

Detailwissen Bauphysik

Kai Schild
Wolfgang M. Willems

Wärmeschutz

Grundlagen – Berechnung – Bewertung

3. Auflage

 Springer Vieweg

Detailwissen Bauphysik

Reihe herausgegeben von

Wolfgang M. Willems, Bottrop-Grafenwald, Deutschland

Kai Schild, Dortmund, Deutschland

Das Fachgebiet der Bauphysik stellt einen wichtigen und zentralen Arbeitsbereich für Architekten und Bauingenieure in der Praxis dar. Die Reihe „Detailwissen Bauphysik“ von Springer Vieweg vermittelt das Wissen und das Handwerkszeug für dieses Aufgabenfeld praxisnah und mit direktem Bezug zu den aktuellen Entwicklungen in Technik und Wissenschaft. Bezogen auf bauphysikalische Fragestellungen werden auch Themen aus anderen Bereichen der Bautechnik behandelt. Die Darstellungstiefe der Inhalte spricht sowohl Praktiker als auch Studierende an, die die Thematik Bauphysik während des Studiums vertiefen möchten. Die Titel dieser Reihe sind anwendungsbezogen und lösungsorientiert.

Kai Schild · Wolfgang M. Willems

Wärmeschutz

Grundlagen – Berechnung – Bewertung

3. Auflage

 Springer Vieweg

Kai Schild
Technische Universität
Dortmund, Deutschland

Wolfgang M. Willems
Technische Universität
Dortmund, Deutschland

ISSN 2625-946X ISSN 2625-9486 (electronic)
Detailwissen Bauphysik
ISBN 978-3-658-38273-5 ISBN 978-3-658-38274-2 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-38274-2>

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

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2011, 2013, 2022

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.

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

Vorwort zur 3. Auflage

Für die dritte Auflage wurden alle Kapitel überarbeitet und inhaltlich an den aktuellen Stand der Normung angepasst. Darüber hinaus wurde ein neuer, umfangreicher Abschnitt zum Gebäudeenergiegesetz 2020 aufgenommen. In diesem werden die wesentlichen nachweisrelevanten Gesetzesinhalte ausführlich beschrieben. Wir freuen uns auf Rückmeldungen und Anregungen aus dem Kreis der Leserschaft.

Grafenwald und Marl im Juni 2022

Wolfgang Willems

Kai Schild

Vorwort zur 1. Auflage

In den letzten Jahren hat sich das Fachgebiet der Bauphysik enorm verändert. Immer neue und umfassendere Erkenntnisse, Berechnungsvorschriften, Normen und Richtlinien haben dazu geführt, dass aus einem früher recht überschaubaren Fachgebiet ein unübersichtlicher Themenkomplex geworden ist. Umso wichtiger ist es, dass dem bauphysikalisch tätigen Praktiker Hilfe für seine tägliche Arbeit in der Art und Weise angeboten wird, dass er die wichtigsten fachlichen Grundlagen übersichtlich und eingängig aufbereitet findet. Zu diesem Zweck erschien im Jahr 2006 das zweibändige „Vieweg Handbuch Bauphysik“, welches mit über 1200 Seiten den ursprünglich geplanten Umfang um mehr als das Doppelte übertraf. Fünf Jahre später wurde im Zuge der anstehenden Überarbeitung dieses Werkes schnell klar, dass diese zweibändige Form nicht länger sinnvoll und der Komplexität der Inhalte angemessen ist. Die einzelnen Teilgebiete werden daher nun sukzessive in Einzelbänden aufgearbeitet und durch zusätzliche Veröffentlichungen zu Spezialthemen der Bauphysik ergänzt. Die Umsetzung dieses - wie der Verlag und wir hoffen - ganzheitlichen Konzeptes erfolgt innerhalb der Buchreihe „Detailwissen Bauphysik“.

Der vorliegende Band behandelt die Grundlagen des Wärmeschutzes sowie der angrenzenden Gebiete. Die benötigten Rechenverfahren und physikalischen Grundlagen werden in übersichtlicher Weise dargestellt und, wo nötig, kommentiert. Die hier dargestellten Zusammenhänge bilden die fachliche Grundlage für weiterführende Nachweisführungen, zum Beispiel im Rahmen der Energieeinsparverordnung. Insofern bildet dieser Band einen Gesamtkomplex mit dem in der gleichen Reihe bereits erschienenen Band „Energieeffizienzbewertung von Gebäuden“.

Ein Fachbuch wird - realistisch gesehen - auch trotz größter Bemühungen niemals umfassend und fehlerfrei sein. Daher bitten wir Sie, unsere Leser, darum, uns Anregungen, Kritik und Fehler mitzuteilen, auf dass wir dies in der nächsten Auflage berücksichtigen können.

Grafenwald und Marl im Januar 2011

Wolfgang Willems

Kai Schild

Inhaltsverzeichnis

1	Berechnungshilfen	1
1.1	Einheitenumrechnungstabeln	1
1.1.1	Länge	1
1.1.2	Fläche	1
1.1.3	Volumen	1
1.1.4	Masse.....	2
1.1.5	Zeit	2
1.1.6	Kraft.....	2
1.1.7	Spannung.....	3
1.1.8	Druck.....	3
1.1.9	Arbeit.....	3
1.1.10	Leistung.....	4
1.1.11	Wärmeleitfähigkeit.....	4
1.1.12	Spezifische Wärmekapazität.....	4
1.1.13	Wärmedurchgangskoeffizient.....	4
1.1.14	Wärmestromdichte	5
1.2	Griechisches Alphabet	5
1.3	Mathematische Grundlagen	6
1.3.1	Flächenberechnung	6
1.3.2	Volumenberechnung	8
1.3.3	Rechenregeln	12
1.3.4	Trigonometrie	13
1.4	Bauschraffuren gemäß DIN 1356-1, DIN ISO 128-50 und Flachdachrichtlinie	14
1.5	Wärme- und feuchtetechnische Kennwerte von Baustoffen	16
1.5.1	Putze, Mörtel, Asphalt und Estriche	16
1.5.2	Beton.....	17
1.5.3	Bauplatten	20
1.5.4	Mauerwerk aus Klinkern und Ziegeln.....	21
1.5.5	Mauerwerk aus Kalksand-, Hütten- und Porenbeton-Plansteinen	22
1.5.6	Mauerwerk aus Betonsteinen.....	23
1.5.7	Wärmedämmstoffe	25
1.5.8	Holz und Holzwerkstoffe	28

1.5.9	Fußbodenbeläge, Abdichtstoffe, Dachbahnen, Folien	29
1.5.10	Lose Schüttungen	30
1.5.11	Glas, Natursteine.....	30
1.5.12	Lehmbaustoffe	31
1.5.13	Metalle.....	31
1.5.14	Böden	32
1.5.15	Gase.....	32
1.5.16	Gummi.....	33
1.5.17	Massive Kunststoffe	33
1.5.18	Eis, Wasser, Schnee.....	34
1.6	Modale Hilfsverben in der Normung	34
2	Grundlagen des Wärmeschutzes	35
2.1	Grundbegriffe	35
2.1.1	Rohdichte	35
2.1.2	Wärmeleitfähigkeit.....	35
2.1.3	Wärmetransport.....	36
2.1.4	Spezifische Wärmekapazität	38
2.1.5	Temperaturleitzahl.....	38
2.1.6	Wärmeeindringkoeffizient.....	39
2.1.7	Wärmestrom.....	40
2.1.8	Wärmestromdichte	40
2.2	Wärmedämmstoffe	40
2.2.1	Allgemeines.....	40
2.2.2	Anwendungstypen / -gebiete.....	42
2.2.3	Kennwerte am Markt verfügbarer Wärmedämmstoffe	46
2.3	Wärmeübergangswiderstand	61
2.4	Wärmedurchlasswiderstand	64
2.4.1	Wärmedurchlasswiderstand für eine Baustoffschicht	64
2.4.2	Wärmedurchlasswiderstand einer Luftschicht.....	65
2.4.3	Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume	68
2.5	Wärmedurchgangswiderstand	70
2.5.1	Einschichtige, homogene Bauteile	70
2.5.2	Mehrschichtige homogene Bauteile	70
2.5.3	Mehrschichtige inhomogene Bauteile	70
2.6	Wärmedurchgangskoeffizient opaker Bauteile	73

2.6.1	Korrektur des U-Wertes bei Luftspalten im Bauteil	74
2.6.2	Korrektur des U-Wertes bei Durchdringung der Dämmschicht durch Befestigungsteile	74
2.6.3	Korrektur des U-Wertes durch Niederschlag auf Umkehrdächern	76
2.6.4	Berechnung des U-Wertes für Bauteile mit keilförmigen Schichten	77
2.6.5	Berechnung des U-Wertes für zweischalige Dach- und Wand- aufbauten im Stahlleichtbau	80
2.6.6	Berechnung des U-Wertes für Metall-Sandwichelemente	89
2.6.7	Berechnung des U-Wertes für Beton-Sandwichelemente	91
2.7	Wärmedurchgangskoeffizient erdberührter Bauteile	97
2.7.1	Einordnung der Verfahren	97
2.7.2	Berechnungsverfahren gemäß DIN EN ISO 13370	97
2.7.3	Bewertung der Rechenverfahren	105
2.8	Wärmedurchgangskoeffizient von Fenstern	108
2.8.1	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung	108
2.8.2	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens	112
2.8.3	Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters	114
2.8.4	Wärmedurchgangskoeffizient von Rollladenkästen	121
2.8.5	Wärmedurchlasswiderstand von Rollläden, Fensterläden, etc.	123
2.9	Wärmedurchgangskoeffizient von Türen	125
2.9.1	Vollverglaste Türen	125
2.9.2	Türen mit Verglasungen und opaken Füllungen	125
2.9.3	Türen ohne Verglasung	125
2.9.4	Experimentelle Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten kompletter Fenster und Türen	126
2.10	Wärmedurchgangskoeffizient von Vorhangfassaden	126
2.10.1	Einzelbeurteilungsmethode gemäß DIN EN 13947	126
2.10.2	Komponentenmethode gemäß DIN EN 13947	131
2.11	Wärmedurchgangskoeffizient von Rohrleitungen	134
2.12	Temperaturverteilungen in Bauteilen	135
2.12.1	Eindimensional, stationär	135
2.12.2	Eindimensional, instationär	137
2.12.3	Mehrdimensionale Aufgabenstellungen	142
2.13	Wärmebilanzen	144
2.13.1	Einführung	144
2.13.2	Netzwerk-Verfahren	144

2.13.3	Anwendung auf eindimensionale Aufgabenstellungen	147
3	Wärmebrücken	151
3.1	Einführung	151
3.1.1	Definition „Wärmebrücke“	151
3.1.2	Auswirkungen von Wärmebrücken	155
3.2	Rechnerische Untersuchung von Wärmebrücken	157
3.2.1	Allgemeines	157
3.2.2	Randbedingungen gemäß DIN EN ISO 10211	159
3.2.3	Randbedingungen gemäß DIN 4108, Beiblatt 2	162
3.2.4	Ermittlung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten	165
3.2.5	Ermittlung des punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten	168
3.2.6	Wärmebrückenkataloge	170
3.2.7	Sonderfall Erdreich	170
3.2.8	Weitere Definitionslücken und Sonderfälle	178
3.3	Sanierung von Wärmebrücken durch Beheizung	179
3.3.1	Anwendungsfälle	179
3.3.2	Passive Beheizung	179
3.3.3	Aktive Beheizung	181
4	Anforderungen an den winterlichen Wärmeschutz	183
4.1	Abgrenzung und Historie	183
4.2	Mindestwärmeschutz – DIN 4108-2	185
4.2.1	Bautechnische Maßnahmen für eine energiesparende Bauweise	185
4.2.2	Anforderungen an schwere opake Massivbauteile	185
4.2.3	Anforderungen an leichte opake Außenbauteile, Rahmen- und Skelettbauarten sowie Fenster und Fenstertüren	187
4.2.4	Anforderungen im Bereich von Wärmebrücken	189
4.2.5	Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen	191
4.3	Mindestwärmeschutz - DIN EN ISO 13788	192
4.3.1	Außenseitige klimatische Randbedingungen	192
4.3.2	Raumseitige klimatische Randbedingungen	197
4.3.3	Außenseitiger Wasserdampfpartialdampfdruck	199
4.3.4	Zulässiger raumseitiger Sättigungsdampfdruck	199
4.3.5	Zulässige monatliche Innenoberflächentemperatur	199

4.4	Energiesparender Wärmeschutz	200
4.4.1	Anwendungsbereich des GEG	200
4.4.2	Nachweismethodik	202
4.4.3	Anforderungen Neubau - Wohngebäude	204
4.4.4	Anforderungen Neubau - Nichtwohngebäude	208
4.4.5	Anforderungen Bestand – Änderungen von Gebäuden	213
4.4.6	Anforderungen Bestand – Erweiterung und Ausbau	217
4.4.7	Kleine Gebäude und Gebäude aus Raumzellen	218
4.4.8	Pflicht zur anteiligen Nutzung erneuerbarer Energien	218
4.4.9	Weitere Nebenanforderungen	220
4.4.10	Berechnung der CO ₂ -Emissionen eines Gebäudes	221
4.4.11	Umfang und Dokumentation eines GEG-Nachweises	222
5	Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz	225
5.1	Abgrenzung der Zielsetzungen	225
5.2	Einflussgrößen	225
5.2.1	Allgemeines	225
5.2.2	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	226
5.2.3	Wirksamkeit einer Sonnenschutzvorrichtung	227
5.2.4	Position des Sonnenschutzes	228
5.2.5	Art der Verglasung	233
5.2.6	Hinterlüftung des Sonnenschutzes	233
5.2.7	Nutzerverhalten	234
5.2.8	Flächenanteil der transparenten Außenbauteile	234
5.2.9	Orientierung der transparenten Außenbauteile	236
5.2.10	Neigungswinkel transparenter Außenbauteile	237
5.2.11	Art und Intensität der Raumlüftung	238
5.2.12	Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Bauteile	239
5.2.13	Raumgeometrie	241
5.2.14	Gebäudestandort	241
5.3	Temperaturamplitudenverhältnis und Phasenverschiebung	241
5.4	Sonneneintragskennwerte-Verfahren gemäß DIN 4108-2	245
5.4.1	Nachweisprinzip	245
5.4.2	Sonneneintragskennwert S	246
5.5	Nachweis durch thermische Gebäudesimulation	251
5.5.1	Nachweisprinzip	251
5.5.2	Klimarandbedingungen	253

6	Vereinfachte Berechnung des Heizenergiebedarfs	257
6.1	Allgemeines	257
6.2	Begriffe	257
6.3	Wärmeverluste	259
6.3.1	Transmissionswärmeverlust.....	259
6.3.2	Lüftungswärmeverlust	260
6.4	Wärmegewinne	260
6.4.1	Interne Wärmegewinne	260
6.4.2	Solare Wärmegewinne.....	261
6.5	Jahres-Heizwärmebedarf	262
6.6	Jahres-Heizenergiebedarf	263
7	Bemessung von Gebäudegründungen zur Vermeidung von Frosthebungen	265
7.1	Einführung	265
7.2	Begriffe	265
7.2.1	Gründungstiefe.....	265
7.2.2	Frostindex.....	265
7.2.3	Frosteindringtiefe.....	270
7.3	Bodenplatten auf Erdreich bei beheizten Gebäuden	270
7.3.1	Fall 1 – ausschließlich vertikale Randdämmung.....	271
7.3.2	Fall 2 – zusätzlich horizontale Erdreichdämmung in den Ecken.....	271
7.3.3	Fall 3 – zusätzlich horizontale Erdreichdämmung um das Gebäude	272
7.4	Numerische Berechnungen	274
7.4.1	Allgemeines.....	274
7.4.2	Randbedingungen	274
7.4.3	Bemessungskriterium.....	276
8	Lüftung und Luftdichtheit	277
8.1	Luftbedarf	277
8.1.1	Raumluftqualität	277
8.1.2	Zielsetzungen einer ausreichenden und kontrollierten Lüftung.....	279
8.2	Luftdichtheit	281
8.2.1	Einführung	281
8.2.2	Anforderungen und Planungsempfehlungen gemäß DIN 4108-7	282

8.2.3	Überprüfung der Luftdichtheit (Blower-Door Test)	287
8.3	Lüftungssysteme	291
8.3.1	Freie Lüftung	291
8.3.2	Ventilatorgestützte Lüftung	295
8.4	Luftführung bei ventilatorgestützter Lüftung	300
8.4.1	Arten der Luftführung	300
8.4.2	Lüftungstechnische Zonierung von Nutzungseinheiten	301
8.4.3	Vortemperierung der Zuluft über Erdwärmetauscher	303
8.5	Wärmetauscher in Lüftungsanlagen	305
8.5.1	Verfahren zur Wärmerückgewinnung	305
8.5.2	Kreuzwärmetauscher	306
8.5.3	Gegenstrom-Wärmetauscher	306
8.5.4	Kreisverbund-Wärmetauscher	307
8.5.5	Wärmerohre („heat-pipes“)	308
8.5.6	Rotations-Wärmetauscher	308
8.5.7	Kapillar-Ventilatoren	309
8.6	Lüftungskonzepte für Wohngebäude	310
8.6.1	Allgemeines	310
8.6.2	Lüftungsstufen gemäß DIN 1946-6	310
8.6.3	Systeme der Wohnungslüftung gemäß DIN 1946-6	311
8.6.4	Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen	311
9	Thermische Behaglichkeit	315
9.1	Einführung	315
9.2	Wertepaar: Raumlufttemperatur vs. Oberflächentemperaturen	317
9.2.1	Raumlufttemperatur vs. Oberflächentemperatur insgesamt	317
9.2.2	Raumlufttemperatur vs. Fußbodentemperatur	319
9.2.3	Raumlufttemperatur vs. Deckentemperatur	320
9.2.4	Innenoberflächentemperatur verschiedener Bauteile	321
9.2.5	Raumlufttemperaturen bei unterschiedlichen Nutzungen	323
9.3	Raumlufttemperatur vs. Luftfeuchte	323
9.4	Raumlufttemperatur vs. Luftgeschwindigkeit	325
9.5	Analytische Bestimmung der thermischen Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730	325
9.5.1	Anforderungen	325
9.5.2	Bestimmung des vorausgesagten mittleren Votums (PMV)	327

9.5.3	Bestimmung des vorausgesagten Prozentsatzes an Unzufriedenen (PPD)	331
9.5.4	Bestimmung der Beeinträchtigung durch Zugluft (DR)	331
10	Literaturverzeichnis	337
10.1	Verordnungen und Veröffentlichungen	337
10.2	Normen und Richtlinien	339



1 Berechnungshilfen

1.1 Einheiten-Umrechnungstabeln

1.1.1 Länge

	μm	mm	cm	dm	m	km	in	ft	yd
μm	1	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-9}			
mm	10^3	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	0,03937	$3281 \cdot 10^{-6}$	$1094 \cdot 10^{-6}$
cm	10^4	10^1	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}			
dm	10^5	10^2	10^1	1	10^{-1}	10^{-4}			
m	10^6	10^3	10^2	10^1	1	10^{-3}	39,37	3,281	1,094
km	10^9	10^6	10^5	10^4	10^3	1			
in		25,4			0,0254		1	0,08333	0,02778
ft		304,8			0,3048		12	1	0,33333
yd		914,4			0,9144		36	3	1

(in \triangleq inch; ft \triangleq feet; yd \triangleq yard)

1.1.2 Fläche

	μm^2	mm^2	cm^2	dm^2	m^2	km^2	sq in	sq ft	sq yd
μm^2	1	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-12}	10^{-18}			
mm^2	10^6	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-12}	$1,55 \cdot 10^{-3}$	$1,076 \cdot 10^{-5}$	$1,196 \cdot 10^{-6}$
cm^2	10^8	10^2	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-10}			
dm^2	10^{10}	10^4	10^2	1	10^{-2}	10^{-8}			
m^2	10^{12}	10^6	10^4	10^2	1	10^{-6}	1550	10,76	1,196
km^2	10^{18}	10^{12}	10^{10}	10^8	10^6	1			
sq in		645,161			$6,45 \cdot 10^{-4}$		1	$6,944 \cdot 10^{-3}$	$0,772 \cdot 10^{-3}$
sq ft		92936			0,0929		144	1	0,1111
sq yd		836120			0,8361		1296	9	1

(sq in \triangleq square inch; sq ft \triangleq square feet; sq yd \triangleq square yard)

1.1.3 Volumen

	μm^3	mm^3	cm^3	$\text{dm}^3 = 1 \ell$	m^3	km^3	cu in	cu ft	cu yd
μm^3	1	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-27}			
mm^3	10^6	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-18}	$6,102 \cdot 10^{-5}$	$3,532 \cdot 10^{-8}$	$1,307 \cdot 10^{-9}$
cm^3	10^9	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-15}			
dm^3	10^{12}	10^6	10^3	1	10^{-3}	10^{-12}			

	μm^3	mm^3	cm^3	$\text{dm}^3 = 1 \ell$	m^3	km^3	cu in	cu ft	cu yd
m^3	10^{15}	10^9	10^6	10^3	1	10^{-9}	61023	35,32	1,307
km^3	10^{27}	10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^9	1			
cu in		16387			$1,64 \cdot 10^{-5}$		1	$5,786 \cdot 10^{-4}$	$2,144 \cdot 10^{-5}$
cu ft		$2,83 \cdot 10^7$			0,0283		1728	1	0,037
cu yd		$7,65 \cdot 10^8$			0,765		46656	27	1

¹⁾ $1 \text{ dm}^3 \triangleq 1 \text{ Liter} = 1 \ell$

(cu in \triangleq cubic inch; cu ft \triangleq cubic feet; cu yd \triangleq cubic yard)

1.1.4 Masse

	mg	g	kg	t	oz	lb	Kt
mg	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}			$5 \cdot 10^{-3}$
g	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	0,03527	0,00221	5
Kg	10^6	10^3	1	10^{-3}	35,27	2,205	$5 \cdot 10^3$
t	10^9	10^6	10^3	1			$5 \cdot 10^{-6}$
oz		28,35	0,02832		1	0,0625	141,75
lb		453,6	0,4531		16	1	2268
Kt	200	0,2	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$7,055 \cdot 10^{-3}$	$4,409 \cdot 10^{-4}$	1

(oz \triangleq ounce; lb \triangleq pound; Kt \triangleq Karat)

1.1.5 Zeit

	ms	s	min	h	d	a
ms	1	10^{-3}	$1,667 \cdot 10^{-5}$	$2,778 \cdot 10^{-7}$		
s	10^3	1	$1,667 \cdot 10^{-2}$	$2,778 \cdot 10^{-4}$	$1,157 \cdot 10^{-5}$	$3,171 \cdot 10^{-8}$
min	$60 \cdot 10^3$	60	1	$1,667 \cdot 10^{-2}$	$6,944 \cdot 10^{-4}$	$1,903 \cdot 10^{-6}$
h	$3,6 \cdot 10^6$	3600	60	1	$4,167 \cdot 10^{-2}$	$1,142 \cdot 10^{-4}$
d		86400	1440	24	1	$2,740 \cdot 10^{-3}$
a		$31,54 \cdot 10^6$	525600	8760	356	1

1.1.6 Kraft

	$\text{N}^{1)}$	kN	MN	kp	Mp	dyn
N	1	10^{-3}	10^{-6}	0,10197	$1,0197 \cdot 10^{-4}$	10^5
kN	10^3	1	10^{-3}			
MN	10^6	10^3	1			
kp	9,80665			1	10^{-3}	$9,80665 \cdot 10^5$
Mp	9806,65			10^3	1	$9,80665 \cdot 10^8$
dyn	10^{-5}			$1,0197 \cdot 10^{-6}$	$1,0197 \cdot 10^{-9}$	1

¹⁾ $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$

(dyn \triangleq dyne)

1.1.7 Spannung

	N/mm ² (\triangleq MN/m ²)	N/cm ²	N/m ² (\triangleq 1Pa)	kN/mm ²	kN/cm ²	kN/m ² (\triangleq 1kPa)	MN/cm ²	MN/m ² (\triangleq 1MPa)
N/mm ²	1	10 ²	10 ⁶	10 ⁻³	0,1	10 ³	10 ⁻⁴	1
N/cm ²	10 ⁻²	1	10 ⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻³	10	10 ⁻⁶	10 ⁻²
N/m ²	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	1	10 ⁻⁹	10 ⁻⁷	10 ⁻³	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁶
kN/mm ²	10 ³	10 ⁵	10 ⁹	1	10 ²	10 ⁶	0,1	10 ³
kN/cm ²	10	10 ³	10 ⁷	10 ⁻²	1	10 ⁴	10 ⁻³	10
kN/m ²	10 ⁻³	0,1	10 ³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	1	10 ⁻⁷	10 ⁻³
MN/cm ²	10 ⁴	10 ⁶	10 ¹⁰	10	10 ³	10 ⁷	1	10 ⁴
MN/m ²	1	10 ²	10 ⁶	10 ⁻³	0,1	10 ³	10 ⁻⁴	1

1.1.8 Druck

	N/mm ²	Pa	kp/cm ²	mbar (\triangleq 1hPa)	bar	Torr
N/mm ²	1	10 ⁶	10,1972	10 ⁴	10	7,5·10 ³
Pa	10 ⁻⁶	1	1,01972·10 ⁻⁵	10 ⁻²	10 ⁻⁵	0,0075
kp/cm ²	9,80665·10 ⁻²	98066,5	1	9,80665·10 ²	9,80665·10 ⁻¹	736
mbar	10 ⁻⁴	10 ²	1,01972·10 ⁻³	1	10 ⁻³	0,75
bar	0,1	10 ⁵	1,01972	10 ³	1	750
Torr	0,133·10 ⁻³	133	1,3562·10 ⁻³	1,36	1,36·10 ⁻³	1

1.1.9 Arbeit

	J (\triangleq 1 Nm)	Wh	kWh	kp·m	kcal	PS·h	ft·lb	Btu
J	1	0,278·10 ⁻³	0,278·10 ⁻⁶	0,101972	0,239·10 ⁻³	0,378·10 ⁻⁶	0,7376	948,4·10 ⁻⁶
Wh	3600	1	10 ⁻³	367	0,860	1,36·10 ⁻³		
kWh	3,6·10 ⁶	10 ³	1	3,67·10 ³	860	1,36	2,655·10 ⁶	3413
kp·m	9,80665	2,73·10 ⁻³	2,73·10 ⁻⁶	1	2,345·10 ⁻³	3,70·10 ⁻⁶	7,233	9,301·10 ⁻³
kcal	4186,8	1,16	1,16·10 ⁻³	426,9	1	1,58·10 ⁻³	3,087·10 ³	3,968
PS·h	2,65·10 ⁶	736	0,736	0,27·10 ⁶	632	1		
ft lb	1,356		376,8·10 ⁻⁹	0,1383	324·10 ⁻⁶		1	1,286·10 ⁻³
Btu	1055		293·10 ⁻⁶	107,6	0,252		778,6	1

(Btu \triangleq british thermal unit; ft \triangleq feet; lb \triangleq pound)

1.1.10 Leistung

	mW	W ($\triangleq 1 \text{ N m/s}$)	kW	MW	kp·m/s	kcal/h	Btu/s	PS
mW	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	$0,102 \cdot 10^{-3}$	$0,860 \cdot 10^{-3}$	$948,4 \cdot 10^{-9}$	$1,36 \cdot 10^{-6}$
W ¹⁾	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	0,101972	0,860	$948,4 \cdot 10^{-6}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$
kW	10^6	10^3	1	10^{-3}	101,972	860	0,9484	1,36
MW	10^9	10^6	10^3	1	$101,97 \cdot 10^3$	$860 \cdot 10^3$	$0,9484 \cdot 10^3$	$1,36 \cdot 10^3$
kp·m/s	$9,806 \cdot 10^3$	9,80665	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$9,81 \cdot 10^{-6}$	1	8,43	$9,296 \cdot 10^{-3}$	$13,3 \cdot 10^{-3}$
kcal/h	$1,16 \cdot 10^3$	1,16	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$1,16 \cdot 10^{-6}$	0,119	1	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,58 \cdot 10^{-3}$
Btu/s	$1055 \cdot 10^3$	$1,055 \cdot 10^3$	1,055	$1,055 \cdot 10^{-3}$	107,6	907,258	1	1,4348
PS	$736 \cdot 10^3$	736	0,736	$0,736 \cdot 10^{-3}$	75	632	0,697	1

(1 PS = 75 kp·m/s = 735.49875 W \neq 1 hp = 745.69987158227022 W)

1.1.11 Wärmeleitfähigkeit

	W/(m·K)	cal/(s·m·°C)	cal/(s·cm·°C)	BTU/(h·ft·°F)	BTU in/(h·ft ² ·°F)
W/(m·K)	1	0,23885	0,00239	0,57779	6,93347
cal/(s·m·°C)	4,1868	1	0,01	2,419087	29,02905
cal/(s·cm·°C)	418,67980	100	1	241,9087	$2,90291 \cdot 10^3$
BTU/(h·ft·°F)	1,73074	0,41338	0,00413	1	12
BTU in/(h·ft ² ·°F)	0,14423	0,03445	$3,44483 \cdot 10^{-4}$	0,08333	1

1.1.12 Spezifische Wärmekapazität

	J/(kg·K)	J/(g·K)	cal/(g·K)	Btu/(lb·°F)
J/(kg·K)	1	10^{-3}	$2,38846 \cdot 10^{-4}$	$2,39006 \cdot 10^{-4}$
J/(g·K)	10^3	1	0,23885	0,23901
cal/(g·K)	$4,1868 \cdot 10^3$	4,1868	1	1,00067
Btu/(lb·°F)	$4,184 \cdot 10^3$	4,184	0,99933	1

1.1.13 Wärmedurchgangskoeffizient

	W/(m ² ·K)	cal/(s·cm ² ·°C)	kcal/(h·m ² ·°C)	Btu/(h·ft ² ·°F)
W/(m ² ·K)	1	$2,38846 \cdot 10^{-5}$	0,85985	0,17611
cal/(s·cm ² ·°C)	$4,1868 \cdot 10^4$	1	$3,6 \cdot 10^4$	$7,37338 \cdot 10^3$
kcal/(h·m ² ·°C)	1,163	$2,77778 \cdot 10^{-5}$	1	0,20482
Btu/(h·ft ² ·°F)	5,67826	$1,35623 \cdot 10^{-4}$	4,88243	1

1.1.14 Wärmestromdichte

	W/m^2	$cal/(s \cdot cm^2)$	$kcal/(h \cdot m^2)$	$Btu/(h \cdot ft^2)$
W/m^2	1	$2,38846 \cdot 10^{-5}$	0,85985	0,317
$cal/(s \cdot cm^2)$	$4,1868 \cdot 10^4$	1	$3,6 \cdot 10^4$	$1,32721 \cdot 10^4$
$kcal/(h \cdot m^2)$	1,163	$2,77778 \cdot 10^{-5}$	1	0,36867
$Btu/(h \cdot ft^2)$	3,15459	$7,53461 \cdot 10^{-5}$	2,71246	1

1.2 Griechisches Alphabet

Sprechweise	Groß	Klein
Alpha	A	α
Beta	B	β
Gamma	Γ	γ
Delta	Δ	δ
Epsilon	E	ε
Zeta	Z	ζ
Eta	H	η
Theta	Θ	θ
Iota	I	ι
Kappa	K	κ
Lambda	Λ	λ
My	M	μ
Ny	N	ν
Xi	Ξ	ξ
Omikron	O	o
Pi	Π	π
Rho	P	ρ
Sigma	Σ	σ
Tau	T	τ
Ypsilon	Y	υ
Phi	Φ	φ
Chi	X	χ
Psi	Ψ	ψ
Omega	Ω	ω

1.3 Mathematische Grundlagen

1.3.1 Flächenberechnung

Quadrat

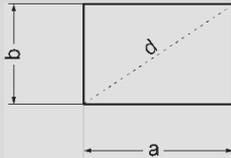


$$A = a^2$$

$$a = \sqrt{A}$$

$$d = a \cdot \sqrt{2}$$

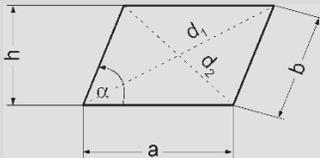
Rechteck



$$A = a \cdot b$$

$$d = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Parallelogramm

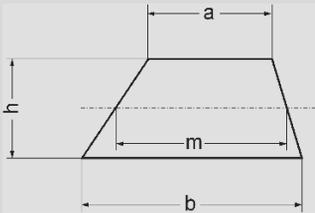


$$A = a \cdot h = a \cdot b \cdot \sin \alpha$$

$$d_1 = \sqrt{(a + h \cdot \cot \alpha)^2 + h^2}$$

$$d_2 = \sqrt{(a - h \cdot \cot \alpha)^2 + h^2}$$

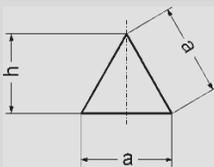
Trapez



$$A = \frac{a+b}{2} \cdot h = m \cdot h$$

$$m = \frac{a+b}{2}$$

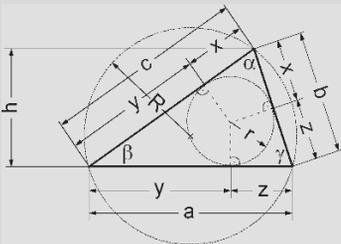
Gleichseitiges Dreieck



$$A = \frac{a^2}{4} \cdot \sqrt{3}$$

$$h = \frac{a}{2} \cdot \sqrt{3}$$

Allgemeines Dreieck



$$A = \frac{a \cdot h}{2} = \sqrt{s \cdot x \cdot y \cdot z} = r \cdot s$$

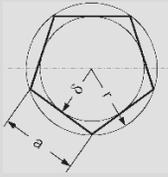
$$= \frac{1}{2} \cdot b \cdot c \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot a \cdot c \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot \sin \gamma$$

mit :

$$s = \frac{a+b+c}{2}; \quad r = \frac{a \cdot h}{2 \cdot s}; \quad R = \frac{b \cdot c}{2 \cdot h}$$

$$x = s - a; \quad y = s - b; \quad z = s - c$$

Regelmäßiges Fünfeck

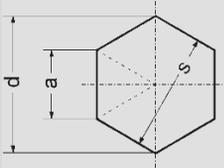


$$A = \frac{5}{8} \cdot r^2 \cdot \sqrt{10 + 2 \cdot \sqrt{5}}$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot r \cdot \sqrt{10 - 2 \cdot \sqrt{5}}$$

$$\delta = \frac{1}{4} \cdot r \cdot \sqrt{6 + 2 \cdot \sqrt{5}}$$

Regelmäßiges Sechseck

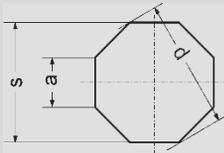


$$A = \frac{3}{2} \cdot a^2 \cdot \sqrt{3}$$

$$d = 2 \cdot a = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot s \approx 1,155 \cdot s$$

$$s = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot d \approx 0,866 \cdot d$$

Regelmäßiges Achteck



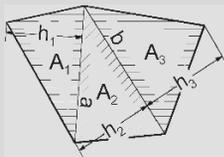
$$A = 2 \cdot a \cdot s = 2 \cdot s \cdot \sqrt{d^2 - s^2} \approx 0,83 \cdot s^2$$

$$a = s \cdot \tan 22,5^\circ$$

$$s = d \cdot \cos 22,5^\circ$$

$$d = \frac{s}{\cos 22,5^\circ}$$

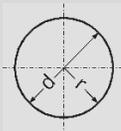
Vieleck



$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

$$= \frac{a \cdot h_1 + b \cdot h_2 + c \cdot h_3}{2}$$

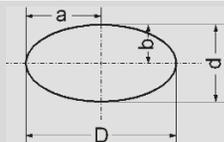
Kreis



$$A = \pi \cdot r^2 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \approx 0,785 \cdot d^2$$

$$U = 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot d$$

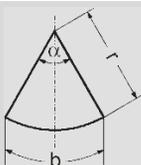
Ellipse



$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot d = \pi \cdot a \cdot b$$

$$U \approx \frac{\pi}{2} \cdot [3 \cdot (a + b) - 2 \cdot \sqrt{a \cdot b}]$$

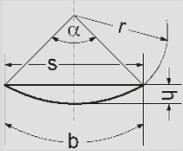
Kreisausschnitt



$$A = \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} \cdot \pi \cdot r^2 = \frac{\alpha}{2} \cdot r^2 = \frac{b \cdot r}{2}$$

$$b = \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} \pi \cdot r$$

Kreisabschnitt



$$A = \frac{r^2}{2} \cdot \left(\pi \cdot \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} - \sin \alpha \right) \approx \frac{h}{6 \cdot s} \cdot (3 \cdot h^2 + 4 \cdot s^2)$$

$$s = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \approx \sqrt{b^2 - \frac{16}{3} \cdot h^2}$$

$$r = \frac{h}{2} + \frac{s^2}{8 \cdot h}$$

$$h = r \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{s}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{4} = 2 \cdot r \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{4}$$

Kreising

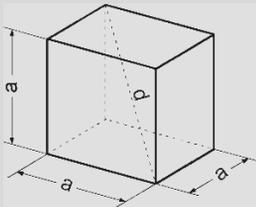


$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) = \pi \cdot b \cdot (d + b)$$

$$b = \frac{D - d}{2}$$

1.3.2 Volumenberechnung

Würfel

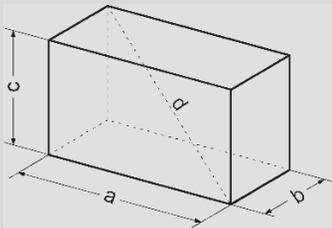


$$V = a^3$$

$$O = 6 \cdot a^2$$

$$d = \sqrt{3} \cdot a$$

Quader

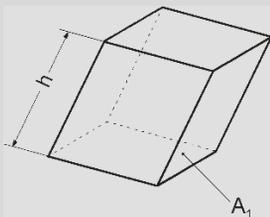


$$V = a \cdot b \cdot c$$

$$O = 2 \cdot (a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c)$$

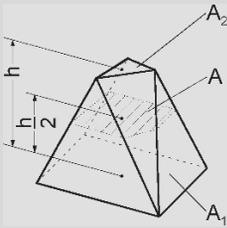
$$d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$$

Schiefer Quader



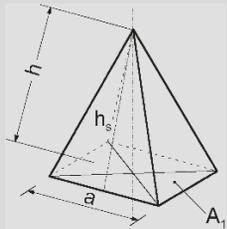
$$V = A_1 \cdot h$$

Prismatoid



$$V = \frac{h}{6} \cdot (A_1 + 4 \cdot A + A_2)$$

Pyramide

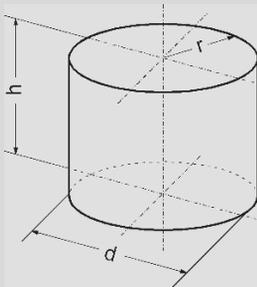


$$V = \frac{1}{3} \cdot A_1 \cdot h$$

$$O = 4 \cdot \frac{a \cdot h_s}{2} + a^2$$

$$h_s = \sqrt{h^2 + \frac{a^2}{4}}$$

Zylinder

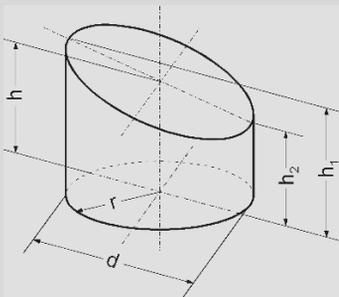


$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$

$$M = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

$$O = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (r + h)$$

Schief abgeschnittener Zylinder

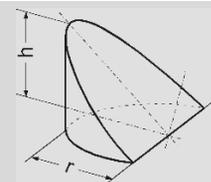


$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$

$$M = \pi \cdot d \cdot h$$

$$O = \pi \cdot r \cdot \left[h_1 + h_2 + r + \sqrt{r^2 + \frac{(h_1 - h_2)^2}{4}} \right]$$

Zylinderhuf (Zylinderabschnitt)

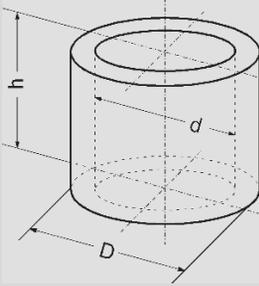


$$V = \frac{2}{3} \cdot r^2 \cdot h$$

$$M = 2 \cdot r \cdot h$$

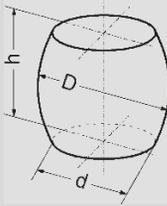
$$O = M + \frac{\pi}{2} \cdot r^2 + \frac{\pi}{2} \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + h^2}$$

Hohlzylinder



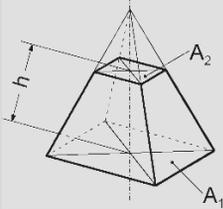
$$V = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot (D^2 - d^2)$$

Fass



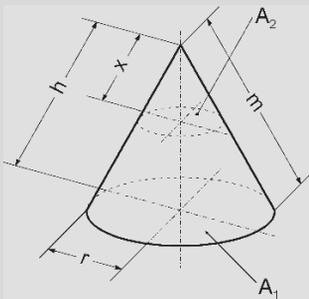
$$V \approx \frac{\pi}{12} \cdot h \cdot (2 \cdot D^2 + d^2)$$

Pyramidenstumpf (gilt auch bei „anderseckigen“ Grundflächen)



$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

Kegel



$$V = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h$$

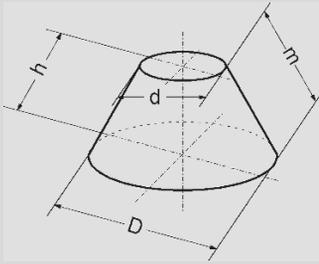
$$M = \pi \cdot r \cdot m$$

$$O = \pi \cdot r \cdot (r + m)$$

$$m = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{x^2}{h^2}$$

Kegelstumpf

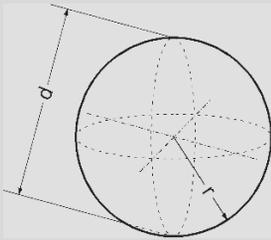


$$V = \frac{\pi}{12} \cdot h \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)$$

$$M = \frac{\pi}{2} \cdot m \cdot (D + d)$$

$$m = \sqrt{\left(\frac{D-d}{2}\right)^2 + h^2}$$

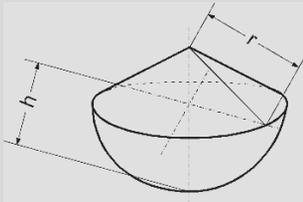
Kugel



$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{1}{6} \pi \cdot d^3 \approx 4,189 \cdot r^3$$

$$O = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = \pi \cdot d^2$$

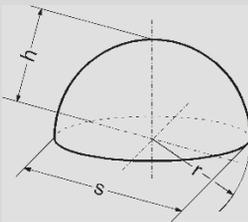
Kugelausschnitt



$$V = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$O = \pi \cdot r \cdot (2 \cdot h + \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)})$$

Kugelabschnitt



$$V = \frac{\pi}{3} \cdot h^2 \cdot (3 \cdot r - h)$$

$$M = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

$$O = \pi \cdot h \cdot (4 \cdot r - h)$$

$$s = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)}$$

1.3.3 Rechenregeln

Potenzen

$$a^0 = 1$$

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$$

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

$$(a+b)^2 = a^2 + 2 \cdot a \cdot b + b^2$$

$$(a-b)^2 = a^2 - 2 \cdot a \cdot b + b^2$$

$$(a+b) \cdot (a-b) = a^2 - b^2$$

$$(a+b)^3 = a^3 + 3 \cdot a^2 \cdot b + 3 \cdot a \cdot b^2 + b^3$$

$$(a-b)^3 = a^3 - 3 \cdot a^2 \cdot b + 3 \cdot a \cdot b^2 - b^3$$

Wurzeln

$$\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}$$

$$\sqrt[n]{a^n} = a$$

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$$

$$\sqrt[n]{a^{m \cdot n}} = a^m$$

$$\sqrt[n]{a \cdot b} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$$

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$$

$$\sqrt[n]{\frac{1}{a}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}} = a^{-\frac{1}{n}}$$

$$\sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[n \cdot m]{a} = \sqrt[m]{\sqrt[n]{a}}$$

Logarithmen

$$\log_e a = \ln a$$

$$e^{\ln a} = a$$

$$\log_{10} a = \lg a$$

$$10^{\lg a} = a$$

$$\log_b a = c \Leftrightarrow b^c = a$$

$$\log_b 1 = 0$$

$$\log_b b = 1$$

$$\log_b (c \cdot d) = \log_b c + \log_b d$$

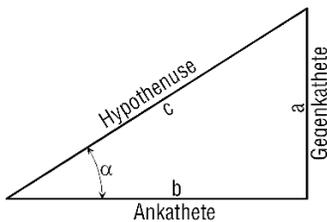
$$\log_b \left(\frac{c}{d} \right) = \log_b c - \log_b d$$

$$\log_b a^n = n \cdot \log_b a$$

$$\log_b \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \cdot \log_b a$$

Quadratische Gleichung

$$x^2 + p \cdot x + q = 0 \quad x_{1/2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$$

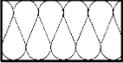
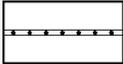
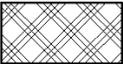
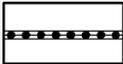
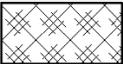
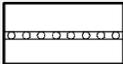
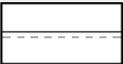
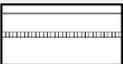
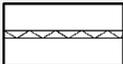
1.3.4 Trigonometrie

$$\sin a = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{a}{c} \quad \cos a = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{b}{c}$$

$$\tan a = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{a}{b} \quad \cot a = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}} = \frac{b}{a}$$

1.4 Bauschraffuren gemäß DIN 1356-1, DIN ISO 128-50 und Flachdachrichtlinie

	1	2	3	4
	Darstellungsart	Material / Bauteil	Darstellungsart	Material / Bauteil
2		aufgefülltes Erdreich		unbewehrter Beton
3		gewachsenes Erdreich		Leichtbeton
4		Fels		wasserundurchlässiger Beton
5		Kies		Beton-Fertigteil
6		Sand		Dichtstoff
7				Mauerwerk (natürlicher Stein)
8		Sandstein		Mauerwerk (künstlicher Stein)
9				Mauerwerk (geringe Festigkeit)
10				Mauerwerk (höhere Festigkeit)
11		Ton		Holz (quer zur Faser)
12		Torf, Humus		Holz (längs zur Faser)
13		Mudde		Holz (Querschnitt)
14		Gipsplatten		Holz (Nut- und Federbretter)
15		Mörtel, Putz		Holzwerkstoff
16		bewehrter Beton		Stahl

	1	2	3	4
1	Darstellungsart	Material / Bauteil	Darstellungsart	Material / Bauteil
17		lichtdurchlässiges Material		teiflächige Verklebung
18		Dämmstoff		Sperrstoff / Abdichtung (gegen Feuchtigkeit)
19		Dämmstoff (Hartschaum)		Dampfdruck- ausgleichsschicht
20		Gummi, Elastomere		Kunststoffbahn/ Elastomerbahn
21		Duroplaste		Dampfbremse Kunststoffbahn
22		Thermoplaste		Schutzlage Kunststoffbahn
23		Voranstrich		Flüssigabdichtung
24		Kleber, Klebefilm		Trenn- bzw. Schutzlage

1.5 Wärme- und feuchtetechnische Kennwerte von Baustoffen

In den folgenden Tabellen sind wärme- und feuchtetechnische Kennwerte von Baustoffen gemäß DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456 zusammengestellt.

1.5.1 Putze, Mörtel, Asphalt und Estriche

1		2	3	4
1	Stoff	ρ in kg/m ³	λ in W/(mK)	μ [-]
2 Putze				
3	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	(1800)	1,0	15 / 35
4	Gipsputzmörtel gemäß DIN EN 13279-1	900	0,30	4 / 10
5		1000	0,34	
6		1100	0,39	
7		1200	0,43	
8		1300	0,47	
9		1400	0,51	
10		1500	0,56	
11	Leichtputz	< 1300	0,56	15 / 20
12		≤ 1000	0,38	
13		≤ 700	0,25	
14	Kunstharzputz	(1100)	0,70	50 / 200
15 Mauermörtel				
16	Zementmörtel	(2000)	1,6	15 / 35
17	Normalmörtel (NM)	(1800)	1,2	
18	Dünnbettmauermörtel (DM)	(1600)	1,0	
19	Leichtmauermörtel (LM) gemäß DIN EN 1996-1-1, DIN EN 1996-2	(LM21) ≤ 1000	0,36	
20		(LM36) ≤ 700	0,21	
21	Leichtmauermörtel	250	0,10	5 / 20
22		400	0,14	
23		700	0,25	
24		1000	0,38	
25		1500	0,69	
26 Asphalt				
27	Asphalt	2100	0,70	50000
28 Estriche				
29	Gussasphaltestrich	(2300)	0,90	∞
30	Zement-Estrich	(2000)	1,4	15 / 35
31	Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-Estrich)	(2100)	1,2	
32	Calciumsulfat-Fließestrich	(2100)	1,4	
33	Magnesia-Estrich	1400	0,47	
34		2300	0,70	