



edition beton

Weber

Ratschläge
für die richtige
Betonherstellung

25. Auflage

Guter Beton

VERLAG



BAU+TECHNIK

Guter Beton

Ratschläge für die richtige Betonherstellung

Guter Beton

Ratschläge für die richtige Betonherstellung

Prof. Dr.-Ing. Robert Weber, Kaarst

VLB-Meldung

Weber, Robert:

Guter Beton

Ratschläge für die richtige Betonherstellung

25. überarbeitete Auflage

Erkrath: Verlag Bau+Technik GmbH, 2019

eISBN 978-3-7640-0738-6

© by Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 1967

Gesamtproduktion: Verlag Bau+Technik GmbH,

Steinhof 39, 40699 Erkrath

www.verlagbt.de

Druck: Linsen Druckcenter GmbH

Vorwort zur 25. Auflage

In nun 60 Jahren hat sich „Guter Beton“ als unentbehrliche Arbeitshilfe erwiesen und ist zu einer der bekanntesten „Marken“ im Programm der Verlag Bau+Technik GmbH geworden. Im Jahre 1954 erschien erstmals ein Heft „Guter Beton“ im Rahmen der Merkblatt-Reihe der Bauberatung des damaligen Fachverbands Zement. Es enthielt schon damals die wesentlichen Regeln für eine sachgemäße Betonherstellung.

Aus dem ursprünglichen Merkblatt entstand 1967 in erweiterter Fassung die Broschüre „Guter Beton“ mit der Absicht, ein nützliches Nachschlagwerk für die tägliche Betonpraxis, aber auch eine leicht verständliche Darstellung für das Selbststudium und die Fachausbildung zu schaffen. Von Auflage zu Auflage sind Verbesserungsvorschläge aus der Praxis eingearbeitet worden.

Als die europäische Bauharmonisierung auch den Beton und seine Ausgangsstoffe erfasste, war „Guter Beton“ eine der ersten Schriften, welche konsequent auf die neue Normengeneration im Betonbau umgearbeitet wurde. So hat sich „Guter Beton“ während des Übergangs von der alten zur neuen Normengeneration im Betonbau als besonders wichtige und aktuelle Arbeitshilfe erwiesen.

Die starke Nachfrage machte nun erneut eine Neuauflage erforderlich, die gleichzeitig zur Berücksichtigung der zahlreichen Änderungen im europäischen und nationalen Regelwerk zu den Betonausgangsstoffen sowie zur Herstellung und Prüfung von Beton genutzt wurde.

Der Verlag Bau+Technik dankt an dieser Stelle dem Autor dieser Ausgabe für die kompetente Bearbeitung der Materie. Unser Dank gilt aber auch den Autoren früherer Ausgaben, nämlich Dipl.-Ing. Herbert Schwara, Dipl.-Ing. Rolf Soller (†) und Dipl.-Ing. Rudolf Tegelaar (†).

Ziel dieser 25. Auflage ist es auch weiterhin, zu einer technisch einwandfreien und wirtschaftlichen Betonherstellung beizutragen.

Düsseldorf, im Mai 2019

Verlag Bau+Technik GmbH

Inhaltsverzeichnis

1	Begriffsbestimmungen	13
2	Ausgangsstoffe des Betons	16
2.1	Zement	16
2.1.1	Arten und Bezeichnungen	16
2.1.2	Festigkeitsklassen der Zemente	19
2.2	Gesteinskörnungen	20
2.2.1	Arten und Bezeichnungen	21
2.2.2	Eigenschaften	22
2.3	Zugabewasser	30
2.4	Betonzusätze	30
2.4.1	Betonzusatzmittel	30
2.4.2	Betonzusatzstoffe	34
2.4.3	Fasern	34
3	Eigenschaften des Betons	35
3.1	Eigenschaften des Frischbetons	35
3.1.1	Konsistenz	35
3.1.2	Frischbetonrohichte	37
3.1.3	Temperatur	37
3.1.4	Luftgehalt	37
3.2	Eigenschaften des Festbetons	38
3.2.1	Druckfestigkeit	38
3.2.2	Korrosionsschutz der Bewehrung	39
3.2.3	Wasserundurchlässigkeit	40
3.2.4	Frostwiderstand, Frost-Taumittel-Widerstand	40
3.2.5	Widerstand gegen chemische Angriffe	41
3.2.6	Verschleißwiderstand	42
3.3	Formänderungen von Beton	42
3.4	Einflüsse auf Eigenschaften des Betons	44
3.4.1	Einflüsse des Zements	44
3.4.2	Einflüsse des Wasserzementwerts	44
3.4.3	Einflüsse der Gesteinskörnung	48
3.4.4	Einfluss der Zeit und der Temperatur auf die Konsistenz des Frischbetons	53
3.4.5	Einflüsse der Verdichtung	54
3.4.6	Einflüsse der Feuchtigkeit und der Temperatur auf den Festbeton	55
3.4.7	Einflüsse des Alters	57
4	Betonzusammensetzung	58
4.1	Standardbeton	58
4.1.1	Betonrezepte	59
4.1.2	Stoffmengen für eine Mischerfüllung	61
4.2	Beton nach Eigenschaften	61
4.2.1	Normanforderungen in Abhängigkeit von den Expositionsklassen	62
4.2.2	Verwendung von Steinkohlenflugasche und Silikastaub	68
4.3	Errechnen der Mischungsbestandteile	70
4.3.1	Stoffraumrechnung	71
4.3.2	Mischungsberechnung	74

5	Herstellen des Betons	80
5.1	Bereiten des Betons	80
5.1.1	Anlieferung und Lagerung von Zement, Gesteinskörnungen, Zusatzmitteln und Zusatzstoffen	80
5.1.2	Abmessen der Ausgangsstoffe	81
5.1.3	Mischen des Betons	82
5.2	Transportieren und Verarbeiten des Betons	83
5.2.1	Befördern von Beton zur Baustelle	83
5.2.2	Verarbeitungszeit	83
5.2.3	Fördern auf der Baustelle und Einbringen	83
5.2.4	Verdichten	84
5.3	Nachbehandeln	86
5.3.1	Zweck der Nachbehandlung	86
5.3.2	Nachbehandlungsverfahren	86
5.3.3	Nachbehandlungsdauer	87
5.4	Schalung	89
5.5	Betondeckung der Bewehrung	91
6	Qualitätssicherung	93
6.1	Produktionskontrolle beim Betonhersteller	93
6.1.1	Erstprüfung (Eignungsprüfung)	93
6.1.2	Überwachungsprüfungen bei der Betonherstellung	94
6.2	Überwachungsprüfungen durch das Bauunternehmen	97
7	Prüfungen	99
7.1	Zement	99
7.2	Prüfen der Gesteinskörnungen	99
7.2.1	Kornzusammensetzung	99
7.2.2	Feinanteile	102
7.2.3	Stoffe organischen Ursprungs	103
7.2.4	Oberflächenfeuchte	103
7.3	Prüfen des Betons	104
7.3.1	Konsistenz	104
7.3.2	Frischbetonrohddichte	108
7.3.3	Zementgehalt	108
7.3.4	Wassergehalt und Wasserzementwert	109
7.3.5	Luftgehalt	110
7.3.6	Druckfestigkeit	111
8	Schrifttum, Normen, Richtlinien, Merkblätter	117
9	Stichwortverzeichnis	120

Abkürzungen

A	Bis 20 M.-% Anteil eines Hauptbestandteils von Zement neben Portlandzementklinker
A8, A16, A32, A63	Untere Grenzsieblinie mit Angabe des Größtkorns
α_{tb}	Wärmedehnzahl (für Beton $10^{-5}/K$)
B	Bis 35 M.-% Anteil eines Hauptbestandteils von Zement neben Portlandzementklinker
B8, B16, B32, B63	Mittlere Grenzsieblinie mit Angabe des Größtkorns
BE	Beschleuniger
BV	Betonverflüssiger
c	Verdichtungsmaß
C0 bis C3	Konsistenzklassen festgestellt mit dem Verdichtungsmaß
C.../...	Druckfestigkeitsklassen für Normal- und Schwerbeton
C8, C16, C32, C63	Obere Grenzsieblinie mit Angabe des Größtkorns
CEM I	Portlandzement
CEM II	Portlandkompositzement
CEM II/S	Portlandhüttenzement
CEM II/D	Portlandsilikastaubzement
CEM II/P	Portlandpuzzolanzement aus natürlichem Puzzolan
CEM II/Q	Portlandpuzzolanzement aus künstlichem Puzzolan
CEM II/V	Portlandflugaschezement aus kieselsäurereicher Flugasche
CEM II/W	Portlandflugaschezement aus kalkreicher Flugasche
CEM II/T	Portlandschieferzement
CEM II/L//LL	Portlandkalksteinzement
CEM II/M	Portlandkompositzement
CEM III	Hochofenzement
CEM IV	Puzzolanzement
CEM V	Kompositzement
c_{min}	Mindestmaß der Betondeckung [mm]
c_{nom}	Nennmaß der Betondeckung [mm]
CR	Chromatreduzierer
c_v	Verlegemaß der Betondeckung [mm]
d, d_1, d_2	Ausbreitmaß [cm]
D	Silikastaub als Hauptbestandteil von Zement
D-Summe	Summe der Siebdurchgänge [M.-%]
DM	Dichtungsmittel
Δc_{dev}	Vorhaltemaß der Betondeckung [mm]
Δl	Verkürzung oder Dehnung eines Bauteils [m, mm]
ΔT	Temperaturdifferenz [K]
E	Elastizitätsmodul [N/mm ²]
EH	Zusatzmittel für Einpressmörtel
ϵ_{el}	Elastische Verformung [mm/m, %]

f	Gehalt an Steinkohlenflugasche [kg/m ³]
F	Kategorie der Frostwiderstandsfähigkeit der Gesteinskörnung
F1 bis F6	Konsistenzklassen festgestellt mit dem Ausbreitmaß [cm]
f _{c, cube}	Die am 150-mm-Würfel nach „Nasslagerung“ ermittelte Druckfestigkeit [N/mm ²]
f _{c, dry}	Die nach „Trockenlagerung“ ermittelte Druckfestigkeit [N/mm ²]
f _{c, dry (100 mm)}	Die am 100-mm-Würfel nach „Trockenlagerung“ ermittelte Druckfestigkeit [N/mm ²]
f _{c, dry, cube}	Die am 150-mm-Würfel nach „Trockenlagerung“ ermittelte Druckfestigkeit [N/mm ²]
f _{ci}	Einzelnes Prüfergebnis für die Druckfestigkeit [N/mm ²]
f _{ck, cube}	Die am 150-mm-Würfel nach 28 Tagen ermittelte charakteristische Druckfestigkeit [N/mm ²]
f _{ck, cyl}	Die am Zylinder nach 28 Tagen ermittelte charakteristische Druckfestigkeit [N/mm ²]
f _{cm}	Mittlere Druckfestigkeit [N/mm ²]
f _{cm, 2}	Mittlere Druckfestigkeit nach 2 Tagen [N/mm ²]
f _{cm, 28}	Mittlere Druckfestigkeit nach 28 Tagen [N/mm ²]
f _{cm, cube}	Mittelwert der an 150-mm-Würfeln nach „Nasslagerung“ festgestellten Durchfestigkeiten [N/mm ²]
f _{cm, dry, cube}	Mittelwert der an 150-mm-Würfeln nach „Trockenlagerung“ festgestellten Druckfestigkeiten [N/mm ²]
FM	Fließmittel
FE	Zement mit frühem Erstarren
g	Gehalt an Gesteinskörnung [kg/m ³]
h _{g,o}	Oberflächenfeuchte der Gesteinskörnung [M.-%]
HO	Zement mit erhöhtem Anteil an organischen Zusätzen
HS	Zement mit hohem Sulfatwiderstand (frühere Bezeichnung)
K	Körnungsziffer
k	Anrechenbarkeitswert von Betonzusatzstoffen
k _f	k-Wert zur Anrechnung von Flugasche
k _s	k-Wert zur Anrechnung von Silikastaub
L	Kennbuchstabe für Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit
L, LL	Kalkstein als Hauptbestandteil von Zement
LH	Zement mit niedriger Hydratationswärme
LP	Luftporenbildner
M.-%	Masse (Gewichts)prozent
m _{b,h}	Masse (Gewicht) des Frischbetons [kg]
m _{g,d}	Masse (Gewicht) der trockenen Gesteinskörnung [kg]
m _{g,h}	Masse (Gewicht) der feuchten Gesteinskörnung [kg]
m _w	Masse (Gewicht) des Wassers [kg]
m _z	Masse (Gewicht) des Zements [kg]

MS	Kategorie der Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit der Gesteinskörnung
N	Kennbuchstabe für üblich erhärtenden Zement (normal)
n	Anzahl
NA	Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt
O	Oberfläche [cm ²]
P	Natürliches Puzzolan als Hauptbestandteil von Zement
p	Luftgehalt [dm ³ , Vol.-%]
pH-Wert	Säuregrad wässriger Lösungen, Maß der Alkalität
Q	Künstliches Puzzolan als Hauptbestandteil von Zement
R	Kennbuchstabe für schnell erhärtenden Zement (rapid)
ρ	Dichte [kg/dm ³ , t/m ³]
$\rho_{b,h}$	Frischbetonrohddichte [kg/dm ³ , t/m ³]
ρ_g	Rohddichte der Gesteinskörnung [kg/dm ³ , t/m ³]
ρ_s	Schüttdichte [kg/dm ³ , t/m ³]
ρ_w	Dichte des Wassers [kg/dm ³ , t/m ³]
ρ_z	Dichte des Zements [kg/dm ³ , t/m ³]
RH	Recyclinghilfe für Waschwasser
s	Gehalt an Silikastaub [kg/m ³]
s	Mittleres Abstichmaß [cm]
S	Hüttensand als Hauptbestandteil von Zement
SB	Schaumbildner
SBE	Zusatzmittel für Spritzbeton
SE	Zement mit schnellem Erstarren
SR	Zement mit hohem Sulfatwiderstand
SR	Sedimentationsreduzierer
ST	Stabilisierer
σ	Spannung [N/mm ²]
σ	Standardabweichung (bei Druckfestigkeitsprüfung [N/mm ²])
T	Gebrannter Schiefer als Hauptbestandteil von Zement
V	Kieselsäurereiche Flugasche als Hauptbestandteil von Zement
V	Volumen [dm ³ , m ³]
V	Menge an abschlämmbaren Bestandteilen [cm ³]
VLH	Zement mit sehr niedriger Hydratationswärme
Vol.-%	Volumenprozent
VZ	Verzögerer
X0	Expositionsklasse für unbewehrten Beton ohne Korrosions- und Angriffsrisiko
XA	Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischen Angriff
XC	Expositionsklassen für Bewehrungskorrosion infolge Karbonatisierung
XD	Expositionsklassen für Bewehrungskorrosion durch Chloride (ausgenommen Meerwasser)

XF	Expositionsklassen für Frostangriff ohne und mit Taumittel
XM	Expositionsklassen für Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung
XS	Expositionsklassen für Bewehrungskorrosion durch Chloride aus dem Meerwasser
W	Kalkreiche Flugasche als Hauptbestandteil von Zement
w	Wassergehalt [kg/m^3]
ω ; w/z	Wasserzementwert
$(w/z)_{\text{eq}}$	äquivalenter Wasserzementwert
WA, WF, WO, WS	Feuchtigkeitsklassen der „Alkali-Richtlinie“
z	Zementgehalt [kg/m^3]

Griechische Buchstaben

α (Alpha)	Zeichen für Wärmedehnzahl
Δ (Delta)	Zeichen für Differenz
ε (Epsilon)	Zeichen für Verformung
ρ (Rho)	Zeichen für Dichte
σ (Sigma)	Zeichen für Spannung und Standardabweichung
ω (Omega)	Zeichen für Wasserzementwert

