



# Lohmeyer Praktische Bauphysik

---

Peter Schmidt • Saskia Windhausen

# Lohmeyer Praktische Bauphysik

Eine Einführung mit  
Berechnungsbeispielen

10., aktualisierte Auflage

Peter Schmidt  
Department Bauingenieurwesen  
Universität Siegen  
Siegen, Deutschland

Saskia Windhausen  
IU Internationale Hochschule  
Köln, Deutschland

ISBN 978-3-658-42603-3      ISBN 978-3-658-42604-0 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-42604-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 1985, 1991, 1995, 2001, 2005, 2008, 2010, 2013, 2019, 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Karina Danulat

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

---

## Vorwort zur 10. Auflage

Das vorliegende Lehrbuch „*Lohmeyer Praktische Bauphysik*“ erscheint nun in der 10. Auflage. Eine Überarbeitung war wiederum erforderlich geworden, da sich in der kurzen Zeit seit Erscheinen der 9. Auflage viele Normen und Vorschriften geändert haben. Beispielhaft seien hier die erhöhten Anforderungen beim Schallschutz nach DIN 4109-5, die neue Tageslichtnorm DIN 5034 und das Inkrafttreten des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) genannt, das die Energieeinsparverordnung (EnEV) abgelöst hat. Zum Thema GEG wurden bewusst nur die wesentlichen Inhalte aufgenommen, da das Gesetzgebungsverfahren zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses im Juli 2023 noch nicht abgeschlossen war und weitere gravierende Änderungen – u. a. zur Anlagentechnik – zu erwarten sind. Außerdem wurden die bisherigen Inhalte zur Bilanzierung nach DIN V 4108 i. V. mit DIN V 4701-10 herausgenommen, da dieses Verfahren nur bis zum 31.12.2023 angewendet werden durfte.

Das bewährte Lehrbuch enthält wieder viele Beispiele, mit denen die zahlreichen Anforderungen und bauphysikalischen Nachweise im Selbststudium erarbeitet und nachvollzogen werden können. Es dient außerdem als wertvolles Nachschlagewerk zu den klassischen Gebieten Wärme, Feuchte, Akustik, Brand und Tageslicht.

Mit der 10. Auflage ist ein Wechsel bei den Autoren verbunden. Herr Matthias Post, der über viele Jahre als Co-Autor bis einschließlich zur 9. Auflage mitgewirkt hat und für viele Beiträge insbesondere zu den Themen des Wärme- und Feuchteschutzes verantwortlich war, scheidet aus. Als neue Co-Autorin konnte Frau *Saskia Windhausen* gewonnen werden, die als Professorin für Bauingenieurwesen und Bauphysik an der IU Internationale Hochschule in Köln tätig ist. Beide Autoren danken Herrn Matthias Post für seine langjährige Mitarbeit und das entgegengebrachte Vertrauen. Für die Mitwirkung bei der Durchsicht und Überprüfung des Manuskripts danken die Autoren Frau Lena Ronsdorf M.Sc. ganz herzlich.

Ein besonderer Dank geht an den Verlag Springer-Vieweg sowie an Frau Karina Danulat und Frau Annette Prenzer, die das Lektorat übernommen haben und stets mit wertvollen Hinweisen und Geduld unterstützend tätig waren.

Für Anregungen und Hinweise sind die Autoren dankbar.

Siegen und Köln, Deutschland  
2023

Peter Schmidt  
Saskia Windhausen

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	1
1.1	Allgemeines	2
1.2	Physikalische Größen und Einheiten	4
1.3	Länge $l$	6
1.3.1	Fläche	7
1.3.2	Volumen	8
1.4	Zeit $t$	8
1.4.1	Geschwindigkeit $v$	9
1.4.2	Beschleunigung $a$	12
1.5	Masse $m$	16
1.5.1	Kraft $F$	19
1.5.2	Arbeit $W$	23
1.5.3	Leistung $P$	29
1.5.4	Druck $p$	31
1.6	Stoffmenge $n$	37
1.7	Stromstärke $I$	37
1.7.1	Elektrische Spannung	38
1.7.2	Elektrischer Widerstand	40
1.7.3	Elektrische Arbeit	40
1.7.4	Elektrische Leistung	41
1.8	Lichtstärke $I$	41
1.8.1	Lichtstrom $\varphi$	44
1.8.2	Lichtausbeute	44
1.8.3	Leuchtdichte $L$	45
1.8.4	Beleuchtungsstärke $E$	46
1.9	Temperatur $\theta$ oder $T$	48
1.9.1	Wärmewirkungen	52
1.9.2	Wärmemenge $Q$	58
1.9.3	Heizwert $H$	59
1.9.4	Spezifische Wärmekapazität $C$ (Stoffwärme, Artwärme)	60

1.9.5	Wärmeinhalt $Q_i$ .....	61
1.9.6	Spezifische Schmelzwärme $q$ .....	63
1.9.7	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ .....	65
1.9.8	Wärmedurchlasswiderstand $R$ .....	65
1.9.9	Wärmeübergangskoeffizienten und Wärmeübergangswiderstände .....	69
1.9.10	Wärmedurchgangskoeffizient $U$ .....	73
1.9.11	Wärmestromdichte $q$ .....	76
1.9.12	Wärmestrom $\Phi$ .....	77
1.9.13	Wärmemenge $Q$ .....	77
<b>2</b>	<b>Wärmeschutz</b> .....	<b>79</b>
2.1	Zweck des Wärmeschutzes .....	82
2.1.1	Gesundes Leben .....	82
2.1.2	Behaglichkeit und Raumklima .....	82
2.1.3	Geringer Energieverbrauch .....	91
2.1.4	Wärmeverluste verschiedener Gebäudetypen .....	93
2.2	Wärmedämmstoffe .....	95
2.3	Wärmeschutz in Gebäuden .....	98
2.3.1	Physikalische Größen für den Wärmeschutz .....	98
2.3.2	Anforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108 .....	106
2.3.3	Berechnungsbeispiele zur Ermittlung des Wärmedurchgangs .....	124
2.3.4	Fenster und Türen .....	138
2.4	Wärmebrücken .....	156
2.4.1	Definition .....	156
2.4.2	Arten von Wärmebrücken .....	156
2.4.3	Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken .....	158
2.4.4	Anforderungen an den Mindestwärmeschutz bei Wärmebrücken ...	160
2.4.5	Berücksichtigung der Transmissionswärmeverluste infolge Wärmebrücken beim Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes nach GEG .....	163
2.4.6	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient bei Wärmebrücken .....	169
2.4.7	Planungs- und Ausführungsbeispiele nach DIN 4108 Beiblatt 2 ...	177
2.4.8	Beispiele zum Nachweis der Schimmelpilzfreiheit .....	190
2.5	Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen .....	194
2.5.1	Anforderungen und Regelwerke .....	194
2.5.2	Abgrenzung Luftdichtheit und Winddichtheit .....	197
2.5.3	Planung und Ausführung der Luftdichtheitsschicht .....	197
2.5.4	Konstruktionsbeispiele für Überlappungen, Anschlüsse, Durchdringungen und Stöße .....	199
2.6	Sommerlicher Wärmeschutz .....	201
2.6.1	Allgemeine Grundlagen .....	201

---

2.6.2	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	203
2.6.3	Sommerklimaregionen	203
2.6.4	Verzicht auf einen Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	204
2.6.5	Räume oder Raumbereiche in Verbindung mit unbeheizten Glasvorbauten	208
2.6.6	Allgemeine Berechnungsrandbedingungen	209
2.6.7	Verfahren über Sonneneintragskennwerte	212
2.7	Gebäudeenergiegesetz (GEG)	220
2.7.1	Allgemeines	220
2.7.2	Ziele und Zweck des Gebäudeenergiegesetzes	222
2.7.3	Struktur des GEG	223
2.7.4	Anwendungsbereich des GEG	225
2.7.5	Begriffe	226
2.7.6	Bezugsmaße für die wärmeübertragende Umfassungsfläche und das Bruttovolumen	231
2.7.7	Anforderungen an zu errichtende Gebäude	232
2.7.8	Berechnungsverfahren	238
2.7.9	Anforderungen an bestehende Gebäude	244
2.7.10	Energieausweise	245
2.7.11	Sonstige Regelungen und Ausblick	251
<b>3</b>	<b>Feuchteschutz</b>	<b>253</b>
3.1	Zweck des Feuchteschutzes	254
3.2	Wassergehalt (Feuchtegehalt)	255
3.2.1	Sättigungsmenge der Luft	256
3.2.2	Relative Luftfeuchte	257
3.2.3	Tauwasserbildung	258
3.2.4	Taupunkttemperatur	260
3.2.5	Kritische Luftfeuchte an Bauteiloberflächen	261
3.2.6	Wasserdampfteildruck und Sättigungsdampfdruck	266
3.2.7	Feuchtegehalt von Baustoffen	268
3.3	Wassertransport (Feuchtetransport)	270
3.3.1	Wassertransport durch Diffusion	271
3.3.2	Wassertransport durch kapillare Wasserwanderung	272
3.3.3	Wasserverdunstung	273
3.3.4	Wassertransport durch Luftströmung	275
3.3.5	Wassertransport durch laminare Strömung	276
3.3.6	Wassertransport durch elektrokinetische Einflüsse (Osmose)	276
3.4	Rechenwerte der Wasserdampfdiffusion	276
3.4.1	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	278
3.4.2	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke	279

---

3.4.3	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand . . . . .	281
3.4.4	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte . . . . .	282
3.5	Schutz vor Tauwasser . . . . .	283
3.5.1	Tauwasserbildung auf Bauteiloberflächen . . . . .	283
3.5.2	Tauwasserbildung im Bauteilinnern . . . . .	284
3.5.3	Maßnahmen gegen schädliche Auswirkungen der Tauwasserbildung . . . . .	285
3.6	Bauteile, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist . . . . .	289
3.6.1	Allgemeines . . . . .	289
3.6.2	Außenwände . . . . .	290
3.6.3	Bodenplatten . . . . .	292
3.6.4	Dächer . . . . .	295
3.7	Diffusionstechnische Berechnungen . . . . .	305
3.7.1	Vermeidung von Tauwasser- und Schimmelpilzbildung auf Oberflächen von Bauteilen . . . . .	305
3.7.2	Tauwasserbildung im Bauteilinnern . . . . .	311
3.7.3	Berechnung der Tauwassermasse . . . . .	318
3.7.4	Berechnung der Verdunstungsmasse . . . . .	323
3.7.5	Beispiel . . . . .	329
3.8	Hygrothermische Simulation . . . . .	333
3.9	Schutz von Wänden vor Schlagregen und Spritzwasser . . . . .	333
3.9.1	Einführung . . . . .	333
3.9.2	Direkte und indirekte Maßnahmen zum Schlagregenschutz . . . . .	336
3.9.3	Normen und Vorschriften . . . . .	338
3.9.4	Beanspruchungsgruppen . . . . .	340
3.9.5	Schlagregenschutz – Anforderungen an Putze und Beschichtungen . . . . .	342
3.9.6	Zuordnung von Wandbauarten und Beanspruchungsgruppen . . . . .	345
3.9.7	Schlagregenschutz – Anforderungen an Fugen und Anschlüsse . . . . .	350
3.9.8	Schlagregenschutz – Anforderungen an Fenster, Außentüren und Vorhangfassaden . . . . .	356
3.10	Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohn- und Aufenthaltsräumen . . . . .	360
3.10.1	Einleitung . . . . .	360
3.10.2	Neufassung der DIN/TS 4108-8 . . . . .	360
3.10.3	Bedingungen für Schimmelpilzwachstum . . . . .	363
3.10.4	Anforderungen an die Baukonstruktion . . . . .	363
3.10.5	Oberflächentemperatur der Regelbauteile . . . . .	365
3.10.6	Oberflächentemperatur im Bereich von Wärmebrücken . . . . .	368
3.10.7	Fenster und Fenstertüren sowie Türen . . . . .	368
3.10.8	Nutzerverhalten und Feuchteabgabe . . . . .	369
3.10.9	Lüftungsverhalten . . . . .	371

3.10.10	Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz . . . . .	371
3.10.11	Luftvolumenstrom durch Infiltration . . . . .	372
3.10.12	Luftvolumenströme durch geöffnete Fenster . . . . .	376
3.10.13	Empfehlungen für das Lüften . . . . .	378
3.10.14	Empfehlungen für das Heizverhalten . . . . .	380
3.10.15	Positionierung von Möbeln und Anbringen von Wandbekleidungen . . . . .	381
3.10.16	Begutachtung von Schimmelpilzschäden . . . . .	381
3.10.17	Sanierung von Schimmelpilzschäden . . . . .	382
3.11	Abdichtung von Bauwerken . . . . .	387
3.11.1	Regelwerke . . . . .	388
3.11.2	Abdichtung von Flachdächern sowie von Balkonen, Loggien und Laubengängen . . . . .	390
3.11.3	Abdichtung von erdberührten Bauteilen . . . . .	412
3.11.4	Abdichtung von weiteren Bauteilen . . . . .	428
<b>4</b>	<b>Schallschutz und Bauakustik . . . . .</b>	<b>429</b>
4.1	Begriffsdefinition . . . . .	429
4.2	Einführung und Überblick . . . . .	430
4.3	Physikalische Grundlagen . . . . .	430
4.3.1	Schall . . . . .	430
4.3.2	Schallschnelle, Amplitude, Periode . . . . .	432
4.3.3	Schallgeschwindigkeit . . . . .	432
4.3.4	Frequenz, Frequenzbereiche, Oktaven . . . . .	437
4.3.5	Schallwellenlänge . . . . .	438
4.3.6	Ton, Klang, Geräusch, Knall . . . . .	440
4.3.7	Schalldruck, Schalldruckpegel . . . . .	441
4.3.8	Addition von Schalldruckpegeln . . . . .	443
4.3.9	Subtraktion von Schalldruckpegeln . . . . .	445
4.3.10	Lautstärkepegel . . . . .	446
4.3.11	Bewerteter Schalldruckpegel . . . . .	446
4.4	Schallübertragung in Gebäuden . . . . .	448
4.4.1	Allgemeines . . . . .	448
4.4.2	Luftschall . . . . .	449
4.4.3	Körperschall und Trittschall . . . . .	453
4.5	Grundlagen der Luftschalldämmung . . . . .	457
4.5.1	Schalldämm-Maß . . . . .	457
4.5.2	Schallpegeldifferenz . . . . .	461
4.5.3	Äquivalente Schallabsorptionsfläche . . . . .	462
4.5.4	Nachhallzeit . . . . .	462
4.5.5	Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz . . . . .	463
4.5.6	Berechnung des Bau-Schalldämm-Maßes aus der Schallpegeldifferenz . . . . .	464

4.5.7	Berechnung der Schallpegeldifferenz aus dem Bau-Schalldämm-Maß . . . . .	466
4.5.8	Berechnung des Schalldämm-Maßes . . . . .	466
4.5.9	Grenzfrequenz . . . . .	468
4.5.10	Messung der Luftschalldämmung . . . . .	471
4.6	Grundlagen der Trittschalldämmung und Kenngrößen für den Körperschall . . . . .	472
4.6.1	Norm-Trittschallpegel . . . . .	472
4.6.2	Bewerteter Norm-Trittschallpegel . . . . .	474
4.6.3	Norm-Schalldruckpegel und Beurteilungspegel . . . . .	475
4.7	Anforderungen an den Schallschutz . . . . .	476
4.7.1	Regelwerke . . . . .	476
4.7.2	Aktuelle Rechtsprechung und Vereinbarung der Schutzziele . . . . .	478
4.7.3	Anforderungen nach DIN 4109 . . . . .	478
4.7.4	Mindest-Anforderungen nach DIN 4109-1 . . . . .	482
4.7.5	Erhöhte Anforderungen nach DIN 4109-5 . . . . .	504
4.7.6	Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz nach VDI 4100 . . . . .	515
4.7.7	Schallschutz im Wohnungsbau und Schallschutzausweis nach DEGA-Empfehlung 103 . . . . .	519
4.8	Nachweis der Luftschalldämmung . . . . .	526
4.8.1	Grundprinzip . . . . .	526
4.8.2	Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes . . . . .	527
4.8.3	Luftschalldämmung im Massivbau . . . . .	530
4.8.4	Massive zweischalige Haustrennwände . . . . .	563
4.8.5	Luftschalldämmung im Holz-, Leicht- und Trockenbau . . . . .	572
4.8.6	Luftschalldämmung im Skelettbau . . . . .	586
4.9	Nachweis der Trittschalldämmung . . . . .	586
4.9.1	Grundprinzip . . . . .	586
4.9.2	Trittschalldämmung von Massivdecken . . . . .	588
4.9.3	Trittschalldämmung von Holzbalkendecken . . . . .	600
4.9.4	Massive Treppen . . . . .	605
4.10	Vorsatzkonstruktionen . . . . .	612
4.10.1	Allgemeines . . . . .	613
4.10.2	Einflussgrößen auf die Schalldämmung . . . . .	613
4.10.3	Planung und Ausführung . . . . .	616
4.10.4	Verbesserung der Schalldämmung bei Vorsatzkonstruktionen im Sende- und Empfangsraum . . . . .	616
4.10.5	Wärmedämmverbundsysteme . . . . .	619
4.10.6	Unterdecken . . . . .	623
4.10.7	Schwimmende Estriche . . . . .	623
4.10.8	Weichfedernde Bodenbeläge . . . . .	626
4.11	Luftschalldämmung von Bauteilen gegen Außenlärm . . . . .	628

4.11.1	Grundprinzip des Nachweises . . . . .	628
4.11.2	Gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß der Außenbauteile . . . . .	629
4.11.3	Schalldämm-Maße der Bauteile und Elemente . . . . .	633
4.11.4	Bewertung der Einbausituation von Fenstern und Türen. . . . .	634
4.11.5	Maßgeblicher Außenlärmpegel . . . . .	636
4.11.6	Beispiel – Schalldämmung gegenüber Außenlärm . . . . .	641
4.12	Schallschutz im Städtebau . . . . .	644
4.12.1	Begriffe . . . . .	645
4.12.2	Grundlagen der Schallausbreitung. . . . .	646
4.12.3	Maßnahmen zur Minderung der Schallimmission. . . . .	651
4.12.4	Schallquellen und einschlägige Vorschriften . . . . .	657
<b>5</b>	<b>Raumakustik . . . . .</b>	<b>659</b>
5.1	Grundlagen und Begriffe . . . . .	659
5.1.1	Einflussgrößen auf die Hörsamkeit . . . . .	659
5.1.2	Kenngrößen für die Beschreibung der akustischen Qualität eines Raumes . . . . .	661
5.1.3	Übersicht wichtiger Begriffe . . . . .	663
5.1.4	Normen und Vorschriften. . . . .	663
5.2	Anforderungen . . . . .	664
5.2.1	Bauliche Voraussetzungen . . . . .	664
5.2.2	Raumakustische Anforderungen an Räume der Gruppe A . . . . .	665
5.2.3	Raumakustische Empfehlungen an Räume der Gruppe B . . . . .	671
5.3	Hinweise für die Planung für Räume der Gruppe A . . . . .	673
5.3.1	Allgemeines . . . . .	673
5.3.2	Volumenkennzahl. . . . .	673
5.3.3	Geometrie der Räume . . . . .	674
5.3.4	Kleine Räume. . . . .	677
5.3.5	Mittelgroße Räume und kleine Hallen. . . . .	677
5.3.6	Anordnung akustisch wirksamer Flächen . . . . .	678
5.4	Nachweis der raumakustischen Anforderungen. . . . .	681
5.4.1	Anforderungsgröße . . . . .	681
5.4.2	Rechnerischer Nachweis . . . . .	682
5.4.3	Berechnung der gesamten äquivalenten Schallabsorptionsfläche . . . . .	683
5.4.4	Berechnung der Nachhallzeit. . . . .	684
5.5	Nachweis durch Messung . . . . .	685
5.6	Ausführung schallabsorbierender Flächen. . . . .	685
5.6.1	Einführung . . . . .	685
5.6.2	Poröse Absorber. . . . .	686
5.6.3	Resonatoren . . . . .	688
5.7	Beschallungsanlagen . . . . .	689

5.8	Beispiele. . . . .	690
5.8.1	Raumakustische Dimensionierung einer Sporthalle . . . . .	690
5.8.2	Raumakustische Dimensionierung eines Seminarraums. . . . .	694
5.8.3	Überprüfung der Volumen Kennzahl für einen Seminarraum. . . . .	696
<b>6</b>	<b>Brandschutz. . . . .</b>	<b>699</b>
6.1	Allgemeines zum Brandschutz . . . . .	699
6.1.1	Arten des Brandschutzes . . . . .	700
6.1.2	Rechtsbereiche des Brandschutzes . . . . .	701
6.1.3	Bauordnungsrecht . . . . .	702
6.1.4	Vorschriften zum Brandschutz. . . . .	704
6.1.5	Landesbauordnungen LBO . . . . .	704
6.1.6	Eingeführte Technische Baubestimmungen. . . . .	710
6.1.7	Begriffe im Bereich des Brandschutzes. . . . .	712
6.1.8	Bauproduktengesetz. . . . .	714
6.2	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten . . . . .	717
6.2.1	Leistungskriterien des Feuerwiderstandes. . . . .	717
6.2.2	Klassifizierung des Feuerwiderstandsverhaltens. . . . .	719
6.2.3	Klassifizierung der Bauprodukte . . . . .	720
6.2.4	Beispiele für die Klassifizierung von Bauprodukten. . . . .	722
6.2.5	Brandschutzklassen und Sicherheitskategorien. . . . .	724
6.2.6	Bauartklassen. . . . .	726
6.3	Bemessung und Nachweis des Brandschutzes. . . . .	726
6.3.1	Sicherheitstechnische Anforderungen . . . . .	727
6.3.2	Bemessungsverfahren . . . . .	728
6.3.3	Planungshilfen . . . . .	730
6.4	Nachweise für Betonbauten. . . . .	730
6.4.1	Wände aus Stahlbeton . . . . .	732
6.4.2	Stützen aus Beton. . . . .	735
6.4.3	Balken aus Stahlbeton oder Spannbeton . . . . .	737
6.4.4	Zugglieder aus Stahlbeton oder Spannbeton . . . . .	741
6.4.5	Platten aus Stahlbeton oder Spannbeton . . . . .	741
6.4.6	Bauteile aus hochfestem Beton . . . . .	746
6.4.7	Brandschutznachweis für spezielle Hochbauten und Industriebauten. . . . .	747
6.5	Nachweise für Stahlbauten . . . . .	747
6.5.1	Abminderungsfaktoren für den Brandfall . . . . .	747
6.5.2	Kritische Stahltemperatur $\theta_{a,cr}$ . . . . .	748
6.5.3	Ungeschützte Stahlbauteile . . . . .	749
6.5.4	Geschützte Stahlbauteile . . . . .	751
6.5.5	Planungshilfen durch klassifizierte Stahlbauteile . . . . .	752
6.5.6	Stützen aus Stahl . . . . .	752

6.5.7	Zugglieder aus Stahl	757
6.5.8	Träger aus Stahl	757
6.6	Nachweise für Verbundbauten aus Stahl und Beton	762
6.6.1	Brandschutznachweis für Bauteile der Verbundbauweise	762
6.6.2	Verbundstützen	763
6.6.3	Verbundträger	765
6.6.4	Verbunddecken	767
6.7	Nachweise für Holzbauten	768
6.7.1	Planungshilfen durch klassifizierte Holzbauteile	769
6.7.2	Unbekleidete Holzbauteile	769
6.7.3	Bekleidete Holzbauteile	769
6.7.4	Decken aus Holz	770
6.7.5	Klassifizierte Dächer aus Holz und Holzwerkstoffen	780
6.7.6	Bedachungen	788
6.8	Nachweise für Mauerwerksbauten	790
6.8.1	Ziegelmauerwerk (Tab. 6.60, 6.61 und 6.62)	792
6.8.2	Kalksandstein-Mauerwerk (Tab. 6.63, 6.64 und 6.65)	797
6.8.3	Betonstein-Mauerwerk (Tab. 6.66, 6.67 und 6.68)	800
<b>7</b>	<b>Tageslicht in Innenräumen</b>	<b>803</b>
7.1	Sonnenstrahlung	805
7.2	Grundlagen und Begriffe	807
7.2.1	Lichstrom	808
7.2.2	Lichtstärke	808
7.2.3	Leuchtdichte	808
7.2.4	Beleuchtungsstärke	810
7.2.5	Helligkeit	810
7.2.6	Blendung	811
7.2.7	Lichtfarbe und Farbwiedergabe	811
7.2.8	Tageslichtlenksysteme und -leitsysteme	812
7.3	Normative Regelungen	812
7.4	Mindestanforderungen an die Versorgung von Aufenthaltsräumen mit Tageslicht	814
7.4.1	Sichtverbindung nach außen	814
7.4.2	Helligkeit	818
7.4.3	Vereinfachter Nachweis der Helligkeit mithilfe des Tageslichtquotienten	819
7.4.4	Erfüllung der Schaufgabe	824
7.5	Planungshinweise	826
7.5.1	Sonnenschutz	826
7.5.2	Anordnung von Tageslichtöffnungen	826
7.5.3	Planung und Gestaltung von Innenräumen	827

7.6	Weitere Anforderungen nach DIN EN 17037 .....	828
7.7	Beispiel .....	828
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>833</b>
8.1	Einheiten und ihre Bedeutung .....	833
8.1.1	Basiseinheiten (Grundeinheiten) (SI-Einheiten) .....	833
8.1.2	Vorsätze für Einheiten .....	833
8.1.3	Andere Einheiten .....	834
8.1.4	Abgeleitete Einheiten .....	834
8.1.5	Umrechnungswerte für Einheiten .....	835
8.2	Formelzeichen und ihre Bedeutung .....	839
8.3	Formelsammlung .....	842
8.3.1	Physikalische Grundlagen .....	842
8.3.2	Wärmeschutz .....	844
8.3.3	Feuchteschutz .....	845
8.3.4	Schallschutz .....	846
8.3.5	Tageslicht in Wohnräumen .....	850
8.3.6	Brandschutz .....	851
8.4	Tabellen mit Daten und Kennwerten für wärmeschutz- und feuchteschutztechnische Berechnungen .....	853
8.4.1	Wärmeschutz- und feuchteschutztechnische Kennwerte .....	853
8.4.2	Ausgleichsfeuchtegehalt von Baustoffen .....	853
8.4.3	Umrechnungsfaktoren für den Feuchtegehalt .....	872
8.4.4	Wärmeschutz- und feuchteschutztechnische Kennwerte nach DIN EN ISO 10456 .....	873
8.4.5	Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten .....	873
8.4.6	Wärmeübergangswiderstände .....	873
8.4.7	Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe .....	873
8.4.8	Sättigungsdampfdruck und Sättigungsdampfkonzentration .....	873
8.4.9	Taupunkttemperatur .....	890
8.5	Normen und Vorschriften .....	891
8.5.1	Physikalische und bautechnische Grundlagen .....	891
8.5.2	Wärmeschutz .....	891
8.5.3	Feuchteschutz .....	895
8.5.4	Schallschutz und Raumakustik .....	897
8.5.5	Tageslicht .....	900
8.5.6	Brandschutz .....	901
	<b>Literatur</b> .....	<b>903</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>907</b>