

## 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

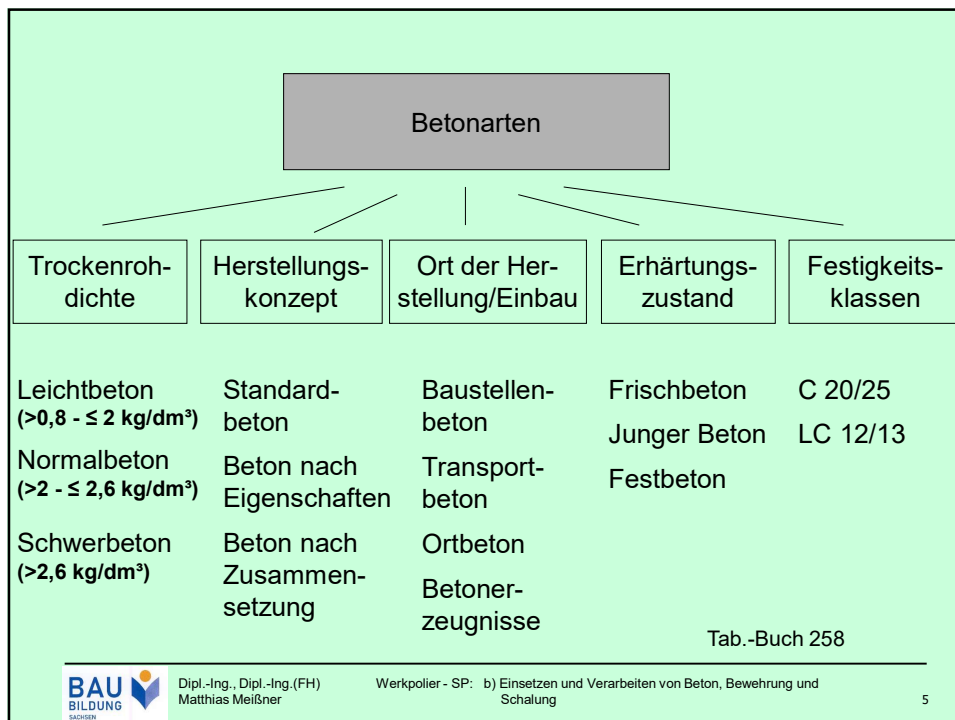
## Begriff Beton

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


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

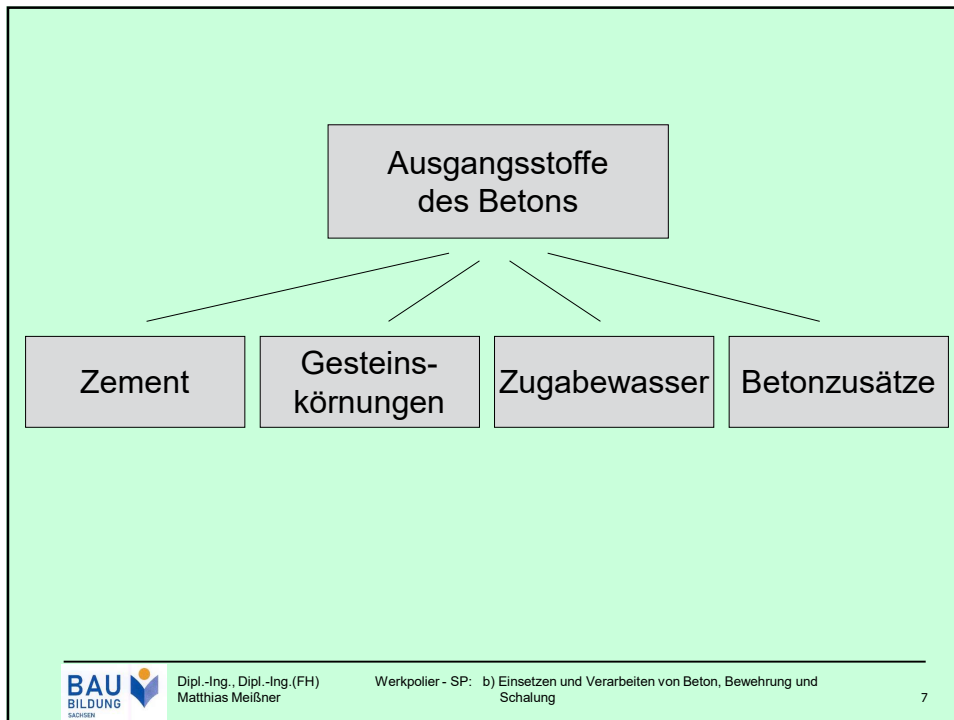
**Zementestrich** = Gemisch aus Zement, Wasser, und Gesteinskörnung mit einem Größtkorn bis 8 mm

**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/mm<sup>2</sup>

## 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

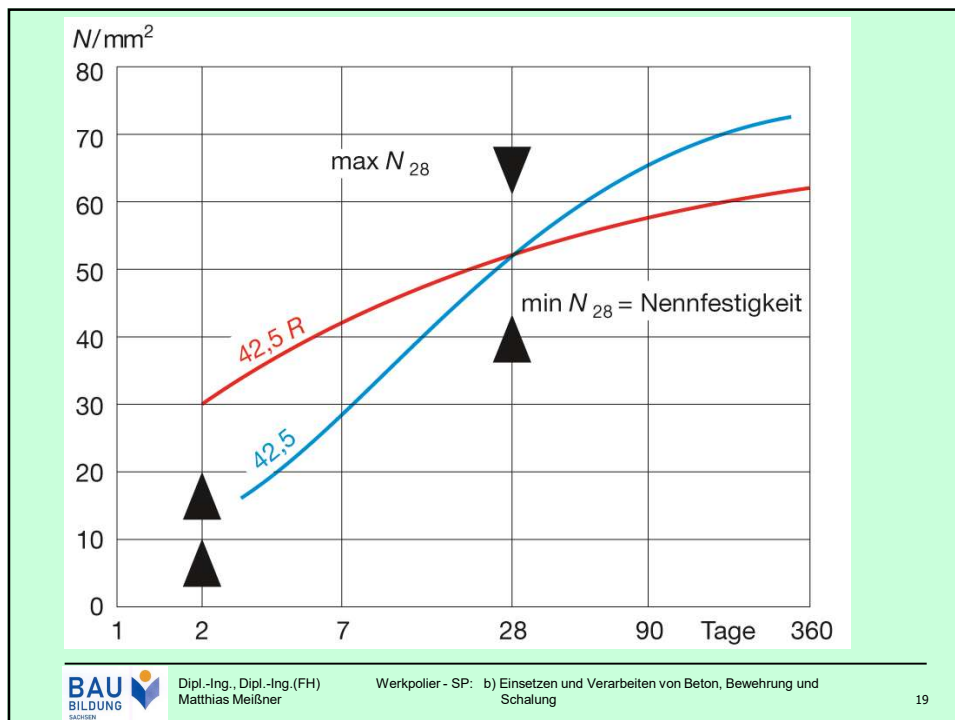
## Kennfarben für die Festigkeitsklassen des Zements

| 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

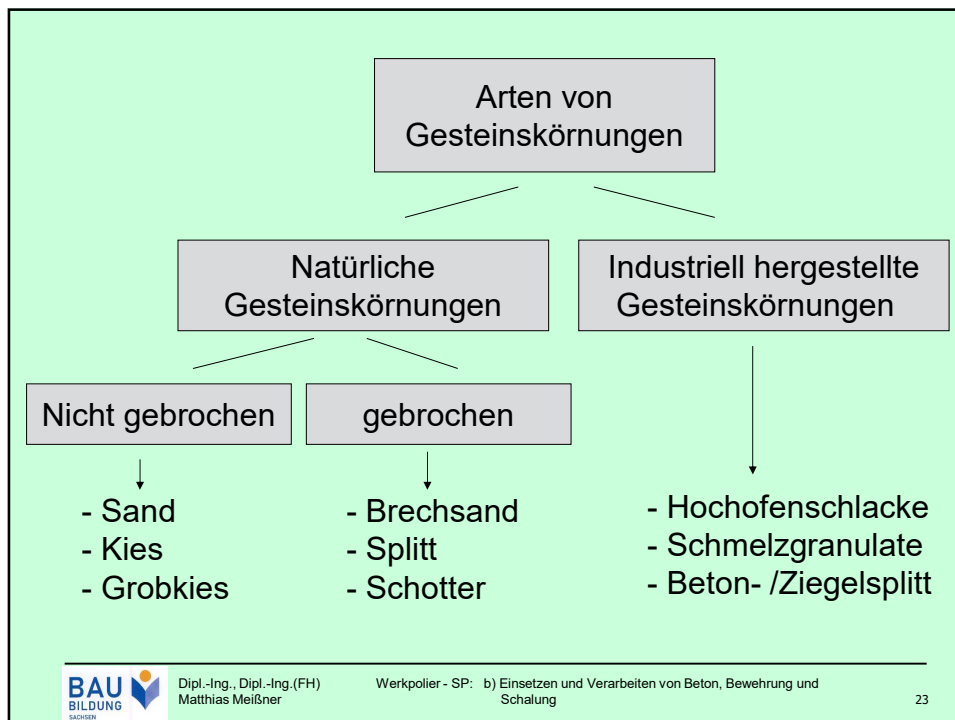
→ wenn Gesteinskörnungen alkaliempfindliche  
Bestandteile enthalten

## 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. Abschlämm-/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

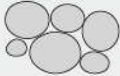


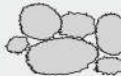
→ chemische Untersuchung im Labor  
→ Verwendung von NA-Zementen

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<br> | kantig<br> | glatt<br> | rau<br> |
| 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:

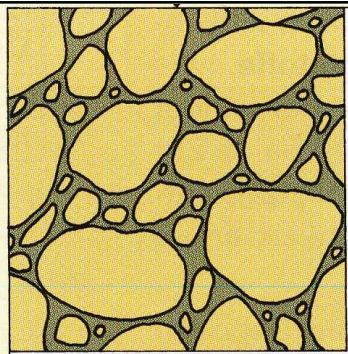
Volumenverringerung des Betons durch Austrocknen

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

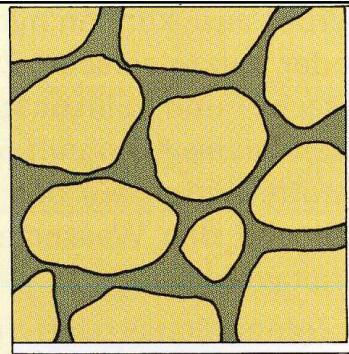


Das Schwinden des Beton ist abhängig von:

- 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

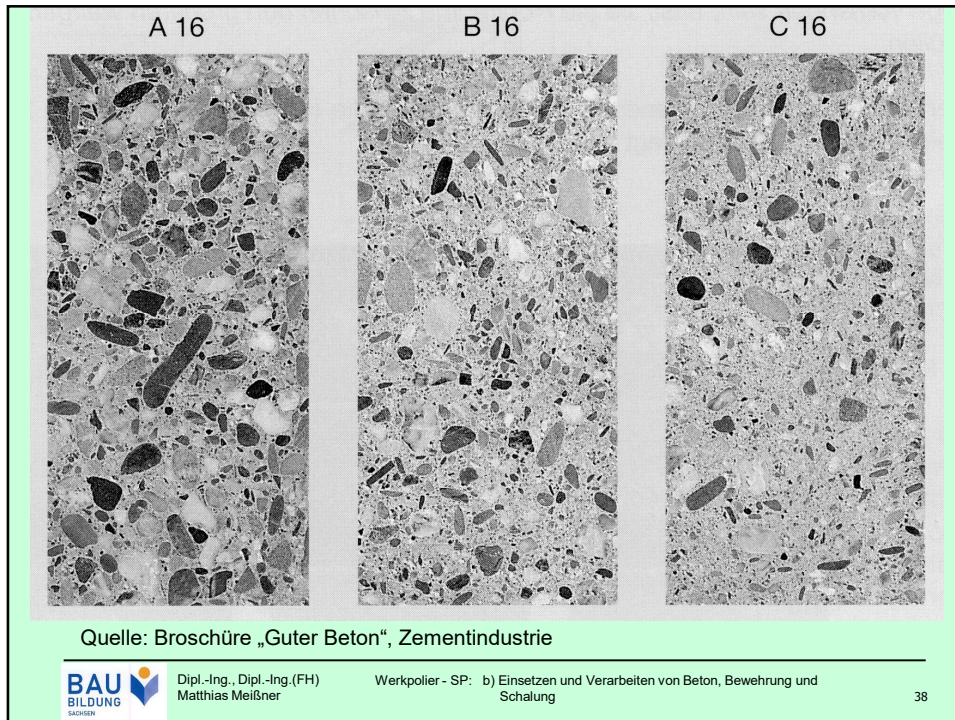
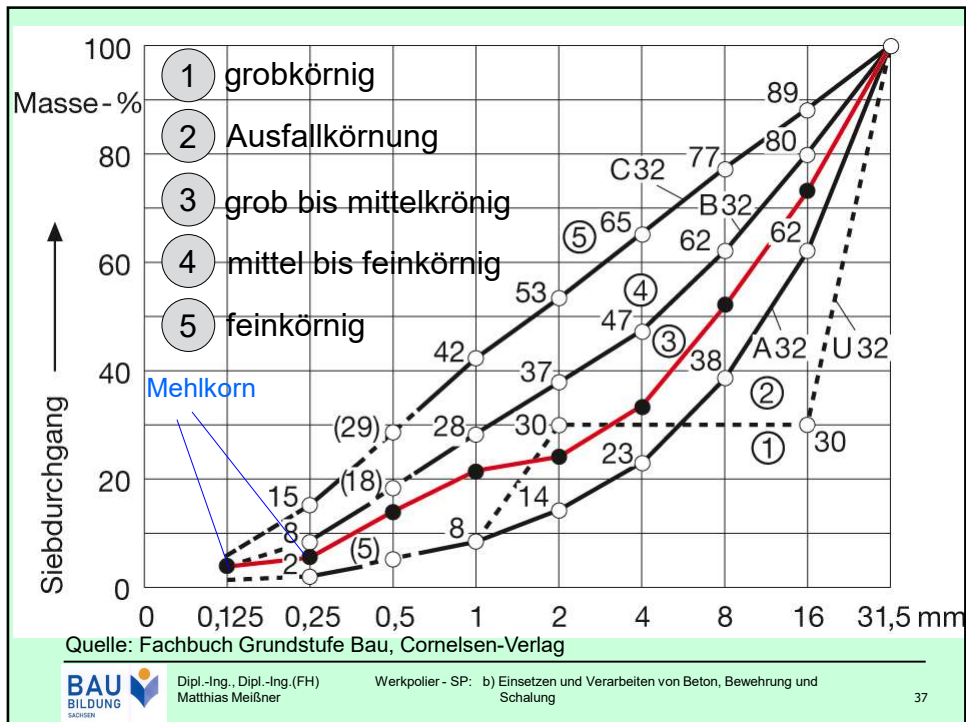
### ▪ Kornzusammensetzung

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 m<sup>3</sup> 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.

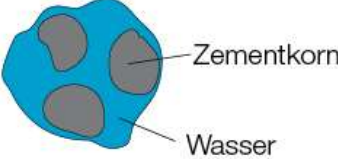
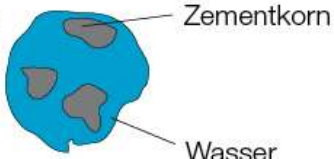
## Der Wasser/Zement-Wert (w/z –Wert)

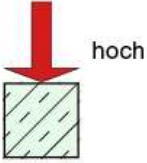
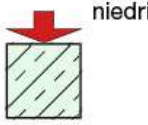
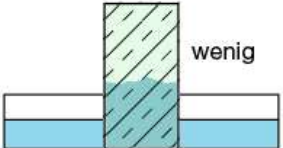
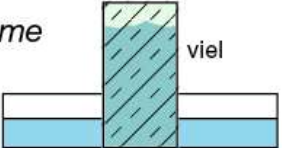

$$\frac{\text{Masse des Wassers } w \text{ [ kg/m}^3 \text{]}}{\text{Masse des Zements } z \text{ [ kg/m}^3 \text{]}} = \text{Wasserzementwert } w/z$$






- 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)

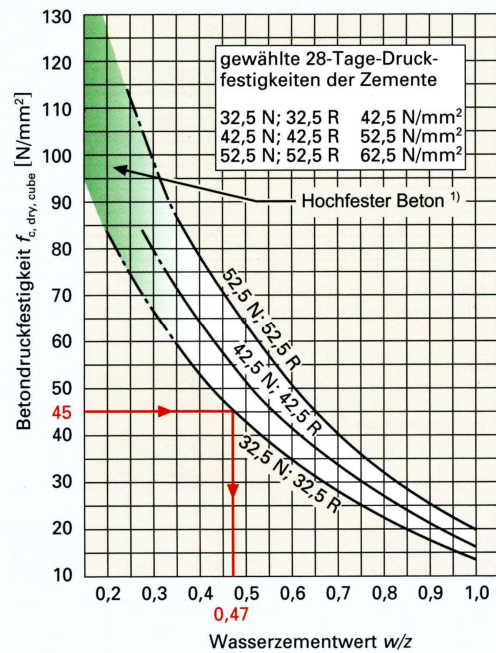
- Beton mit  $w/z = 0,40$  zu trocken, schlecht mischbar, schwer einbau- und verdichtbar
- gute Betonverarbeitung  $w/z = 0,50 \dots 0,60$   
er sollte nicht größer gewählt werden als für die Verarbeitung und Verdichtung notwendig ist
- in den Normen sind maximale  $w/z$  – Werte vorgegeben, je nach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

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

| Niedriger w/z-Wert   | Hoher w/z-Wert   |
|--|--|
| <i>Anzahl der Poren im Zementstein</i>   |  |
| WENIGE   | VIELE  |
| <i>Festigkeit</i>  |  |
|  <p>hoch</p>  |  <p>niedrig</p> |
| <i>Wasseraufnahme</i>  |  |
|  <p>wenig</p> |  <p>viel</p>     |
| <p>Quelle: Fachbuch Grundstufe Bau, Cornelsen-Verlag</p>                                       |  |
|               | <p>Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH)<br/>Matthias Meißner</p>   |
| <p>Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung</p>         |  |
| 47   |  |

| Niedriger w/z-Wert   | Hoher w/z-Wert   |
|--|--|
| <i>Schwindrissbildung</i>  |  |
|  <p>schwach</p>                                 |  <p>stark</p>                                 |
| <i>Bluten</i>  |  |
| <p>Wasser</p>  <p>Zementleim</p> <p>schwach</p> | <p>Wasser</p>  <p>Zementleim</p> <p>stark</p> |
| <p>Quelle: Fachbuch Grundstufe Bau, Cornelsen-Verlag</p>   |  |
|   | <p>Dipl.-Ing., Dipl.-Ing.(FH)<br/>Matthias Meißner</p>   |
| <p>Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung</p>   |  |
| 48   |  |



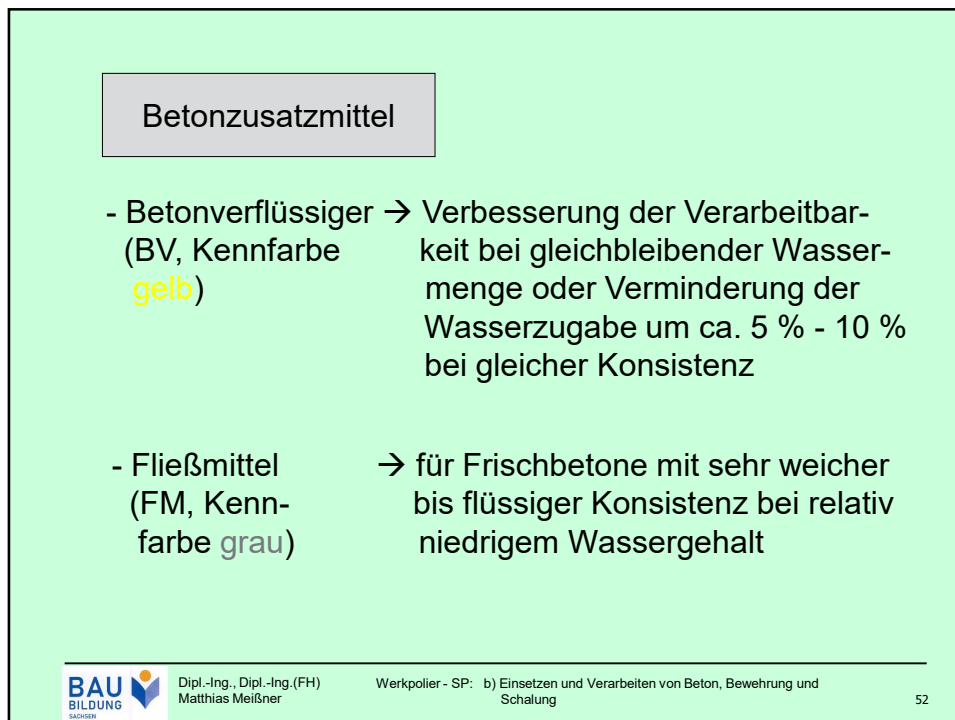
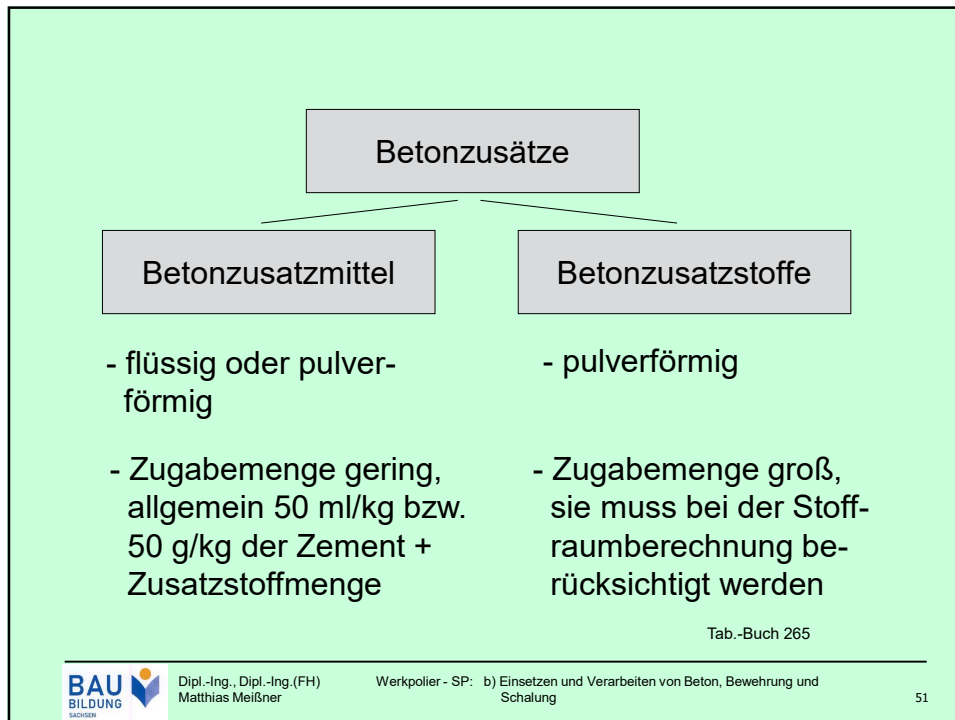


Darstellung des Zusammenhangs zwischen Betondruckfestigkeit, Normfestigkeit des Zements und Wasserzementwert (w/z-Wert)

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**)

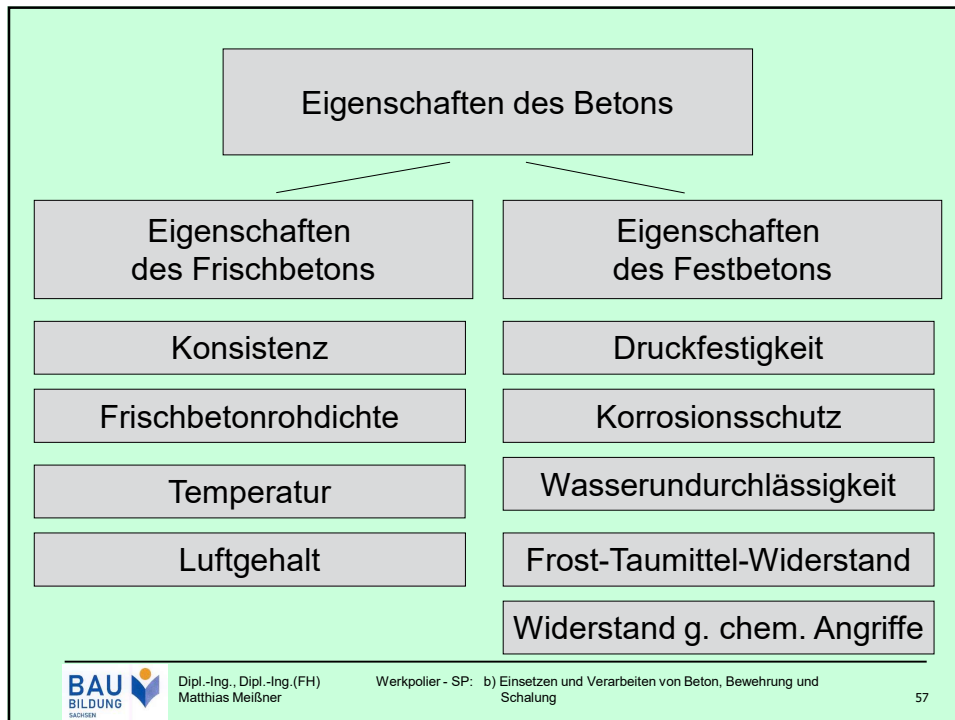
## Betonzusatzmittel

- 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-<br>beschreibung | Konsistenzklassen |                                    |
|-----------------------------|-------------------|------------------------------------|
|                             | Ausbreitmaß mm    | Verdichtungsmaß                    |
| sehr steif                  |                   | C0: $\geq 1,46$                    |
| steif                       | F1: $\leq 340$    | 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: $\geq 630$    |                                    |

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

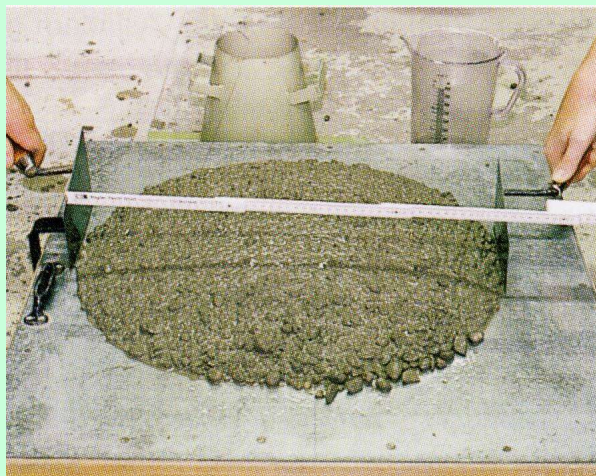
Werkpolier - SP: b) Einsetzen und Verarbeiten von Beton, Bewehrung und Schalung

62



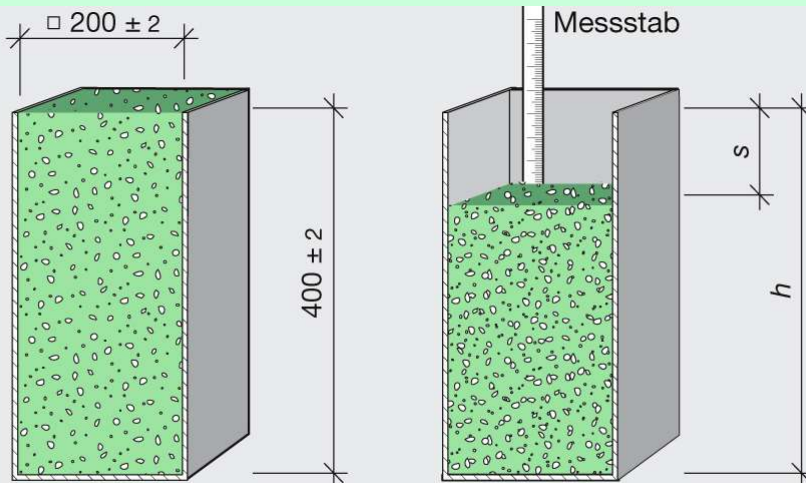








### Ermittlung des Verdichtungsmaßes



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.

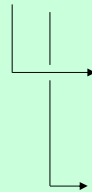
## Eigenschaften des Festbetons

## 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 [  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ] > 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

$\Delta c$  – 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



$c_{\text{nom}}$  – Nennmaß der Betondeckung

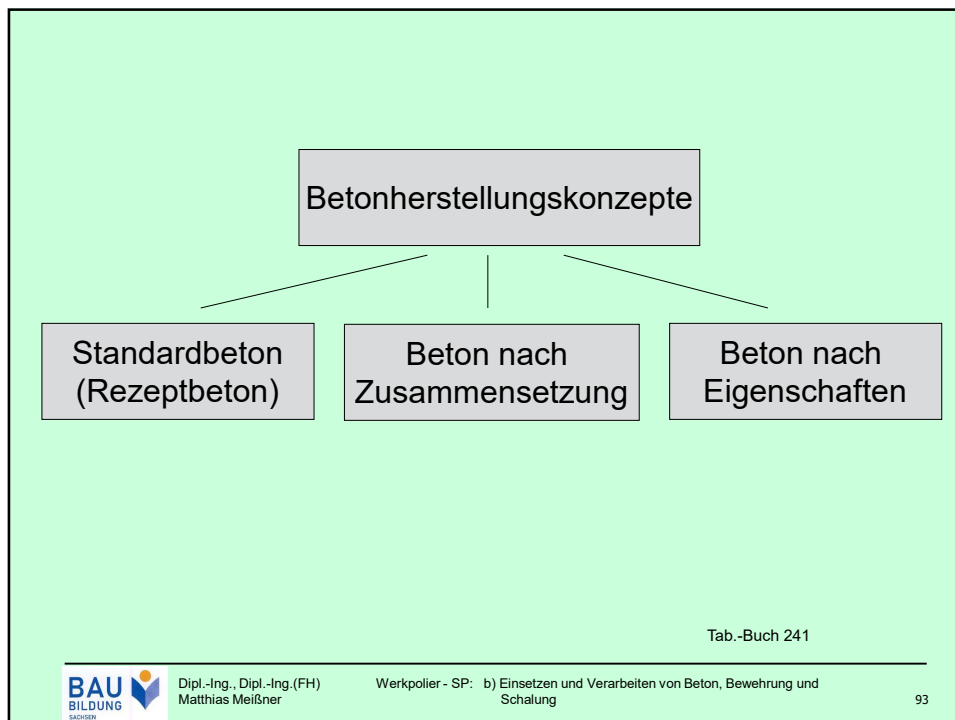
$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c \quad \text{in mm}$$

$c_v$  – 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/m<sup>3</sup>**

**w/z – Wert : 0,50**, Konsistenz **F3**

Gesteinskörnung nach DIN EN 12670:

**Kiessand 0/32, Sieblinie B, Menge: 1880 kg/m<sup>3</sup>**

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

Frischbetontemperatur: **18 °C**

Besondere Eigenschaft: **WU-Beton**

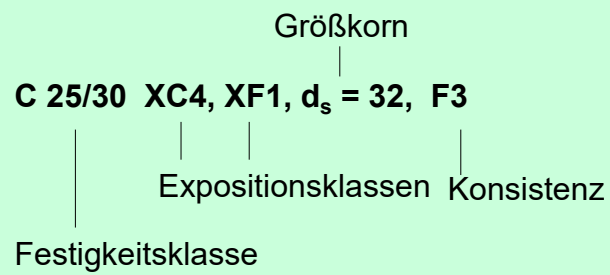
## Beton nach Eigenschaften

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/mm<sup>2</sup> 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  $\geq 1$  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  $\leq 90$  Minuten
- Beton auf Muldenfahrzeug, ohne Rührwerk  
Entladezeit (Vollständige Entladung) nach der ersten Wasserzugabe zum Zement  $\leq 45$  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<br>bis -3 °C | +5 °C    allgemein   |
|                    | +10 °C    bei Zementgehalt kleiner als 240 kg/m <sup>3</sup> ,<br>bei Zementen mit niedriger Hydratationswärme |
| unter -3 °C        | +10 °C    außerdem soll die Temperatur<br>wenigstens 3 Tage gehalten werden                                    |

## Einbau des Betons – Fördern und Einbringen

| Beton-konsistenz | Karre<br>Japaner | Förder-<br>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       |


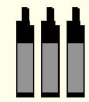
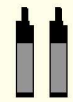
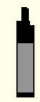
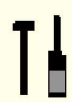

## Einbau des Betons – Verdichten des Frischbetons

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<br>(Stochern, Klopfen)  | leichtes Verdichten<br>(Schwabbeln)   | kein Verdichten |
|  |  |  |  |  |  |                 |
| Verdichtungsaufwand   |   |   |   |   |   |                 |

