

Frank Dehn
Gert König
Gero Marzahn

Konstruktions- werkstoffe im Bauwesen



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------------|---|-----------|
| Vorwort | | V |
| 1 | Einführung zu den Konstruktionswerkstoffen im Bauwesen | 1 |
| 1.1 | Bedeutung der Werkstoffe im Bauwesen für die Konstruktion | 1 |
| 1.2 | Historischer Überblick | 2 |
| 1.3 | Einteilung der Werkstoffe im Bauwesen | 3 |
| 1.4 | Technische Anforderungen und Leistungsfähigkeit | 4 |
| 1.4.1 | Technische Anforderungen an Werkstoffe im Bauwesen | 4 |
| 1.4.2 | Leistungsfähigkeit der Werkstoffe im Bauwesen | 5 |
| 1.5 | Nachhaltigkeit und Ökologie | 18 |
| 1.5.1 | Bedeutung von Nachhaltigkeit und Ökologie für die Bauwirtschaft | 18 |
| 1.5.2 | Nachhaltiges Bauen | 20 |
| 1.5.3 | Instrumente der Nachhaltigkeitspolitik und deren Auswirkungen auf die Bauwirtschaft | 21 |
| 1.5.4 | Nachhaltigkeitsanalysen | 23 |
| 1.6 | Überblick über hohe Bauwerke und weitgespannte Brücken | 24 |
| 1.7 | Aufbau und Struktur der Werkstoffe | 29 |
| 1.7.1 | Bindungsarten und Bindungsenergie | 29 |
| 1.7.2 | Kristallinität und Amorphie | 31 |
| 1.7.3 | Oberflächenenergie | 32 |
| 1.7.4 | Homogenität und Isotropie | 35 |
| 2 | Grundlagen des Werkstoffverhaltens | 37 |
| 2.1 | Mechanisches Verhalten | 37 |
| 2.1.1 | Mechanische Kenngrößen | 37 |
| 2.1.2 | Beanspruchungsarten | 43 |
| 2.1.3 | Wirkung äußerer Kräfte auf Tragwerke | 44 |
| 2.1.4 | Grundlegende bzw. häufig auftretende Beanspruchungsfälle | 46 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1.5 | Das ideale Verformungsverhalten | 50 |
| 2.1.6 | Festigkeits- und Verformungsverhalten der Werkstoffe | 54 |
| 2.1.7 | Werkstoffverhalten unter dynamischer Beanspruchung | 59 |
| 2.2 | Verhalten gegenüber Verschleiß, Abnutzung und Abrieb | 63 |
| 2.3 | Verhalten bei Temperaturänderung | 65 |
| 2.3.1 | Allgemeines | 65 |
| 2.3.2 | Arten der Wärmeübertragung | 65 |
| 2.3.3 | Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen | 66 |
| 2.3.4 | Wärmespeicherfähigkeit der Baustoffe | 69 |
| 2.3.5 | Wärmedehnverhalten | 70 |
| 2.4 | Verhalten bei Feuchteänderung | 71 |
| 2.4.1 | Allgemeines | 71 |
| 2.4.2 | Arten des Transports von Feuchte in porösen Baustoffen | 72 |
| 2.5 | Brandverhalten | 75 |
| 2.5.1 | Allgemeines | 75 |
| 2.5.2 | Brandentstehung | 75 |
| 2.5.3 | Brandverlauf | 77 |
| 2.5.4 | Brandverhalten von Baustoffen | 77 |
| 2.5.5 | Brandverhalten von Bauteilen (Feuerwiderstand) | 80 |
| 2.6 | Lichttechnisches Verhalten | 84 |
| 2.6.1 | Kenngrößen der Lichttechnik | 84 |
| 2.6.2 | Bautechnische Bedeutung | 85 |
| 2.6.3 | Optische Eigenschaften | 85 |
| 2.7 | Elektrisches Verhalten | 86 |
| 2.7.1 | Allgemeines | 86 |
| 2.7.2 | Grundlagen elektrischer Leitfähigkeit, elektrischer Widerstand, Dielektrizitätskonstante | 86 |
| 2.7.3 | Elektrische Isolatoren | 88 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 3 | Metallische Werkstoffe | 89 |
| 3.1 | Stahl und Eisengusswerkstoffe | 89 |
| 3.1.1 | Allgemeines | 89 |
| 3.1.2 | Metallkundliche Grundlagen | 90 |
| 3.1.3 | Gusseisen | 100 |
| 3.1.4 | Beeinflussung der Stahleigenschaften durch die chemische Zusammensetzung, Wärmebehandlung und Umformung | 102 |
| 3.1.5 | Stähle im Bauwesen | 109 |
| 3.2 | Nichteisenmetalle | 132 |
| 3.2.1 | Allgemeines | 132 |
| 3.2.2 | Aluminium und Aluminiumlegierungen | 132 |
| 3.2.3 | Kupfer und Kupferlegierungen | 143 |
| 3.2.4 | Blei und Bleilegierungen | 146 |
| 3.2.5 | Zink und Zinklegierungen | 148 |
| 3.2.6 | Zinn und Zinnlegierungen | 151 |
| 3.2.7 | Titan und Titanlegierungen | 151 |
| 3.2.8 | Nickel und Nickellegierungen | 152 |
| 3.2.9 | Magnesium und Magnesiumlegierungen | 152 |
| 3.2.10 | Zusammenfassung der technisch wichtigen Eigenschaften metallischer Werkstoffe | 153 |
| 3.3 | Schweißen | 154 |
| 3.3.1 | Allgemeines | 154 |
| 3.3.2 | Schweißbarkeit - Schweißneigung, Schweißsicherheit und Schweißmöglichkeit | 154 |
| 3.3.3 | Prüfung der Schweißbarkeit | 155 |
| 3.3.4 | Gefügebau der Schweißnaht | 155 |
| 3.3.5 | Einflüsse auf das Werkstoffverhalten | 160 |
| 3.3.6 | Schweißverfahren | 164 |
| 3.3.7 | Spezifische Schweißverfahren im Bauwesen | 170 |
| 3.4 | Korrosion und Korrosionsschutz | 173 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.4.1 | Allgemeines zur Korrosion metallischer Werkstoffe | 173 |
| 3.4.2 | Korrosionsprozess | 175 |
| 3.4.3 | Korrosionsmechanismen | 179 |
| 3.4.4 | Korrosion der Metalle in wässrigen Medien | 180 |
| 3.4.5 | Passivität und Inhibition | 186 |
| 3.4.6 | Erscheinungsformen der Korrosion | 187 |
| 3.4.7 | Korrosion des Baustahls an der Atmosphäre | 196 |
| 3.4.8 | Korrosion des Betonstahls und Spannstahls im Beton | 201 |
| 3.4.9 | Spannungsrissskorrosion als Sonderform der Spannstahlkorrosion | 208 |
| 3.4.10 | Korrosionsschutz | 209 |
| 4 | Organische Werkstoffe | 217 |
| 4.1 | Holz und Holzwerkstoffe | 217 |
| 4.1.1 | Holz | 217 |
| 4.1.2 | Aufbau des Holzes | 217 |
| 4.1.3 | Eigenschaften von Holz | 220 |
| 4.1.4 | Sortierung von Holz | 228 |
| 4.1.5 | Festigkeitseigenschaften | 229 |
| 4.1.6 | Konstruktive Vollholzprodukte | 232 |
| 4.1.7 | Holzwerkstoffe | 236 |
| 4.1.8 | Eigenschaften von Holzwerkstoffen | 239 |
| 4.2 | Kunststoffe | 242 |
| 4.2.1 | Allgemeines | 242 |
| 4.2.2 | Bildungsreaktionen der Kunststoffe | 243 |
| 4.2.3 | Aufbau, Struktur und Aggregatzustände der Kunststoffe | 249 |
| 4.2.4 | Eigenschaften der Kunststoffe | 256 |
| 4.2.5 | Anwendungsgebiete der Kunststoffe im Bauwesen | 261 |
| 5 | Mineralische Werkstoffe | 269 |
| 5.1 | Lehm | 269 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1.1 | Allgemeines | 269 |
| 5.1.2 | Entstehung | 269 |
| 5.1.3 | Bestandteile und Beimengungen von Lehm | 270 |
| 5.1.4 | Materialeigenschaften | 272 |
| 5.1.5 | Prüfung von Baulehm | 281 |
| 5.1.6 | Anwendung von Lehm im Bauwesen (Lehmbau) | 282 |
| 5.1.7 | Ausblick | 285 |
| 5.2 | Mineralische Bindemittel | 286 |
| 5.2.1 | Allgemeines | 286 |
| 5.2.2 | Zement | 287 |
| 5.2.3 | Kalk | 319 |
| 5.2.4 | Gips | 323 |
| 5.2.5 | Magnesiabinder | 326 |
| 5.3 | Gesteinskörnungen | 327 |
| 5.3.1 | Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel | 328 |
| 5.3.2 | Normale und schwere Gesteinskörnungen | 329 |
| 5.3.3 | Leichte Gesteinskörnungen | 346 |
| 5.3.4 | Rezyklierte Gesteinskörnungen | 346 |
| 5.4 | Beton | 347 |
| 5.4.1 | Normalbeton | 347 |
| 5.4.2 | Konstruktiver Leichtbeton | 399 |
| 5.4.3 | Hochfester Beton | 407 |
| 5.4.4 | Stahlfaserbeton | 409 |
| 5.4.5 | Selbstverdichtender Beton | 414 |
| 5.4.6 | Ultrahochfester Beton | 418 |
| 5.4.7 | Sonstige Betone | 422 |
| 5.5 | Mauerwerk | 423 |
| 5.5.1 | Mauersteine | 423 |
| 5.5.2 | Mauermörtel | 436 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.5.3 | Aufgaben des Mauerwerks | 441 |
| 5.5.4 | Eigenschaften des Mauerwerks | 441 |
| 5.5.5 | Risse im Mauerwerk | 450 |
| 5.5.6 | Ausführung von Mauerwerk | 453 |
| 5.5.7 | Natursteinmauerwerk | 455 |
| 5.5.8 | Bewehrtes Mauerwerk | 459 |
| 5.6 | Technische Keramik | 460 |
| 5.6.1 | Allgemeines | 460 |
| 5.6.2 | Einteilung keramischer Werkstoffe | 461 |
| 5.6.3 | Eigenschaften technischer Keramiken | 463 |
| 5.6.4 | Herstellungsprozess von technischen Keramiken | 465 |
| 5.6.5 | Beispiele und Anwendungen technischer Keramiken | 469 |
| 5.7 | Technisches Glas | 474 |
| 5.7.1 | Einführung und bautechnische Bedeutung von Glas | 474 |
| 5.7.2 | Chemische Zusammensetzung und Struktur des Glases | 475 |
| 5.7.3 | Herstellung und Verarbeitung von Glas | 477 |
| 5.7.4 | Eigenschaften des Glases | 478 |
| 5.7.5 | Einteilung der technischen Gläser | 485 |
| 5.7.6 | Glas im Bauwesen | 486 |
| 5.7.7 | Konstruktionen aus Glas | 504 |
| 5.7.8 | Bemessungsansätze im Glasbau | 512 |
| 5.7.9 | Tragfähigkeitsversuche an Glaskonstruktionen | 515 |
| 5.7.10 | Entwicklungstendenzen beim Werkstoff Glas | 517 |
| 5.8 | Natürliche Mineralien und Gesteine | 519 |
| 5.8.1 | Abgrenzung zwischen Mineralen und Gesteinen | 519 |
| 5.8.2 | Minerale | 520 |
| 5.8.3 | Gesteine | 530 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 6 | Dämmstoffe | 547 |
| 6.1 | Systematisierung der Dämmstoffe | 547 |
| 6.1.1 | Anwendungsbereich und Anwendungstyp | 547 |
| 6.1.2 | Oberbegriff | 548 |
| 6.1.3 | Chemische Kategorie | 549 |
| 6.1.4 | Brandverhalten | 550 |
| 6.1.5 | Zellstruktur | 550 |
| 6.1.6 | Liefer- und Einbauform | 551 |
| 6.2 | Eigenschaften von Dämmstoffen | 551 |
| 6.2.1 | Rohdichte | 551 |
| 6.2.2 | Zellstruktur und Zellgröße | 551 |
| 6.2.3 | Druckfestigkeit und Druckspannung | 552 |
| 6.2.4 | Zugfestigkeit und Abreißfestigkeit | 552 |
| 6.2.5 | Wärmeleitfähigkeit | 552 |
| 6.2.6 | Wasserdampfdurchlässigkeit | 553 |
| 6.2.7 | Formbeständigkeit | 553 |
| 6.2.8 | Brandverhalten | 553 |
| 6.2.9 | Elastizität | 553 |
| 6.2.10 | Feuchteaufnahme und wasserabweisende Eigenschaft | 554 |
| 6.2.11 | Dynamische Steifigkeit | 554 |
| 6.2.12 | Zusammendrückbarkeit | 554 |
| 6.2.13 | Strömungswiderstand | 555 |
| 6.2.14 | Spezifische Wärmekapazität | 555 |
| 6.2.15 | Quell- und Schwindverhalten | 555 |
| 6.2.16 | Chemische Beständigkeit und Aggressivität | 556 |
| 6.2.17 | Bioresistenz | 556 |
| 6.2.18 | Irreversible Längenänderung | 556 |
| 6.3 | Charakterisierung der Dämmstoffe | 556 |
| 6.3.1 | Baumwolle | 556 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.3.2 | Calciumsilicat | 558 |
| 6.3.3 | Hanf | 560 |
| 6.3.4 | Hobelspäne, Holzspäne und Holzwolle | 561 |
| 6.3.5 | Holzfaser-Dämmplatten (Holzweichfaserplatten) | 562 |
| 6.3.6 | Holzwolle-Leichtbauplatten | 565 |
| 6.3.7 | Mehrschicht-Leichtbauplatten | 567 |
| 6.3.8 | Mineralfasern und Mineralwolle | 569 |
| 6.3.9 | Polyethylen-Schaum | 572 |
| 6.3.10 | Polystyrol-Hartschaum | 573 |
| 6.3.11 | Schaumglas | 576 |
| 6.3.12 | Zellulose-Dämmwolle | 577 |
| 7 | Zerstörungsfreie Prüfverfahren im Bauwesen | 581 |
| 7.1 | Einsatz der zerstörungsfreien Prüfung | 581 |
| 7.2 | Bewehrungsnachweis und Messung der Betonüberdeckung | 584 |
| | Literatur | 589 |
| | Stichwortverzeichnis | 613 |