

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	V	
Vorwort	VII	
Formelzeichen und Abkürzungen	XXIII	
1	Definition und Einteilung	1
1.1	Betonarten	1
1.1.1	Betongefüge	2
1.1.2	Zuschlag	2
1.1.3	Bindemittel	3
1.1.4	Ort der Herstellung und Verwendung	3
1.1.5	Herstellverfahren	4
1.1.6	Bewehrung	6
1.1.7	Rohdichte und Druckfestigkeit	6
1.1.8	Beton mit besonderen Eigenschaften	6
1.1.9	Beton für bestimmte Anwendungsgebiete	7
1.2	Betonklassen	8
1.2.1	Festigkeitsklassen	8
1.2.2	Rohdichteklassen	9
1.3	Betongruppen	10
1.4	Betonsorten	10
2	Ausgangsstoffe	11
2.1	Zement	11
2.1.1	Begriffsbestimmung	11
2.1.1.1	Portlandzement	13
2.1.1.2	Hüttenzemente	13
2.1.1.3	Puzzolanzemente	13
2.1.1.4	Portlandkalksteinzement	14
2.1.1.5	Tonerdezement	14
2.1.1.6	Sonderzemente	14
2.1.2	Zementherstellung	17
2.1.3	Reaktionen des Zements mit dem Anmachwasser	19
2.1.3.1	Hydratphasen	19
2.1.3.2	Hydratationsprodukte	20
2.1.3.3	Hydratationsverlauf	21
2.1.3.4	Ansteifen und Erstarren	22
2.1.3.5	Aufbau des Zementsteins	23
2.1.4	Bautechnische Eigenschaften des Zements	28
2.1.4.1	Erhärten und Festigkeit	28

2.1.4.1.1	Zementfestigkeitsklassen	28
2.1.4.1.2	Festigkeitsentwicklung	30
2.1.4.1.3	Biegezugfestigkeit	33
2.1.4.2	Erstarren	34
2.1.4.3	Mahlfeinheit	35
2.1.4.4	Dichte und Schüttdichte	37
2.1.4.5	Raubeständigkeit	37
2.1.4.6	Chemische Widerstandsfähigkeit	38
2.1.4.7	Hydratationswärme	39
2.1.4.8	Formänderungen	41
2.1.4.9	Farbe	42
2.1.4.10	Wasserdurchlässigkeit	42
2.2	Zuschlag	43
2.2.1	Einteilung	44
2.2.2	Bezeichnung	45
2.2.3	Anforderungen	45
2.2.3.1	Allgemeine Anforderungen	45
2.2.3.2	Kornzusammensetzung	45
2.2.3.3	Kornform und Kornoberfläche	47
2.2.3.4	Festigkeit	48
2.2.3.5	Frostwiderstand	48
2.2.3.6	Schädliche Bestandteile	50
2.2.3.7	Zusätzliche Anforderungen an gebrochene Hochofenschlacke	53
2.2.3.8	Zusätzliche Anforderungen an künstlich hergestellten Leichtzuschlag	53
2.2.4	Zuschlagarten – Herstellung und Eigenschaften	54
2.2.4.1	Normalzuschlag	54
2.2.4.1.1	Übersicht	54
2.2.4.1.2	Eigenschaften	56
2.2.4.2	Leichtzuschlag	59
2.2.4.2.1	Zuschlag für Konstruktionsleichtbeton	59
2.2.4.2.2	Zuschlag für vorwiegend wärmedämmende Leichtbetone	63
2.2.4.3	Schwerzuschlag	64
2.3	Betonzusatzmittel	65
2.3.1	Begriffsbestimmung	65
2.3.2	Wirkungsgruppen	65
2.3.3	Anwendungsbereich	66
2.3.4	Allgemeine Anforderungen	67
2.3.4.1	Gleichmäßigkeit und Haltbarkeit	67
2.3.4.2	Verträglichkeit mit Beton und Bewehrung	67
2.3.4.3	Einfluß auf das Erstarren	68
2.3.4.4	Einfluß auf die Raumbeständigkeit	68
2.3.4.5	Einfluß auf den Luftgehalt des Betons	68
2.3.5	Besondere Anforderungen	68
2.3.6	Arten und Wirkung	69
2.3.6.1	Betonverflüssiger (BV) und Fließmittel (FM)	69
2.3.6.2	Luftporenbildner (LP)	73
2.3.6.3	Dichtungsmittel (DM)	74
2.3.6.4	Verzögerer (VZ)	75
2.3.6.5	Beschleuniger (BE)	78

2.3.6.6	Einpreßhilfen (EH) für Einpreßmörtel bei Spannbeton	79
2.3.6.7	Stabilisierer (ST)	80
2.3.7	Betonzusatzmittel für Sonderzwecke	80
2.3.7.1	Schaumbildner und Gasbildner	80
2.3.7.2	Entschäumer	82
2.3.7.3	Fettalkohol	82
2.3.7.4	Pilz-, keim- und insektentötende Zusatzmittel	83
2.3.7.5	Zusatzmittel zum Korrosionsschutz der Bewehrung	83
2.4	Betonzusatzstoffe	83
2.4.1	Begriffsbestimmung	83
2.4.2	Einteilung	83
2.4.3	Feinkörnige mineralische Zusatzstoffe	84
2.4.3.1	Inerte Stoffe	84
2.4.3.2	Puzzolanische Stoffe	85
2.4.3.2.1	Allgemeines	85
2.4.3.2.2	Steinkohlenflugasche	85
2.4.3.2.3	Silicastaub (silica fume, microsilica)	90
2.4.3.2.4	Auswirkung auf die Festbetoneigenschaften	91
2.4.3.3	Latent hydraulische Stoffe	93
2.4.4	Farbstoffe	94
2.4.5	Organische Stoffe	96
2.5	Zugabewasser	97
2.5.1	Begriffsbestimmung	97
2.5.2	Anforderungen	97
2.5.3	Beurteilung	97
2.5.4	Betontechnologische Vergleichsprüfungen	100
3	Betonzusammensetzung	101
3.1	Kornzusammensetzung des Zuschlags	101
3.1.1	Allgemeines	101
3.1.2	Sieblinien	102
3.1.3	Stetige und unstetige Kornzusammensetzung	102
3.1.3.1	Gegenüberstellung	102
3.1.3.2	Stetige Sieblinien	103
3.1.3.3	Sieblinien für Ausfallkörnungen	106
3.1.4	Kennwerte für die Kornverteilung und den Wasseranspruch	108
3.1.5	Zusammenstellung des Zuschlaggemisches	112
3.2	Betonaufbau	114
3.2.1	Wasseranspruch	114
3.2.1.1	Kornzusammensetzung	114
3.2.1.2	Kornform und Oberflächenbeschaffenheit des Zuschlags	115
3.2.1.3	Zementgehalt und Zementart	116
3.2.1.4	Betonzusätze	118
3.2.2	Wasserzementwert und Zementgehalt	119
3.2.2.1	Allgemeines	119
3.2.2.2	Beton mit bestimmter Festigkeit	120
3.2.2.3	Bewehrter Beton	123
3.2.2.4	Beton für Außenbauteile	124
3.2.2.5	Beton mit besonderen Eigenschaften	127

3.2.3	Feinststoffe (Mehlkorn und Feinstsand)	127
3.3	Mischungsentwurf	130
3.3.1	Berechnung	130
3.3.2	Eignungsprüfung	132
3.3.3	Beispiele	133
3.3.3.1	Beton B25, Regelkonsistenz	133
3.3.3.2	Beton mit hohem Frost- und Tausalz- widerstand für bewehrte Bauteile	135
4	Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung	139
4.1	Herstellung	139
4.1.1	Abmessen der Ausgangsstoffe	139
4.1.2	Frischbetontemperatur	140
4.1.3	Mischen	142
4.1.3.1	Allgemeines	142
4.1.3.2	Mischzeit	143
4.1.3.3	Intensivmischen	144
4.1.3.4	Zementleimvormischung	145
4.1.3.5	Transportbeton	145
4.1.3.6	Mischen mit Dampfzuführung	145
4.1.3.6.1	Begriff und Zweck	145
4.1.3.6.2	Dampfinjektion	146
4.1.3.6.3	Wärme- und Dampfbedarf	146
4.1.3.6.4	Zusammensetzung, Herstellung und Verarbeitung des Betons	147
4.1.3.7	Trockenbeton	148
4.2	Verarbeitung	148
4.2.1	Befördern des Betons	148
4.2.2	Fördern auf der Baustelle	150
4.2.2.1	Allgemeines	150
4.2.2.2	Pumpbeton	150
4.2.2.2.1	Anwendung	150
4.2.2.2.2	Betonzusammensetzung	151
4.2.2.2.3	Einrichtung und Betrieb	152
4.2.3	Vorbehandlung der Schalung	154
4.2.3.1	Allgemeines	154
4.2.3.2	Trennmittel	155
4.2.3.2.1	Wirkungsweise	155
4.2.3.2.2	Anforderungen	155
4.2.3.2.3	Trennmittelarten	155
4.2.3.2.4	Auftrag der Trennmittel	157
4.2.4	Einbringen	158
4.2.4.1	Allgemeines	158
4.2.4.2	Fließbeton	158
4.2.4.3	Schüttbody	159
4.2.5	Verdichten	159
4.2.5.1	Allgemeines	159
4.2.5.2	Verdichtungsarten	160
4.2.5.3	Rüttelverdichtung	161
4.2.5.3.1	Allgemeines	161
4.2.5.3.2	Innenrüttler	162

4.2.5.3.3	Außenrüttler	165
4.2.5.3.4	Oberflächenrüttler	168
4.2.5.4	Nachverdichten	169
4.2.5.5	Vakuumbehandlung	170
4.2.5.5.1	Verfahren	170
4.2.5.5.2	Zusammensetzung und Einbau des Betons	171
4.2.5.5.3	Betoneigenschaften	171
4.2.5.5.4	Anwendung	172
4.2.6	Arbeitsfugen	173
4.2.6.1	Allgemeines	173
4.2.6.2	Anordnung	173
4.2.6.3	Ausführung	174
4.3	Nachbehandlung	175
4.3.1	Allgemeines	175
4.3.2	Schutz gegen vorzeitiges Austrocknen	176
4.3.2.1	Bedeutung	176
4.3.2.2	Auswirkung	177
4.3.2.3	Maßnahmen	179
4.3.2.4	Verfahren	180
4.3.2.5	Dauer	181
4.3.3	Schutz gegen niedrige Temperaturen	183
4.3.3.1	Allgemeines	183
4.3.3.2	Frischbetontemperatur	183
4.3.3.3	Gefrierbeständigkeit	183
4.3.3.4	Frostschutzmittel	184
4.3.3.5	Schutz gegen schnelle Abkühlung	185
4.3.4	Schwingungen und Erschütterungen	185
4.3.4.1	Beton	185
4.3.4.2	Verbund der Bewehrung	186
4.4	Wärmebehandlung	187
4.4.1	Allgemeines	187
4.4.2	Einfluß der Temperatur, Reife	188
4.4.3	Arten der Wärmebehandlung	191
4.4.4	Zeitlicher Ablauf	191
4.4.4.1	Vorlagern	192
4.4.4.2	Erwärmen	193
4.4.4.3	Höchsttemperatur und Verweildauer	193
4.4.4.4	Nachbehandeln	195
4.4.4.5	Belasten	196
4.4.5	Verfahren	196
4.4.5.1	Dampfbehandlung	196
4.4.5.2	Warmluftbehandlung	196
4.4.5.3	Beheizen der Schalung	196
4.4.5.4	Infrarotbestrahlung	196
4.4.5.5	Elektrische Erwärmung	197
4.4.6	Betonzusammensetzung	197
4.4.6.1	Wassermenge und Konsistenz	197
4.4.6.2	Zement	198
4.4.6.3	Zuschlag und Zusätze	198
4.4.7	Betoneigenschaften	198

4.4.7.1	Druckfestigkeit	198
4.4.7.2	Zugfestigkeit	199
4.4.7.3	Wasserundurchlässigkeit	199
4.4.7.4	Verschleißwiderstand	199
4.4.7.5	Frostwiderstand, Frost- und Taumittelwiderstand und Widerstand gegen chemische Angriffe	199
4.4.7.6	Formänderungen	199
4.4.7.7	Verbund Beton – Bewehrung	200
4.5	Dampfhärtung	200
4.6	Tränkung (Imprägnieren)	202
4.6.1	Allgemeines	202
4.6.2	Kunststoffe	202
4.6.3	Schwefel	204
5	Frischbeton	205
5.1	Verarbeitung und Konsistenz	205
5.1.1	Begriffsbestimmung	205
5.1.2	Anforderungen und Einflüsse	205
5.1.2.1	Allgemeines	205
5.1.2.2	Wassergehalt und Wasserzementwert	206
5.1.2.3	Feinststoffe	206
5.1.2.4	Zuschlag	206
5.1.2.5	Zusatzmittel und Zusatzstoffe	207
5.1.3	Konsistenzmaße	208
5.1.3.1	Verdichtungsmaß	209
5.1.3.2	Ausbreitmaß	209
5.1.3.3	Setzmaß	210
5.1.3.4	VEBE-Grad	210
5.1.3.5	Auslaufzeit nach WERSE	210
5.1.3.6	Eindringmaße	211
5.1.4	Konsistenzbereiche	212
5.1.5	Fließbeton	214
5.1.5.1	Konsistenz	214
5.1.5.2	Ausgangsbeton	214
5.1.5.3	Dosierung des Fließmittels	215
5.1.5.4	Einbringen und Verdichten	215
5.1.5.5	Anwendung	216
5.1.6	Konsistenzentwicklung	216
5.2	Rohdichte	218
5.3	Luftgehalt	219
5.3.1	Allgemeines	219
5.3.2	Bestimmungsmethoden	220
5.3.2.1	Druckausgleichverfahren	220
5.3.2.2	Modifiziertes Druckausgleichverfahren	222
5.3.2.3	Volumetrisches Verfahren	222
5.3.2.4	Rechnerische Ermittlung	223
5.4	Grünstandfestigkeit	224
5.5	Schalungsdruck	226

5.6	Wasserabsondern – Absetzen	227
5.7	Frischbetonanalyse	228
5.7.1	Allgemeines	228
5.7.2	Wassergehalt	228
5.7.2.1	Darrversuch	229
5.7.2.2	KELLY-VAIL-Verfahren	229
5.7.2.3	Vakuumdestillation	229
5.7.3	Zementgehalt	230
5.7.3.1	Stoffraumrechnung	230
5.7.3.2	Auswaschversuch	230
5.7.3.3	RAM-Methode	231
5.7.3.4	Flotationsverfahren	232
5.7.4	Wasserzementwert	232
6	Junger Beton	235
6.1	Allgemeines	235
6.2	Verformungen	235
6.2.1	Chemisches Schrumpfen	235
6.2.2	Plastisches Schwinden	236
6.2.3	Wärmedehnzahl	238
6.3	Temperaturentwicklung infolge Hydratation	239
6.3.1	Adiabatischer Temperaturverlauf	239
6.3.2	Temperaturverlauf im Bauwerk	241
6.4	Festigkeit	245
6.5	Verformungseigenschaften	246
6.5.1	Dehnfähigkeit	246
6.5.2	Arbeitslinie und <i>E</i> -Modul	247
6.5.3	Relaxation	249
6.6	Reißneigung	249
6.6.1	Formänderungen der Schalung	249
6.6.2	Temperatureinflüsse	250
6.6.3	Austrocknung	251
7	Festbeton	253
7.1	Eigenschaften und deren Beeinflussung	253
7.2	Rohdichte	253
7.3	Porenraum	254
7.3.1	Allgemeines	254
7.3.2	Ermittlung	254
7.4	Druckfestigkeit	257
7.4.1	Allgemeines	257
7.4.2	Beeinflussung der Druckfestigkeit	258
7.4.2.1	Betonzusammensetzung	259
7.4.2.2	Erhärtungsbedingungen	259
7.4.3	Bestimmung der Kurzzeitdruckfestigkeit	259
7.4.3.1	Prüfkörper	259

7.4.3.2	Prüfeinflüsse	260
7.4.3.3	Feuchte und Temperatur	264
7.4.3.4	Vorbelastung	265
7.4.4	Streuung der Kurzzeit(Güte)festigkeit	265
7.4.5	Betonfestigkeitsklassen	267
7.4.5.1	Definition und Anforderungen	267
7.4.5.2	Nachweis	268
7.4.5.3	Annahmebedingungen	269
7.4.5.4	Zielfestigkeit für den Mischungsentwurf	271
7.4.6	Festigkeitsentwicklung	272
7.4.6.1	Allgemeines	272
7.4.6.2	Einflußgrößen	272
7.4.6.3	Nacherhärtung	274
7.4.7	Frühfestigkeit	275
7.4.8	Dauerstandfestigkeit	277
7.4.9	Dauerschwing(Druckschwell)festigkeit	278
7.4.9.1	Allgemeines	278
7.4.9.2	WÖHLERlinie	279
7.4.9.3	Druckschwellfestigkeit	280
7.4.9.4	Betriebsfestigkeit	281
7.4.10	Mehrachsiges Festigkeit	284
7.4.10.1	Kurzzeitfestigkeit	284
7.4.10.2	Dauerstand- und Druckschwellfestigkeit	286
7.4.11	Teilflächenbelastung	286
7.4.12	Bauwerksfestigkeit	287
7.4.12.1	Allgemeines	287
7.4.12.2	Bauwerks- und Gütefestigkeit	288
7.4.12.3	Beurteilung der Prüfergebnisse	288
7.4.12.4	Anwendungen	289
7.4.12.5	Prüfverfahren	289
7.4.12.5.1	Zerstörende Verfahren	289
7.4.12.5.2	Zerstörungsfreie Verfahren	290
7.4.13	Beschleunigte Festigkeitsprüfungen	295
7.4.14	Hochfester Beton (High strength concrete)	297
7.4.14.1	Ausgangsstoffe	297
7.4.14.2	Betonzusammensetzung	298
7.4.14.3	Verdichten	298
7.4.14.4	Nachbehandlung	298
7.4.14.5	Erreichbare Festigkeiten	299
7.4.14.6	Eigenschaften und Anwendung	299
7.5	Zugfestigkeit	300
7.5.1	Allgemeines	300
7.5.2	Beeinflussung der Zugfestigkeit	301
7.5.3	Biegezugfestigkeit	302
7.5.3.1	Bestimmung	302
7.5.3.2	Einflüsse	302
7.5.4	Spaltzugfestigkeit	304
7.5.5	Zentrische Zugfestigkeit	305
7.5.6	Festigkeitsverhältniszahlen	306
7.5.7	Mehrachsiges Zugfestigkeit	308

7.6	Schub-, Scher- und Torsionsfestigkeit	309
7.7	Schlagfestigkeit	309
7.8	Verbund Beton–Bewehrung	311
7.8.1	Allgemeines	311
7.8.2	Verbundfestigkeit	312
7.8.3	Auswirkungen	313
7.9	Formänderungen	313
7.9.1	Lastabhängige Formänderungen	313
7.9.2	Elastische Formänderungen	314
7.9.2.1	Arbeitslinie	314
7.9.2.1.1	Erstbelastung	314
7.9.2.1.2	Wiederholte Belastung	317
7.9.2.1.3	Einfluß von Temperatur und Feuchte	318
7.9.2.1.4	Faserbeton	318
7.9.2.1.5	Polymerisierter Beton	319
7.9.2.1.6	Zugbelastung	319
7.9.2.2	Arbeitsvermögen	321
7.9.2.3	Elastizitätsmodul	322
7.9.2.3.1	Definition und Bestimmung	322
7.9.2.3.2	Beeinflussung	324
7.9.2.3.3	Rechenwerte	326
7.9.2.3.4	Zeitliche Entwicklung	327
7.9.2.3.5	Zusammenhang statischer – dynamischer E -Modul	327
7.9.2.3.6	Zugbelastung	328
7.9.2.4	Querdehnzahl und Schubmodul	328
7.9.2.4.1	Querdehnzahl	328
7.9.2.4.2	Schubmodul	329
7.9.3	Kriechen und Relaxation	330
7.9.3.1	Allgemeines	330
7.9.3.2	Kriechmaß und Kriechzahl	331
7.9.3.3	Fließen	334
7.9.3.4	Fließzahl	335
7.9.3.4.1	Rechenwerte	335
7.9.3.4.2	Betonzusammensetzung	335
7.9.3.4.3	Belastungsalter und zeitlicher Verlauf	336
7.9.3.5	Verzögert elastische Verformung	337
7.9.3.6	Endkriechzahl	338
7.9.3.7	Einfluß des Belastungsalters	339
7.9.3.7.1	Junger Beton	339
7.9.3.7.2	Hohes Belastungsalter	340
7.9.3.8	Einfluß der Temperatur	340
7.9.3.8.1	Hohe Temperaturen	340
7.9.3.8.2	Niedrige Temperaturen	346
7.9.3.9	Zug-, Torsions- und Schwellbelastung	347
7.9.3.10	Spannungsrelaxation	348
7.9.4	Schwinden und Quellen	349
7.9.4.1	Allgemeines	349
7.9.4.2	Schwindmaß	351
7.9.4.3	Beeinflussung des Schwindmaßes	352
7.9.4.3.1	Austrocknungsbedingungen	352

7.9.4.3.2	Betonzusammensetzung	353
7.9.4.3.3	Wärmebehandlung	355
7.9.5	Temperaturverformungen	355
7.9.5.1	Allgemeines	355
7.9.5.2	Wärmedehnzahl	355
7.9.5.2.1	Zementstein	355
7.9.5.2.2	Zuschlag	357
7.9.5.2.3	Beton	357
7.9.5.3	Gefügespannungen	360
7.10	Dauerhaftigkeit	361
7.10.1	Allgemeines	361
7.10.2	Anforderungen an den Beton	362
7.11	Verschleißwiderstand	362
7.11.1	Allgemeines	362
7.11.2	Angriffsarten	362
7.11.2.1	Schleifende Beanspruchung	362
7.11.2.2	Rollende Beanspruchung	363
7.11.2.3	Prallbeanspruchung durch Schüttgüter und Flüssigkeiten	363
7.11.3	Beeinflussung	364
7.11.3.1	Druckfestigkeit	364
7.11.3.2	Betonzusammensetzung	364
7.11.3.3	Verarbeitung	365
7.11.3.4	Nachbehandlung	366
7.12	Dichtheit gegen Flüssigkeiten und Gase	366
7.12.1	Allgemeines	366
7.12.2	Dichtheit gegen Wasser	367
7.12.2.1	Einflüsse und Beurteilung	367
7.12.2.2	Prüfung	368
7.12.2.3	Wasserundurchlässiger Beton	369
7.12.2.3.1	Herstellung	369
7.12.2.3.2	Zusammensetzung	369
7.12.2.3.3	Konsistenz, Verarbeitung und Nachbehandlung	370
7.12.3	Dichtheit gegen andere Flüssigkeiten	371
7.12.4	Dichtheit gegen Gase	371
7.12.4.1	Einflüsse und Beurteilung	371
7.12.4.2	Gasundurchlässiger Beton	372
7.13	Frostwiderstand und Frost- und Taumittelwiderstand	374
7.13.1	Allgemeines	374
7.13.2	Frostwiderstand	375
7.13.2.1	Frostwirkung	375
7.13.2.2	Beeinflussung	375
7.13.2.3	Betonzusammensetzung	375
7.13.3	Frost- und Taumittelwiderstand	376
7.13.3.1	Frost- und Taumittelwirkung	376
7.13.3.2	Beeinflussung	378
7.13.3.3	Luftporensystem	378
7.13.3.3.1	Wirkungsweise	378
7.13.3.3.2	Anforderungen und Kennwerte	378
7.13.3.3.3	Luftgehalt im Frischbeton	379

7.13.3.3.4	Erzeugung der Luftporen.....	379
7.13.3.4	Betonzusammensetzung.....	380
7.13.3.5	Beton mit sehr steifer Konsistenz.....	382
7.13.3.6	Zusätzliche Schutzmaßnahmen.....	383
7.14	Widerstand gegen chemische Angriffe.....	384
7.14.1	Allgemeines.....	384
7.14.2	Angreifende Stoffe und ihre Wirkung.....	384
7.14.2.1	Lösender Angriff.....	384
7.14.2.2	Treibender Angriff.....	395
7.14.3	Vorkommen der angreifenden Stoffe.....	396
7.14.3.1	Wasser.....	396
7.14.3.2	Böden.....	397
7.14.3.3	Gase.....	398
7.14.4	Beurteilung des Angriffsvermögens.....	398
7.14.4.1	Wasser.....	398
7.14.4.2	Böden.....	400
7.14.4.3	Gase.....	401
7.14.5	Beton mit hohem Widerstand.....	401
7.14.5.1	Allgemeines.....	401
7.14.5.2	Betonzusammensetzung.....	402
7.14.5.2.1	Zementart.....	402
7.14.5.2.2	Zuschlag.....	403
7.14.5.2.3	Zusatzstoffe.....	403
7.14.6	Schutzmaßnahmen und bauliche Ausbildung.....	404
7.15	Widerstand gegen Alkalireaktion.....	405
7.15.1	Ursache und Wirkung.....	405
7.15.2	Vorbeugende Maßnahmen.....	406
7.16	Verhalten bei tiefen und hohen Temperaturen.....	406
7.16.1	Tiefe Temperaturen.....	406
7.16.2	Hohe Temperaturen.....	407
7.16.2.1	Allgemeines.....	407
7.16.2.2	Beton für Gebrauchstemperaturen bis 250 °C.....	408
7.16.2.2.1	Betonzuschlag.....	408
7.16.2.2.2	Druckfestigkeit.....	410
7.16.2.2.3	Zugfestigkeit.....	414
7.16.2.2.4	Verbund Beton – Bewehrung.....	415
7.16.2.2.5	Formänderungen.....	415
7.16.2.2.6	Rechenwerte für E -Modul und Druckfestigkeit.....	418
7.17	Wärmeleitfähigkeit.....	419
7.18	Brandverhalten und Feuerwiderstand.....	419
7.19	Widerstand gegen radioaktive Strahlung.....	420
7.20	Korrosionsschutz der Bewehrung.....	421
7.20.1	Voraussetzungen.....	421
7.20.2	Einleitung der Korrosion.....	422
7.20.2.1	Carbonatisierung.....	422
7.20.2.1.1	Allgemeines.....	422
7.20.2.1.2	Carbonatisierungstiefe und -geschwindigkeit.....	422
7.20.2.2	Chloridkorrosion.....	427

7.20.2.2.1	Allgemeines	427
7.20.2.2.2	Chloridverteilung	428
7.20.2.2.3	Kritischer Chloridgehalt	432
7.20.3	Ausbreitung der Korrosion	434
7.20.3.1	Allgemeines	434
7.20.3.2	Bei Carbonatisierung	435
7.20.3.3	Bei Chlorideinwirkung	435
7.20.4	Anforderungen an den Beton	435
7.20.4.1	Allgemeines	435
7.20.4.2	Bei Chlorideinwirkung	437
7.21	Beständigkeit anderer Stoffe in Beton	438
8	Leichtbeton	443
8.1	Übersicht	443
8.2	Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge	443
8.2.1	Allgemeines	443
8.2.2	Tragverhalten	444
8.2.3	Festigkeits- und Rohdichteklassen	447
8.2.4	Betonzusammensetzung	448
8.2.4.1	Mischungsentwurf	448
8.2.4.2	Konsistenz	450
8.2.4.3	Kornzusammensetzung des Zuschlags	450
8.2.4.4	Wasseranspruch	450
8.2.4.5	Zementgehalt	450
8.2.5	Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung	451
8.2.5.1	Herstellung	451
8.2.5.2	Verarbeitung	452
8.2.5.3	Nachbehandlung	454
8.2.6	Festbetoneigenschaften	454
8.2.6.1	Druckfestigkeit und Rohdichte	454
8.2.6.2	Festigkeitsentwicklung	455
8.2.6.3	Dauerstand- und Druckschwellfestigkeit	455
8.2.6.4	Teilflächenbelastung	456
8.2.6.5	Zugfestigkeit	456
8.2.6.6	Formänderungen	456
8.2.6.7	Wärmeleitfähigkeit	458
8.2.6.8	Dichtheit gegen Wasser und Wasserdampf	460
8.2.6.9	Dauerhaftigkeit	460
8.2.6.10	Brandverhalten und Feuerwiderstand	461
8.3	Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge	462
8.3.1	Allgemeines	462
8.3.2	Betonzusammensetzung	462
8.3.2.1	Mischungsentwurf	462
8.3.2.2	Zuschlag	462
8.3.2.3	Wasseranspruch	463
8.3.2.4	Zementgehalt	463
8.3.3	Druckfestigkeit und Rohdichte	463
8.3.4	Elastizitätsmodul	464
8.3.5	Schwinden	464

8.3.6	Dichtheit und Korrosionsschutz der Bewehrung	465
8.3.7	Verbund Beton – Bewehrung	465
8.3.8	Wärmeleitfähigkeit	465
8.3.9	Wasserdampfdurchlässigkeit	465
8.3.10	Frostwiderstand	465
9	Spritzbeton	467
9.1	Allgemeines	467
9.2	Ausgangsstoffe und Betonzusammensetzung	468
9.2.1	Ausgangsstoffe	468
9.2.1.1	Zement	468
9.2.1.2	Zuschlag	468
9.2.1.3	Zusatzmittel	468
9.2.1.4	Zusatzstoffe	472
9.2.2	Betonzusammensetzung	473
9.3	Herstellung und Verarbeitung	473
9.3.1	Trockenspritzverfahren	473
9.3.2	Naßspritzverfahren	474
9.3.3	Vergleich der Verfahren	474
9.4	Festbetoneigenschaften	475
9.4.1	Allgemeines	475
9.4.2	Druckfestigkeit	476
9.4.3	Verformungsverhalten	478
9.5	Faserspritzbeton	481
9.5.1	Allgemeines	481
9.5.2	Anwendung	481
9.5.3	Faserwerkstoffe	481
9.5.4	Herstellung und Verarbeitung	481
9.5.5	Festbetoneigenschaften	482
10	Faserbeton	483
10.1	Allgemeines	483
10.2	Zusammenwirken von Fasern und Matrix	484
10.2.1	Ungerissene Matrix	484
10.2.2	Verhalten nach dem Anriß	484
10.3	Fasern	488
10.3.1	Stahlfasern	488
10.3.2	Glasfasern	489
10.3.3	Kunststofffasern	490
10.3.4	Kohlenstoff- und Zellulosefasern	492
10.4	Zusammensetzung	493
10.4.1	Beton	493
10.4.2	Fasern	493
10.5	Herstellung	494
10.6	Eigenschaften	495

10.6.1	Verhalten bei Druckbeanspruchung	495
10.6.2	Verhalten bei Zugbeanspruchung	495
10.6.3	Verhalten bei Biegebeanspruchung	497
10.6.4	Verhalten bei Schlag- und Stoßbeanspruchung	499
10.6.5	Verhalten bei Querkraft- und Torsionsbeanspruchung	500
10.6.6	Kriechen und Schwinden	502
10.6.7	Reißneigung bei behindertem Schwinden	502
10.6.8	Dauerhaftigkeit	502
10.6.9	Frostwiderstand, Frost- und Tausalz-widerstand	504
10.6.10	Hitzebeständigkeit	505
10.6.11	Verschleißwiderstand	505
10.7	Anwendung	506
Literaturverzeichnis		507
Stichwortverzeichnis		537