

**Gottfried Lohmeyer**

# **Beton-Technik**

Handbuch für betongerechte Planung und Ausführung

**Beton-Verlag**<sup>GmbH</sup>

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	13
1.1	Geschichtlicher Überblick .....	13
1.2	Begriffsbestimmungen .....	14
1.3	Bauvorschriften .....	15
1.4	Anforderungen bei Stahlbetonarbeiten .....	16
1.4.1	Baustellen .....	16
1.4.2	Transportbetonwerke .....	17
1.4.3	Fertigteilwerke .....	17
<b>2</b>	<b>Ausgangsstoffe</b> .....	18
2.1	Zemente .....	18
2.1.1	Zementarten .....	18
2.1.2	Eigenschaften der Zemente .....	19
2.1.3	Anwendungsbereiche der Zemente .....	21
2.1.4	Mischen von Zementen .....	22
2.2	Betonzuschläge .....	23
2.2.1	Zuschlagarten .....	23
2.2.2	Anforderungen an Normalzuschlag .....	23
2.2.3	Kornzusammensetzung .....	27
2.3	Betonzusätze .....	28
2.3.1	Zusatzstoffe .....	28
2.3.2	Zusatzmittel .....	29
2.4	Wasser .....	31
2.5	Betonstahl .....	32
2.5.1	Betonstahlsorten .....	32
2.5.2	Eigenschaften des Betonstahls .....	34
2.5.3	Prüfen des Betonstahls .....	35
<b>3</b>	<b>Verarbeitbarer Beton – Frischbeton</b> .....	36
3.1	Konsistenz und Verarbeitbarkeit .....	36
3.2	Wasserzementwert und Betonqualität .....	36
3.3	Luftporengehalt des Frischbetons .....	38
3.4	Mehlkorngehalt des Betons .....	40
3.5	Rohdichte .....	41
3.6	Bluten des Betons .....	41
3.7	Temperatur des Frischbetons .....	42
3.8	Betonzusammensetzung .....	43
<b>4</b>	<b>Erhärteter Beton – Festbeton</b> .....	45
4.1	Hydratationsvorgang .....	45
4.2	Druckfestigkeit des Betons .....	46
4.2.1	Entwicklung der Druckfestigkeit .....	46
4.2.2	Bestimmung der Druckfestigkeit .....	47
4.2.3	Festigkeitsklassen und Festigkeitsanforderungen .....	47
4.2.4	Rechenwerte der Betondruckfestigkeit .....	48

4.2.5	Beton B I .....	49
4.2.6	Beton B II .....	49
4.2.7	Prüfalter des Betons .....	49
4.2.8	Nacherhärtung .....	50
4.2.9	Frühfester Beton .....	50
4.2.10	Hochfester Beton .....	50
4.3	Zugfestigkeit des Betons .....	51
4.3.1	Biegezugfestigkeit .....	51
4.3.2	Spaltzugfestigkeit .....	53
4.3.3	Zentrische Zugfestigkeit .....	53
4.3.4	Oberflächenzugfestigkeit .....	54
4.4	Weitere Festigkeiten des Betons .....	55
4.4.1	Verbundfestigkeit .....	55
4.4.2	Schubfestigkeit .....	56
4.4.3	Durchstanzfestigkeit .....	57
4.4.4	Scherfestigkeit .....	58
4.4.5	Schlagfestigkeit .....	58
4.4.6	Dauerfestigkeit .....	59
4.5	Reife des Betons .....	59
4.5.1	Reifegrad nach Saul .....	59
4.5.2	Wirksames Betonalter .....	60
4.5.3	Gewichtete Reife (CEMIJ-Methode) .....	61
4.6	Formänderungen des Betons .....	61
4.6.1	Volumenänderungen durch Wasserabstoßen .....	63
4.6.2	Dehnungen beim erhärtenden Beton .....	63
4.6.3	Spannungs-Dehnungslinien .....	63
4.6.4	Elastizitätsmodul .....	66
4.6.5	Querdehnung .....	69
4.6.6	Schubmodul .....	70
4.6.7	Schwinden und Quellen .....	70
4.6.8	Kriechen .....	75
4.6.9	Relaxation .....	78
4.6.10	Temperaturdehnung .....	79
4.6.11	Erwärmung des erhärtenden Betons .....	81
4.6.12	Zeitpunkt der maximalen Temperatur .....	83
4.6.13	Zeitpunkt des Temperatenausgleichs .....	83
4.7	Rißsicherheit des Betons .....	84
4.7.1	Dehnvermögen .....	84
4.7.2	Bruchdehnung .....	85
4.7.3	Schalenrisse durch ungleichmäßige Temperaturverteilung .....	87
4.7.4	Spaltrisse durch Absinken der mittleren Betontemperatur .....	88
4.7.5	Rißgefahr beim Austrocknen .....	90
4.8	Dichtigkeit des Betons .....	91
4.8.1	Kapillarporosität .....	92
4.8.2	Wasserundurchlässigkeit .....	93
4.8.3	Undurchlässigkeit gegenüber anderen Flüssigkeiten .....	100
4.8.4	Undurchlässigkeit gegenüber Gas .....	101
4.8.5	Abschirmung gegen Strahlen .....	102
4.9	Widerstandsfähigkeit des Betons .....	102
4.9.1	Gefrierbeständigkeit des Jungbetons .....	103
4.9.2	Außenbauteile in der Witterung .....	103

4.9.3	Korrosionsschutz für Betonstahl .....	104
4.9.4	Widerstand gegen chemischen Angriff .....	107
4.9.5	Verschleißwiderstand .....	110
4.9.6	Frostwiderstand .....	113
4.9.7	Frost-Tausalz-Widerstand .....	113
4.9.8	Beton für sehr tiefe Temperaturen .....	114
4.9.9	Beton für sehr hohe Temperaturen .....	115
4.9.10	Widerstand gegen Brandeinwirkung .....	116
4.10	Leit- und Dämmfähigkeit des Betons .....	119
4.10.1	Wärmeleitfähigkeit .....	119
4.10.2	Schalldämmung .....	119
4.10.3	Elektrische Leitfähigkeit .....	121
4.11	Leichtbeton .....	122
4.11.1	Festigkeitsklassen .....	123
4.11.2	Rohdichteklassen .....	123
4.11.3	Zusammensetzung .....	124
4.11.4	Elastizitätsmodul .....	125
4.11.5	Wasserundurchlässiger Leichtbeton .....	125
4.11.6	Kriechen .....	126
4.11.7	Schwinden .....	126
4.11.8	Temperaturdehnzahl .....	126
4.11.9	Wärmedämmfähigkeit .....	126
4.11.10	Haufwerkporiger Leichtbeton .....	127
4.11.11	Porenleichtbeton .....	129
4.12	Schwerbeton .....	131
4.12.1	Schwerzuschlag .....	132
4.12.2	Zusatzstoffe .....	133
4.12.3	Kristallwasser .....	133
4.13	Massenbeton .....	133
4.13.1	Eigenschaften .....	133
4.13.2	Ausgangsstoffe .....	134
4.13.3	Temperaturverlauf in Bauteilen .....	134
4.13.4	Verminderung der Rißgefahr .....	135
4.14	Faserbeton .....	135
4.14.1	Faserarten .....	136
4.14.2	Stahlfaserbeton .....	136
<b>5</b>	<b>Beton und Stahlbeton – Herstellung und Verarbeitung .....</b>	<b>138</b>
5.1	Allgemeine Regeln für das Konstruieren .....	138
5.1.1	Mindestbauteildicke .....	138
5.1.2	Mindestplatz für Bewehrungen .....	138
5.1.3	Rüttellücken und Betonieröffnungen .....	139
5.1.4	Obere Bewehrung .....	139
5.2	Allgemeine Regeln für die Ausführung .....	139
5.2.1	Arbeitsfugen .....	141
5.2.2	Sauberkeitsschicht .....	141
5.2.3	Abstandhalter .....	141
5.2.4	Bewehrungslage .....	142
5.2.5	Konsistenz .....	142
5.2.6	Zuschlaggrößtkorn .....	142

5.2.7	Betonbestellung .....	142
5.2.8	Hohe Bauteile .....	142
5.2.9	Nachbehandlung .....	142
5.3	Schalung .....	143
5.3.1	Oberflächenbeschaffenheit .....	143
5.3.2	Schalungsstöße .....	144
5.3.3	Schalungsanker .....	144
5.3.4	Trennmittel .....	145
5.3.5	Belastung der Schalung .....	146
5.3.6	Betondruck auf die Schalung .....	147
5.3.7	Sichtflächen .....	150
5.4	Einbau der Bewehrung .....	152
5.4.1	Lage der Bewehrung .....	153
5.4.2	Betondeckung der Bewehrung .....	153
5.4.3	Abstandhalter .....	156
5.4.4	Brandschutz .....	157
5.4.5	Bewehrung zur Beschränkung der Rißbreite .....	157
5.5	Verarbeiten des Betons .....	158
5.5.1	Befördern des Betons zur Baustelle .....	158
5.5.2	Fördern des Betons auf der Baustelle .....	158
5.5.3	Einbauen des Betons .....	161
5.5.4	Verdichten des Betons .....	162
5.5.5	Nachverdichten des Betons .....	162
5.6	Nachbehandeln des Betons .....	163
5.6.1	Nachbehandlungsverfahren .....	163
5.6.2	Dauer der Nachbehandlung .....	164
5.6.3	Leistungsbeschreibung für die Nachbehandlung .....	166
5.7	Ausschalfristen .....	166
5.7.1	Verlängerung der Ausschalfristen .....	167
5.7.2	Reihenfolge beim Ausschalen und Ausrüsten .....	167
5.7.3	Hilfsstützen .....	167
5.8	Besondere Verarbeitungsverfahren .....	168
5.8.1	Betonieren bei niedrigen Temperaturen .....	168
5.8.2	Betonieren bei hohen Temperaturen .....	169
5.8.3	Verzögerter Beton .....	169
5.8.4	Beton mit Fließmittel .....	171
5.8.5	Pumpbeton .....	173
5.8.6	Vakuumbeton .....	173
5.8.7	Walzbeton .....	174
5.8.8	Spritzbeton .....	175
5.8.9	Stahlfaserspritzbeton .....	176
5.8.10	Unterwasserbeton .....	177
5.8.11	Unterwasser-Injektionsbeton .....	179
<b>6</b>	<b>Ausführungstechnisch günstige Konstruktionen .....</b>	<b>181</b>
6.1	Einzel- und Streifenfundamente .....	181
6.1.1	Unbewehrte Fundamente .....	182
6.1.2	Bewehrte Fundamente .....	183
6.1.3	Sauberkeitsschichten .....	184
6.2	Fundamentplatten .....	184

6.2.1	Fundamentplatten-Unterseiten .....	184
6.2.2	Fundamentplatten-Oberseiten .....	186
6.2.3	Aufzug- und Pumpenschächte .....	186
6.3	Massige Bauteile .....	188
6.3.1	Betonierabschnitte bei massigen Bauteilen .....	189
6.3.2	Bautechnische Maßnahmen bei großen Bauabschnitten .....	190
6.4	Abdichtung gegen Grundwasser und Bodenfeuchte .....	190
6.4.1	Mindestdicken der Bauteile .....	190
6.4.2	Fugen in der Sohlplatte .....	191
6.4.3	Fugen zwischen Sohlplatte und Wand .....	193
6.4.4	Fugen in den Wänden .....	194
6.5	Wände und Stützen .....	196
6.5.1	Schalung für Wände .....	196
6.5.2	Unbewehrte Wände .....	198
6.5.3	Bewehrte Wände .....	198
6.5.4	Fallpolster .....	199
6.5.5	Anschlußbewehrung .....	199
6.5.6	Bewehrung für Wände und Stützen .....	200
6.5.7	S-Haken, U-Haken oder spezielle Abstandhalter .....	203
6.5.8	Lagenweiser Einbau .....	203
6.5.9	Einbringen mit Krankübel .....	203
6.5.10	Arbeitsbühnen .....	203
6.5.11	Zwischenwände .....	203
6.5.12	Lichtschächte .....	203
6.6	Balken, Decken und Treppen .....	204
6.6.1	Balken .....	204
6.6.2	Decken .....	206
6.6.3	Treppen .....	208
6.7	Schlußbemerkungen .....	208
<b>7</b>	<b>Besondere Anwendungsbereiche .....</b>	<b>210</b>
7.1	Pfahlgründungen .....	210
7.2	Senkbrunnengründungen .....	215
7.3	Baugrundverbesserungen .....	216
7.4	Baugrubensicherungen .....	218
7.5	Baugrubenabdichtungen .....	227
7.6	Tresoranlagen .....	228
7.7	Verkehrsflächen .....	229
7.8	Betonböden in Hallen und im Freien .....	234
7.9	Parkdecks .....	243
7.10	Räumerlaufbahnen in Kläranlagen .....	249
7.11	Brücken .....	250
7.12	Tunnel .....	252
7.13	Wasserbauwerke .....	254
7.14	Behälter für die Landwirtschaft .....	257

<b>8</b>	<b>Leistungsbeschreibungen</b> .....	262
8.1	Grundlage der Leistungsbeschreibung .....	262
8.2	Leistungsbeschreibung mit einem Leistungsverzeichnis .....	262
8.3	Nebenleistungen .....	262
8.4	Angaben in den Vorbemerkungen .....	262
8.5	Zusätzliche Vertragsbedingungen .....	263
8.6	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen .....	263
8.7	Beispiel für Leistungsverzeichnisse .....	263
	1. Beispiel: Leistungsverzeichnis für wasserdichte Bauwerke aus Beton .....	263
	2. Beispiel: Leistungsverzeichnis für Bauwerke in angreifendem Wasser .....	267
	3. Beispiel: Leistungsverzeichnis für Keller im Grundwasser (Weiße Wannen) .....	272
	4. Beispiel: Leistungsverzeichnis für Betonböden in Industriehallen .....	277
	5. Beispiel: Leistungsverzeichnis für gestaltete Betonflächen (Sichtbeton) .....	281
<b>9</b>	<b>Literatur</b> .....	286
<b>10</b>	<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	291