | Schallschutztechnische und akustische<br>Kennwerte | 679 |
| 2 | Wärme- und feuchtetechnische<br>Kennwerte | 641 |   | Literatur  | 691 |

**Stichwortverzeichnis 693**