

Veröffentlichung der  
Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen  
Stuttgart  
Band 75

**FBW**

# Schall · Wärme · Feuchte

Grundlagen, Erfahrungen und  
praktische Hinweise für den Hochbau

Professor Dr.-Ing. habil. Karl Gösele  
Professor Dr.-Ing. Walter Schüle

8., neubearbeitete und erweiterte Auflage

**BAUVERLAG GMBH · WIESBADEN UND BERLIN**

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>A</b> | <b>Schallschutz</b>                                     |    |
| 1        | Allgemeines   | 13 |
| 2        | Einige Grundbegriffe                                    | 16 |
| 2.1      | Schallpegel, Lautstärke, Frequenz                       | 16 |
| 2.2      | Luft- und Körperschallanregung                          | 17 |
| 2.3      | Schallabsorption  | 18 |
| 3        | Die Mindestanforderungen an den Schallschutz von Bauten | 19 |
| 3.1      | Schallschutz erfordernde Bauteile                       | 19 |
| 3.1.1    | In Mehrfamilienhäusern                                  | 19 |
| 3.1.2    | In Einfamilienhäusern                                   | 20 |
| 3.1.3    | In sonstigen Bauten                                     | 21 |
| 3.2      | Zahlenmäßige Anforderungen an den Schallschutz          | 21 |
| 3.2.1    | Trenndecken und Trennwände                              | 21 |
| 3.2.2    | Zwischenwände und Decken innerhalb von Wohnungen        | 29 |
| 3.2.3    | Zwischenwände in Verwaltungsbauten u. ä.                | 30 |
| 3.2.4    | Haustechnische Gemeinschaftsanlagen                     | 30 |
| 3.2.5    | Außenlärm   | 30 |
| 3.2.5.1  | Außenbauteile   | 30 |
| 3.2.5.2  | Zulässiger Außenlärm                                    | 32 |
| 3.3      | Nachweis des geforderten Schallschutzes                 | 32 |
| 4        | Luftschallschutz  | 34 |
| 4.1      | Kennzeichnung und Messung                               | 34 |
| 4.2      | Grundsätzliches Verhalten                               | 37 |
| 4.2.1    | Einschalige Wände und Decken                            | 37 |
| 4.2.1.1  | Einfluß von Undichtheiten                               | 37 |
| 4.2.1.2  | Einfluß der Masse und Biegesteife                       | 40 |
| 4.2.1.3  | Einfluß von Inhomogenitäten                             | 43 |
| 4.2.1.4  | Einfluß der Materialdämpfung                            | 45 |
| 4.2.1.5  | Rechenwerte nach DIN 4109 E                             | 45 |
| 4.2.2    | Zweischalige Wände                                      | 45 |
| 4.2.2.1  | Übertragung über die Luftschicht                        | 46 |
| 4.2.2.2  | Übertragung über die Randeinspannung                    | 50 |
| 4.2.2.3  | Übertragung über Verbindungen zwischen den Schalen      | 52 |
| 4.2.3    | Längsleitung  | 53 |
| 4.3      | Ausgeführte Trennwände                                  | 58 |
| 4.3.1    | Einschalige Trennwände                                  | 58 |
| 4.3.2    | Zweischalige Wände                                      | 60 |
| 4.3.2.1  | Wände mit zwei biegeweichen Schalen                     | 61 |
| 4.3.2.2  | Wände aus zwei steifen Schalen                          | 61 |
| 4.3.2.3  | Schalldämmende Verkleidungen                            | 64 |
| 4.3.2.4  | Zweischalige Haustrennwände                             | 66 |
| 4.3.2.5  | Unzweckmäßige Wandausführung                            | 69 |
| 4.4      | Luftschallschutz ausgeführter Decken                    | 70 |
| 4.4.1    | Decken ohne Fußboden                                    | 70 |
| 4.4.1.1  | Einschalige Decken                                      | 70 |
| 4.4.1.2  | Zweischalige Decken                                     | 73 |
| 4.4.2    | Verbesserung der Luftschalldämmung durch Fußböden       | 73 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 4.5       | Fenster und Türen   | 74         |
| 4.5.1     | Fenster   | 74         |
| 4.5.2     | Türen   | 78         |
| 4.6       | Praktische Maßnahmen zur Verringerung der Längsleitung      | 80         |
| 4.6.1     | Einfluß der flächenbezogenen Masse                          | 80         |
| 4.6.2     | Einfluß der Stoßstellen                                     | 81         |
| 4.6.3     | Einfluß von Trennfugen                                      | 82         |
| 4.6.4     | Beeinflussung der Längsleitung durch Dämmplatten            | 82         |
| 4.6.5     | Maßnahmen zur Verringerung der Längsleitung                 | 85         |
| 4.7       | Lüftungskamine  | 87         |
| <b>5</b>  | <b>Trittschallschutz</b>                                    | <b>89</b>  |
| 5.1       | Kennzeichnung von Decken                                    | 89         |
| 5.2       | Kennzeichnung der Trittschalldämmung von Fußböden           | 92         |
| 5.3       | Künftige Änderung der Kennzeichnung des Trittschallschutzes | 95         |
| 5.4       | Vorherberechnung des Trittschallschutzes                    | 95         |
| 5.5       | Grundsätzliches Verhalten                                   | 96         |
| 5.5.1     | Decken  | 96         |
| 5.5.2     | Fußböden  | 98         |
| 5.5.2.1   | Verhalten von Gehbelägen                                    | 98         |
| 5.5.2.2   | Verhalten von schwimmenden Estrichen                        | 99         |
| 5.6       | Ausgeführte Massivdecken                                    | 100        |
| 5.6.1     | Decken ohne Belag   | 101        |
| 5.6.2     | Fußböden  | 102        |
| 5.6.2.1   | Schwimmend verlegte Estriche                                | 102        |
| 5.6.2.1.1 | Bautechnische Ausführung                                    | 102        |
| 5.6.2.1.2 | Verhalten verschiedener Dämmschichten                       | 103        |
| 5.6.2.1.3 | Einfluß des Estrich-Materials                               | 107        |
| 5.6.2.1.4 | Verlege-Einflüsse   | 107        |
| 5.6.2.2   | Holzfußböden  | 111        |
| 5.6.2.3   | Gehbeläge   | 111        |
| 5.6.2.3.1 | Gehbeläge mit geringfügiger Trittschalldämmung              | 112        |
| 5.6.2.3.2 | Gehbeläge mit mittlerer Trittschalldämmung                  | 112        |
| 5.6.2.3.3 | Gehbeläge mit hoher Trittschalldämmung                      | 112        |
| 5.6.3     | Alterungsverhalten von Trittschall-Dämmschichten            | 112        |
| 5.7       | Trittschallübertragung von Treppen                          | 113        |
| <b>6</b>  | <b>Schallschutz bei Holzbalkendecken</b>                    | <b>115</b> |
| 6.1       | Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes               | 115        |
| <b>7</b>  | <b>Stand des Schallschutzes in Wohnbauten</b>               | <b>121</b> |
| 7.1       | Trittschallschutz   | 121        |
| 7.2       | Luftschallschutz von Massivdecken                           | 121        |
| 7.3       | Luftschallschutz von Wohnungstrennwänden                    | 122        |
| 7.4       | Luftschallschutz von Haustrennwänden                        | 122        |
| <b>8</b>  | <b>Schallschutz in Skelettbauten mit leichtem Ausbau</b>    | <b>123</b> |
| 8.1       | Vorherberechnung der Luftschalldämmung                      | 123        |
| 8.2       | Verhalten verschiedener Bauteile                            | 124        |
| 8.2.1     | Durchgezogene Estriche                                      | 124        |
| 8.2.2     | Bedeutung von Deckenverkleidungen für den Schallschutz      | 124        |
| 8.2.3     | Durchgezogene Teppichböden                                  | 126        |
| 8.2.4     | Durchgezogene Deckenverkleidungen                           | 126        |
| 8.2.5     | Ausbildung der Zwischenwände                                | 129        |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| 9           | Installationsgeräusche  | 131 |
| 10          | Schutz gegen Verkehrslärm   | 135 |
| 11          | Schallschutz durch schallschluckende Verkleidungen                                    | 138 |
| <br>        |   |     |
| <b>B</b>    | <b>Wärmeschutz</b>  |     |
| 1           | Grundlagen und physikalische Zusammenhänge  | 143 |
| 1.1         | Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei Wärmeaustauschvorgängen im Beharrungszustand | 143 |
| 1.1.1       | Wärmeleitung  | 143 |
| 1.1.1.1     | Zahlenwerte der Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen                           | 144 |
| 1.1.1.1.1   | Temperatureinfluß   | 144 |
| 1.1.1.1.2   | Einfluß des Feuchtegehaltes   | 145 |
| 1.1.1.2     | Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit  | 146 |
| 1.1.2       | Wärmeübergang   | 154 |
| 1.1.3       | Wärmeaustausch durch Strahlung  | 155 |
| 1.1.4       | Der Wärmedurchgang durch Bauteile und Luftschichten                                   | 157 |
| 1.1.4.1     | Homogene Bauteile   | 157 |
| 1.1.4.2     | Zusammengesetzte Bauteile   | 158 |
| 1.1.4.2.1   | Bauteile mit hintereinander liegenden Schichten                                       | 158 |
| 1.1.4.2.2   | Bauteile mit nebeneinander liegenden Bereichen  | 158 |
| 1.1.4.3     | Luftschichten   | 159 |
| 1.1.5       | Temperaturverhältnisse auf und in Bauteilen   | 162 |
| 1.1.5.1     | Oberflächentemperaturen   | 162 |
| 1.1.5.2     | Temperatur der Trennflächen   | 162 |
| 1.1.6       | Durchführung wärmeschutztechnischer Rechnungen  | 163 |
| 1.1.6.1     | Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient                                | 163 |
| 1.1.6.1.1   | Homogene Bauteile   | 163 |
| 1.1.6.1.2   | Zusammengesetzte Bauteile   | 164 |
| 1.1.6.1.2.1 | Bauteil mit hintereinander liegenden Schichten  | 164 |
| 1.1.6.1.2.2 | Bauteile mit nebeneinander liegenden Bereichen  | 165 |
| 1.1.6.2     | Temperaturverhältnisse  | 166 |
| 1.2         | Instationäre Verhältnisse   | 167 |
| 1.2.1       | Stoffgrößen   | 168 |
| 1.2.1.1     | Spezifische Wärmekapazität  | 168 |
| 1.2.1.2     | Temperaturleitfähigkeit   | 168 |
| 1.2.1.3     | Wärmeeindringkoeffizient  | 169 |
| 1.2.2       | Aufheizen und Auskühlen   | 169 |
| 1.2.3       | Außentemperaturschwankungen   | 170 |
| 1.2.4       | Fußwärme  | 172 |
| 1.2.4.1     | Unbekleideter Fuß   | 173 |
| 1.2.4.2     | Bekleideter Fuß   | 174 |
| 1.3         | Wärmeverluste durch luftdurchlässige Bauteile (Fenster und Türen)                     | 176 |
| 2           | Praktischer Wärmeschutz   | 178 |
| 2.1         | Die wärmeschutztechnischen Anforderungen  | 178 |
| 2.1.1       | Wärmeschutztechnische Anforderungen und Empfehlungen der DIN 4108                     | 178 |
| 2.1.1.1     | Geltungsbereich des Teils 2 der DIN 4108  | 179 |
| 2.1.1.2     | Anforderungen an den Wärmeschutz im Winter  | 179 |
| 2.1.1.3     | Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer  | 181 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 2.1.2     | Wärmeschutzverordnung  | 184 |
| 2.1.2.1   | Gebäude mit normalen Innentemperaturen   | 185 |
| 2.1.2.2   | Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen  | 189 |
| 2.1.2.3   | Gebäude für Sport- und Versammlungszwecke  | 189 |
| 2.1.3     | Berechnungsbeispiel  | 190 |
| 2.1.3.1   | Bemessung der Bauteile nach DIN 4108   | 190 |
| 2.1.3.2   | Beurteilung und Bemessung der Bauteile nach der Wärmeschutzverordnung                        | 191 |
| 2.1.3.2.1 | Anforderungen nach dem $K_m$ -Verfahren  | 191 |
| 2.1.3.2.2 | Verbesserung des Wärmeschutzes der Bauteile  | 192 |
| 2.1.3.2.3 | Bemessung der Bauteile nach dem „Bauteilverfahren“   | 193 |
| 2.1.4     | Bemerkungen zu den Wärmeschutztechnischen Anforderungen an Bauteile                          | 194 |
| 2.1.4.1   | Außenwände   | 194 |
| 2.1.4.2   | Treppenraumwände und Trenndecken zu Gebäudeteilen mit wesentlich niedrigerer Innentemperatur | 194 |
| 2.1.4.3   | Fußböden   | 194 |
| 2.1.4.4   | Wärmebrücken   | 195 |
| 2.1.4.5   | Wärmespeicherung   | 195 |
| 2.2       | Die Bauteile und ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften                                   | 196 |
| 2.2.1     | Wände  | 196 |
| 2.2.2     | Decken und Fußböden  | 201 |
| 2.2.2.1   | Rohdecken  | 201 |
| 2.2.2.2   | Fußböden   | 205 |
| 2.2.2.2.1 | Wärmedämmung   | 205 |
| 2.2.2.2.2 | Ausführung fußwarmer Böden   | 205 |
| 2.2.2.3   | Der gesamte Deckenaufbau   | 205 |
| 2.2.3     | Dächer   | 207 |
| 2.2.4     | Fenster  | 208 |
| 2.2.4.1   | Wärmedurchgang   | 208 |
| 2.2.4.2   | Luftdurchgang  | 210 |
| 2.2.5     | Türen  | 211 |

## C Feuchteschutz

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 1         | Grundlagen und physikalische Zusammenhänge                     | 213 |
| 1.1       | Luft und Feuchte   | 213 |
| 1.2       | Baustoff und Feuchte   | 218 |
| 1.2.1     | Feuchte der Baustoffe  | 218 |
| 1.2.2     | Tauwasserbildung auf Bauteilen                                 | 220 |
| 1.2.2.1   | Wärmedämmung von Bauteilen und Tauwasserbildung                | 220 |
| 1.2.2.2   | Tauwasserbildung auf Bauteilen beim Anheizen der Räume         | 222 |
| 1.2.2.3   | Tauwasserbildung bei hoher Raumluftheuchte                     | 222 |
| 1.2.3     | Wasserdampfdiffusion durch Baustoffe und innere Kondensation   | 223 |
| 1.2.3.1   | Grundgleichungen für die Dampfdiffusion durch Bauteile         | 223 |
| 1.2.3.2   | Zahlenwerte  | 224 |
| 1.2.3.2.1 | Diffusionswiderstandszahlen von Baustoffen                     | 224 |
| 1.2.3.2.2 | Wasserdampfdiffusionsübergangskoeffizienten                    | 226 |
| 1.2.3.3   | Durchführung feuchtetechnischer Rechnungen                     | 227 |
| 1.2.3.3.1 | Erforderliche Wärmedämmung zur Vermeidung von Tauwasserbildung | 227 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| 1.2.3.3.2     | Wasserdampfdurchgang durch Bauteile  | 227 |
| 1.2.3.3.2.1   | Dampfdurchlaßwiderstand und Dampfdurchgangskoeffizient                               | 228 |
| 1.2.3.3.2.2   | Dampfdurchgang   | 229 |
| 1.2.3.3.3     | Kondensation im Innern von Bauteilen   | 229 |
| 1.2.3.3.3.1   | Dampfdruckverteilung in Bauteilen  | 229 |
| 1.2.3.3.3.2   | Sättigungsdampfdrücke  | 229 |
| 1.2.3.3.3.3   | Dampfdruckverlauf im Bauteil   | 229 |
| 1.2.3.3.3.4   | Das „Glaser-Diagramm“ zur Bestimmung von Kondensation und Austrocknung bei Bauteilen | 232 |
| 1.2.3.3.4     | Beurteilung des klimabedingten Feuchteschutzes von Bauteilen                         | 235 |
| 1.2.3.3.4.1   | Verfahren nach DIN 4108  | 235 |
| 1.2.3.3.4.1.1 | Anforderungen  | 235 |
| 1.2.3.3.4.1.2 | Klimabedingungen   | 235 |
| 1.2.3.3.4.2   | Modifiziertes Rechenverfahren  | 239 |
| 2             | <b>Praktischer Feuchteschutz</b>   | 240 |
| 2.1           | Fundamente, Bodenfeuchte und Grundwasser   | 240 |
| 2.2           | Außenwände   | 240 |
| 2.2.1         | Schlagregen und Außenwände   | 240 |
| 2.2.1.1       | Wasseraufnahme durch Schlagregen   | 240 |
| 2.2.1.2       | Schlagregen – Beanspruchungsgruppen  | 242 |
| 2.2.1.3       | Erfüllung des Schlagregenschutzes – Hinweise   | 242 |
| 2.2.1.3.1     | Außenwände   | 242 |
| 2.2.1.3.2     | Fugen und Anschlüsse   | 243 |
| 2.2.2         | Tauwasserbildung auf Wandoberflächen   | 243 |
| 2.2.2.1       | Wärmebrücken in Wänden   | 247 |
| 2.2.2.2       | Fenster- und Türleibungen  | 247 |
| 2.2.2.3       | Raumecken  | 249 |
| 2.2.2.4       | Tauwasserbildung auf Wänden hinter Möbeln  | 250 |
| 2.2.3         | Kondensation in Wänden   | 250 |
| 2.3           | Decken   | 255 |
| 2.3.1         | Tauwasserbildung an Wärmebrücken bei Decken  | 256 |
| 2.3.2         | Innere Kondensation bei Decken   | 257 |
| 2.4           | Dächer   | 258 |
| 2.4.1         | Steildächer  | 258 |
| 2.4.2         | Flachdächer  | 258 |
| 2.4.2.1       | Das belüftete Flachdach  | 258 |
| 2.4.2.2       | Nicht belüftetes Flachdach   | 260 |
| 2.4.2.3       | Das umgekehrte Dach  | 263 |
| 2.4.2.4       | Sperrbetondach   | 263 |
| 2.5           | Die Räume der Wohnungen und die Raumluftfeuchte                                      | 264 |
| 2.5.1         | Küchen   | 264 |
| 2.5.2         | Bäder  | 266 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| <b>D</b> | <b>Zusammenfassung</b>                                   |     |
| 1        | Allgemeines  | 268 |
| 2        | Vergleich der schall- und wärmetechnischen Anforderungen | 268 |
| 2.1      | Einschalige Außenwand                                    | 268 |
| 2.2      | Außenwand mit innenseitiger Bekleidung                   | 269 |
| 2.3      | Außenwand mit außenseitiger Bekleidung                   | 269 |
| 2.4      | Zusammenfassung  | 270 |
| 3        | Ausführungsbeispiele                                     | 271 |
| 3.1      | Decken   | 271 |
| 3.1.1    | Wohnungstrenndecken                                      | 271 |
| 3.1.2    | Dachgeschoßdecken  | 272 |
| 3.1.3    | Kellerdecken   | 272 |
| 3.1.4    | Decken über offenen Durchfahrten u. ä.                   | 273 |
| 3.2      | Wände  | 275 |
| 3.2.1    | Außenwände   | 275 |
| 3.2.2    | Wohnungstrennwände und Treppenraumwände                  | 275 |

## **Normen über den Schall-, Wärme- und Feuchteschutz im Bauwesen**

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | Schalltechnische Normen                   | 277 |
| 2 | Wärme- und feuchteschutztechnische Normen | 278 |
| 3 | Stoffnormen                               | 280 |
| 4 | Sonstige Normen                           | 281 |
|   | Stichwortverzeichnis                      | 282 |