

Inhaltsverzeichnis

1	Physikalische Grundlagen	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 φ	44
1.8.2	Lichtausbeute	44
1.8.3	Leuchtdichte L	45
1.8.4	Beleuchtungsstärke E	46
1.9	Temperatur Θ 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 λ	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 Φ	77
1.9.13	Wärmemenge Q	77
2	Wärmeschutz	79
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
3	Feuchteschutz	253
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
4	Schallschutz und Bauakustik	429
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
5	Raumakustik	659
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 Volumenkennzahl für einen Seminarraum	696
6	Brandschutz	699
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	Bauprotuktengesetz	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
7	Tageslicht in Innenräumen.	803
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 Sehaufgabe	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
8 Anhang	833
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 Luftsichten	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
Literatur	903
Stichwortverzeichnis	907