

# Betontechnik - Sichtbeton

## Einfluss des Betons auf die Sichtbetonqualität



Stefan Bischof

Produktmanager

# Inhalt

---

- Einführung
- Einflussfaktoren
- Betonqualität
- Betoneinbau und -verdichtung
- Nachbehandlung
- Zusammenfassung

# Sichtbeton – Was ist das?



**Sichtbeton – die moderne Architektensprache**

# Sichtbeton – Auswahl von Anforderungen

- Beton mit natürlichen oder künstlich eingefärbten Zementen
- Beton mit natürlichen oder künstlich eingefärbten Pigmenten
- Beton mit farbigen Gesteinskörnungen
- Beton mit möglichst gleichmässiger Oberfläche
- Beton mit Farbgleichheit in der Fläche
- Beton mit sorgfältig abgestimmtem Fugenbild
- Beton mit akkurater Anordnung der Schalungsabstandhalter
- Beton ohne grössere Lunker und Luftporen
- strukturierte Oberfläche, z.B. hergestellt unter Verwendung von Matrizen

**Sichtbeton – keine eindeutigen Anforderungen**

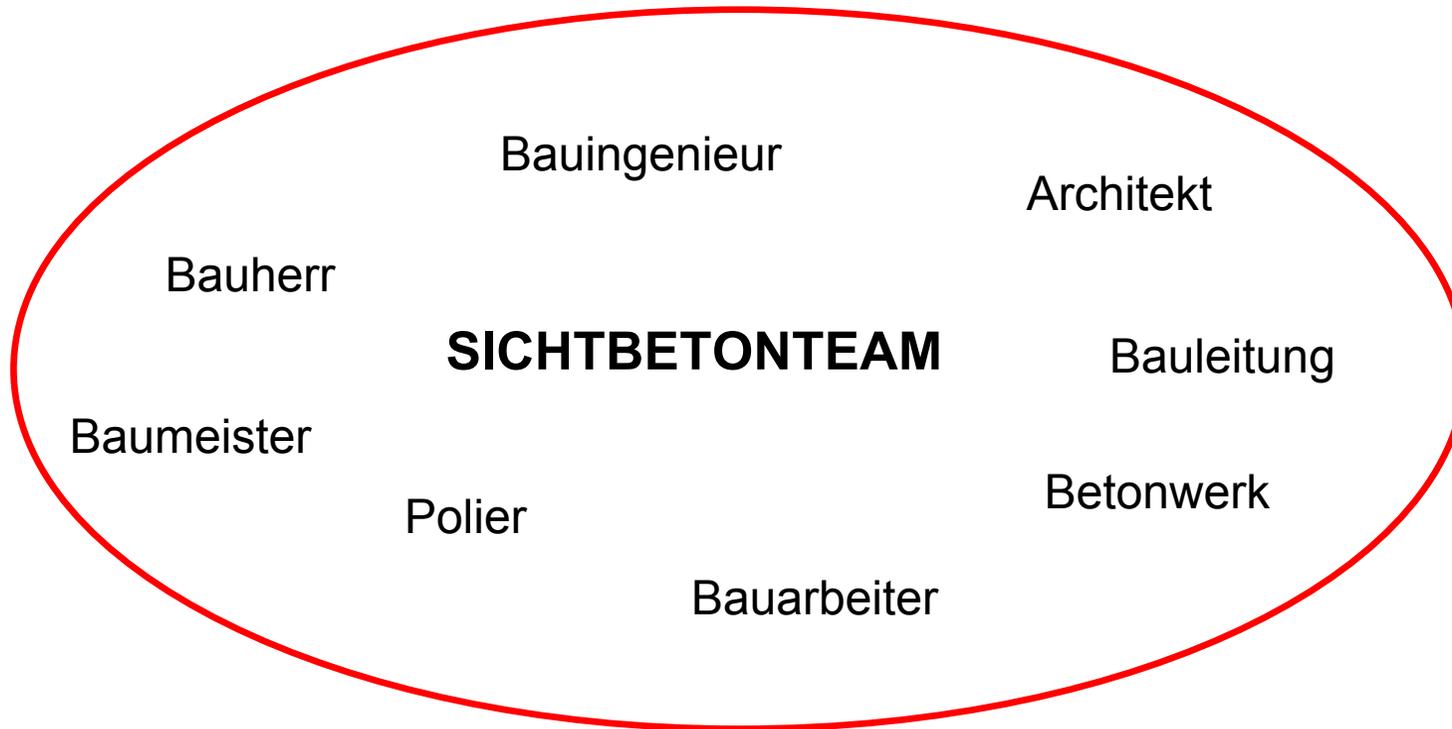
# Inhalt

---

- Einführung
- Einflussfaktoren
- Betonqualität
- Betoneinbau und -verdichtung
- Nachbehandlung
- Zusammenfassung

# Einflussfaktoren - Qualität

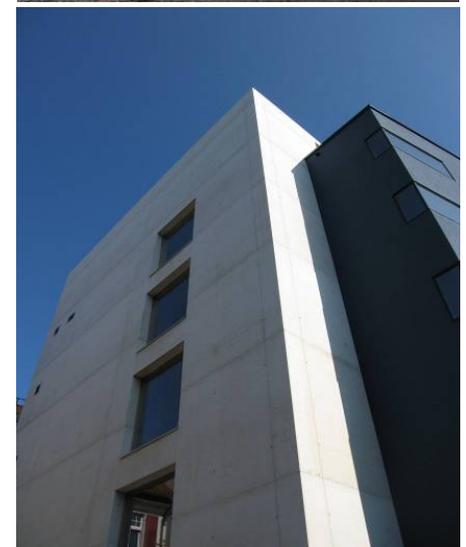
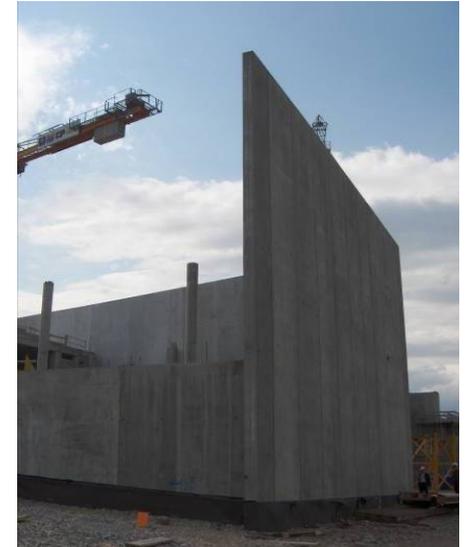
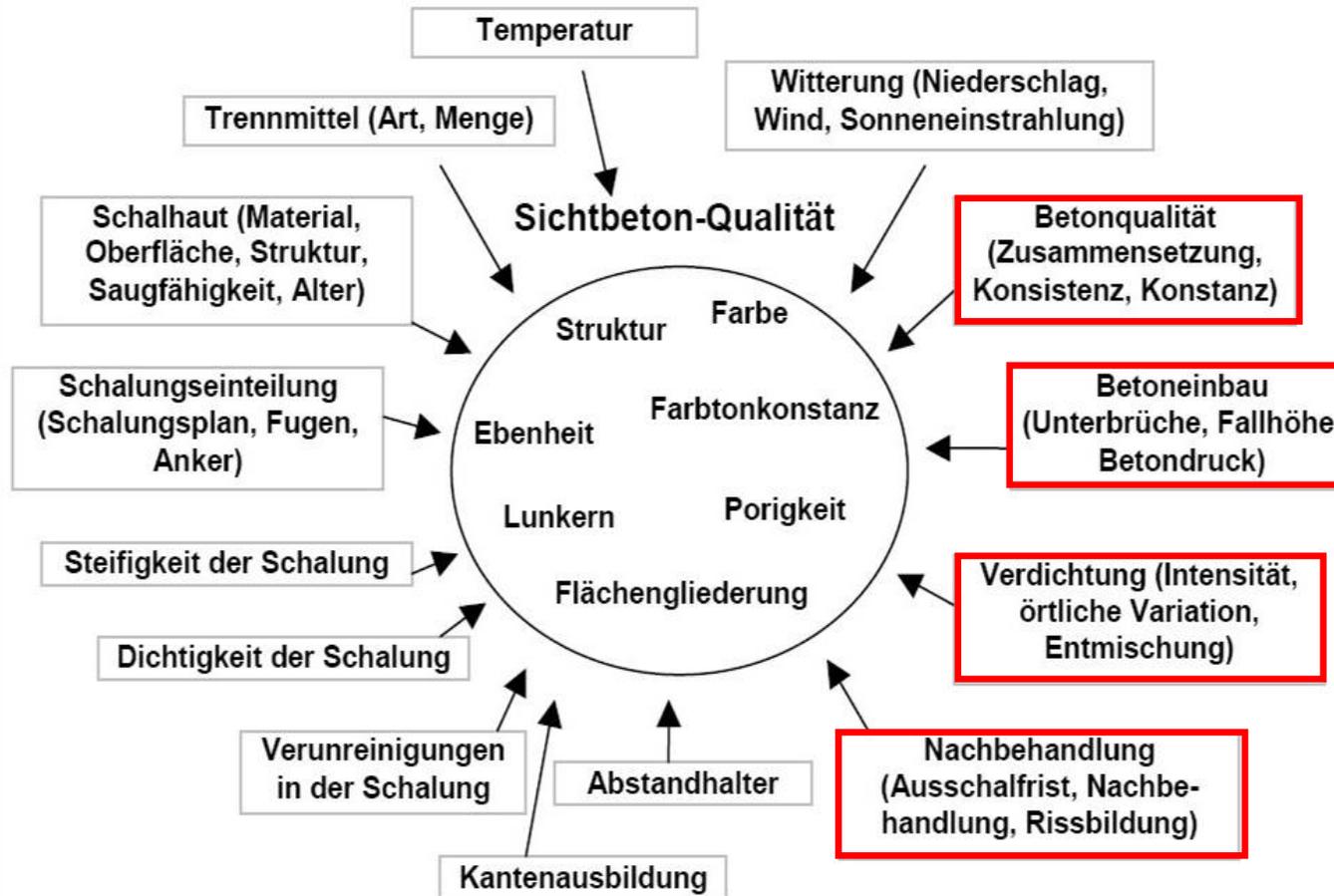
- Sichtbetonteam



**Qualität nur erreichbar durch eine gute Zusammenarbeit aller am Sichtbetonbau beteiligten Personen.**

# Einflussfaktoren - Qualität

## ■ Betontechnik – Schalung – Klima



# Einflussfaktoren - Qualität

## ■ Erprobungsflächen

- Zur Abstimmung der vertraglich vereinbarten Oberflächenbeschaffenheit
- Weitestgehende Übereinstimmung mit dem künftigen Bauteil in der Art des Einbaus, der Schalung und der erforderlichen Abmessungen.
- Vereinbarung von Referenzflächen nach der Herstellung von Erprobungsflächen.
- Wichtig ist auch die Berücksichtigung der Farbmuster.



# Inhalt

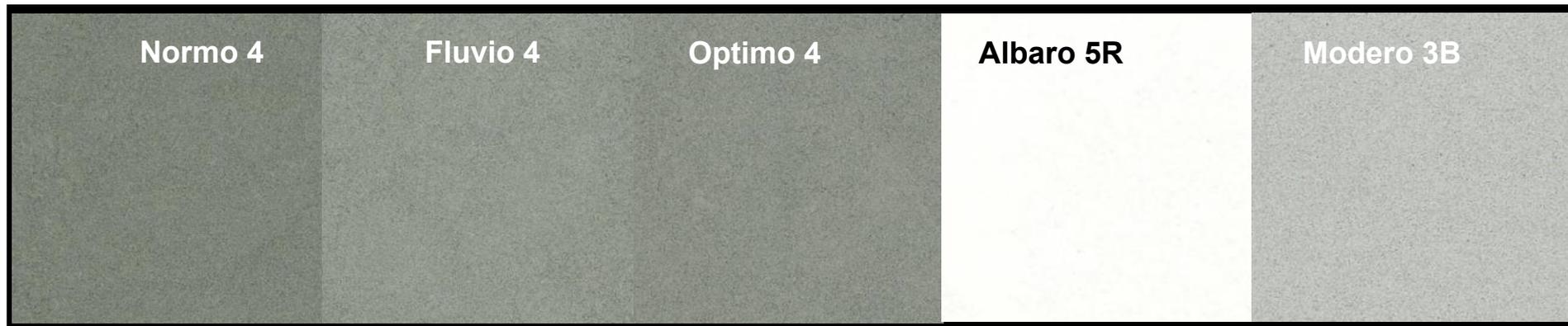
---

- Einführung
- Einflussfaktoren
- Betonqualität
- Betoneinbau und -verdichtung
- Nachbehandlung
- Zusammenfassung

# Betonqualität - Betonausgangsstoffe

## Eigenfarbe Zement

- alle Zemente nach SN EN 197-1 geeignet, die gemäss SN EN 206-1, Tab. NA.3 zugelassen sind.
- Portlandzement (CEM I, z.B. Normo)
- Portlandkalksteinzement (CEM II/A-LL, z.B. Fluvio)
- Portlandkompositzement (CEM II/B-M (T-LL), z.B. Optimo)
- Weisser Portlandzement (CEM I, z.B. Albaro)
- Hochofenzement (CEM III/B, z.B. Modero)



# Betonqualität - Betonausgangsstoffe

## Eigenfarbe Gesteinskörnung

- Anforderungen gemäss SN EN 12620.
- Eigenfarbe massgebend v.a. bei Farbbeton (Feinkornanteil  $< 0.063$  mm), und nachbearbeiteten Flächen (Grobkorn  $> 4$  mm).
- Farbe Sichtbeton allgemein abhängig von Mehlkorngesamt (< 0.125 mm)
- Anwendung im Freien:  
Die Gesteinskörnung muss aufgrund ihrer Anwendung im Freien frost- und witterungsbeständig sein.



# Betonqualität - Betonausgangsstoffe

## Wasser

- Anforderungen an das Zugabewasser gemäss SN EN 1008.
- Trinkwasser ist zur Herstellung von Sichtbeton geeignet (keine Prüfung).
- i.A. keine Verwendung von Rest- und/oder Recyclingwasser.
  - möglicher Einfluss auf die Farbe und andere Betoneigenschaften.
  - vorgängig Versuche notwendig.



# Betonqualität - Betonausgangsstoffe

## Zusatzmittel

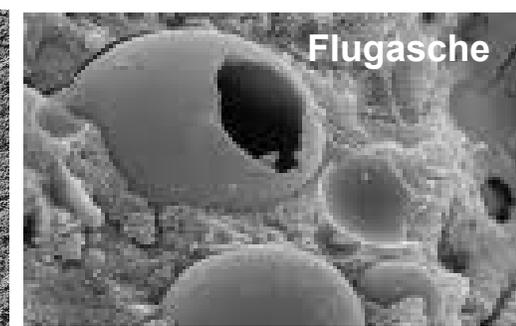
- alle Zusatzmittel gemäss SN EN 934-2.
- Verwendung von Betonverflüssiger (BV) und Fließmittel (FM).
- chemische und/oder physikalische Wirkung
  - > Beeinflussung der Eigenschaften des Frisch- und/oder Festbetons.
  - > keine Mischung von Zusatzmittel verschiedener Wirkungsweisen
  - > keine Zusatzmittel gleicher Wirkungsweise verschiedener Hersteller.
- Geringer Einfluss auf die Farbe der Betonoberfläche (transparentes Zusatzmittel).
- Indirekter Einfluss bei Verwendung zur Reduktion des w/z-Wertes
  - > dunklere Oberfläche.
- Vorgängig Eignungsversuche.



# Betonqualität - Betonausgangsstoffe

## Betonzusatzstoffe

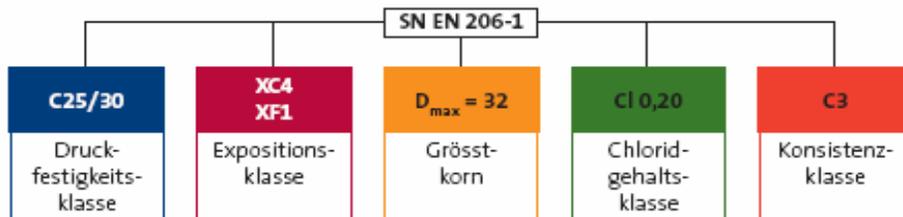
- Als Zusatzstoffe werden bei Sichtbeton hauptsächlich
  - Farbpigmente (i.A. Eisenoxide (z.B. rot, schwarz), z.T. Titanoxid (weiss), Chromoxid (grün), SN EN 12878) verwendet.  
Achtung: Berücksichtigung des Wasseranspruches bei Farbpigmenten!
  - Steinmehl (SN EN 12620)
  - Steinkohleflugasche (SN EN 450-1),
- Eigenfärbung (Qualität des Zusatzstoffes) massgebend für Farbe.
- Granulometrie (Korngrössenverteilung) massgebend für Farbe.
- Vorversuche.



# Betonqualität - Betonzusammensetzung

## Voraussetzung

- Festlegung des Betons:
  - Beton nach Eigenschaften gemäss SN EN 206-1 (Normalfall und empfohlen: z.B. NPK-Betone -> NPK C) oder
  - Beton nach Zusammensetzung gemäss SN EN 206-1 (Achtung: Haftung!).
- Allgemeine Anforderungen an einen Sichtbeton nach SN EN 206-1:
  - keine Entmischung beim Einbau und Verdichten (keine Sedimentation).
  - gute Verarbeitbarkeit.
  - kein Bluten (kein Absondern von Wasser).
- Gemeinsame Feinabstimmung einer Betonzusammensetzung durch die Verantwortlichen (Baustelle, Transportbetonwerk).



# Betonqualität - Betonzusammensetzung

## Erzielung guter Sichtbetonflächen

Empfehlungen Holcim für hohe Sichtbetonanforderungen:

- Gleichmässige Betonzusammensetzung, (gegebenenfalls unter Verwendung eines verflüssigenden Zusatzmittels).
- Zementgehalt mindestens 350 kg/m<sup>3</sup> (bei einem Grösstkorn von 32 mm).
- $w/z\text{-Wert} \leq 0.50$  und möglichst konstant  
Farbe wird vornehmlich durch  $w/z\text{-Wert}$  beeinflusst
  - $w/z$  höher → Oberfläche heller
  - $w/z$  tiefer → Oberfläche dunkler
  - Abweichungen bewirken erkennbare Farbunterschiede an Betonoberfläche.

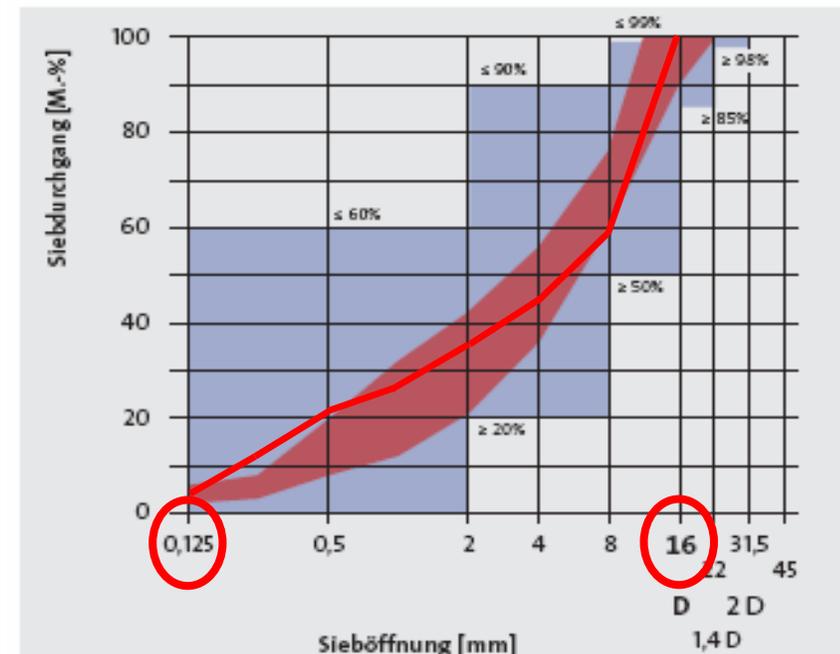
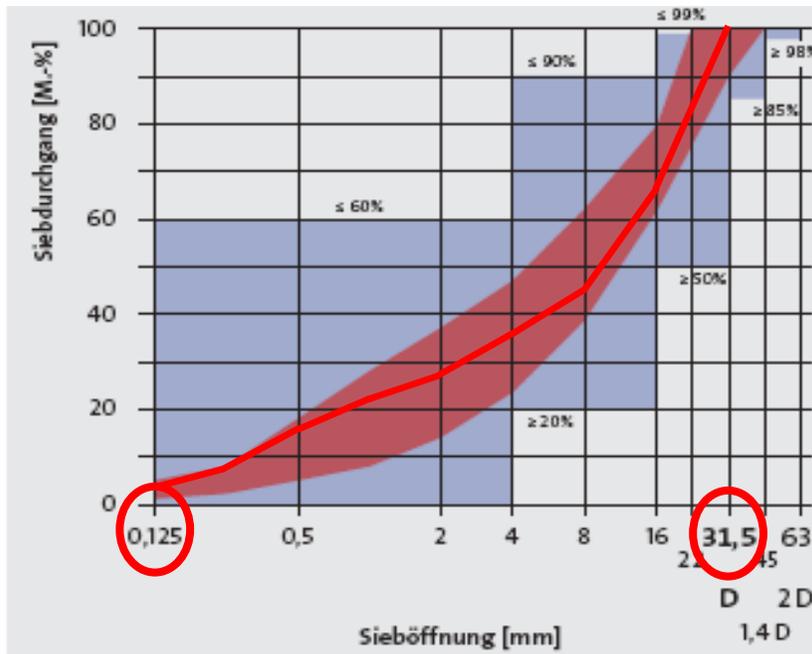


# Betonqualität - Betonzusammensetzung

## Gesteinskorn

Empfehlungen Holcim für hohe Sichtbetonanforderungen:

- Kornzusammensetzung entspricht einer stetigen Kurve und ist im oberen Bereich anzusetzen. (Achtung: zu feine Sieblinie -> Lunkern)
- keine normierte „Sichtbetonsieblinie“.  
Sieblinie ist werkabhängig bzw. abhängig von den zur Verfügung stehenden Rohstoffen.



# Betonqualität - Betonzusammensetzung

## Mehlkorn

Empfehlungen Holcim für hohe Sichtbetonanforderungen:



- Ausreichend hoher Mehlkorngesamtgehalt (Zement, Zusatzstoffe und Anteile der Gesteinskörnung  $\leq 0.125$  mm).
- gleichmässige Sandfarbe.
- Richtwerte für schlanke Bauteile (SN EN 206-1, Tab. NA.2)

Durchmesser des Grösstkorns [mm]	8	16	22,5	32	45	63
Mehlkorngehalt [kg/m <sup>3</sup> Beton]	450	400	375	350	325	300

Stütze

Wände

Decke



# Betonqualität - Betonzusammensetzung

## Konsistenz

- keinerlei Vorgaben (Ausnahme: NPK-Betone mit Vorgabe C3!).
- nahezu jede Betonkonsistenz herstellbar.
- richtige Konsistenz ist eine wichtige Voraussetzung für die Herstellung von Sichtbeton.

Sie ist abhängig von der Bauteilgrösse und vom Bewehrungsgehalt zu wählen.

Ausbreitmass		Verdichtungsmass		Setzmass		Konsistenzbeschreibung nach Holdm
Klasse	Wert [mm]	Klasse	Wert	Klasse	Wert [mm]	
		C0*	≥ 1,46			erdfeucht
F1*	≤ 340	C1	1,45 bis 1,26	S1	10 bis 40	steif
F2	350 bis 410	C2	1,25 bis 1,11	S2	50 bis 90	plastisch
F3	420 bis 480	C3	1,10 bis 1,04	S3	100 bis 150	weich
F4	490 bis 550			S4	160 bis 210	sehr weich
F5	560 bis 620			S5*	≥ 220	fliessfähig
F6*	≥ 630					sehr fliessfähig

# Betonqualität - Betonzusammensetzung

## Erhärtungstemperatur

Hohe Temperaturen:

schnellere Hydratation

- Bildung kleinerer bzw. feinerer kristalliner Phasen.
- Feinere kristalline Phasen streuen das auf die Sichtbetonoberfläche auftreffende Licht stärker als die grösseren kristallinen Phasen  
-> hellerer Sichtbetonfarbton.

Niedrige Temperaturen:

langsamere Hydratationsgeschwindigkeit

-> langsamerer Kristallwachstum bzw.  
grössere kristalline Phasen.

Langsame Erhärtung führt bei niedrigeren Temperaturen im Ergebnis zu einer kräftigeren, intensiveren Farbe des Sichtbetons.

Quelle: cemsuisse-Forschungsprojekt Sichtbeton 2007

40°C, ohne FM, mit  
Trennmittel links dünn,  
rechts dicker Auftrag



5°C, ohne FM



# Inhalt

---

- Einführung
- Einflussfaktoren
- Betonqualität
- **Betoneinbau und -verdichtung**
- Nachbehandlung
- Zusammenfassung

# Betoneinbau und -verdichtung

## Transport

- Kurze Anfahrtszeit/kurze Transportwege.
- Einwandfreie Mischfahrzeuge (Fahrmischer).
- Kenntnis der Anforderungen an den Sichtbeton.
- Zeitraum Be- und Entladen vereinbaren (einheitlich/gleichmässig).
- Konstanz in Transportzeit und Lieferabständen.
- Vor dem Entladen noch einmal durchmischen (ca. 2 Minuten) -> Homogenisierung.
- Nachträgliche Wasserbeigabe unterlassen (Farbkonstanz).
- Aufheizen des Betons im Winter zur Reduzierung von dunklen Verfärbungen.



# Betoneinbau und -verdichtung

## Allgemein

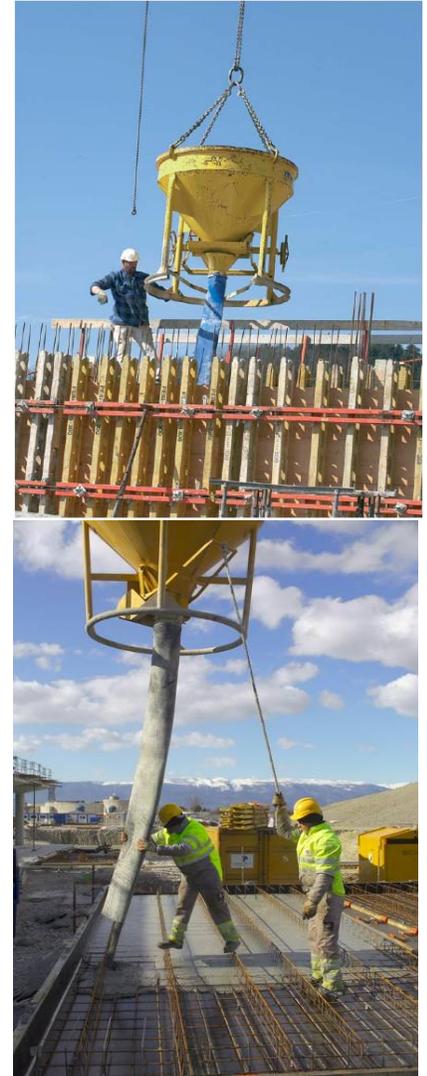
- Erfahrenes Team -> keine Wechsel.
- Betonier- und Verdichtungsanweisung erarbeiten und anwenden.
- Zeitspanne zwischen Aufstellen der Schalung und Betoneinbau möglichst kurz halten.
- Auf ähnliche klimatische Verhältnisse (Temperatur, Feuchte, Wind) bei der Betonherstellung und beim Betonieren achten.
- Unmittelbar vor Betonierbeginn Verschmutzungen, Bindedrahtreste, Wasserpfützen, usw. von der Schalung restlos entfernen.
- Gleiche Zeitabstände zwischen Entladen, Einbau der einzelnen Schüttilagen, Verdichtung und Nachverdichtung einhalten.



# Betoneinbau und -verdichtung

## Betoneinbau

- Betoneinbau erfolgt an vertikalen Bauteilen (Wände und Stützen) in gleichmässigen Lagen.
- Einbaulagen:  
Ermittlung der optimalen Höhe bei der Herstellung der Erprobungsflächen.
- Der Beton ist zügig einzubauen!
- Einbringen der Schichten „Frisch in Frisch“
- Entmischung verhindern durch
  - freie Fallhöhen unter 1.00 m
  - kurze Schüttabstände
  - Betonierlagen unter 50 cm (bei dichter Bewehrung und bei engen Bauteilen unter 30 cm) und
  - dichten Schalungsfugen (Abdichtung der Aufstandspunkte der Schalung).



# Betoneinbau und -verdichtung

## Betoneinbau

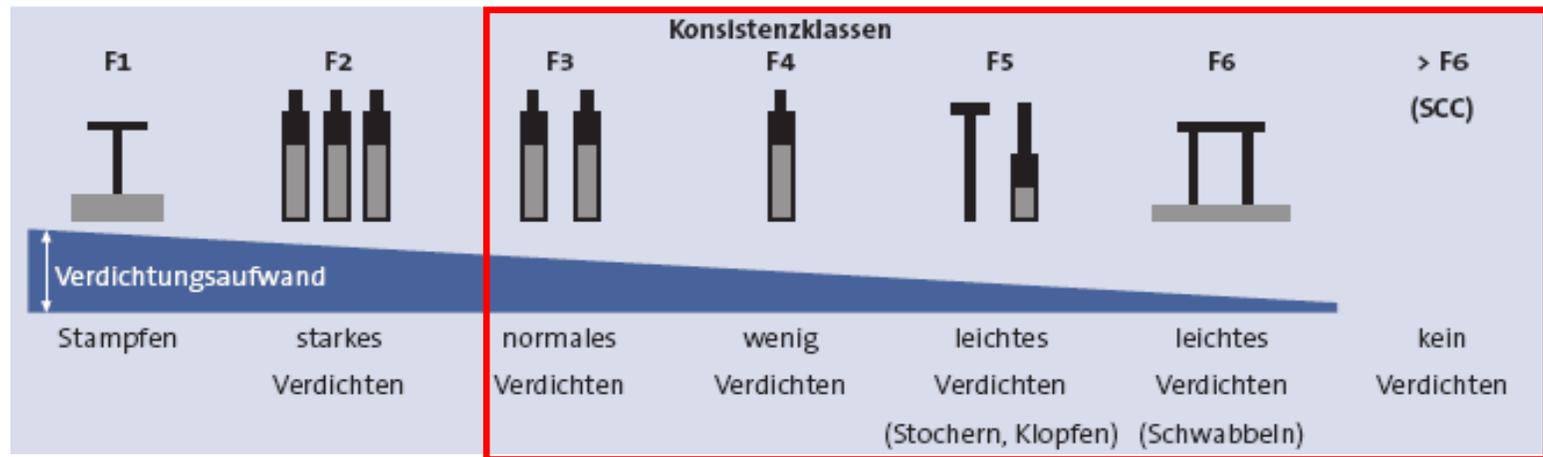
- Ab 1.00 m Fallhöhe: Schüttröhre (Fallrohr oder Verteilschlauch)
- Der Betonpumpenschlauch oder Einbauschlauch des Krankübels sollte möglichst in bereits eingebauten Frischbeton eintauchen.
- Beton nicht gegen Schalung und Bewehrung schütten.
- Beton mittig einbringen.



# Betoneinbau und -verdichtung

## Betonverdichtung

- Geeignete Vibriernadeln verwenden.
- gleichmässige, technisch richtige und ausreichend lange Verdichtung (schnelles Eintauchen und langsames Herausziehen).
- nicht zu kurzes, aber keinesfalls zu langes Verdichten.
- Auf die Konsistenz abgestimmt sorgfältig verdichten.

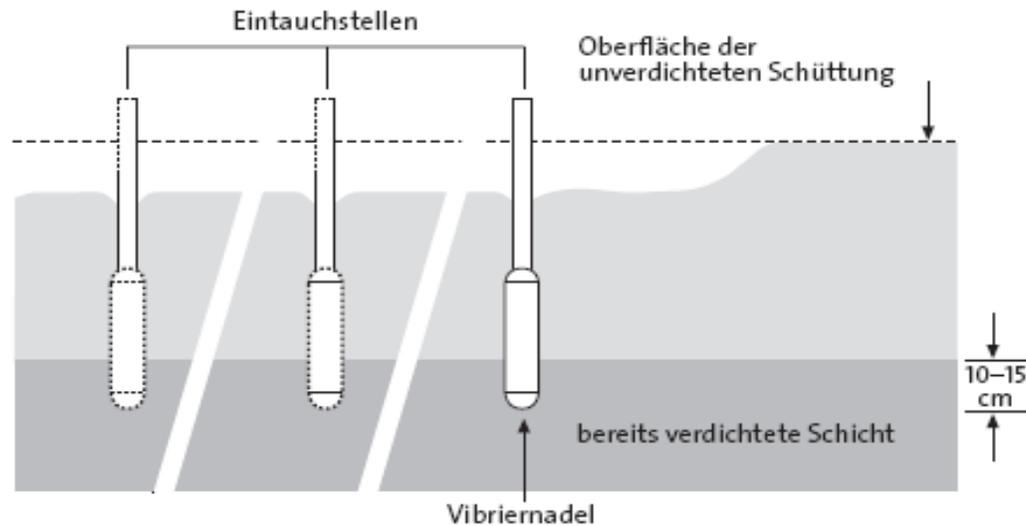


- Berührung der Bewehrung und Schalung mit der Vibriernadel vermeiden.
- Vibriernadeln müssen stets geführt, dürfen also nicht (auch für wenige Sekunden nicht) losgelassen werden!

# Betoneinbau und -verdichtung

## Betonverdichtung

- Vernadeln der einzelnen Beton-/Schüttlagen



- Überschneidung der Eintauchstellen im Wirkungsbereich.
- Eintauchabstände sind konstant zu halten.
- Wirkradien beachten (ausreichende Vibrierabstände der Vibriernadeln).  
Vibrierabstand 8- bis 10-faches des Vibriernadeldurchmessers.  
(Für Leichtbeton: engere Abstände!)

# Inhalt

---

- Einführung
- Einflussfaktoren
- Betonqualität
- Betoneinbau und -verdichtung
- Nachbehandlung
- Zusammenfassung

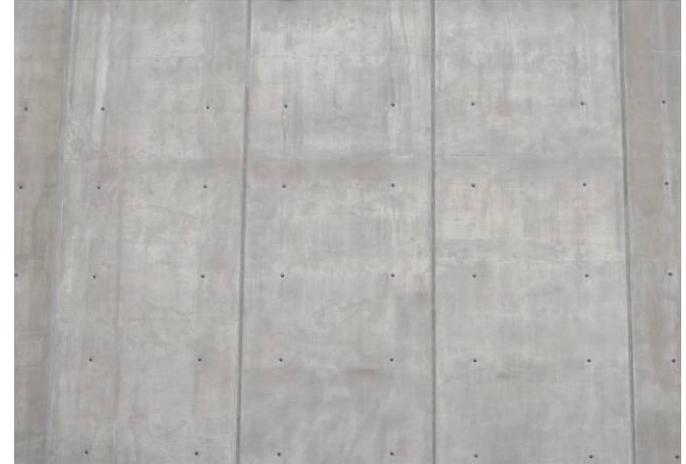
# Nachbehandlung - Allgemein

- Sichtbetonbauteile: Regelung in SIA 262.
- Die Norm macht keine Vorgaben zu Art und Verfahren der Nachbehandlung.  
(Dauer: wenn nichts anderes vereinbart, mind. 5 Tage! → SIA 118/262)
- Ausreichende, gleichmässige und gleichartige Nachbehandlung
- Beginn mit der Nachbehandlung: unmittelbar nach der Herstellung des oberen Wand-, Stützenabschlusses, der fertigen Deckenfläche bzw. des oberen Abschlusses eines Fundaments.
- Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse (Feuchte, Temperatur, Wind).
- Betonoberflächen nach Fertigstellung abdecken. Verdunstungsschutz (Einpacken oder Einhausen in PE-Folie).
- Kanten bei laufendem Baufortschritt im Gebrauchsbereich schützen.



# Nachbehandlung - Ausschalfristen

- Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse (Temperatur, Feuchte, Wind)
- Reife des Betons:  
Ausschalen des Betons erst, wenn der Beton eine ausreichende Festigkeit besitzt und durch Frost keine Schäden mehr eintreten können.
- Möglichst gleiche Reife nebeneinander liegender Bauteile.
- Lösen der Anker von den Wandschalungen.
- Vorsichtiges und zügiges Ausschalen.
- Vermeiden zu langer Verweildauer des Betons in Schalung.
- Ausreichende Kantenfestigkeit bei rechtwinkligen oder scharfkantigen Bauteilen.
- Frisch ausgeschalte Sichtbetonoberflächen:  
Keine Beaufschlagung mit Regen oder Besprühung mit Wasser.



# Inhalt

---

- Einführung
- Einflussfaktoren
- Betonqualität
- Betoneinbau und -verdichtung
- Nachbehandlung
- Zusammenfassung

# Zusammenfassung

## Ausgangsstoffe

- Kein Wechsel der Ausgangsstoffe (Ausführung!).
- Kein Wechsel des Transportbetonwerks.
- Keine Verwendung von Restwasser und Restbeton
- Vorversuche (Erprobungsflächen).

## Betonzusammensetzung

- Geringe Dosierschwankungen der Ausgangsstoffe
- Ausreichender Zusammenhalt des Frischbetons (kein Entmischen, keine Sedimentation).
- Einhaltung der Empfehlungen des Feinstsand- und Mehlkorngehalts.
- Ausreichendes Wasserrückhaltevermögen (kein Bluten) des Frischbetons.
- Dosiergenauigkeit von Wasser und Zement, insbesondere des  $w/z$ -Wertes durch die Feuchte der feinen Gesteinskörnung.
- Betontechnologie (Betonherstellung, Einbau, Nachbehandlung).



# Zusammenfassung

## Betonieren

- Verhinderung von Entmischungen.
- Verdichtungsprozess.

## Nachbehandlung

- Nachbehandlung gegen Feuchtigkeitsverlust.



# Zusammenfassung

**Einflussfaktoren ↔ Qualität**

**Einfluss Beton**



		wichtige Einflussfaktoren											
		Planung	Realisierung	Wassergehalt im Beton	Verarbeitbarkeit des Betons	Schalung	Trennmittel	Bewehrung/Bew.überdeckung	Einbringen/Verdichten	Kälte < 10°C	Wind	Luftfeuchtigkeit	Nachbehandlung / Schutz
mögl. Unregelmässigkeiten	Unebenheiten		■			■			■				
	Korrosion	■						■	■				■
	Bluten		■	■	■	■			■	■			
	Kiesnester		■	■	■	■			■				
	Lunker		■	■	■	■	■		■				
	Risse	■	■	■	■	■		■			■	■	■
	Kalkausblühungen	■	■	■	■	■				■		■	■
	Grautonunterschiede		■	■	■	■	■		■		■		■
	Verfärbungen		■	■	■	■	■		■			■	■

- Haupteinfluss
- Nebeneinfluss

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Sichtbeton ist „in“



Sichtbeton ist „trendy“