

DIETMAR KLAUSEN | RUDOLF HOSCHIED
PETER LIEBLANG

TECHNO- LOGIE DER BAUSTOFFE

Handbuch für Studium und Praxis

15., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

VDE VERLAG GMBH

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Natursteine	1
1.1 Einteilung der Gesteine nach ihrer Entstehung	2
1.2 Geologische Formationen	2
1.3 Stoffliche Zusammensetzung der Gesteine	3
1.4 Arten und Eigenschaften der wichtigsten Gesteine in der Reihenfolge ihrer Entstehung	6
1.4.1 Erstarrungs- oder Eruptivgesteine (magmatische Gesteine)	7
1.4.1.1 Tiefengesteine (Plutonite)	7
1.4.1.2 Ganggesteine	8
1.4.1.3 Ergussgesteine (Vulkanite)	8
1.4.2 Ablagerungsgesteine (Sedimentgesteine)	10
1.4.2.1 Trümmergesteine (klastische Sedimente)	10
1.4.2.2 Ausscheidungsgesteine	11
1.4.3 Umwandlungsgesteine (metamorphe Gesteine)	13
1.4.3.1 Kristalline Umlagerungen	13
1.4.3.2 Chemische Umwandlung	13
1.4.4 Erze	14
1.5 Verarbeitung der Gesteine	15
1.5.1 Gewinnung im Steinbruch	15
1.5.2 Bearbeitung	16
1.5.2.1 Zerlegen der Gesteinsblöcke	16
1.5.2.2 Flächenbearbeitung	16
1.6 Zerstörungsursachen und Schutz der Gesteine	18
1.6.1 Physikalische Einflüsse	18
1.6.2 Atmosphärische, chemische und biologische Einflüsse	19

1.7	Verwendung der Natursteine im Bauwesen.....	20
1.7.1	Massivbauweise	20
1.7.1.1	Mauerwerk	20
1.7.1.2	Andere Massivarbeiten	24
1.7.2	Fassadenbekleidung	25
1.7.2.1	Verankerung der Platten > 0,12 m ²	25
1.7.2.2	Angemörtelte Platten mit Flächen < 0,12 m ²	27
1.7.2.3	Bekleidung mit Riemchen.....	28
1.7.2.4	Fugenausbildung.....	28
1.7.2.5	Anforderungen an das Plattenmaterial.....	29
1.7.3	Platten aus Naturstein für Außenbereiche.....	34
1.7.4	Pflastersteine aus Naturstein für Außenbereiche.....	36
1.7.5	Bodenplatten und Stufenbeläge aus Naturstein	38
1.7.6	Beton- und Straßenbaustoffe	38
1.7.7	Dichtungsstoffe	39
1.7.8	Lehm als Baustoff	39
1.8	Prüfung der Gesteine	41
1.8.1	Probenahme	41
1.8.2	Witterungsbeständigkeit	41
1.8.3	Festigkeitseigenschaften	48
2	Gesteinskörnungen.....	55
2.1	Einteilung der Gesteinskörnungen nach Herkommen und Verwendung	56
2.1.1	Gesteinskörnungen aus natürlichem Gestein	56
2.1.2	Industriell hergestellte Gesteinskörnungen	57
2.1.2.1	Hochofenschlacken (Herstellung s. a. Abschn. 7.1.1.3)	57
2.1.2.2	Steinkohlenaschen, -schlacken und -granulate	57
2.1.2.3	Sinterbims aus verschiedenen Grundstoffen	58
2.1.2.4	Gebrannte tonhaltige Zuschläge	58
2.1.2.5	Organische Stoffe	59
2.1.3	Natürliche oder industriell hergestellte Gesteinskörnungen für besondere Verwendung	59
2.1.4	Rezyklierte Gesteinskörnungen	60

2.2	Aufteilung nach Korngruppen	63
2.3	Güteanforderungen und Prüfverfahren	65
2.3.1	Probenahme	66
2.3.1.1	Einengung einer Sammelprobe mittels Riffelteiler	66
2.3.1.2	Einengung einer Sammelprobe durch Vierteln	67
2.3.2	Stoffliche Beschaffenheit	68
2.3.2.1	Eigenschaften des Einzelkorns	68
2.3.2.2	Eigenfeuchtigkeit	79
2.3.2.3	Schädliche Bestandteile	79
2.3.2.4	Zusätzliche Anforderungen an industriell hergestellte Gesteinskörnungen	92
2.3.2.5	Zusätzliche Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN 4226 Teil 100, Ausgabe 2002-02, und DIN EN 12620, Ausgabe 2013-07.....	93
2.3.2.6	Anforderungen an Herstellwerke und Beförderungsunternehmen von Gesteinskörnungen	94
2.3.2.7	Angaben für die Gesteinskörnung im Sortenverzeichnis und auf dem Lieferschein	97
2.3.3	Kornzusammensetzung	99
2.3.3.1	Allgemeines	99
2.3.3.2	Feine Gesteinskörnung	101
2.3.3.3	Eng gestufte grobe Gesteinskörnung	102
2.3.3.4	Weit gestufte grobe Gesteinskörnungen	103
2.3.3.5	Korngemische.....	103
2.3.3.6	Durchführung der Siebungen	104
2.3.3.7	Siebliniauftrag	106
2.3.3.8	Einflüsse der Kornzusammensetzung auf die Betoneigenschaften	109
2.3.3.9	Kennwerte der Sieblinien	111
2.4	Zusammensetzung von Korngemischen	113
2.4.1	Gesteinskörnungsgemische aus zwei Korngruppen (s. Tabelle 2.43)	114
2.4.1.1	Probierversahren	114
2.4.1.2	Rechnung mit zwei Unbekannten	114
2.4.1.3	Mischkreuzrechnung	115
2.4.2	Gesteinskörnungsgemische aus mehreren Korngruppen	115
2.4.3	Verbesserung von Korngemischen.....	117

3	Bindemittel, Mörtel und Estriche.....	119
3.1	Bindemittel.....	119
3.1.1	Gipsbinder und Gips-Trockenmörtel	119
3.1.1.1	Gips - Aufbereitung und Calzinierung.....	119
3.1.1.2	Gipsprodukte	121
3.1.1.3	Verarbeitung und Eigenschaften	123
3.1.1.4	Güteanforderungen und Prüfverfahren.....	124
3.1.1.5	Gipsplatten, Gipsfaserplatten und Gips-Wandbauplatten.....	126
3.1.2	Calciumsulfat-Binder und Calciumsulfat-Compositbinder.....	132
3.1.2.1	Stoffliche Zusammensetzung	133
3.1.2.2	Festigkeitsklassen	133
3.1.2.3	Prüfung der Eigenschaften.....	133
3.1.2.4	Anwendungen.....	134
3.1.3	Kaustische Magnesia und Magnesiumchlorid.....	134
3.1.4	Baukalk	135
3.1.4.1	Stoffliche Zusammensetzung und Begriffe.....	135
3.1.4.2	Herstellung und Erhärtungseigenschaften	136
3.1.4.3	Klassifizierung und Güteanforderungen.....	138
3.1.4.4	Prüfungen nach DIN EN 459-2.....	142
3.1.4.5	Konformität.....	144
3.1.4.6	Anwendungen von Baukalk.....	145
3.1.5	Zemente	145
3.1.5.1	Rohstoffe	146
3.1.5.2	Herstellung der Zemente (Abb. 3.6)	146
3.1.5.3	Erhärtung der Zemente	147
3.1.5.4	Genormte Zemente	152
3.1.5.5	Verwendungseigenschaften einiger Normalzemente nach DIN EN 197-1.....	165
3.1.5.6	Zemente für besondere Anwendungsgebiete.....	168
3.1.5.7	Konformität.....	171
3.1.5.8	Beförderung und Lagerung der Zemente	171
3.1.5.9	Sicherheit beim Umgang mit Zement	172
3.1.6	Hydraulische Boden- und Tragschichtbinder (HRB).....	172
3.1.7	Putz- und Mauerbinder (MC) (veraltete Bezeichnung PM-Binder)	173

3.1.8	Latent-hydraulische Stoffe und Puzzolane.....	174
3.1.8.1	Latent-hydraulische Stoffe.....	175
3.1.8.2	Puzzolane.....	175
3.2	Mörtel	177
3.2.1	Putzmörtel.....	177
3.2.1.1	Putzmörtel - Begriffe und Anforderungen.....	178
3.2.1.2	Einteilung der Putze	180
3.2.1.3	Putzgrund, Putzlagen, Putzdicken, Putzträger, Putzarmierung	181
3.2.1.4	Anforderungen an Putz.....	182
3.2.1.5	Putzweisen	183
3.2.1.6	Putzsysteme.....	187
3.2.1.7	Wärmedämmputzsysteme.....	187
3.2.1.8	Leichtputze.....	188
3.2.1.9	Brandschutzputze	188
3.2.1.10	Sanierputze	188
3.2.1.11	Kunstharzputze	189
3.2.2	Mauermörtel.....	189
3.2.2.1	Mörtelarten	191
3.2.2.2	Anforderungen an Mauermörtel	194
3.2.2.3	Spezielle Mauermörtel	197
3.2.2.4	Prüfung von Mauer- und Putzmörtel.....	197
3.2.3	Einpressmörtel für Spannglieder.....	199
3.3	Estriche.....	201
3.3.1	Definitionen.....	201
3.3.2	Estrichmörtel nach DIN EN 13318 und DIN EN 13813	203
3.3.2.1	Calciumsulfatestrich CA.....	204
3.3.2.2	Gussasphaltestrich AS	204
3.3.2.3	Magnesiaestrich MA	205
3.3.2.4	Zementestrich CT.....	205
3.3.2.5	Kunstharzestrich	207
3.3.3	Verbundestriche nach DIN 18560-3	207
3.3.4	Estriche auf Trennschicht nach DIN 18560-4	209
3.3.5	Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (Schwimmende Estriche) nach DIN 18560-2	211

3.3.6	Hochbeanspruchte Estriche (Industriestriche) nach DIN 18560-7	214
3.3.6.1	Hochbeanspruchter Gussasphaltestrich	215
3.3.6.2	Hochbeanspruchter Kunstharzestrich	216
3.3.6.3	Hochbeanspruchter Magnesiaestrich	216
3.3.6.4	Zementgebundener Hartstoffestrich	217
3.3.7	Prüfung von Estrichmörtel und Estrich.....	218
4	Beton.....	223
4.1	Normen	224
4.2	Betonbegriffe, Betonbezeichnungen.....	226
4.3	Klasseneinteilung des Betons	228
4.3.1	Expositionsklassen	228
4.3.2	Konsistenzklassen	228
4.3.3	Betonfestigkeitsklassen	231
4.3.4	Beispiel für Klassenbezeichnungen des Betons	232
4.3.5	Nachweis der Betoneigenschaften	233
4.4	Betonarten.....	233
4.4.1	Beton nach Eigenschaften	233
4.4.2	Beton nach Zusammensetzung	234
4.4.3	Standardbeton	234
4.5	Eigenschaften des Frischbetons und deren Prüfung.....	234
4.5.1	Verarbeitbarkeit und Konsistenz	234
4.5.1.1	Konsistenzprüfverfahren	235
4.5.1.2	Grünstandfestigkeit des Frischbetons	238
4.5.2	Frischbetonrohddichte (DIN EN 12350-6)	238
4.5.3	Luftporengehalt (DIN EN 12350-7).....	239
4.5.4	Frischbetontemperatur	240
4.6	Festlegung des Betons	240
4.6.1	Festlegung als Standardbeton	240
4.6.2	Festlegung nach Leistungsbeschreibung als Beton nach Eigenschaften oder nach Zusammensetzung	241

4.7	Grundanforderungen an die Betonausgangsstoffe	242
4.7.1	Zement	242
4.7.2	Gesteinskörnung	245
4.7.3	Mehlkorn- und Feinstsandgehalt	246
4.7.4	Zugabewasser	246
4.7.5	Betonzusätze	247
4.7.5.1	Zusatzstoffe	247
4.7.5.2	Zusatzmittel	248
4.8	Einflüsse auf die Betoneigenschaften	252
4.8.1	Zementfestigkeit.....	252
4.8.2	Wasserzementwert	252
4.8.3	Gefügedichte und Verdichtung	255
4.8.4	Erhärtungstemperatur	255
4.8.5	Feuchtigkeit	256
4.8.6	Betonalter	257
4.9	Anforderungen an den Beton	258
4.9.1	Grundanforderungen an die Betonzusammensetzung und Herstellung	258
4.9.2	Anforderungen in Abhängigkeit von den Expositionsklassen	258
4.9.2.1	Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften des Betons	259
4.9.2.2	Grenzwerte für den Mehlkorngehalt	260
4.9.3	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit	260
4.9.4	Anforderung bei Verwendung von Betonzusätzen	261
4.9.4.1	Verwendung von Zusatzstoffen	261
4.9.4.2	Verwendung von Zusatzmitteln	263
4.10	Entwerfen von Betonmischungen	263
4.10.1	Berechnung des Baustoffbedarfes	263
4.10.1.1	Ermittlung des w/z-Wertes	263
4.10.1.2	Ermittlung des Wasser- und Zementgehaltes	265
4.10.1.3	Ermittlung des Bedarfes an Gesteinskörnung	266
4.10.2	Berechnung der Mischerbeschickung	269
4.10.3	Überprüfung der Betonzusammensetzung	270

4.10.3.1	Überprüfung des Zementgehaltes	270
4.10.3.2	Überprüfung des w/z-Wertes und Wassergehaltes	271
4.10.3.3	Bestimmung der Stoffzusammensetzung bei erhärtetem Beton und Mörtel	271
4.10.4	Beispiele für den Entwurf von Betonmischungen	271
4.11	Eigenschaften des erhärteten Betons und deren Prüfung (Technologie des Festbetons)	279
4.11.1	Festigkeitseigenschaften	279
4.11.1.1	Druckfestigkeit	279
4.11.1.2	Zugfestigkeit (Heft 422 DAfStb)	288
4.11.1.3	Biegezugfestigkeit (DIN EN 12390-5, Ausgabe 2009-07)	289
4.11.1.4	Spaltzugfestigkeit (DIN EN 12390-6, Ausgabe 2010-09)	291
4.11.1.5	Festigkeitsverhältniszahlen.....	292
4.11.1.6	Oberflächenzugfestigkeit (z. B. DIN 1048-2)	293
4.11.1.7	Verschleißfestigkeit	294
4.11.1.8	Sonstige Festigkeiten	295
4.11.2	Undurchlässigkeiten	295
4.11.2.1	Porenraum, Wasseraufnahme, Wasseraufnahmekoeffizient (Heft 422, DAfStb)	295
4.11.2.2	Wasserundurchlässigkeit (DIN EN 12390-8 bzw. DIN 1048-5)	297
4.11.2.3	Wasserdampfundurchlässigkeit	299
4.11.2.4	Strahlenundurchlässigkeit	300
4.11.2.5	Gasundurchlässigkeit	300
4.11.3	Formänderungen	301
4.11.3.1	Schwinden und Quellen	301
4.11.3.2	Wärmedehnung	302
4.11.3.3	Formänderungen unter äußerer Lasteinwirkung	303
4.11.4	Widerstandsfähigkeit	305
4.11.4.1	Widerstand gegen Frost sowie Frost und Tausalz	305
4.11.4.2	Widerstand gegen hohe Temperaturen und Feuer	307
4.11.4.3	Widerstand gegen chemische Stoffe	308
4.11.4.4	Widerstand gegen hohen Verschleiß	311
4.12	Beton für besondere Anwendungsgebiete	312
4.12.1	Leichtbeton	312
4.12.1.1	Wärmedämmender Leichtbeton	312

4.12.1.2	Konstruktions-Leichtbeton (Abkürzung LC für Light Concrete)	312
4.12.2	Schwerbeton (Abkürzung HC für Heavy Concrete)	315
4.12.3	Hochfester Beton und Hochleistungsbeton	317
4.12.4	Massenbeton	318
4.12.5	Faserbeton	320
4.12.6	Straßenbeton	324
4.12.7	Sichtbeton	327
4.12.7.1	Schalungsvergüteter unbearbeiteter Sichtbeton	327
4.12.7.2	Oberflächenbearbeiteter Sichtbeton	328
4.12.7.3	Waschbeton (s. Abb. 4.26)	328
4.12.7.4	Fabrikfertige Sichtbetonflächen (Fassadenplatten)	329
4.12.7.5	Einteilung und Anforderungen an Sichtbeton nach DBV-Merkblatt „Sichtbeton“	329
4.12.8	Wasserundurchlässige Betonbauwerke	331
4.12.9	Selbstverdichtender Beton (SVB)	332
4.13	Mischen, Fördern und Verarbeiten des Betons	334
4.13.1	Lagerung, Bemessung und Zusammensetzung der Ausgangsstoffe	334
4.13.1.1	Zement	334
4.13.1.2	Gesteinskörnungen	334
4.13.1.3	Betonzusatzstoffe, Betonzusatzmittel, Zugabewasser	335
4.13.1.4	Mischen	335
4.13.2	Transportbeton und Trockenbeton	335
4.13.2.1	Transportbeton	335
4.13.2.2	Trockenbeton	336
4.13.3	Fördern, Einbringen und Verdichtungsverfahren	336
4.13.3.1	Fördern	336
4.13.3.2	Einbringen	337
4.13.3.3	Verdichtungsverfahren	337
4.13.4	Sondereinbring- und Verdichtungsverfahren	339
4.13.4.1	Pumpbeton	339
4.13.4.2	Spritzbeton (DIN EN 14487 Teil 1, Ausgabe 2006-03, und Teil 2, Ausgabe 2007-01, in Verbindung mit DIN 18551, Ausgabe 2010-02, bzw. E DIN 18551, Ausgabe 2013-07)	340
4.13.4.3	Schleuderbeton	342

4.13.4.4	Schockbeton	342
4.13.4.5	Vakuumbeton	342
4.13.4.6	Ausgussbeton	343
4.13.4.7	Unterwasserbeton	343
4.13.5	Ausbildung von Arbeitsfugen	343
4.13.6	Nachbehandlung des Betons	344
4.13.7	Verarbeiten des Betons unter extremen Temperaturen	346
4.13.7.1	Betonieren bei kühler Witterung und bei Frost	346
4.13.7.2	Betonieren bei heißem Wetter	349
4.13.7.3	Wärmebehandlung zur Erhärtungsbeschleunigung	349
4.14	Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen	350
4.14.1	Korrosionsschutz des Stahls im Beton	350
4.14.2	Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen	351
4.14.3	Grundsätze für den Korrosionsschutz der Bewehrung	353
4.14.4	Oberflächenschutzssysteme	354
4.14.5	Füllen von Rissen	355
4.15	Qualitäts- und Produktionslenkung	356
4.15.1	Qualitätssicherung	356
4.15.2	Produktionskontrolle	357
4.15.2.1	Erstprüfung (Eignungsprüfung)	358
4.15.2.2	Konformitätskontrolle (Übereinstimmungsprüfung)	358
4.15.3	Überwachungsprüfungen (Identitätsprüfungen) auf der Baustelle ...	365
4.15.4	Statistische Qualitätskontrolle	368
4.15.4.1	Zweck der statistischen Qualitätskontrolle	368
4.15.4.2	Grundlagen der Statistik	368
4.15.4.3	Ermittlung der Kennwerte	370
4.15.5	Statistische Auswertung bei der Anwendung des Betonfamilienkonzeptes	372
5	Keramische und mineralisch gebundene Baustoffe	379
5.1	Keramische Baustoffe (Ziegel- und Tonwaren).....	379
5.1.1	Rohstoffe	379
5.1.2	Einteilung der keramischen Baustoffe nach der Scherbenbeschaffenheit.....	379

5.1.3	Herstellung der Ziegel- und Tonwaren	380
5.1.4	Mauerziegel und Klinker	380
5.1.4.1	Mauerziegelarten	381
5.1.4.2	Anforderungen und Bezeichnungen	384
5.1.4.3	Verwendung von Mauerziegeln für Außenwandkonstruktionen	390
5.1.4.4	Mauerziegel und Klinker für Sonderzwecke.....	392
5.1.5	Ziegel für Decken und Vergusstafeln	395
5.1.5.1	Statisch mitwirkende Ziegel für Decken und Vergusstafeln nach DIN 4159	395
5.1.5.2	Statisch nicht mitwirkende Ziegel für Decken nach DIN 4160	397
5.1.5.3	Tonhohlplatten (Hourdis) und Hohlziegel nach DIN 278	398
5.1.6	Dachziegel.....	399
5.1.6.1	Dachziegelarten	399
5.1.6.2	Anforderungen.....	400
5.1.6.3	Ausführung von Ziegeldächern	402
5.1.7	Keramische Fliesen und Platten	404
5.1.7.1	Trockengepresste keramische Fliesen und Platten.....	405
5.1.7.2	Grobkeramische gesinterte Erzeugnisse	406
5.2	Kalk- und zementgebundene Erzeugnisse	410
5.2.1	Aus Mörtel durch Dampfhärtung gefertigte Wandbausteine	410
5.2.1.1	Kalksandsteine	410
5.2.1.2	Hüttensteine	417
5.2.1.3	Porenbetonsteine und Porenbetonbauteile	417
5.2.2	Wandbausteine und -platten aus Leichtbeton.....	422
5.2.2.1	Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton nach DIN V 18152-100	423
5.2.2.2	Hohlblöcke aus Leichtbeton nach DIN V 18151-100	426
5.2.2.3	Hohlwandplatten aus Leichtbeton nach DIN 18148	430
5.2.2.4	Unbewehrte Wandbauplatten aus Leichtbeton nach DIN 18162	430
5.2.3	Mauersteine aus Beton (Normalbeton) nach DIN V 18153-100	431
5.2.4	Sonstige vorgefertigte Beton- und Stahlbetonbauteile.....	433
5.2.4.1	Rohre aus Beton und Stahlbeton.....	433
5.2.4.2	Platten aus Beton (frühere Bezeichnung: Gehwegplatten).....	435
5.2.4.3	Pflastersteine aus Beton.....	435
5.2.4.4	Dach- und Formsteine aus Beton	435

5.2.4.5	Zwischenbauteile aus Beton für Stahlbeton- und Spannbetondecken	436
5.2.4.6	Betonwerksteine	436
5.2.4.7	Bordsteine aus Beton	436
6	Bauglas.....	439
6.1	Rohstoffe	439
6.2	Schmelzen und Formgebung	440
6.3	Eigenschaften der Gläser	440
6.4	Beschichtung und Oberflächenbehandlung von Glas	441
6.5	Flachglas.....	443
6.5.1	Floatglas (DIN EN 572-2)	443
6.5.2	Poliertes Drahtglas (DIN EN 572-3)	445
6.5.3	Gezogenes Flachglas (DIN EN 572-4)	445
6.5.4	Ornamentglas (DIN EN 572-5)	445
6.5.5	Drahtornamentglas (DIN EN 572-6)	446
6.5.6	Gartenbauglas (DIN 11525)	447
6.6	Profilbauglas mit oder ohne Drahteinlage (DIN EN 572-7)	447
6.7	Pressglas	448
6.7.1	Glassteine (DIN EN 1051).....	449
6.7.2	Betongläser (DIN EN 1051).....	449
6.7.3	Glasdachsteine.....	450
6.8	Sicherheitsgläser	450
6.8.1	Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas ESG (DIN EN 12150-1).....	453
6.8.2	Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas ESG-H (DIN EN 14179-1)	453
6.8.3	Chemisch vorgespanntes Kalknatronglas (DIN EN 12337).....	454
6.8.4	Teilvorgespanntes Kalknatronglas TVG (DIN EN 1863-1)	454
6.8.5	Verbundglas VG (DIN EN ISO 12543-3).....	455
6.8.6	Verbund-Sicherheitsglas VSG (DIN EN ISO 12543-2).....	455

6.9	Isoliergläser	456
6.9.1	Wärmeschutzgläser	458
6.9.2	Sonnenschutzgläser	460
6.9.3	Schallschutzgläser	462
6.10	Brandschutzgläser	463
6.11	Glasfasern	464
6.12	Schaumglas (CG)	466
6.13	Besondere Glasarten	467
6.13.1	Borosilicatglas.....	467
6.13.2	Glaskeramik.....	467
7	Baumetalle	469
7.1	Eisenwerkstoffe (Gusseisen und Stahl)	469
7.1.1	Roheisen	470
7.1.1.1	Ausgangsstoffe	470
7.1.1.2	Herstellung	471
7.1.1.3	Nebenprodukte der Roheisengewinnung	473
7.1.2	Gusseisen.....	473
7.1.2.1	Stahlguss.....	475
7.1.2.2	Gusseisen.....	476
7.1.2.3	Temperguss (GJMW und GJMB) nach DIN EN 1562	477
7.1.3	Stahl (Eisen-Knetlegierungen)	478
7.1.3.1	Herstellung von Stahl	478
7.1.3.2	Vergießen des Stahls.....	480
7.1.3.3	Formgebung des Stahls	481
7.1.4	Gefügebau von Eisen und Stahl.....	481
7.1.5	Beeinflussung der Stahleigenschaften	484
7.1.5.1	Einfluss der Eisenbegleiter und Legierungselemente	484
7.1.5.2	Kaltverformung.....	486
7.1.5.3	Wärmebehandlung.....	486
7.1.6	Mechanische Eigenschaften der Stähle.....	492
7.1.6.1	Zugversuch (DIN EN ISO 6892-1)	493
7.1.6.2	Härteprüfung	497

7.1.6.3	Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy (DIN EN ISO 148-1)	498
7.1.6.4	Dauerstandversuch	499
7.1.6.5	Dauerschwingversuch (DIN 50 100)	499
7.1.7	Einteilung der Stähle	500
7.1.7.1	Einteilung der Stähle in Hauptklassen nach DIN EN 10020	501
7.1.7.2	Bezeichnung der Stähle nach DIN EN 10027	502
7.1.7.3	Stähle für den Stahlbau	505
7.1.7.4	Stähle für den Massivbau	510
7.1.8	Korrosion und Korrosionsschutz	522
7.1.8.1	Ursachen der Korrosion	522
7.1.8.2	Erscheinungsformen der Korrosion	524
7.1.8.3	Korrosionsschutzmaßnahmen	525
7.2	Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	534
7.2.1	Aluminium	537
7.2.1.1	Gewinnung und Verarbeitung	537
7.2.1.2	Aluminium-Knetwerkstoffe und Aluminium-Gusswerkstoffe	538
7.2.1.3	Eigenschaften	540
7.2.1.4	Verarbeitungsweisen	542
7.2.1.5	Korrosionsverhalten	543
7.2.1.6	Anwendung im Bauwesen	543
7.2.2	Magnesium	544
7.2.2.1	Gewinnung und Aufbereitung	545
7.2.2.2	Anwendung von Magnesium und Magnesiumlegierungen	545
7.2.2.3	Eigenschaften	545
7.2.3	Kupfer	546
7.2.3.1	Gewinnung und Verarbeitung	547
7.2.3.2	Kupfer und Kupferlegierungen	547
7.2.3.3	Eigenschaften	549
7.2.3.4	Korrosionsverhalten	550
7.2.3.5	Anwendung im Bauwesen	550
7.2.4	Nickel	552
7.2.4.1	Gewinnung und Verarbeitung	552
7.2.4.2	Eigenschaften	552
7.2.4.3	Verwendung von Nickel und Nickellegierungen	553
7.2.5	Zink	554

7.2.5.1	Gewinnung und Aufbereitung	554
7.2.5.2	Zink und Zinklegierungen	555
7.2.5.3	Eigenschaften.....	555
7.2.5.4	Korrosionsverhalten	556
7.2.5.5	Anwendung im Bauwesen.....	558
7.2.6	Blei.....	559
7.2.6.1	Gewinnung und Verarbeitung	560
7.2.6.2	Eigenschaften.....	560
7.2.6.3	Korrosionsverhalten	560
7.2.6.4	Verwendung von Blei und Bleilegierungen	561
8	Holz und Holzwerkstoffe	563
8.1	Der Rohstoff Holz	563
8.2	Bau der Hölzer	564
8.2.1	Makroskopischer Bau des Holzes.....	564
8.2.2	Mikroskopischer Bau des Holzes.....	567
8.2.2.1	Tracheiden	567
8.2.2.2	Tüpfel	568
8.2.2.3	Parenchymzellen	568
8.2.2.4	Gefäße (Tracheen)	568
8.2.2.5	Libriformfasern (Sklerenchymfasern)	568
8.2.2.6	Feinbau der Zellwand (Ultrastruktur).....	569
8.3	Chemische Zusammensetzung der Hölzer	570
8.4	Physikalische Eigenschaften der Hölzer	571
8.4.1	Mechanische Eigenschaften.....	571
8.4.2	Hygrisch-thermische Eigenschaften.....	575
8.5	Vollholz	578
8.6	Holzwerkstoffe	587
8.6.1	Klebstoffe bzw. Bindemittel für die Herstellung von Holzwerkstoffen.....	587
8.6.2	Holzwerkstoffe auf Vollholzbasis.....	588
8.6.2.1	Balkenschichtholz (Duo- und Triobalken).....	588
8.6.2.2	Brettschichtholz (BSH, GL) nach DIN EN 14080:2013	589

8.6.3	Holzwerkstoffe nach DIN EN 13986	591
8.6.3.1	Holzwerkstoffe auf Basis von Furnier	591
8.6.3.2	Holzwerkstoffe auf Basis von Spänen und Fasern	599
8.6.3.3	Holzfaserverleimungen	605
8.7	Holzschädlinge	606
8.7.1	Pflanzliche Holzschädlinge	606
8.7.1.1	Echter Hausschwamm	609
8.7.1.2	Weitere Holz zerstörende Pilze	609
8.7.2	Holz zerstörende Insekten	610
8.8	Dauerhaftigkeit von Holz/Holzschutz	611
9	Bitumen und bitumenhaltige Baustoffe	621
9.1	Vorbemerkungen	621
9.2	Begriffe und Herkommen	622
9.2.1	Oberbegriffe	622
9.2.2	Bitumenbenennungen (teils nicht genormt)	622
9.2.3	Allgemeine Eigenschaften	624
9.3	Bitumen	624
9.3.1	Gewinnung	624
9.3.2	Anwendungsformen des Bitumens im Bauwesen	625
9.3.2.1	Bitumen („Heißbitumen“)	625
9.3.2.2	Bitumenhaltige Bindemittel	626
9.3.3	Prüfverfahren für bitumenhaltige Bindemittel	631
9.3.3.1	Nadelpenetration	631
9.3.3.2	Erweichungspunkt Ring-und-Kugel	632
9.3.3.3	Brechpunkt nach Fraaß	633
9.3.3.4	Duktilität	634
9.3.3.5	Weitere Prüfverfahren	635
9.4	Anwendung bitumenhaltiger Stoffe im Straßenbau und in verwandten Gebieten	635
9.4.1	Straßenbau	635
9.4.1.1	Vorschriften und Richtlinien	635
9.4.1.2	Begriffsbestimmungen	636

9.4.1.3	Bitumenhaltiges Mischgut	637
9.4.1.4	Bauelemente bitumenhaltiger Bauweisen.....	639
9.4.2	Anwendung bitumenhaltiger Stoffe im Wasserbau	647
9.4.3	Asphalteinbau in Steilkurven	649
9.4.4	Asphaltplattenbeläge.....	649
9.4.5	Wiederverwendung von Asphalt.....	649
9.4.6	Prüfung bitumenhaltiger Massen.....	650
9.5	Bitumenhaltige Stoffe im Bautenschutz.....	654
9.5.1	Bitumenbahnen	655
9.5.1.1	Bahnen für Dachdichtung	655
9.5.1.2	Bahnen für Bauwerksabdichtung.....	659
9.5.2	Stoffe und Massen zur Abdichtung von Bauwerken	660
9.5.2.1	Deckaufstrichmittel gegen Feuchtigkeit	660
9.5.2.2	Spachtelmassen aus Bitumen	660
9.5.2.3	Korrosionsschutzanstriche bei Stahlbauten.....	661
9.5.3	Vergussmassen.....	661
9.5.4	Sonstige Anwendungsgebiete bitumenhaltiger Stoffe	661
9.5.5	Prüfung der bitumenhaltigen Bahnen	662
10	Kunststoffe	665
10.1	Definitionen und Grundbegriffe.....	665
10.2	Einteilung der Kunststoffe	667
10.2.1	Thermoplaste.....	667
10.2.2	Duroplaste.....	668
10.2.3	Elastomere	668
10.3	Thermoplaste	669
10.3.1	Standardkunststoffe („Massenkunststoffe“).....	671
10.3.1.1	Polyethylen (PE)	671
10.3.1.2	Polypropylen (PP).....	673
10.3.1.3	Polystyrol (PS).....	674
10.3.1.4	Polyvinylchlorid (PVC)	675
10.3.2	Technische Thermoplaste (Ingenieur- oder Konstruktionskunststoffe).....	678

10.3.2.1	Polyamide (PA)	678
10.3.2.2	Polyethylenterephthalat (PET)	680
10.3.2.3	Polybutylenterephthalat (PBT).....	681
10.3.2.4	Polycarbonat (PC).....	682
10.3.2.5	Polymethylmethacrylat (PMMA)	683
10.3.2.6	Modifizierte Styrolpolymere	684
10.3.2.7	Polyoxymethylen oder Polyacetal (POM)	685
10.3.3	Hochleistungsthermoplaste	685
10.3.3.1	Polytetrafluorethylen (PTFE)	685
10.3.3.2	Polyimide (PI)	687
10.4	Duroplaste (Duromere).....	688
10.4.1	Phenol-Formaldehyd-Kondensationsharze (PF).....	689
10.4.2	Aminoplaste (Formaldehyd-Kondensationsharze).....	690
10.4.2.1	Harnstoff-Formaldehyd-Kondensationsharze (UF)	690
10.4.2.2	Melamin-Formaldehyd-Kondensationsharze (MF)	691
10.4.3	Ungesättigte Polyesterharze (UP)	692
10.4.4	Epoxidharze (EP)	693
10.4.5	Polyurethane (PUR)	695
10.4.5.1	PUR-Gießharze.....	696
10.4.5.2	PUR-Schaumstoffe.....	697
10.5	Elastomere.....	699
10.5.1	Permanent vernetzte Elastomere/Natur- und Synthese-Gummi	700
10.5.1.1	Naturkautschuk (NR).....	700
10.5.1.2	Synthesekautschuke (SR = Synthetic Rubber)	700
10.5.2	Reversibel vernetzte Elastomere/Thermoplastische Elastomere (TPE).....	703
10.6	Modifizierung von Kunststoffen	706
10.7	Spezielle Eigenschaften von Kunststoffen.....	708
10.7.1	Mechanische Eigenschaften.....	708
10.7.1.1	Festigkeit und Verformung bei Kurzzeitbeanspruchung	709
10.7.1.2	Zeitstandverhalten	710
10.7.1.3	Einfluss der Temperatur auf das mechanische Verhalten.....	711
10.7.2	Thermische Eigenschaften.....	714
10.7.2.1	Spezifische Wärmekapazität (Stoffwärme)	714

10.7.2.2	Wärmeleitfähigkeit	714
10.7.2.3	Wärmeausdehnung.....	715
10.7.2.4	Wärmeformbeständigkeit.....	715
10.7.2.5	Gebrauchstemperatur	716
10.7.3	Elektrische Eigenschaften	717
10.7.3.1	Elektrische/Dielektrische Eigenschaften	717
10.7.3.2	Elektrostatische Eigenschaften	718
10.7.4	Verhalten gegen Lösungsmittel und Chemikalien	718
10.7.4.1	Quell- und Löseverhalten	718
10.7.4.2	Chemikalienbeständigkeit.....	719
10.7.4.3	Permeation	721
10.7.4.4	Wasseraufnahme.....	721
10.7.4.5	Spannungsrisssbildung und Spannungsrissskorrosion.....	722
10.7.5	Brandverhalten	722
10.7.6	Alterungsbeständigkeit und biologische Resistenz	725
10.7.6.1	Alterungsbeständigkeit.....	725
10.7.6.2	Biologische Resistenz	726
10.8	Verarbeitung von Kunststoffen.....	726
10.8.1	Urformen	726
10.8.1.1	Urformen von Thermoplasten	727
10.8.1.2	Urformen von Duroplasten.....	730
10.8.1.3	Schäumen.....	731
10.8.2	Umformen	732
10.8.3	Spanende Bearbeitung	733
10.8.4	Fügen	734
10.8.5	Beschichten	736
10.8.6	Veredeln	736
10.8.7	Nachbehandlung	738
10.9	Anwendung der Kunststoffe im Bauwesen	738
10.9.1	Bautenschutz	738
10.9.1.1	Feuchtigkeitsschutz	738
10.9.1.2	Schall- und Wärmeschutz.....	741
10.9.2	Technischer Ausbau.....	741
10.9.2.1	Fassadenbekleidungen und Wandbauelemente	741

10.9.2.2	Dachelemente	741
10.9.2.3	Fenster und Türen	742
10.9.3	Installation, Gebäudetechnik und Gebäudeschutz	743
10.9.3.1	Versorgungsrohrleitungen	743
10.9.3.2	Entsorgungsrohrleitungen (innerhalb der Gebäudestruktur)	743
10.9.3.3	Fußboden-Heizungsrohre	744
10.9.3.4	Kanalrohre	744
10.9.3.5	Dränrohre und Sickerwasserrohre	744
10.9.4	Innenausbau	745
10.9.4.1	Bau- und Möbelplatten	745
10.9.4.2	Fußbodenbeläge	746
10.9.5	Kunststoffe im Erd-, Verkehrsweg- und Wasserbau	746
10.9.5.1	Geotextilien	746
10.9.5.2	Dichtungsbahnen für Bauwerksabdichtungen	748
10.9.6	Konstruktiver Ingenieurbau	748
10.9.6.1	Faserverbund-Kunststoffe für tragende Konstruktionen	748
10.9.6.2	Bauwerks-Auflager	749
10.9.7	Beton und Mörtel	750
10.9.7.1	Kunstharzgebundene Mörtel und Betone PC (polymer concrete)	750
10.9.7.2	Kunststoffmodifizierte Mörtel und Betone PCC (polymer cement concrete)	751
10.9.7.3	Kunstharzimpregnierte Mörtel und Betone PIC (polymer impregnated concrete)	752
11	Beschichtungen	753
11.1	Begriffe	753
11.2	Beschichtungsstoffe	755
11.2.1	Farbmittel	755
11.2.1.1	Farbstoffe	755
11.2.1.2	Pigmente	755
11.2.1.3	Bindemittel	757
11.3	Beschichtungen	758
11.3.1	Stoffe zur Untergrundvorbehandlung	758
11.3.2	Grundbeschichtungsstoffe	759

11.3.3	Spachtelmassen	759
11.3.4	Beschichtungsstoffe (Beschichtungssysteme)	760
11.3.4.1	Wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe (Beschichtungssysteme)	760
11.3.4.2	Lösemittelhaltige Beschichtungsstoffe (Beschichtungssysteme)	762
11.3.5	Hilfsstoffe für Beschichtungen	767
11.4	Auftragstechniken für Beschichtungen	768
11.4.1	Manuelles Beschichten	768
11.4.2	Spritzbeschichten	768
11.4.3	Industrielles Beschichten	769
11.4.4	Pulverbeschichten	770
11.5	Schäden an Beschichtungen	771
12	Dämmstoffe für Gebäude	773
12.1	Dämmstoffe für den Wärmeschutz	775
12.1.1	Dämmstoffarten	776
12.1.1.1	Organische Dämmstoffe aus synthetischen Rohstoffen	776
12.1.1.2	Anorganische Dämmstoffe aus synthetischen Rohstoffen	779
12.1.1.3	Organische Dämmstoffe aus natürlichen Rohstoffen	781
12.1.1.4	Anorganische Dämmstoffe aus natürlichen Rohstoffen	783
12.1.2	Eigenschaften von Wärmedämmstoffen	784
12.1.3	Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe	787
12.1.3.1	Werkmäßig hergestellte Produkte	787
12.1.3.2	An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmungen	792
12.1.3.3	Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)	793
12.1.3.4	Vakuum-Isolations-Paneele (VIP)	794
12.1.3.5	Transparente Wärmedämmung (TWD)	795
12.2	Dämmstoffe für den Schallschutz	796
12.2.1	Luftschalldämmung	796
12.2.2	Trittschalldämmung	798
12.3	Brandverhalten von Dämmstoffen	800

13 Fugendichtstoffe	805
13.1 Einteilung der Fugendichtstoffe	806
13.2 Elastische Fugendichtstoffe	808
13.3 Plasto-elastische Fugendichtstoffe.....	810
13.4 Plastische Fugendichtstoffe	810
13.5 Fugenvergussmassen	810
13.6 Fugenausbildung.....	811
13.7 Verarbeitung von Fugendichtstoffen im Hochbau.....	812
Stichwortverzeichnis	815