

<b>1</b>	<b>Betone mit besonderen Eigenschaften</b>	<b>15</b>
1.1	Hochfester Beton	15
1.1.1	Eigenschaften und Besonderheiten des hochfesten Betons	15
1.1.2	Zusammensetzung des hochfesten Betons	19
1.1.3	Verarbeitung und Nachbehandlung	22
1.1.4	Gütenachweis und Qualitätssicherung	23
1.1.5	Besonderheiten des ultrahochfesten Betons	24
1.1.5.1	Stoffliche Charakteristik eines reactive powder concretes 200	25
1.1.5.2	Festkörperparameter	25
1.2	Flüssigkeitsdichte Betone	26
1.2.1	Lastfälle und Regelwerke	26
1.2.2	Betone mit hohem Wassereindringwiderstand	28
1.2.3	Betone für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	30
1.3	Leichtbeton	33
1.3.1	Zusammensetzung des Leichtbetons	34
1.3.2	Leichte Gesteinskörnungen	36
1.3.3	Konstruktiver Leichtbeton	37
1.3.3.1	Eigenschaften und Besonderheiten des konstruktiven Leichtbetons	37
1.3.3.2	Zusammensetzung des konstruktiven Leichtbetons	44
1.3.3.3	Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung	46
1.3.3.4	Prüfung und Überwachung von konstruktivem Leichtbeton	47
1.3.3.5	Anwendungsgebiete	48
1.3.3.6	Selbstverdichtender Konstruktionsleichtbeton (SVLB)	49
1.3.4	Wärmedämmender Leichtbeton	49
1.3.4.1	Wärmedämmender Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge	51
1.3.4.2	Porenbeton	51
1.3.4.3	Porenleichtbeton (Schaumbeton)	52
1.3.5	Korrosionsverhalten des bewehrten Leichtbetons	53
1.4	Schwerbeton	55
1.4.1	Anforderungen an Schwerbeton	55
1.4.2	Schwerbeton als Strahlenschutzbeton	55
1.4.3	Ausgangsstoffe	59
1.4.4	Betonzusammensetzung	60
1.4.5	Verarbeitung	62
1.5	Faserbeton	62
1.5.1	Überblick und Vorschriften	63
1.5.2	Anwendungsgebiete	63
1.5.3	Faserarten und Faserformen	65
1.5.3.1	Fasern aus Stahl	65
1.5.3.2	Kunststofffasern (Polymerfasern)	66
1.5.3.3	Glasfasern	67
1.5.3.4	Kohlenstofffasern	67
1.5.3.5	Zellulosefasern	67
1.5.4	Wirkung der Fasern im Beton	68

1.5.4.1	Wirkung auf die Rissbildung	68
1.5.4.2	Wirkung der Faserform und der Verteilung	69
1.5.4.3	Mechanische Eigenschaften	70
1.5.4.4	Dauerhaftigkeit	72
1.5.5	Zusammensetzung und Verarbeitung des Faserbetons	73
1.5.5.1	Zusammensetzung des Faserbetons	73
1.5.5.2	Herstellung und Verarbeitung des Faserbetons	74
1.5.6	Stahlfaserbeton nach DAfStb-Richtlinie	75
1.5.6.1	Geltungsbereich	75
1.5.6.2	Faserauswahl und Leistungsklassen	75
1.5.6.3	Betonherstellung, Prüfungen, Überwachung	78
1.5.7	Glasfaserbeton	79
1.5.8	Beton mit Kunststofffasern	80
1.5.9	Einsatz von Fasern für den Brandschutz	80
1.5.10	Textilbewehrter Beton	81
1.5.10.1	Textilien	81
1.5.10.2	Betonzusammensetzung	82
1.5.10.3	Vorteile des Textilbetons	82
1.5.11	Hochduktiler Beton mit Kurzfaserbewehrung	83
1.5.12	Fasern im Ultrahochleistungsbeton	84
1.6	Normalbetone für Temperaturen bis 250 °C	84
1.6.1	Auswirkungen von Temperaturen bis 250 °C auf Normalbeton	85
1.6.2	Veränderungen der Eigenschaften von Normalbetonen bei Temperaturen bis 250 °C	86
1.6.3	Berücksichtigung erhöhter Temperaturen bis 250 °C in der DIN 1045	86
1.7	Beton mit hohem Brand- und Feuerwiderstand	88
1.7.1	Betoneigenschaften bei extrem hohen Temperaturen	88
1.7.2	Planungsgrundlagen	91
1.7.3	Feuerbeton	94
1.8	Literatur	95

## 2

## Spezielle Betonierverfahren und -methoden

101

2.1	Spritzbetonieren	101
2.1.1	Vorschriften und Anwendungsgebiete	101
2.1.1.1	Begriffe und Vorschriften	101
2.1.1.2	Europäischer Normenkomplex »Spritzbeton«	102
2.1.1.3	Ausgangsstoffe	106
2.1.1.4	Eigenschaften und Anwendungsgebiete	107
2.1.1.5	Verstärkungen und Instandsetzung	108
2.1.2	Spritzbetontechnik	109
2.1.2.1	Rückprall	109
2.1.2.2	Veränderung der Zusammensetzung der Spritzbetonschicht	110
2.1.2.3	Anforderungen an den Düsenführer	112



2.1.2.4	Vorbehandlung der Auftragsfläche	115
2.1.2.5	Betondeckung	116
2.1.2.6	Nachbehandlung	117
2.1.2.7	Genauigkeit und Ebenflächigkeit	117
2.1.2.8	Farbgleichheit	119
2.1.2.9	Nachweise und Prüfungen	119
2.1.2.10	Anzahl der Prüfungen (Prüfdichte) nach DIN 18551, Tabelle 1	120
2.1.2.11	Spritznebel	120
2.1.3	Spritzbetonverfahren	122
2.1.3.1	Trockenspritzverfahren	122
2.1.3.2	Nassspritzverfahren	122
2.1.4	Maschinentechnik des Spritzbetons	124
2.1.4.1	Dünnstromförderung	124
2.1.4.2	Nassspritzverfahren (Dichtstromförderung)	124
2.1.4.3	Spritzdüsen	125
2.1.4.4	Betonspritzmaschinen	125
2.1.4.5	Treibluftversorgung	127
2.1.4.6	Dosiersysteme für Beschleuniger	127
2.1.4.7	Stahlfaserzugabegeräte	128
2.2	Vakuumieren des Betons	129
2.2.1	Wirkungsweise der Vakuumbehandlung	130
2.2.2	Technische Ausrüstung und Durchführung	132
2.2.3	Vorteile des Vakuumierens	134
2.3	Unterwasserbetonieren	134
2.3.1	Zusammensetzung des Unterwasserbetons	135
2.3.2	Verfahrensvarianten	137
2.4	Beton für Ortbetonbohrpfähle und Ortbetonrammpfähle	141
2.4.1	Pfahlsysteme	143
2.4.1.1	Ortbetonrammpfähle	143
2.4.1.2	Schraubpfähle	145
2.4.1.3	Verpresste Verdrängungspfähle	145
2.4.1.4	Mikropfähle	145
2.4.1.5	Pfahlsysteme nach Zulassung	146
2.4.1.6	Bohrpfähle	146
2.4.2	Anforderungen an die Betonbestandteile und an den Beton	149
2.4.3	Betoneinbau	153
2.4.4	Pfahl-Integritätsprüfungen	154
2.5	Beton für den Gleitbau	155
2.5.1	Gleitbauverfahren	155
2.5.2	Anforderungen an die Konstruktion	156
2.5.3	Anforderungen an den Beton	157
2.5.4	Betoneinbau	157
2.5.5	Oberfläche	158
2.5.6	Genauigkeiten	158
2.5.7	Frischbetondruck und Schalungsreibung im Gleitbau	159

2.5.7.1	Frischbetondruck	159
2.5.7.2	Schalungsreibung	159
2.6	Leichtverdichtbarer Beton (LVB)	161
2.6.1	Stoffliche Charakteristik	161
2.6.2	Frisch- und Festbetoneigenschaften	161
2.6.3	Anwendungen von leicht verdichtbarem Beton	162
2.7	Selbstverdichtender Beton (SVB)	163
2.7.1	Vorschriften	163
2.7.2	Stoffliche Charakteristik	163
2.7.2.1	Der Mehlikorntyp	164
2.7.2.2	Der Stabilisierertyp	165
2.7.2.3	Der Kombinationstyp	165
2.7.3	Frisch- und Festbetoneigenschaften	166
2.7.4	Anwendung von Selbstverdichtendem Betonen	167
2.7.5	Prüfungen und Abnahme auf der Baustelle	169
2.7.5.1	Prüfverfahren	169
2.7.5.2	Abnahme und Prüfung von SVB auf der Baustelle	178
2.7.6	Einbau von Selbstverdichtendem Beton	181
2.7.7	Frischbetonseitendruck bei Selbstverdichtendem Beton	182
2.7.8	Anforderungen an Schalung, Fugen, Dichtigkeit, Einbauteile, Auftriebssicherung	183
2.7.9	Überwachung beim Einbau von Selbstverdichtendem Beton	184
2.8	Literatur	185

### **3 Sonderaufgaben im Betonbau** 189

3.1	Betontechnische Maßnahmen bei der Herstellung massiger Bauteile (Massenbetonbau)	189
3.1.1	Auswirkungen der Wärmeentwicklung in dickeren Bauteilen	190
3.1.2	Betontechnologische und konstruktive Maßnahmen zur Verminderung der Rissgefahr	192
3.1.2.1	Zusammensetzung des Betons	192
3.1.2.2	Unterteilung der Konstruktion in Betonierabschnitte	193
3.1.2.3	Senkung der Frischbetontemperatur	196
3.1.2.4	Kühlung des erhärtenden Betons	197
3.2	Konstruktionen mit erhöhten Anforderungen an die Dichtigkeit	198
3.2.1	Wasserundurchlässige Bauwerke	198
3.2.1.1	Maßgebliche Beanspruchungen und Nutzungsklassen	198
3.2.1.2	Konstruktion	200
3.2.1.3	Fugenausbildung	202
3.2.1.4	Bauausführung und Überwachung	204
3.2.1.5	Selbstheilung der Risse	205
3.2.1.6	Bauen mit Elementwänden	206
3.2.2	Betonbau im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	208



3.2.2.1	Nachweis der Dichtigkeit	208
3.2.2.2	Konstruktion und Bauausführung	210
3.2.2.3	Überwachung	210
3.2.2.4	Maßnahmen nach der Beaufschlagung	211
3.3	Ausführung der Betonarbeiten unter Winterbedingungen	211
3.3.1	Auswirkungen des Winterwetters	212
3.3.1.1	Folgen der Einwirkung des Winterwetters	212
3.3.1.2	Phasen der Einwirkung tiefer Temperaturen	213
3.3.2	Maßnahmen für die Ausführung der Betonarbeiten im Winter	214
3.3.2.1	Mindesteinbautemperatur	215
3.3.2.2	Auswahl einer geeigneten Zusammensetzung für den Winterbeton (Winterrezepturen)	216
3.3.2.3	Ermittlung der Frischbetontemperatur	217
3.3.2.4	Zuführung von Wärme während des Herstellungs-, Verarbeitungs- und Erhärtungsprozesses	219
3.3.2.5	Verminderung der Wärmeverluste bei Transport, Förderung und Einbau des Frischbetons	220
3.3.2.6	Verminderung der Wärmeabgabe des erhärtenden Betons	222
3.3.2.7	Winterbetoniermethoden	223
3.3.3	Gefrierbeständigkeit des erhärtenden Betons	225
3.3.4	Ausschafffestigkeit und Ausschaltermine bei kühler Witterung	226
3.3.5	Kritische Temperaturdifferenzen	228
3.3.6	Qualitätsicherung	230
3.4	Durchführung der Betonarbeiten im Sommer und im heißen Klima	233
3.4.1	Wirkungen des heißen Wetters	234
3.4.2	Begrenzung der Frischbetontemperatur	235
3.4.3	Absenkung der Frischbetontemperatur	235
3.4.4	Einsatz von Splittereis	236
3.4.5	Kühlen durch flüssigen Stickstoff	238
3.4.6	Maßnahmen für das Betonieren bei heißem Wetter	238
3.5	Fahrbahndecken aus Beton	240
3.5.1	Anforderungen an den Straßenbeton	240
3.5.2	Zusammensetzung von Straßenbeton	244
3.5.3	Herstellung und Einbau des Straßenbetons	245
3.5.4	Weitere Erfordernisse bei Betondecken	247
3.5.5	Verkehrsfreigabe	248
3.5.6	Straßenbeton unter Verwendung von Fließmitteln	248
3.5.7	Befestigung von Straßen mit Walzbeton	248
3.6	Betonböden	249
3.6.1	Einwirkungen auf Betonböden	249
3.6.2	Konstruktion und Bemessung von Betonböden	250
3.6.3	Hinweise zur Ausführung von Betonböden	254
3.7	Architektonische Gestaltung der Oberflächen der Betonbauteile	256
3.7.1	Architektur und Sichtbeton	256
3.7.2	Begriffe und Abgrenzungen	261

3.7.3	Durch die Schalhaut gestaltete Betonoberflächen (Sichtbeton)	263
3.7.3.1	Anforderungen an Sichtbetonoberflächen	263
3.7.3.2	Grundlagen der Planung von Sichtbeton	264
3.7.3.2.1	Das Sichtbetonteam	264
3.7.3.2.2	Ausschreibung von Sichtbeton	264
3.7.3.2.3	Das DBV/VDZ-Merkblatt »Sichtbeton«	266
3.7.3.2.4	Spezielle Angaben in Ausschreibungen für Fertigteile	268
3.7.3.3	Ausführung von Sichtbetonbauteilen	269
3.7.3.3.1	Schalhaut und Betonfläche	269
3.7.3.3.2	Anordnung und Einbau der Bewehrung	275
3.7.3.3.3	Zusammensetzung und Einbau des Betons	276
3.7.3.3.4	Ausschalen und Nachbehandlung	280
3.7.3.3.5	Das System »Frischbeton-Trennmittel-Schalhaut«	280
3.7.3.3.6	Besondere Prüfungen für Sichtbeton	280
3.7.4	Nachträglich bearbeitete und behandelte Betonflächen	281
3.7.5	Verwendung eingefärbter Betonmischungen	284
3.7.6	Beurteilung und Abnahme von Sichtbetonflächen	287
3.7.6.1	Leistungsbeschreibung, Vertrag und Abnahmekriterien	287
3.7.6.2	Automatisierte Bildverarbeitung	288
3.7.6.3	Fehler, Abweichungen, Mängel	289
3.7.7	Nachträgliche Veränderungen der Betonoberfläche	292
3.8	Literatur	294

## 4 Zusammenstellung der Normen, Vornormen und Normentwürfe 299

4.1	Normen für die Betonausgangsstoffe	299
4.1.1	Zement	299
4.1.2	Gesteinskörnungen	299
4.1.3	Wasser und Betonzusätze	299
4.1.4	Betonstahl	300
4.2	Normen für Beton, Stahlbeton und Spannbeton	300
4.3	Richtlinien, zusätzliche Vorschriften	301
4.4	Prüfnormen und Prüfvorschriften	302
4.4.1	Zement	302
4.4.2	Gesteinskörnungen	302
4.4.3	Betonzusätze und Betonstahl	304
4.4.4	Frischbeton	304
4.4.5	Festbeton, Faserbeton, Beton in Bauwerken	305
4.5	Sonstige Normen	306