

---

# Detailwissen Bauphysik

## Reihe herausgegeben von

Wolfgang M. Willems, TU Dortmund, Deutschland

Kai Schild, TU 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.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/12448>

---

Wolfgang M. Willems · Kai Schild · Diana Stricker

# Feuchteschutz

Grundlagen – Berechnungen – Details

Wolfgang M. Willems  
Technische Universität  
Dortmund, Deutschland

Diana Stricker  
Ruhr-Universität  
Bochum, Deutschland

Kai Schild  
Technische Universität  
Dortmund, Deutschland

Detailwissen Bauphysik  
ISBN 978-3-658-05684-1 ISBN 978-3-658-05685-8 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-05685-8>

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2018

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 Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

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.

Lektorat: Karina Danulat

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature  
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH  
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

# Vorwort

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 baulichen Feuchteschutzes und stellt ein Kompendium der zentralen in der Praxis benötigten Rechenverfahren und physikalischen Grundlagen dar. Zur Unterstützung des Planers und Fachingenieurs bei Konstruktion, Bauteilbemessung und Nachweisführung werden diese Ausführungen ergänzt durch eine – wie wir hoffen – möglichst vollständige Zusammenstellung entsprechender Rechenwerte.

Unsere Erfahrung zeigt, dass ein Fachbuch auch trotz größter Bemühungen niemals umfassend und fehlerfrei sein kann. Daher bitten wir Sie als unsere Leser ganz herzlich darum, uns Anregungen, Kritik und Fehler mitzuteilen, auf dass wir dies in der nächsten Auflage berücksichtigen können.

Grafenwald, Marl und Bochum im Oktober 2017

Wolfgang Willems

Kai Schild

Diana Stricker

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Berechnungshilfen</b> .....	1
<b>1.1</b>	<b>Einheitenumrechnungstabellen</b> .....	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
<b>1.2</b>	<b>Griechisches Alphabet</b> .....	5
<b>1.3</b>	<b>Vielfache und Teile der SI-Einheiten</b> .....	6
<b>1.4</b>	<b>Mathematische Grundlagen</b> .....	7
1.4.1	Flächenberechnung .....	7
1.4.2	Volumenberechnung .....	9
1.4.3	Rechenregeln .....	13
1.4.4	Trigonometrie .....	14
<b>1.5</b>	<b>Wärme- und feuchtetechnische Kennwerte von Baustoffen</b> .....	15
1.5.1	Putze, Mörtel, Asphalt und Estriche .....	15
1.5.2	Beton-Bauteile .....	16
1.5.3	Bauplatten .....	18
1.5.4	Mauerwerk aus Klinkern und Ziegeln .....	19
1.5.5	Mauerwerk aus Kalksand- und Porenbeton-Plansteinen .....	20
1.5.6	Mauerwerk aus Betonsteinen .....	21
1.5.7	Wärmedämmstoffe .....	23
1.5.8	Holz und Holzwerkstoffe .....	28
1.5.9	Lose Schüttungen .....	28

1.5.10	Fußbodenbeläge, Abdichtstoffe, Dachbahnen .....	29
1.5.11	Folien.....	29
1.5.12	Glas, Natursteine.....	30
1.5.13	Lehmbaustoffe.....	30
1.5.14	Metalle .....	31
1.5.15	Böden .....	31
1.5.16	Gummi.....	32
1.5.17	Massive Kunststoffe .....	32
1.5.18	Gase .....	33
1.5.19	Eis, Wasser, Schnee .....	33
<b>1.6</b>	<b>Bauschraffuren gemäß DIN 1356-1 und DIN ISO 128-50 und Flachdachrichtlinie.....</b>	<b>34</b>
<b>1.7</b>	<b>Modale Hilfsverben in der Normung .....</b>	<b>36</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen des Feuchteschutzes .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1</b>	<b>Grundbegriffe.....</b>	<b>37</b>
2.1.1	Wasserdampf .....	37
2.1.2	Wasserdampfpartialdruck (Partialdampfdruck).....	37
2.1.3	Wasserdampfsättigungsdruck (Sättigungsdampfdruck) .....	39
2.1.4	Normatmosphäre.....	41
2.1.5	Relative Luftfeuchte.....	41
2.1.6	Konzentration der trockenen Luft .....	41
2.1.7	Wasserdampfkonzentration.....	43
2.1.8	Wasserdampfsättigungskonzentration .....	43
2.1.9	Taupunkttemperatur .....	45
2.1.10	h-x-Diagramm.....	46
2.1.11	Diffusionsleitkoeffizient bei ruhender Luft .....	57
2.1.12	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl .....	58
2.1.13	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke.....	61
2.1.14	Wasseraufnahmekoeffizient .....	62
<b>2.2</b>	<b>Diffusionsübergangswiderstand .....</b>	<b>63</b>
<b>2.3</b>	<b>Diffusionsdurchlasswiderstand .....</b>	<b>64</b>
<b>2.4</b>	<b>Diffusionsdurchgangskoeffizient .....</b>	<b>65</b>
2.4.1	Einschichtiges, homogenes Bauteil .....	65
2.4.2	Mehrschichtiges, homogenes Bauteil .....	65
2.4.3	Mehrschichtiges, inhomogenes Bauteil.....	65

<b>2.5</b>	<b>Diffusionsstromdichte</b> .....	66
<b>2.6</b>	<b>Feuchtetransport in Baustoffen</b> .....	70
2.6.1	Baustoffmodell nach Rose .....	70
2.6.2	Sorption .....	72
2.6.3	Wasserdampfdiffusion.....	76
2.6.4	Oberflächendiffusion .....	77
2.6.5	Kapillarleitung.....	78
<b>3</b>	<b>Schlagregen</b> .....	83
3.1	Allgemeines .....	83
3.2	Schlagregenbeanspruchungsgruppen .....	83
3.3	Klassifizierung von Putzen und Beschichtungen.....	85
3.4	Einordnung von Wandbauarten.....	86
3.5	Fugen und Anschlüsse.....	87
3.6	Bestimmungen für weitere Bauteilgruppen.....	88
3.7	Innendämmungen .....	88
3.8	Fachwerkfassaden .....	89
<b>4</b>	<b>Tauwasser und Schimmelpilze auf Oberflächen</b> .....	95
4.1	Allgemeines .....	95
4.2	Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2.....	100
4.2.1	Anforderungen an schwere Bauteile ( $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$ ).....	101
4.2.2	Anforderungen an leichte Bauteile, Rahmen- und Skelettbauarten.....	102
4.2.3	Anforderungen im Bereich von Wärmebrücken .....	102
4.2.4	Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen .....	103
4.3	Mindestwärmeschutz gemäß DIN EN ISO 13788.....	104
4.3.1	Außenseitige klimatische Randbedingungen .....	104
4.3.2	Raumseitige klimatische Randbedingungen .....	109
4.3.3	Außenseitiger Wasserdampfpartialdruck .....	111
4.3.4	Zulässiger raumseitiger Sättigungsdampfdruck.....	111
4.3.5	Zulässige monatliche Innenoberflächentemperatur .....	112
4.3.6	Berechnungsbeispiele .....	112
<b>5</b>	<b>Tauwasser im Inneren von Bauteilen</b> .....	115
5.1	Nachweisfreie Konstruktionen gemäß DIN 4108-3 .....	115
5.1.1	Wände ohne zusätzliche Dämmschicht .....	115



5.1.2	Wände mit außenseitig angebrachter Dämmschicht .....	116
5.1.3	Wände mit innenseitig angebrachter Dämmschicht.....	116
5.1.4	Wände in Holzbauart nach DIN 68800-2 .....	117
5.1.5	Wände in Holzfachwerkbauart .....	118
5.1.6	Erdberührte Kelleraußenwände .....	119
5.1.7	Bodenplatten .....	119
5.1.8	Belüftete Dächer.....	119
5.1.9	Nicht belüftete Dächer .....	120
<b>5.2</b>	<b>Nachweis gemäß DIN 4108-3 (Glaser-Verfahren)</b> .....	<b>123</b>
5.2.1	Einführung .....	123
5.2.2	Randbedingungen .....	123
5.2.3	Ablauf der Nachweisführung .....	126
5.2.4	Beispiele .....	139
<b>5.3</b>	<b>Nachweis gemäß DIN EN ISO 13788 (Monatsbilanz)</b> .....	<b>155</b>
5.3.1	Allgemeines .....	155
5.3.2	Klimarandbedingungen .....	156
5.3.3	Struktur des Berechnungsverfahrens.....	156
5.3.4	Beispielrechnung .....	165
<b>5.4</b>	<b>Bautechnische Maßnahmen</b> .....	<b>168</b>
<b>6</b>	<b>Simulationsverfahren</b> .....	<b>175</b>
<b>6.1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>175</b>
<b>6.2</b>	<b>Klimarandbedingungen</b> .....	<b>176</b>
6.2.1	Raumseitige Randbedingungen.....	176
6.2.2	Außenseitige Randbedingungen .....	177
<b>6.3</b>	<b>Materialkennndaten</b> .....	<b>178</b>
<b>6.4</b>	<b>Simulationsrandbedingungen</b> .....	<b>181</b>
6.4.1	Modellgröße / Netzdichte .....	181
6.4.2	Anfangsrandbedingungen .....	181
6.4.3	Rechenintervall.....	181
<b>6.5</b>	<b>Beispiele</b> .....	<b>181</b>
6.5.1	Wassergehalt.....	181
6.5.2	Freies Wasser im Querschnitt .....	185
6.5.3	Schimmelpilzwachstum .....	188
6.5.4	Holzfeuchte.....	193
<b>6.6</b>	<b>Inhalt und Umfang einer Dokumentation</b> .....	<b>198</b>

---

<b>7</b>	<b>Bauteile</b> .....	199
<b>7.1</b>	<b>Außenwände</b> .....	199
7.1.1	Detailübersicht.....	199
7.1.2	monolithisches Mauerwerk.....	200
7.1.3	Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem.....	202
7.1.4	Zweischaliges Mauerwerk.....	204
7.1.5	Holzbauweise.....	210
7.1.6	Stahlleichtbauweise.....	211
7.1.7	Übergänge an Türen.....	213
<b>7.2</b>	<b>Erdberührte Bauteile</b> .....	214
7.2.1	Detailübersicht.....	214
7.2.2	Boden-Außenwand-Anschlüsse.....	215
7.2.3	Boden-Innenwand-Anschlüsse.....	221
7.2.4	Bewegungsfugen.....	222
7.2.5	Durchführungen im Wandbereich.....	224
7.2.4	Anschluss Lichtschacht.....	227
<b>7.3</b>	<b>Flachdächer</b> .....	228
7.3.1	Detailübersicht.....	228
7.3.2	ungenutzte Flachdächer.....	229
7.3.3	begehbare Flachdächer (Dachterrassen).....	233
7.3.4	begrünte Flachdächer.....	239
7.3.5	befahrbare Flachdächer (Parkdecks).....	247
<b>7.4</b>	<b>Anschluss Fenstertür - Balkone</b> .....	253
7.4.1	Detailübersicht.....	253
7.4.2	Anschlussdetails.....	254
<b>8</b>	<b>Sondergebiete</b> .....	261
<b>8.1</b>	<b>Hallenschwimmbäder</b> .....	261
8.1.1	Allgemeines.....	261
8.1.2	Innenraumklima.....	261
8.1.3	Wärmeschutz.....	267
8.1.4	Entfeuchtung der Raumluft durch Außenluftzufuhr.....	269
8.1.5	Tauwasser im Bauteilquerschnitt.....	277
8.1.6	Einteilung von Bewegungsfugen.....	280
8.1.7	Beispielhafte Rinnendetails.....	281

---

<b>8.2</b>	<b>Kühlhäuser, Kühlräume, Kühlzellen</b> .....	287
8.2.1	Allgemeines.....	287
8.2.2	Klima.....	287
8.2.3	Tauwasserbildung.....	291
8.2.4	Unterfrierschutz.....	293
8.2.5	Bauteilquerschnitte und Anschlüsse der Türen.....	294
8.2.6	Anschlussdetails.....	300
<b>8.3</b>	<b>Kirchen</b> .....	309
8.3.1	Allgemeines.....	309
8.3.2	Innenklima und Beheizung.....	309
8.3.3	Oberflächentemperaturen.....	311
8.3.4	Gewölbeöffnungen.....	312
8.3.5	Schutzverglasungen.....	313
<b>8.4</b>	<b>Museen</b> .....	316
8.4.1	Allgemeines.....	316
8.4.2	Klima.....	317
<b>8.5</b>	<b>Extreme Klimate</b> .....	319
8.5.1	Allgemeines.....	319
8.5.2	Globaler Klimaüberblick.....	321
8.5.3	Gebäudehülle und Tauwasserbildung.....	324
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	327
<b>9.1</b>	<b>Verordnungen und Veröffentlichungen</b> .....	327
<b>9.2</b>	<b>Normen und Richtlinien</b> .....	331
	<b>Index</b> .....	341