

b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung

(Spezialqualifikation Hochbau)

Überblick über das Thema

- Grundlagen
- Ausgangsstoffe des Betons
- Betoneigenschaften
- Betonzusammensetzung und -herstellung
- Transport, Einbau, Verdichtung und Nachbehandlung des Betons
- Qualitätssicherung und Prüfung des Betons

1. Grundlagen

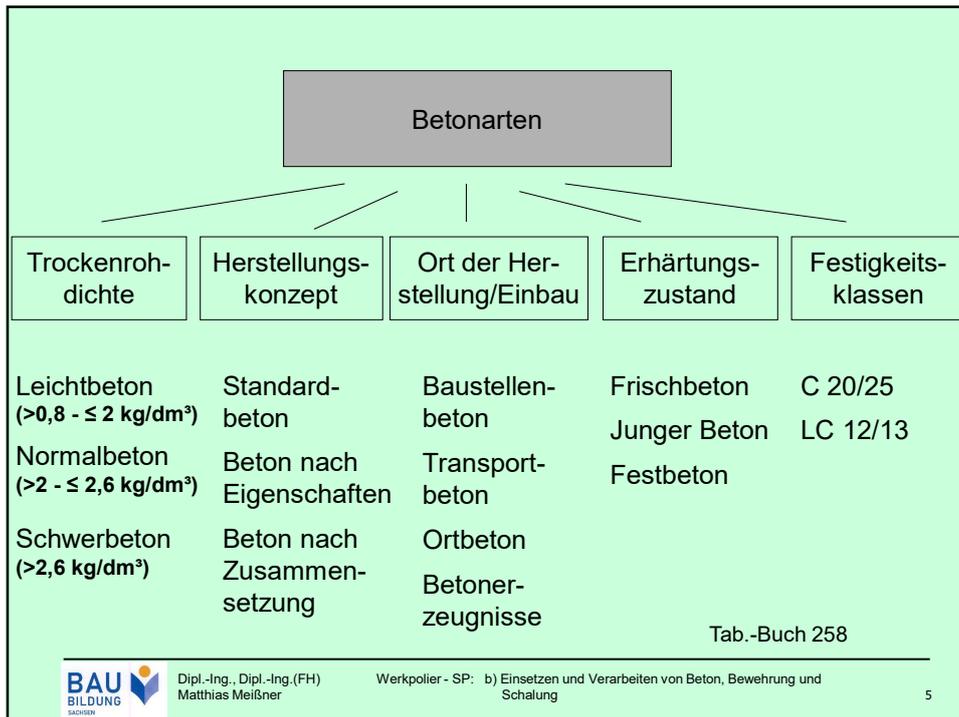
Begriff Beton

Beton wird aus Zement, Wasser, Gesteinskörnungen und Betonzusätzen hergestellt.

Dem Frischbeton wird eine Form gegeben, die er im erhärteten Zustand als künstlicher Stein beibehält.

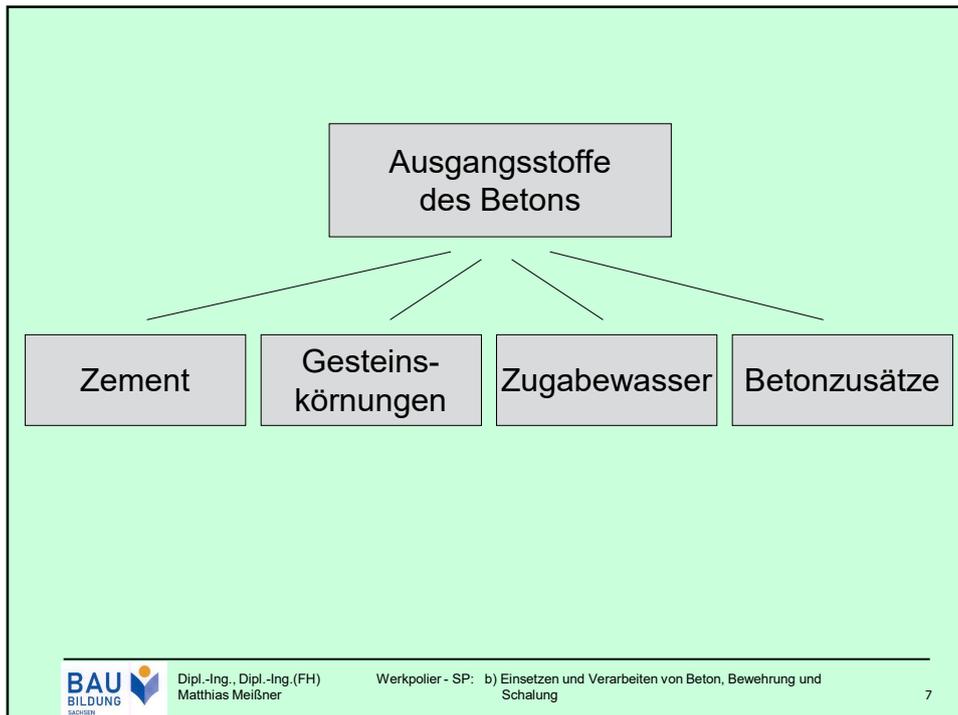
Zementestrich = Gemisch aus Zement, Wasser, und Gesteinskörnung mit einem Größtkorn bis 8 mm

Zementmörtel = Gemisch aus Zement, Wasser, und Gesteinskörnung mit einem Größtkorn bis 4 mm



2. Ausgangsstoffe für Beton


 Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH) Matthias Meißner
 Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung
6



Zement :

Hydraulisches Bindemittel für Mörtel und Beton.

Mit Wasser angemacht → Erhärtung durch Hydratation an der Luft als auch unter Wasser.

Der entstandene Zementstein ist wasserbeständig

Hydrat = Verbindung chemischer Stoffe mit Wasser

3. Stufen der Hydratation (Erhärungsreaktion):

1. Zement + Anmachwasser = Zementleim
(nach Wasserzugabe bis ca. 1 h)
2. Bindung des Wassers an die Außenflächen des Zementkorns = Zementgel
(ab 1 h bis ca. 24 h)
3. Völlige Umwandlung des Zementgels in hartes Gestein = Zementstein
(nach 24 h bis über 1 Jahr)

Einflüsse auf die Hydratation (Erhärungsreaktion) :

- Temperatur (Luft- und Betontemperatur)
- Wasserentzug bzw. Wasserzugabe
- Zementart (Zementzusammensetzung)
- Größe des Zementkorn (Oberflächengestalt)

Zementherstellung :

1. Rohstoffgewinnung (Kalk, Ton)
→ brechen, mahlen, mischen
2. Brennen bei ca. 1450 °C im Drehofen
→ Portlandzementklinker (Calciumsilikat)
3. Mahlen der Klinker in Rohr- bzw. Walzenmühlen
→ Zugabe von weiteren Zementbestandteilen
(Hüttensand, Trass, Flugasche, Kalksteinmehl
und ca. 5 % Gips)

5 Hauptarten von Zementen nach DIN EN 197-1

- CEM I Portlandzement
- CEM II Portlandkompositzement
- CEM III Hochofenzement
- CEM IV Puzzolanzement
- CEM V Kompositzement

Tab.-Buch 237

Neben Portlandzementklinker enthalten die Zemente CEM II – CEM V weitere Hauptbestandteile.

Hüttensand (S)
Silikastaub (D)
natürliches und künstliches Puzzulan (P, Q)
Kieselsäurereiche und kalkreiche Flugasche (V, W)
Gebrannter Schiefer (T)
Kalkstein (L)

Unterscheidung der Zemente nach den weiteren Hauptbestandteilen (Kurzzeichen) und nach dem Anteil dieser weiteren Hauptbestandteile (A, B, C)

Tab.-Buch 237

Festigkeitsklassen und Erhärungsverhalten von Zementen

Einteilung in Festigkeitsklassen :

22,5, 32,5, 42,5 und 52,5

(Mindestdruckfestigkeiten nach 28 Tagen) in N/mm²

Festigkeitsklassen und Erhärungsverhalten von Zementen

Erhärungsverhalten durch Kennbuchstaben :

N – Kennbuchstabe für normal erhärtende Zemente

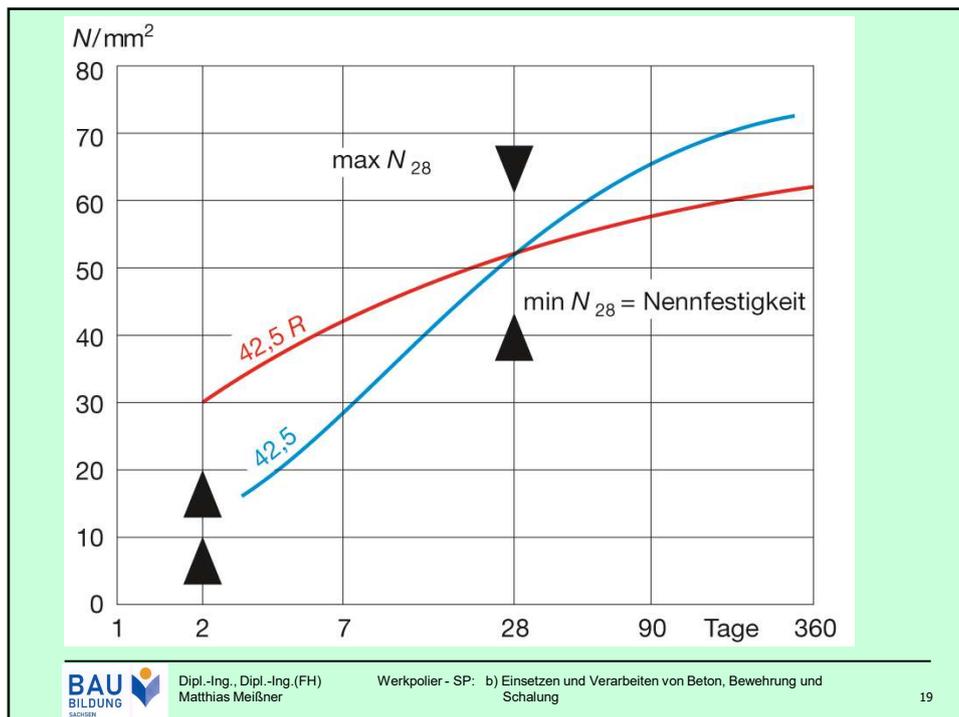
R – Kennbuchstabe für schnell erhärtende Zemente
 → hohe Frühfestigkeit – kurze Ausschulfristen
 → bei kühler Witterung schnelle Erhärtung

L – Kennbuchstabe für Hochofenzemente mit niedriger Anfangsfestigkeit
 → bei heißer Witterung
 → bei Massenbeton

Kennfarben für die Festigkeitsklassen des Zements

Festigkeits-klasse	Kennfarbe	Farbe des Aufdrucks
32,5 N	hellbraun	schwarz
32,5 R		rot
42,5 N	grün	schwarz
42,5 R		rot
52,5 N	rot	schwarz
52,5 R		weiß

Tabellenbuch Seite 238



Sonderzemente

Zemente mit besonderen Eigenschaften haben zu den Kurzzeichen folgende Kennbuchstaben

LH – Zement mit niedriger Hydratationswärme

VLH – Zement mit sehr niedriger Hydratationswärme (wird nur in Festigkeitsklasse 22,5 hergestellt)

→ Einsatz bei hohen Außentemperaturen und bei massigen Bauteilen

Sonderzemente

SR (früher HS) – Zement mit hohem Sulfatwiderstand

→ bei Böden und Wasser mit chemischen Stoffen
(Sulfate oder Beton in aggressivem Wasser)

NA – Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt

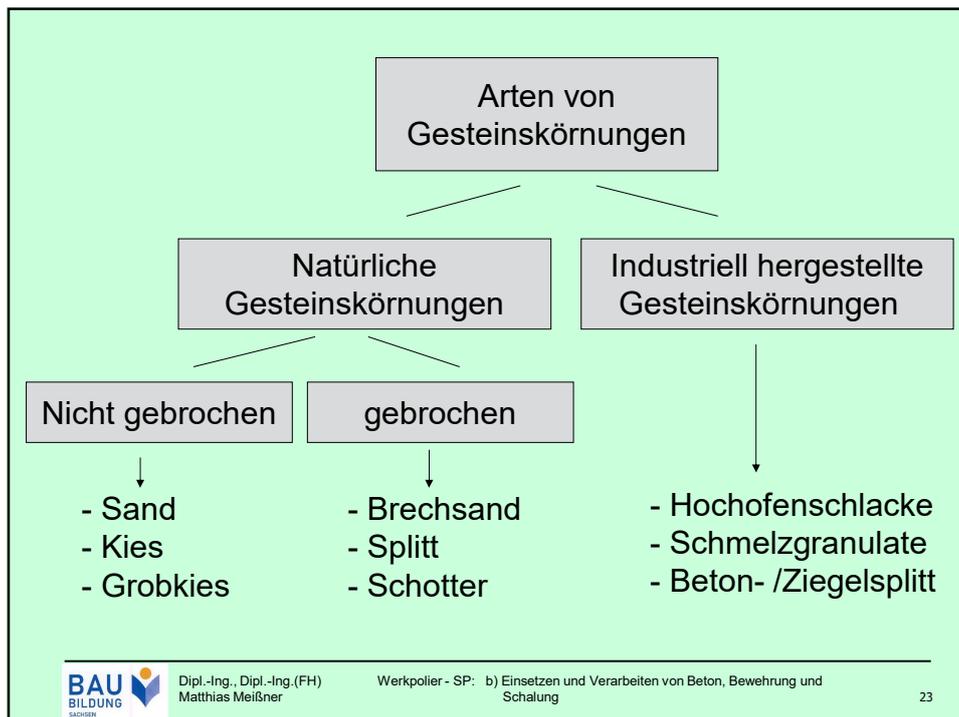
→ wenn Gesteinskörnungen alkaliempfindliche
Bestandteile enthalten

Gesteinskörnungen (Zuschlagstoffe) :

Gesteinskörnungen bilden im erhärteten Beton
das tragende Gerüst

Sie sind der höchste Mengenanteil im Beton und
zugleich der preiswerteste Anteil.

Die sorgfältige Auswahl ist mitbestimmend für
die Eigenschaften des Festbetons (Festigkeit,
Verschleißwiderstand).



Anforderungen an Gesteinskörnungen

- ausreichende Festigkeit

Verwitterte, schiefrige, weiche oder tonige Gesteine bzw. Gesteinsanteile sind ungeeignet.

→ Ritzprobe oder Hammerschlag

Anforderungen an Gesteinskörnungen

- hoher Frostwiderstand

für Betonbauteile, welche starker Durchfeuchtung
und häufigen Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt sind

→ Einfrieren der Gesteinskörnung unter Wasser
Ermittlung des Masseverlustes

Anforderungen an Gesteinskörnungen

- frei von Verunreinigungen

Lehm und Tonanhaftungen, Lehm- und Ton-
knollen vermindern die Festigkeit des Betons

→ Reiben der Probe zwischen den Händen
bzw. Abschlamm-/Absetzversuch in Wasser

Anforderungen an Gesteinskörnungen

organische Bestandteile (Mutterboden, Humus, Braunkohle) stören das Erstarren und Erhärten des Betons und führen zu Flecken und Absprengungen,
Aufschwemmen bei Verkehrsflächen

→ Untersuchung mit Natronlauge

Anforderungen an Gesteinskörnungen

alkaliempfindliche, kieselsäurehaltige Bestandteile – Schädigung des Zementsteins

→ chemische Untersuchung im Labor
→ Verwendung von NA-Zementen

Die Ri-Li Alkalireaktion des DAfStb ist zu beachten!

Anforderungen an Gesteinskörnungen

▪ Kornform

Kornform und Kornoberfläche bestimmen den Zement- und Wasserbedarf. Die Kornform hat zudem Einfluss auf die Verdichtungswilligkeit und auf die Druck und Biegezugfestigkeit des Betons.

Vergleich von Kornform und -oberfläche bezogen auf	Kornform		Kornoberfläche	
	rund 	kantig 	glatt 	rau 
Druckfestigkeit des erhärteten Mörtels/Betons	geringer als bei eckigen Körnern	besser als bei runden Körnern	geringer als bei rauhen Oberflächen	besser als bei glatten Oberflächen
Verdichtungswilligkeit	gut	weniger gut	gut	weniger gut
Zement- und Wasserbedarf	niedriger als bei eckig kantigen Körnern	höher als bei runden Körnern	niedriger als bei rauhen Oberflächen	höher als bei glatten Oberflächen

Anforderungen an Gesteinskörnungen

- Kornzusammensetzung

hat Einfluss auf die Festigkeit, den Zementverbrauch, auf das Schwinden des Betons und auf den Hohlraumanteil im Beton

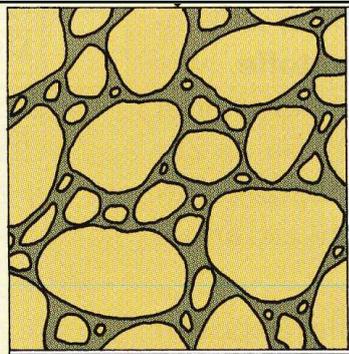
Schwinden des Betons:

Volumenverringerung des Betons durch Austrocknen

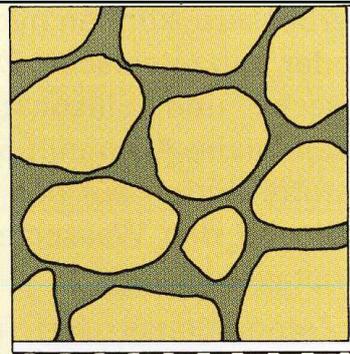
Schwindmaß
von Normalbeton: 0,2 mm/m ... 0,5 mm/m

Das Schwinden des Beton ist abhängig von:

- von den Austrocknungsbedingungen
- vom Wasser/Zement-Wert
- von den Feinanteilen im Beton
- von der Zementart bzw. von der Zementzusammensetzung
- von den Bauteilabmessungen



günstiges Korngemisch



ungünstiges Korngemisch

hoch	Druckfestigkeit	gering
gering	Zementverbrauch	groß
gering	Schwinden	stark
wenig	Hohlräume, Poren	viel

Anforderungen an Gesteinskörnungen

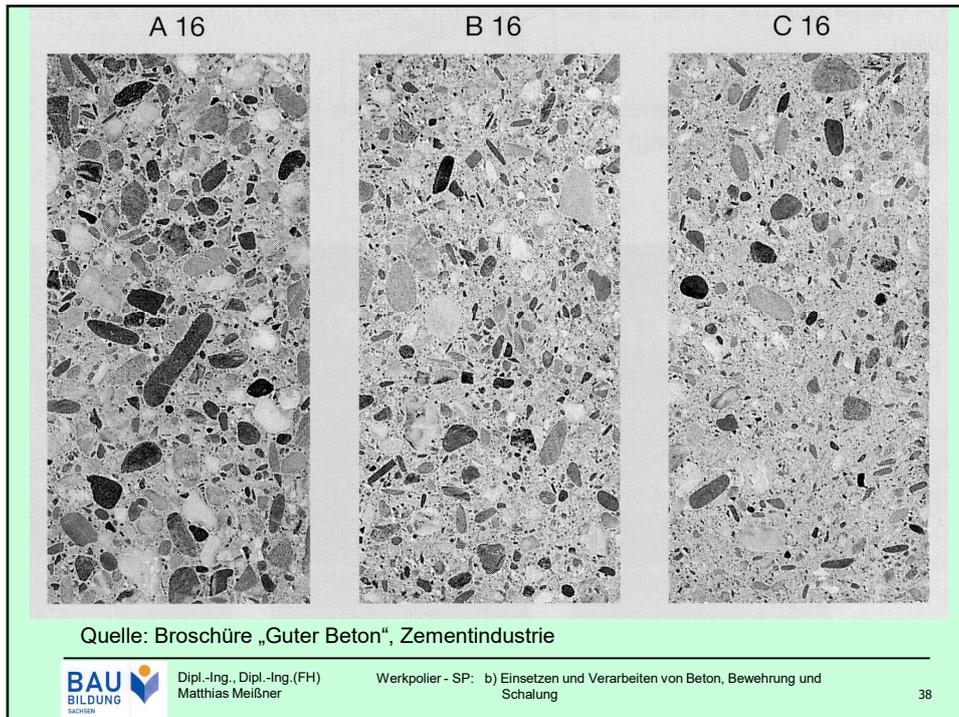
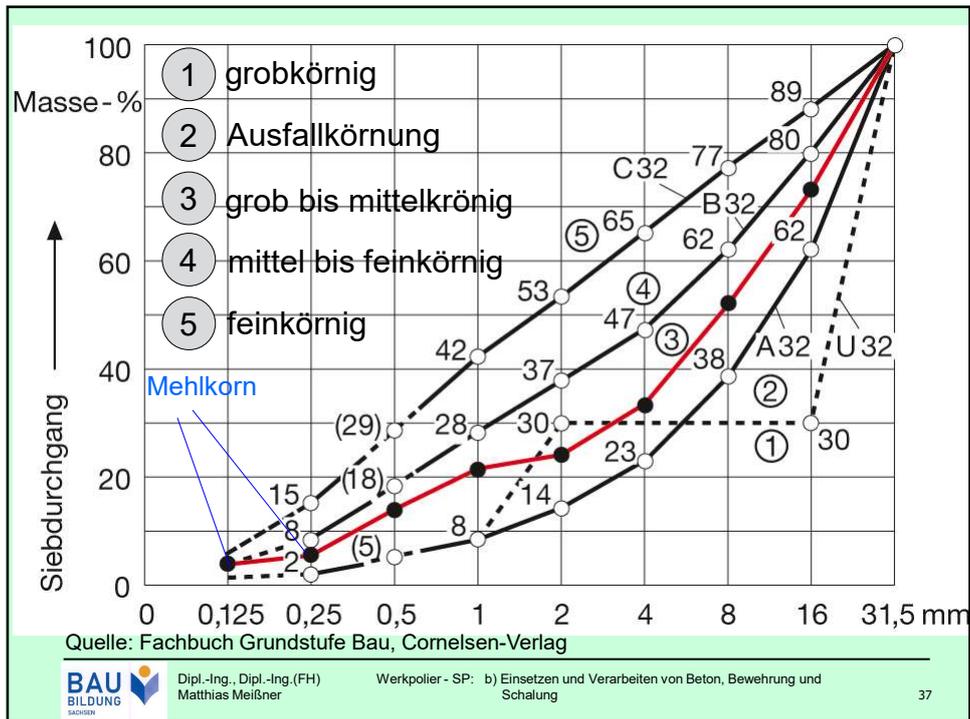
▪ Kornzusammensetzung

Die Kornzusammensetzung wird durch Sieben bestimmt. Einzelsiebe mit quadratischen und runden Öffnungen: 0,25 / 0,50 / 1 / 2 / 4 / 8 / 16 und 31,5
→ 8 Korngruppen

Darstellung der Kornzusammensetzung durch Sieblinien. Einschätzung der optimalen Zusammensetzung durch Vergleich mit Grenzsieblinien A, B und C bzw. mit Sieblinienbereichen



Siebsatz für
Gesteins-
körnungen
für Beton



Wahl des Größkorns

- so groß wählen, wie es das Fördern und Verarbeiten des Betons zulässt
- Größe $\leq 1/3$ (besser $\leq 1/5$) der kleinsten Bauteilabmessung
- bei eng liegender Bewehrung sollte der überwiegende Anteil des Gemisches kleiner sein als der Bewehrungsabstand

Mehlkorngehalt

Korngröße: 0 – 0,125 mm

(Zement, Feinanteil Gestein, Zusatzstoffe)

→ Dichtheit des Betons → WU-Beton

→ Verarbeitbarkeit → Pumpen des Betons

→ Dichtes Betongefüge → Sichtbeton

Oberflächenfeuchte des Korngemisches

Oberflächenfeuchte = das außen an den Körnern haftende Wasser

Angabe in Masse-% der trockenen Gesteinskörnung

Die Oberflächenfeuchte muss später bei der Wasserzugabe für den Frischbeton berücksichtigt werden und zwar als Abzug von der notwendigen Menge des Zugabewassers.

→ Bestimmung der Oberflächenfeuchte durch Trocknen und Wiegen

Oberflächenfeuchte des Korngemisches

Bei einem Korngemisch 0/32 mm muss im Allgemeinen mit einer Oberflächenfeuchte von 3 % - 5 % gerechnet werden.

Bei 1800 kg Gesteinskörnung je m³ verdichteter Beton ergibt sich eine Wassermenge von 54 l bis 90 l Wasser.

→ Abzug von der erforderlichen Wassermenge !

Zugabewasser :

Normales Leitungswasser ist immer geeignet.

In der Natur vorkommendes Wasser sollte vor der Verwendung einer chemischen Untersuchung auf betonschädigende Stoffe unterzogen werden.

Restwasser aus Frischbetonrecycling darf für Betone bis zur Festigkeitsklasse C 50/60 verwendet werden.

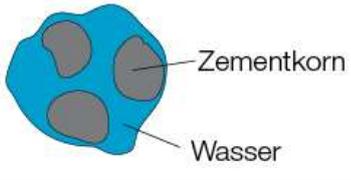
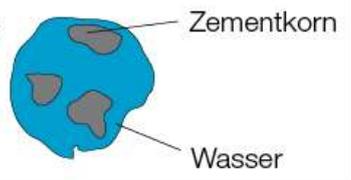
Der Wasser/Zement-Wert (w/z –Wert)

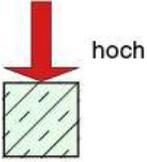
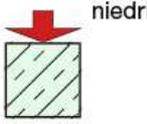
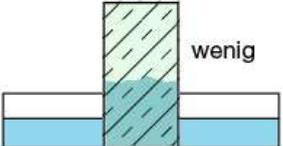
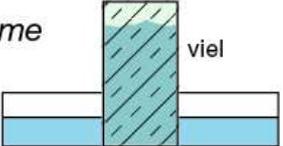
$$\frac{\text{Masse des Wassers } w \text{ [kg/m}^3 \text{]}}{\text{Masse des Zements } z \text{ [kg/m}^3 \text{]}} = \text{Wasserzementwert } w/z$$

- Der Zement kann nur Wassermenge von etwa 40 % seiner Masse binden $\rightarrow \omega = 0,40$
- Das darüber hinaus im Beton befindliche Wasser wird als Überschusswasser bezeichnet.
 \rightarrow Verdunstung über Kapillarporen

Der Wasser/Zement-Wert (w/z –Wert)

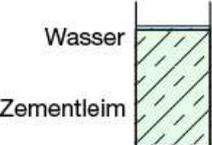
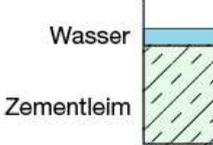
- Beton mit $w/z = 0,40$ zu trocken, schlecht mischbar, schwer einbau- und verdichtbar
- gute Betonverarbeitung $w/z = 0,50 \dots 0,60$
er sollte nicht größer gewählt werden als für die Verarbeitung und Verdichtung notwendig ist
- in den Normen sind maximale w/z – Werte vorgegeben, je nach Beanspruchung des Betons (WU-Beton, Frost-Tau-Wechsel, Chloride ...)

Niedriger w/z-Wert	Hoher w/z-Wert
Zusammensetzung: 50 l Wasser (= 50 kg) + 100 kg Zement	Zusammensetzung: 100 l Wasser (= 100 kg) + 100 kg Zement
Berechnung: $w/z = \frac{\text{Wassermenge}}{\text{Zementmenge}}$ $w/z = 50 \text{ l} : 100 \text{ kg} = 0,50$	Berechnung: $w/z = \frac{\text{Wassermenge}}{\text{Zementmenge}}$ $w/z = 100 \text{ l} : 100 \text{ kg} = 1,00$
 <p>Zementkorn Wasser</p>	 <p>Zementkorn Wasser</p>
Zementleim	
Quelle: Fachbuch Grundstufe Bau, Cornelsen-Verlag	

Niedriger w/z-Wert	Hoher w/z-Wert
<i>Anzahl der Poren im Zementstein</i>	
WENIGE	VIELE
 <p>hoch</p>	 <p>niedrig</p>
<i>Festigkeit</i>	
 <p>wenig</p>	 <p>viel</p>
<i>Wasseraufnahme</i>	

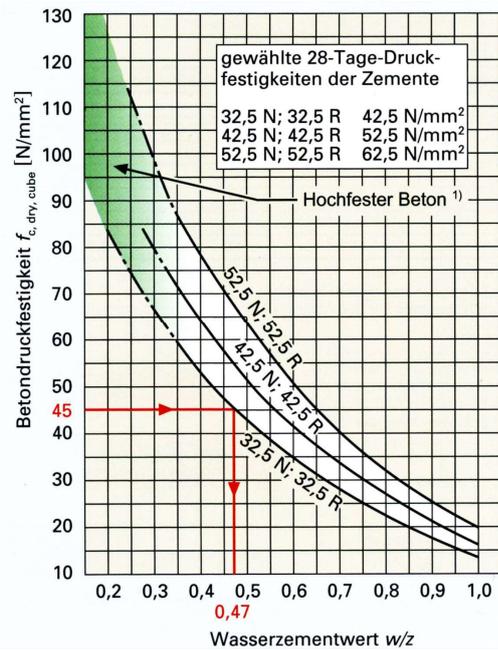
Quelle: Fachbuch Grundstufe Bau, Cornelsen-Verlag


 Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH) Matthias Meißner
 Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung
47

Niedriger w/z-Wert	Hoher w/z-Wert
<i>Schwindrissbildung</i>	
 <p>schwach</p>	 <p>stark</p>
<i>Bluten</i>	
 <p>Wasser Zementleim</p> <p>schwach</p>	 <p>Wasser Zementleim</p> <p>stark</p>

Quelle: Fachbuch Grundstufe Bau, Cornelsen-Verlag


 Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH) Matthias Meißner
 Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung
48

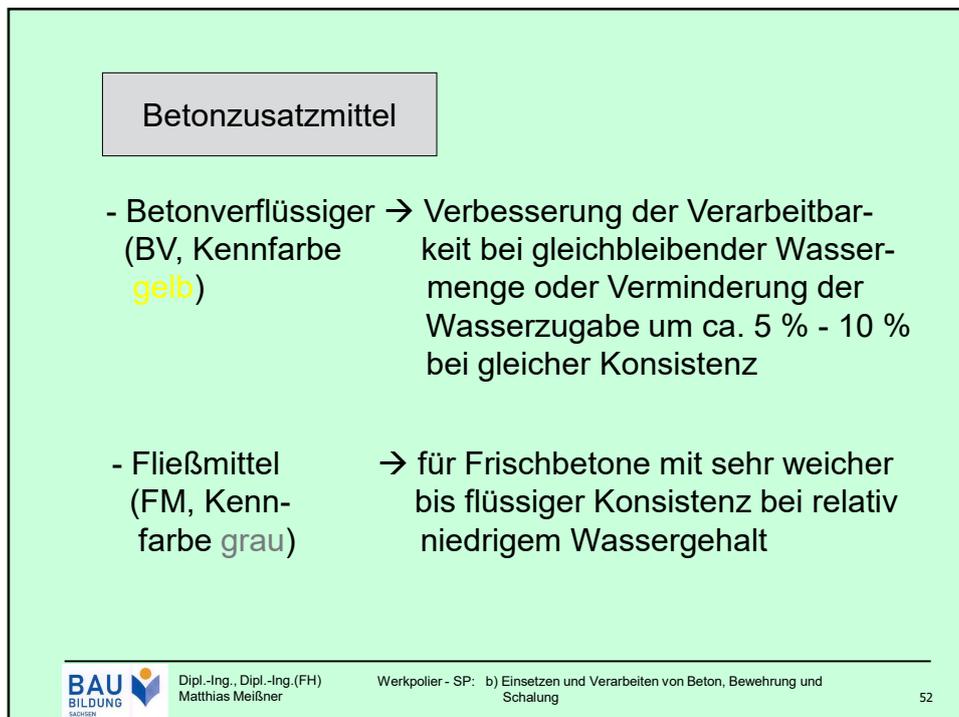
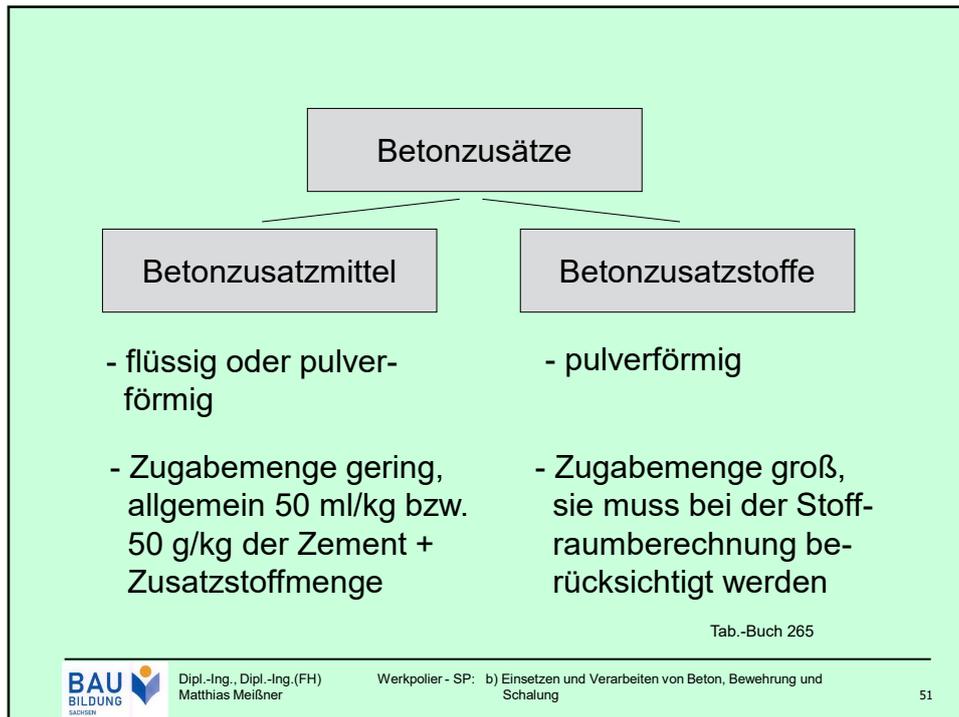


Darstellung des Zusammenhangs zwischen Betondruckfestigkeit, Normfestigkeit des Zements und Wasserzementwert (w/z-Wert)

Tabellenbuch
Seite 262

Betonzusätze :

Betonzusatzmittel und Betonzusatzstoffe werden dem Beton zugesetzt, um die Frischbeton- und Festbetoneigenschaften, wie z.B. Verarbeitbarkeit, Erstarren, Luftgehalt, Farbe, zu verändern.



Betonzusatzmittel

- Luftporenbildner → Entstehung kleiner kugelförmiger Luftporen – Erhöhung des Frost-Tausalz widerstandes
(LP, Kennfarbe blau) Festigkeit nimmt jedoch geringfügig ab
- Dichtungsmittel → Verringerung des kapillaren Wasseraufnahme im Festbeton
(DM, Kennfarbe braun)

Betonzusatzmittel

- Verzögerer → deutliche Verzögerung des Erstarrens – Anwendung massive, große Bauteile ohne Fugen, Transportbeton über weite Strecken, im Hochsommer
(VZ, Kennfarbe rot)
- Beschleuniger → deutliche Beschleunigung des Erhärtens – Anwendung: Spritzbeton, Ankereinbau, Abdichtung
(BE, Kennfarbe grün)

Betonzusatzmittel

- Einpresshilfen → für das verbesserte Einpressen von Zementmörtel in Spannkä-näle (Spannbetonbau)
(EH, Kennfarbe weiß)
- Stabilisierer → Verbesserung des Zusammenhalt-vermögens der Betonbestandteile im Frischbeton, Verbesserung der Verarbeitung, geringe Wasserabsonderung (Pumpbeton)
(ST, Kennfarbe violett)

3. Eigenschaften des Betons (Auswahl)



Konsistenz des Frischbetons

Die Konsistenz (Verformbarkeit, Fließfähigkeit) beschreibt die Verarbeitbarkeit und die Steife des Frischbetons

6 Konsistenzklassen (F nach Ausbreitmaß)

- F1 steif
- F2 plastisch
- F3 weich
- F4 sehr weich
- F5 fließfähig
- F6 sehr fließfähig

Tab.-Buch 261/267


 Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH) Matthias Meißner
 Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung
 58

Konsistenz des Frischbetons

5 Konsistenzklassen (C nach Verdichtungsmaß)

- C0 sehr steif
- C1 steif
- C2 plastisch
- C3 weich
- C4 sehr weich (nur für LC)

Tab.-Buch 261/267

Prüfverfahren des Frischbetons:

- Ausbreitversuch → Ausbreitmaß
- Setzversuch → Setzmaß
- Verdichtungsversuch
- Setzzeitversuch (Vebe-Prüfung)

Tab.-Buch 267

Konsistenz des Frischbetons

Konsistenz- beschreibung	Konsistenzklassen	
	Ausbreitmaß mm	Verdichtungsmaß
sehr steif		C0: $\geq 1,46$
steif	F1: ≤ 340	C1: 1,45... 1,26
plastisch	F2: 340... 410	C2: 1,25... 1,11
weich	F3: 420... 480	C3: 1,10... 1,04
sehr weich	F4: 490... 550	C4: $< 1,04$ (nur für Leichtbeton)
fließfähig	F5: 560... 620	
sehr fließfähig	F6: ≥ 630	

Tab.-Buch 261



Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH)
Matthias Meißner

Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung

61

Ermittlung des Ausbreitmaßes



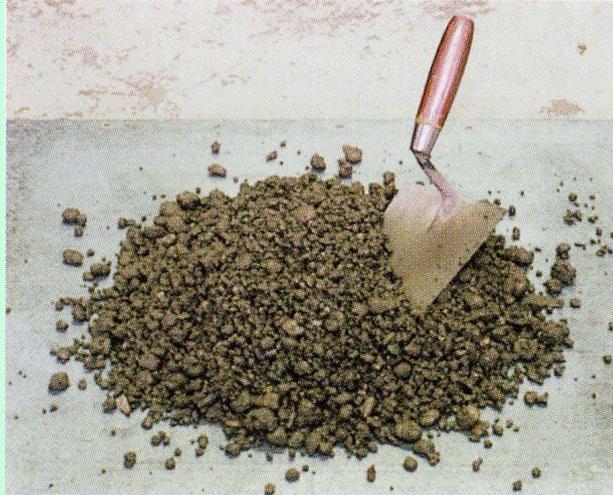
Tab.-Buch 246

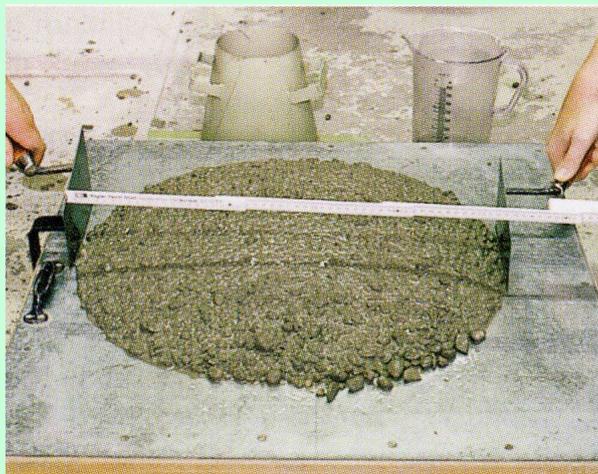


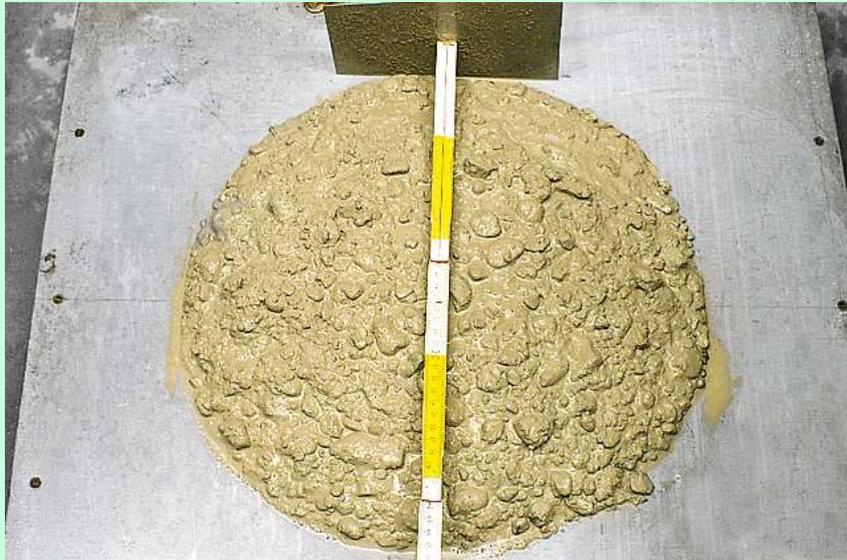
Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH)
Matthias Meißner

Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung

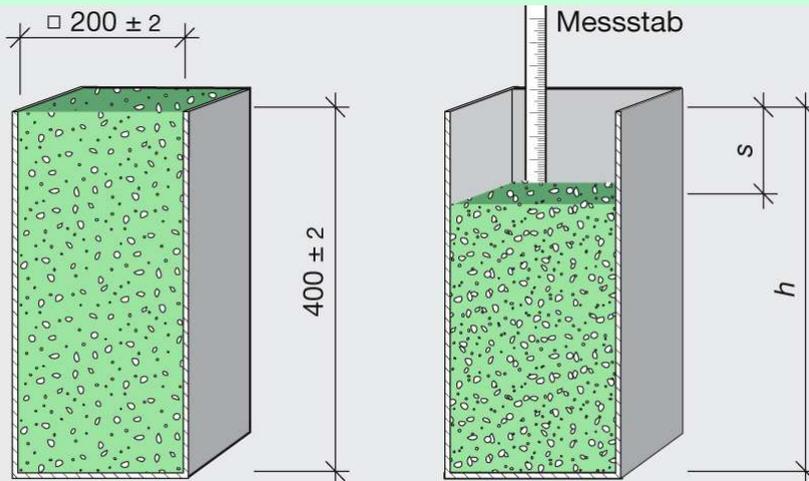
62







Ermittlung des Verdichtungsmaßes



Beton lose eingefüllt

Füllung verdichtet

Tab.-Buch 267



Frischbetonrohddichte

$$\text{Frischbetonrohddichte} = \frac{\text{Masse des verdichteten Frischbetons [kg]}}{\text{eingenommenes Volumen [dm}^3\text{]}}$$

- erste Beurteilung der Festigkeit
- Bei gleicher Menge an Zement und Gesteinskörnung lässt eine niedrige Rohddichte auf eine geringere Betonfestigkeit schließen, da die Rohddichte mit steigendem Porengehalt abnimmt.

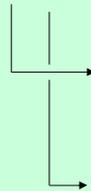
Eigenschaften des Festbetons

Druckfestigkeit des Festbetons

Festigkeitsklassen – Einteilung der Druckfestigkeit f_{ck}
des Betons nach 28 Tagen Normal-
erhärtung

C 20/25

C - für concrete



20 - charakteristische Zylinderfestigkeit
 $f_{ck,cyl.} = 20 \text{ N/mm}^2$ (Zylinder \varnothing 15 cm,
30 cm lang)

25 - charakteristische Würfelfestigkeit
 $f_{ck,cube} = 25 \text{ N/mm}^2$ (Würfel mit 15 cm
Kantenlänge)

Normalerhärtung:

- Entnahme aus der Form nach 24 Stunden
- Lagerung bis 7 Tage unter Wasser (22°C)
- Lagerung an der Luft (Temperatur + 18 °C – 22 °C
rel. Luftfeuchte 60 – 70 %)

danach erfolgt die Festigkeitsprüfung

Druckfestigkeit des Festbetons

C 8/10 und C 12/15 nur für unbewehrte Betone

ab C 16/20 für Stahlbeton

Betone ab C 55/67 bis C 100/115 werden als hochfeste
Betone bezeichnet

Die Norm legt Mindestbetonfestigkeitsklassen
nach der Beanspruchung (Expositionsklassen)
des Betons/Stahlbetons fest.

→ Tab-Buch Seite 259/260



Beanspruchungen des Festbetons

Einteilung in Expositionsklassen (Grad der Gefährdung)

Expositionsklassen unterteilen die Beanspruchungen des Betons und der Bewehrung auf Grund unterschiedlicher Umweltbedingungen

→ Wichtig für die Bemessung und Konstruktion der Stahlbetonbauteile und für die Eigenschaften des Betons

Allgemeine Übersicht über die Expositionsklassen

Korrosionsbedingungen		Klassenbezeichnung
Bewehrungskorrosion verursacht durch	Karbonatisierung	XC
	Chloride (ausgenommen Meerwasser)	XD
	Chloride aus Meerwasser	XS
Frostangriff ohne und mit Taumittel		XF
Betonkorrosion verursacht durch	chemischen Angriff	XA
	Verschleißbeanspruchung	XM
unbewehrter Beton ohne Korrosions- oder Angriffsrisiko		X0

Korrosionsschutz der Bewehrung

Der Korrosionsschutz der Bewehrung beruht auf der Alkalität des Betons

ph – Wert < 7 = sauer

ph – Wert = 7 = neutral

ph – Wert > 7 = basisch

ph – Wert des Betons [Ca (OH)₂] > 12,5 (stark basisch)

Korrosionsschutz der Bewehrung

		Beschreibung der Umgebung	Klassenbezeichnung
Bewehrungskorrosion infolge Karbonatisierung		trocken oder ständig nass	XC1
		nass, selten trocken	XC2
		mäßige Feuchte	XC3
		wechselnd nass und trocken	XC4
Bewehrungskorrosion verursacht durch Chloride	nicht aus Meerwasser	mäßige Feuchte	XD1
		nass, selten trocken	XD2
		wechselnd nass und trocken	XD3
	aus Meerwasser	salzhaltige Luft, aber kein Kontakt mit Meerwasser	XS1
		unter Wasser	XS2
		Bereiche von Tide, Spritzwasser und Sprühnebel	XS3

Frost-Taumittel-Widerstand

Expositionsklassen bei Frostangriff ohne und mit Taumitteln

Beschreibung der Umgebung		Klassenbezeichnung
mäßige Wassersättigung	ohne Taumittel	XF1
	mit Taumittel	XF2
hohe Wassersättigung	ohne Taumittel	XF3
	mit Taumittel	XF4

Korrosionsschutz der Bewehrung - Betondeckung

Ein Mindestmaß der Betondeckung (Mindestbetondeckung) c_{\min} muss vorhanden sein, um folgendes sicherzustellen:

- Schutz der Bewehrung gegen Korrosion durch Umwelteinflüsse
- sichere Übertragung von Verbundkräften
- angemessener Brandschutz, insbesondere der Anforderungen an den Feuerwiderstand nach der Brandschutz-Norm DIN 4102.

Es ergeben sich somit 3 Mindestwerte der Betondeckung

c_{\min} Umwelt

c_{\min} Verbund

c_{\min} Brandschutz

Der größere Wert aus den 3 Anforderungen ist maßgebend!

c_{\min} – Mindestmaß der Betondeckung (Normalbeton)

- abhängig von der Expositionsklasse (Umweltbedingungen)
- Mindestwerte zwischen 10 mm (XC 1) und 40 mm (XD-, XS-Expositionsklassen)
- Tab-Buch Seite 271 oder Seite 348

c_{\min} – Mindestmaß der Betondeckung (Normalbeton) für die Sicherstellung des Verbundes Beton/Stahl

- vom Stabdurchmesser d_s bzw. vom Vergleichsdurchmesser d_{sV}

$$c_{\min} \geq d_s \text{ bzw. } d_{sV} \quad \text{in mm}$$

$$d_{sV} = d_s * \sqrt{n}$$

n = Anzahl der Stäbe bei Stabbündeln
bestehend aus 2 oder 3 Einzelstäben

$c_{l,min}$ – Mindestmaß der Betondeckung für Leichtbeton

$$c_{l,min} \geq c_{min} + 5 \text{ mm}$$

$$c_{l,min} \geq d_g + 5 \text{ mm}$$

→ Der größere Wert ist maßgebend !

d_g – Durchmesser des porigen Größtkorns

Δc – Vorhaltemaß für die Betondeckung

- berücksichtigt unvermeidliche Maßabweichungen von der planmäßigen Lage der Bewehrung
- Absicherung, dass c_{min} eingehalten wird
- abhängig von der Expositionsklasse
XC 1 = 10 mm, übrige Expos.-Klassen = 15 mm

c_{nom} – Nennmaß der Betondeckung

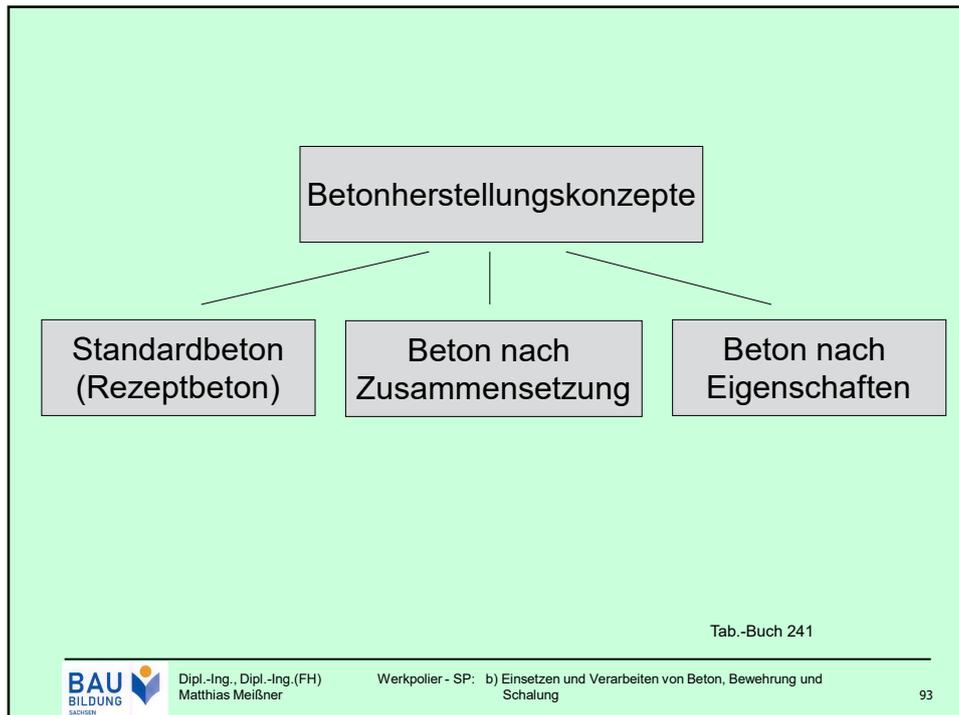
$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c \quad \text{in mm}$$

c_v – Verlegemaß der Bewehrung
(„Abstandhaltermaß“)

$$c_v = c_{\text{nom}} \quad \text{für jedes einzelne Bewehrungs-
element}$$

- Das Verlegemaß c_v ist in den Bewehrungsplänen anzugeben. Es wird auf volle 5 mm aufgerundet.
- Das Verlegemaß c_v ist maßgebend für die Abstandhalter, Unterstützungskörbe und –streifen.

4. Betonzusammensetzung / Betonherstellung



Standardbeton (Rezeptbeton)

- Festigkeitsklassen C 8/10, C 12/15 und C 16/20
- Expositionsclassen X0, XC1 und XC2
- Keine Verwendung von Zusatzmitteln und Zusatzstoffen
- die Mindestzementgehalte in Abhängigkeit der Festigkeitsklasse des Beton, der Konsistenz, der Festigkeitsklasse des Zements und vom Größtkorn der Gesteinskörnung müssen eingehalten werden

BAU BILDUNG SACHSEN Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH) Matthias Meißner Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung 94

Standardbeton (Rezeptbeton)

- Betonzusammensetzung durch Errechnen der Mischungsbestandteile (Mischungsberechnung) für Beton der Festigkeitsklassen C 8/10, C 12/15 und C 16/20

Tabellenbuch Seite 264

Beton nach Zusammensetzung

Der Verfasser (Planer des Betons) legt die Beton-
zusammensetzung und die Ausgangsstoffe für
die Betonmischung fest (Betonprojektierung).

→ Planer ist in der Verantwortung, dass die
Forderungen der Betonnorm eingehalten
werden und die erforderlichen Fest-
betoneigenschaften erreicht werden.

Beispiel für einen Beton nach Zusammensetzung

Beton nach DIN EN 1992-1-1 - Eurocode 2

Portlandzement DIN EN 197-1 – **CEM I 32,5 N**

Zementgehalt: 350 kg/m³

w/z – Wert : 0,50, Konsistenz **F3**

Gesteinskörnung nach DIN EN 12670:

Kiessand 0/32, Sieblinie B, Menge: 1880 kg/m³

Zusatzmittel: **BV, 60 ml/kg Zement**

Frischbetontemperatur: **18 °C**

Besondere Eigenschaft: **WU-Beton**

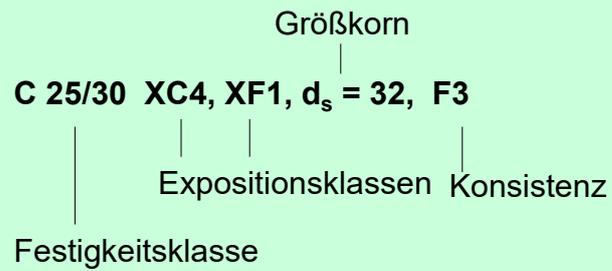
Beton nach Eigenschaften

Der Verfasser (Architekt, Tragwerksplaner) legt die Anforderungen für die Betoneigenschaften fest (LV bzw. Bewehrungszeichnung)

Der Betonhersteller legt Rezeptur fest.

Er führt die Erstprüfung durch und ist verantwortlich für die Einhaltung der Betoneigenschaften.

Bezeichnungsbeispiel für einen Beton nach Eigenschaften



5. Mischen, Transport und Einbau des Betons

Bereiten des Betons – Lagerung der Stoffe

- Zement darf nicht zu lange gelagert werden
→ Feuchtigkeitsaufnahme → Festigkeitsverlust
- Bei Silolagerung nicht länger als 2 Monate,
Zement 52,5 N/mm² nicht länger als 1 Monat
→ knollig gewordener Zement darf nicht verwendet werden.

Bereiten des Betons – Lagerung der Stoffe

- Gesteinskörnungen nach Korngruppen getrennt lagern und vor Verunreinigungen schützen
→ gefrorene oder mit Schnee vermischte Gesteinskörnungen dürfen nicht verwendet werden!
- das Anmachwasser darf keine Verunreinigungen enthalten
- Zusatzstoffe und Zusatzmittel
→ Proben entnehmen und für mögliche Prüfungen aufbewahren

Bereiten des Betons – Abmessung der Ausgangsstoffe

Die Ausgangsstoffe werden entsprechend der Mischanweisung abgemessen

- Mengen Zement, Wasser, Gesteinskörnungen, Zusatzmittel und – stoffe mit eine Genauigkeit von 3 %
- Dosierung nach Masse
- Wasser, Zusatzstoffe nach Masse oder Volumen
- bei wechselnder Eigenfeuchte der Gesteinskörnung muss Wasserzugabe korrigiert werden !

Mischen des Betons

- Mischzeit mindestens 30 Sekunden nach Zugabe aller Stoffe
- Mischzeit im Fahrmischer nach Zugabe eines Zusatzmittels ≥ 1 Minute / m^3 und insgesamt nicht kürzer als 5 Minuten sein
- Die Betonzusammensetzung darf nach Verlassen des Frischbetons aus dem Mischer bzw. Fahrmischer nicht mehr verändert werden.

Transport und Einbau des Betons

- Frischbeton steifer Konsistenz (F1) darf in Fahrzeugen ohne Mischer oder Rührwerk transportiert werden
 - Mulde darf nicht aus Aluminium bestehen
 - Aluminiumteilchen reagieren mit dem Zementleim
- Übrige Frischbetone (F2 – F6) dürfen nur in Fahr-
mischern oder in Fahrzeugen mit Rührwerk transportiert werden.
 - vor Übergabe gut durchmischen
 - Der Frischbeton muss bei Übergabe die vereinbarte Konsistenz haben

Entladezeit für Transportbeton

- Beton im Fahrmischer oder in Fahrzeugen mit Rührwerk
Entladezeit (vollständige Entladung) nach der ersten Wasserzugabe zum Zement ≤ 90 Minuten
- Beton auf Muldenfahrzeug, ohne Rührwerk
Entladezeit (Vollständige Entladung) nach der ersten Wasserzugabe zum Zement ≤ 45 Minuten

Notwendige Angaben auf dem Lieferschein von Transportbeton

- Name des Transportbetonwerkes
- Lieferscheinnummer
- Datum und Zeit des Beladens
- Kennzeichen des Lkw oder Identifikation des Fahrzeugs
- Name des Käufers
- Bezeichnung und Lage der Baustelle
- Menge des Betons in Kubikmetern

Notwendige Angaben auf dem Lieferschein von Transportbeton

- bauaufsichtliches Übereinstimmungszeichen unter Angabe von DIN EN 206-1 und DIN EN 1992
- Name oder Zeichen der Zertifizierungsstelle
- Zeitpunkt des Eintreffens des Betons auf der Baustelle
- Zeitpunkt des Entladebeginns
- Zeitpunkt des Entladeendes

Notwendige Angaben auf dem Lieferschein von Transportbeton

- Druckfestigkeitsklasse
- Expositionsklassen
- Art der Verwendung des Betons (unbew., Stahlbeton)
- Konsistenz
- Art und Festigkeitsklasse des Zements
- Art der Zusatzmittel und Zusatzstoffe
- besondere Eigenschaften z.B. WU-Beton
- Größtkorn der Gesteinskörnung
- Rohdichteklasse

Einbau des Betons - Verarbeitungszeit

- Transportbeton möglichst unmittelbar nach der Auslieferung
 - Baustellenbeton möglichst sofort nach dem Mischen
- ausnahmsweise: Schutzmaßnahmen
gegen Sonne, Wind, Regen

Grundsätzlich muss gewährleistet sein, dass der Frischbeton verarbeitet ist, bevor das Erstarren beginnt !

Einbau des Betons - Einbautemperaturen

Lufttemperatur	Mindesttemperatur des Frischbetons beim Einbau
+5 °C bis -3 °C	+5 °C allgemein
	+10 °C bei Zementgehalt kleiner als 240 kg/m ³ , bei Zementen mit niedriger Hydratationswärme
unter -3 °C	+10 °C außerdem soll die Temperatur wenigstens 3 Tage gehalten werden

Einbau des Betons – Fördern und Einbringen

Beton-konsistenz	Karre Japaner	Förder- band	Kübel	Pumpe
F1, C0, C1	ja	nein	nein	nein
F2, C2	ja	ja	ja	ja
F3, F4, C3	nein	nein	ja	ja
F5, F6	nein	nein	nein	ja

Einsatz der Fördergeräte in Abhängigkeit der Konsistenz

Einbau des Betons – Fördern und Einbringen

Der Frischbeton darf sich nicht durch Witterungseinflüsse verändern und darf sich nicht entmischen.

Entmischung:

- Transport im Krankübel unkritisch
- Gefahr beim Transport von weichem Beton in Schubkarren oder fahrbaren Kübeln
- Gefahr beim Pumpen von Beton – Entmischung und dadurch Verstopfungsgefahr

Einbau des Betons – Fördern und Einbringen

Entmischung:

- bei Bandförderung auf richtige Neigung und Geschwindigkeit achten – Abrollen Grobkies
- Entmischung des Betons durch große Fallhöhe (i.d.R. über 2,00 m), deshalb:
 - Fördergefäße erst dicht über der Einbaustelle öffnen
 - Beton über Fallrohr oder Schlauch einbringen
 - Rutschen bis kurz über den bereits eingebrachten Beton führen

Einbau des Betons – Verdichten des Frischbetons

Die Art der Verdichtung ist abhängig von der Betonkonsistenz

Beton-konsistenz	Stampfen	Rüttel-platte	Innen-rüttler	Scha-lungsrüttler	Stochern
F1, C0, C1	ja	ja	nein	nein	nein
F2, C2	nein	nein	ja	ja	ja
F3, F4, C3	nein	nein	ja	ja	ja
F5, F6	nein	nein	ja	ja	ja

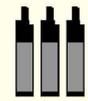
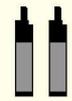
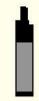
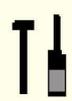
Einbau des Betons – Verdichten des Frischbetons

Wirkungsbereiche eines Flaschenrüttlers in Abhängigkeit des Durchmessers der Rüttelflasche

Durchmesser des Rüttlers in mm	< 40	40 bis 60	> 60
Durchmesser des Wirkungsbereiches in cm	30	50	80
Abstand der Eintauchstellen in cm	25	40	70

→ Der Beton darf nicht mit dem Rüttler verteilt werden!

Verdichtungsintensität in Abhängigkeit der Konsistenz

F1	F2	F3	F4	F5	F6	SVB
Stampfen	starkes Verdichten	normales Verdichten	wenig Verdichten	leichtes Verdichten (Stochern, Klopfen)	leichtes Verdichten (Schwabbeln)	kein Verdichten
						
Verdichtungsaufwand						

