

# Sichtbeton

Know-how für die Praxis.

Holcim (Schweiz) AG



# Funktionalität und Ästhetik im Einklang

Sichtbeton überzeugt als Blickfang und kreatives Ausdrucksmittel. Zudem bürgt er, richtig gewählt und angewandt, für grosse Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit. Voraussetzungen für den Projekterfolg mit Sichtbeton sind genaue Planung, die kluge Kombination gestalterischer Möglichkeiten und die gekonnte Umsetzung auf der Baustelle. Ein komplexer Prozess, den Sie sich mit Holcim als Baustoffpartner systematisch vereinfachen können.

➔	<b>1. Einleitung</b>	<b>5</b>
➔	<b>2. Anforderungen an Sichtbeton</b>	<b>6</b>
	2.1 Textur	6
	2.2 Lunker	6
	2.3 Farbton	8
	2.4 Ebenheit	8
	2.5 Fugen	8
➔	<b>3. Betontechnologie</b>	<b>10</b>
	3.1 Ausgangsstoffe	10
	3.2 Verarbeitbarkeit und Konsistenz	12
	3.3 Herstellung und Transport	12
	3.4 Einbringen und Verdichten	12
	3.5 Nachbehandlung	13
➔	<b>4. Betonbau</b>	<b>14</b>
	4.1 Schalung	14
	4.2 Schalungsmusterplan	17
	4.3 Trennmittel	18
	4.4 Bewehrung	19
	4.5 Oberflächengestaltung	20
	4.6 Oberflächenschutz und Betonkosmetik	24
➔	<b>5. Witterung</b>	<b>26</b>
➔	<b>6. Sichtbeton für den Planer</b>	<b>28</b>
	6.1 Planung	28
	6.2 Ausschreibung	28
	6.3 Musterflächen und Referenzfläche	28
	6.4 Beurteilung	29
➔	<b>7. Literaturverzeichnis</b>	<b>30</b>



# 1. Einleitung

Die Realisierung von gelungenem Sichtbeton erfordert die Abstimmung aller Ansprüche und Anforderungen noch vor der Detailplanung.

Sichtbetonoberflächen sind Flächen, an die besondere Anforderungen hinsichtlich Aussehen gestellt werden und welche die Merkmale der Gestaltung und der Herstellung erkennen lassen. Bei der Herstellung von Sichtbeton unterscheidet man im Wesentlichen zwischen den Oberflächen, bei denen die Schalung als Gestaltungselement benutzt wird, und Oberflächen, die nachträglich bearbeitet werden. In beiden Fällen kann Farbe als weiteres gestalterisches Merkmal eingesetzt werden. Die Realisierung von Sichtbetonoberflächen erfordert einerseits ein grosses Know-how aller am Bau beteiligten Personen und andererseits eine sehr hohe Präzision bei der Planung und in der Ausführung.

Die Ansprüche und Ansichten aller Beteiligten zum Thema Sichtbeton können sehr weit auseinander gehen. Was der eine als gelungen einstuft, betrachtet der andere als Mangel. Die Frage „Was ist Sichtbeton?“ ist vor Baubeginn zu klären, damit alle Beteiligten die gleiche Ausgangsbasis haben. Es wird empfohlen, bei ästhetisch anspruchsvollen Objekten zur optimalen Abstimmung aller Beteiligten sowie des ungehinderten Informationsflusses untereinander ein Sichtbetonteam zu bilden.

Die Anforderungen an den Sichtbeton werden durch eine Reihe von Einflussfaktoren aus Betontechnologie und Betonbau sowie durch Witterung beeinflusst (Abb. 1).

## Hochwertiger Sichtbeton stellt hohe Anforderungen an alle Beteiligten.



Abb. 1 Schematische Darstellung zu Anforderungen an Sichtbeton und Einflussfaktoren aus Betontechnologie und Betonbau sowie durch Witterung.

## 2. Anforderungen an Sichtbeton

Für eine fachgerechte Umsetzung und Beurteilung von Sichtbeton definiert Holcim diesen nach anerkannten Kriterien.

Die Norm SIA 118/262 [1] führt Anforderungen an das Erscheinungsbild einer Sichtbetonoberfläche in Abhängigkeit von vier verschiedenen Schalungstypen auf. Als Ergänzung und Präzisierung veröffentlichte cemsuisse im Jahre 2012 das „Merkblatt für Sichtbetonbauten“ [2]. Dieses bietet Hilfestellung für eine fachgerechte Realisierung und Beurteilung von Sichtbetonflächen durch das Einführen von vier Sichtbetonklassen (SBK) (Abb. 2). Das Sichtbeton-Merkblatt ergänzt die Normen SIA 262 [3], SN EN 206-1 [4], SIA 118/262 und SN EN 13670 [5] sowie den NPK 241 [6].

Für die Sichtbetonklassen werden Anforderungen an den Sichtbeton anhand der nachfolgenden fünf Kriterien festgelegt [2]:

- Textur
- Lunker
- Farbton
- Ebenheit
- Fugen

Diese Kriterien sind jeweils in bis zu drei Klassen unterteilt und den vier Sichtbetonklassen zugeordnet (Abb. 3).

### 2.1 Textur

Die Textur ist die geometrische Gestalt der Betonoberfläche (rau, glatt, strukturiert) als Abweichung der planaren Ebene. Sie stellt die Beschaffenheit der Betonoberfläche aufgrund der gewählten Schalung bzw. einer speziellen Oberflächengestaltung dar. Anforderungen bzw. Eigenschaften können zur Geschlossenheit und Einheitlichkeit der Betonoberfläche und zu Versätzen und Graten an Elementstößen der Schalung festgelegt werden. Diese sind für die Texturklassen TX 1 bis TX 3 in Abb. 4 aufgeführt.

### 2.2 Lunker

Lunker sind kleinere Hohlräume bzw. offene Poren vor allem auf der vertikalen Betonoberfläche. Sie stellen keine technische Beeinträchtigung von Sichtbetonoberflächen dar, solange sie die normalen Abmessungen von wenigen Millimetern nicht überschreiten. Das Erscheinungsbild der Betonoberfläche hinsichtlich Porigkeit (Porenanteil und Gleichmässigkeit) wird qualitativ beurteilt. Dabei werden Poren mit einem Durchmesser von 1 mm bis 15 mm betrachtet. Die Prüffläche beträgt 50 × 50 cm. Die Anforderungen bzw. Eigenschaften sind für die Lunckerklassen LK 1 und LK 2 in Abb. 5 aufgeführt. Eine quantitative Angabe für die Lunckerklasse LK 2 wird gegeben. Es wird empfohlen, bei Leichtbeton (Dämmbeton) eigene Kriterien für Luncker zu definieren und bei der Festlegung durch den Planer saugende und nicht saugende Schalung zu berücksichtigen.

Sichtbetonklasse	Sichtbetonanspruch	Erläuterung	Beispiel
SBK 1	gering	Mindestqualität ohne ausgeprägte Gestaltungsabsicht	Kellerwände oder Bereiche gewerblicher Nutzung
SBK 2	normal	normale Qualität mit bestimmter Gestaltungsabsicht	Treppenhausräume, Stützwände
SBK 3	hoch	hohe Qualität mit besonders anspruchsvoller Gestaltungsabsicht	Fassaden im Hochbau
SBK 5	nach Angaben Planer	Sonderklasse mit besonderer/individueller Gestaltungsabsicht	repräsentative Bauteile im Hochbau

Abb. 2 Sichtbetonklassen mit entsprechenden Definitionen [2], ergänzt durch Beispiele.

Sichtbetonklasse	Sichtbetonanspruch	Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen				
		Textur (TX)	Lunker (LK)	Farbton (FB)	Ebenheit (EH)	Fugen (FG)
SBK 1	gering	TX 1	LK 1	FB 1	EH 1	FG 1
SBK 2	normal	TX 2	LK 2	FB 2	EH 1	FG 2
SBK 3	hoch	TX 3	LK 2	FB 3	EH 2A/EH 2B	nach Angaben Planer
SBK 5	nach Angaben Planer					

Abb. 3 Zuordnung der Kriterien für Anforderungen an Sichtbeton zu den Sichtbetonklassen gemäss [2].

Texturklasse	Anforderung bzw. Eigenschaft
TX 1	geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche Planer legt folgende Anforderungen fest: <ul style="list-style-type: none"> <li>in den Schalelementstössen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel (<math>\leq 10</math> mm breit, <math>\leq 5</math> mm tief) zulässig</li> <li>Versatz der Elementstösse (<math>\leq 5</math> mm) zulässig</li> <li>Grate und Überzähne (<math>\leq 5</math> mm) zulässig</li> <li>Rahmenabdruck des Schalelements zulässig</li> <li>keine Anforderungen an einen Schalungsmusterplan</li> </ul>
TX 2	glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche Planer legt folgende Anforderungen fest: <ul style="list-style-type: none"> <li>in den Schalelementstössen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel nicht zulässig</li> <li>feine, technisch unvermeidbare Grate (<math>\leq 3</math> mm) zulässig</li> <li>weitere Anforderungen (z.B. Schalungstösse, Rahmenabdruck) sind detailliert festzulegen</li> <li>keine Anforderungen an einen Schalungsmusterplan</li> </ul>
TX 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Darstellung des vom Planer festgelegten Strukturbilds sowie besonderer Merkmale der Schalung im Schalungsmusterplan</li> </ul>

Abb. 4 Anforderung bzw. Eigenschaft für die Texturklassen TX 1–TX 3.

Lunkerklasse	Anforderung bzw. Eigenschaft	Bemerkung
LK 1	gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine Vorgaben</li> </ul>
LK 2	mässig	<ul style="list-style-type: none"> <li>legt Planer fest</li> <li>Porenanteil: z.B. 0,5 %</li> </ul>

Abb. 5 Anforderung bzw. Eigenschaft für die Lunkerklassen LK 1 und LK 2.

## 2. Anforderungen an Sichtbeton

### 2.3 Farbton

Der Farbton ist neben der Helligkeit und der Farbsättigung eine der drei vom Menschen als wichtig empfundenen Eigenschaften einer Farbe und spielt bei den Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen eine grosse Rolle. Eine Festlegung von Anforderungen bzw. Eigenschaften wird bezüglich Gleichmässigkeit des Farbtons, Farbtonabweichung, Hell-/Dunkelverfärbung und Wolkenbildung vorgenommen und ist in *Abb. 6* aufgeführt.

### 2.4 Ebenheit

Die Ebenheit von Betonoberflächen wird massgeblich von der Ebenheit und Steifigkeit der Schalung beeinflusst. Übermässige Durchbiegungen der Schalung führen zu beulenartigen Ausbuchtungen. Die Ebenheitsanforderungen der fertigen Betonoberfläche werden nach den Normen SIA 414 [7] und SIA 414/10 [8] für die Ebenheitsklasse EH 1 beurteilt, die der fertigen Betonoberfläche und die Ebenheit von Kanten nach den Normen SN EN 13670 [5] und DIN 18202 [9] für die Ebenheitsklasse EH 2. Die Anforderungen bzw. Eigenschaften sind für die Ebenheitsklassen EH 1 bis EH 2A/B in *Abb. 7* dargestellt. Ebenheitsanforderungen gelten nicht bei bearbeiteten oder strukturierten Flächen. Falls höhere Ebenheitsanforderungen definiert werden, ist deren technische Erreichbarkeit vorgängig zu prüfen.

### 2.5 Fugen

Die Ausbildung von Arbeits- und Schalhautfugen (horizontal und vertikal) ist für das Gesamtbild sehr wichtig. Arbeitsfugen bleiben immer sichtbar. Eine Festlegung der Anforderungen bzw. Eigenschaften erfolgt z.B. für die Ausbildung und Dichtigkeit der Fugen in Form von allfälligem Zementleimaustritt (Bojake), die Ausbildung und den Schutz von Kanten sowie den Flächenversatz von zwei Betonierabschnitten. Die Anforderungen bzw. Eigenschaften sind für die Fugenklassen FG 1 und FG 2 in *Abb. 8* aufgeführt.

**Abb. 6**  
Anforderung bzw. Eigenschaft für die Farbtonklassen FB 1–FB 3.

Farbtonklasse	Anforderung bzw. Eigenschaft
FB 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hell-/Dunkelverfärbungen (Wolkenbildung) zulässig</li><li>• Rost- und Schmutzflecken unzulässig</li></ul>
FB 2	Möglichst gleichmässige Farbtonung <ul style="list-style-type: none"><li>• gleichmässige, grossflächige Hell-/Dunkelverfärbungen (Wolkenbildung) zulässig</li><li>• unterschiedliche Arten und Vorbehandlung der Schalhaut sowie der Ausgangsstoffe unzulässig</li></ul>
FB 3	Besondere Bestimmungen <ul style="list-style-type: none"><li>• grossflächige Verfärbungen, verursacht durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schalhaut, ungeeignete Nachbehandlung des Betons unzulässig</li><li>• geringe Hell-/Dunkelverfärbungen zulässig (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen)</li><li>• Rost- und Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen unzulässig</li></ul>



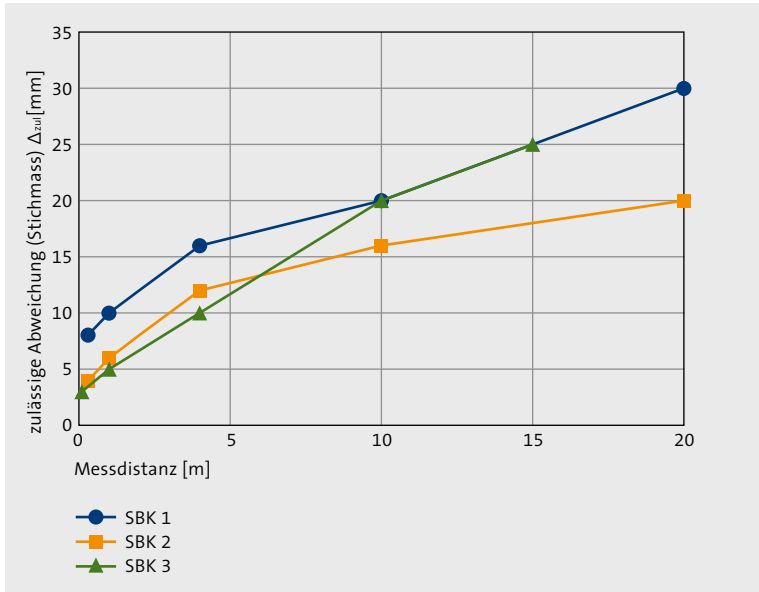


Abb. 7  
Anforderung bzw.  
Eigenschaft für die  
Ebenheitsklassen  
EH 1–EH 2A/B.

Fugenklasse	Anforderung bzw. Eigenschaft
FG 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fugen abgedichtet</li> <li>• Versatz zugelassen</li> <li>• kein Kantenschutz</li> </ul>
FG 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fugen abgedichtet</li> <li>• mässiger Versatz zugelassen</li> <li>• Kantenschutz erforderlich</li> </ul>

Abb. 8  
Anforderung bzw.  
Eigenschaft für  
die Fugenklassen  
FG 1 und FG 2.

# 3. Betontechnologie

## Die Qualität des Sichtbetons wird durch unterschiedliche betontechnologische Faktoren bestimmt.

Grundsätzlich gelten bei Sichtbeton die gleichen Voraussetzungen für die Herstellung wie für andere Betone. Den besonderen Anforderungen an das Aussehen der Betonoberflächen kann massgeblich durch das Beachten nachfolgender betontechnologischer Kriterien entsprochen werden:

### 3.1 Ausgangsstoffe

#### 3.1.1 Zement

Für die Herstellung von Sichtbeton sind alle Zemente nach Norm SN EN 206-1, Tabelle NA 3 zugelassen. Dennoch weisen einige Zementarten besondere Eigenschaften auf, was zu einem bevorzugten Einsatz dieser Zementarten führen kann:

- Portlandkompositzement (z.B. Optimo) verbessert mit einem Anteil an gebranntem Schiefer und Kalkstein das Wasserrückhaltevermögen und vermindert die Entmischungsgefahr. Der Frischbeton wird dadurch geschmeidiger und gut pumpbar. Die günstige Zementzusammensetzung reduziert das Risiko von Kalkausblühungen.
- Weisser Portlandzement (z.B. Albaro) eignet sich besonders gut für helle Bauteile sowie für eingefärbte Betone.

Es wird empfohlen, insbesondere bei Objekten mit den Sichtbetonklassen SBK 3 und SBK 5 die Zementart und das Zementwerk über die gesamte Dauer der Betonierarbeiten nicht zu wechseln.

#### 3.1.2 Wasser

Wasser aus der öffentlichen Trinkwasserversorgung sowie Rest- und/oder Recyclingwasser sind zur Herstellung von Sichtbeton geeignet, sofern sie die Anforderungen

an das Zugabewasser gemäss SN EN 1008 [10] erfüllen. Aus ökologischen Gründen ist die Verwendung von Rest- und/oder Recyclingwasser vorzuziehen, jedoch sind kleinere Farbunterschiede aufgrund einer grösseren Schwankung der Dichte des Recyclingwassers nicht auszuschliessen.

Es wird empfohlen, bei Objekten mit den Sichtbetonklassen SBK 3 und SBK 5 auf die Verwendung von Rest- und/oder Recyclingwasser für die Herstellung von Sichtbeton zu verzichten bzw. die Verwendung mit dem Bauherrn vorgängig abzustimmen.

#### 3.1.3 Gesteinskörnung

Art und Herkunft der Gesteinskörnung sowie Kornzusammensetzung, Grösstkorn und Mehlkorn können das Erscheinungsbild von Sichtbeton verändern. Insbesondere der Mehlkorngehalt beeinflusst massgeblich die Farbe, das Wasserrückhaltevermögen und die Oberflächenbeschaffenheit des Betons.

Als Mehlkorn werden alle Ausgangsstoffe des Betons (Gesteinskörnung, Zement, Zusatzstoffe) mit einem Durchmesser von kleiner oder gleich 0,125 mm bezeichnet. Der Anteil sollte für Sichtbeton mindestens den Richtwerten in *Abb. 9* entsprechen.

Die normativen Vorgaben für Kornzusammensetzungen gemäss SN EN 12620 [11] sind für die zwei Grösstkorndurchmesser 16 mm und 32 mm in *Abb. 10* dargestellt. Der Bereich, in dem die Kornzusammensetzung verlaufen muss (Grenzbereich), ist hellblau unterlegt. Der Bereich, in dem die typische Kornzusammensetzung schwanken darf, ist mittelblau markiert. Zusätzlich ist eine in der Praxis bewährte Kornzusammensetzung aufgeführt (dunkelblaue Kurve).

Bei nachträglich zu bearbeitenden Betonoberflächen ist die Kornform sowie die Farbe der Gesteinskörnung grösser 4 mm zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 4.5.2).

### 3.1.4 Zusatzmittel

Bei der Herstellung von Sichtbeton können alle Zusatzmitteltypen eingesetzt werden, wobei Fließmittel zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit am meisten verwendet werden. Durch die Zugabe von Fließmitteln kann der äquivalente Wasserzementwert vermindert, die Stabilität des Betons gegenüber Entmischung verbessert und das Risiko des Auftretens von Farbtonunterschieden deutlich gesenkt werden.

Art und Menge des Fließmittels sind auf den gewählten Zement, den äquivalenten Wasserzementwert, die Temperatur und die Dauer bis zum Einbau des Betons abzustimmen, um eine optimale Verarbeitbarkeit und Festigkeitsentwicklung ohne Entmischungen und Farbtonunterschiede zu erreichen.

Die Wirkung von weiteren Zusatzmitteln, wie z.B. Verzögerer, Luftporenbildner und Stabilisierer, auf die Qualität des Sichtbetons ist in Vorversuchen zu prüfen.

### 3.1.5 Zusatzstoffe

Als Zusatzstoffe werden bei Sichtbeton hauptsächlich Pigmente zum Einfärben der Betone, Gesteismehle und Steinkohlenflugasche verwendet. Pigmente sind im Allgemeinen Metalloxide, welche in einer Menge von ca. 3–5 Masseprozent bezogen auf das Zementgewicht dosiert werden (vgl. Kapitel 4.5.4). Es ist zu beachten, dass der Wasseranspruch der Pigmente zum Teil sehr gross und je nach Pigment sehr unterschiedlich ist, wodurch sich der Wassergehalt im Beton erheblich vergrössern kann. Es wird empfohlen, für Farbbetone grundsätzlich Vorversuche auch zur Kompatibilität mit anderen Zusatzmitteln durchzuführen.

Gesteismehle und Steinkohlenflugasche kommen zum Einsatz, um bei zu geringen Feinstanteilen in der Gesteinskörnung einen ausreichend hohen Mehlkorngehalt im Beton zu erzielen, um die Verarbeitbarkeit zu verbessern und um Entmischungen zu verhindern. Gesteismehle können einen erhöhten Wasseranspruch aufweisen, wodurch sich sowohl die Frisch- als auch die Festbetoneigenschaften verändern können.

Durchmesser des Grösstkorns [mm]	8	16	22,5	32
Mehlkorngelalt [kg/m <sup>3</sup> ]	450	400	375	350

Abb. 9 Richtwerte für den Mehlkorngehalt für Sichtbeton.

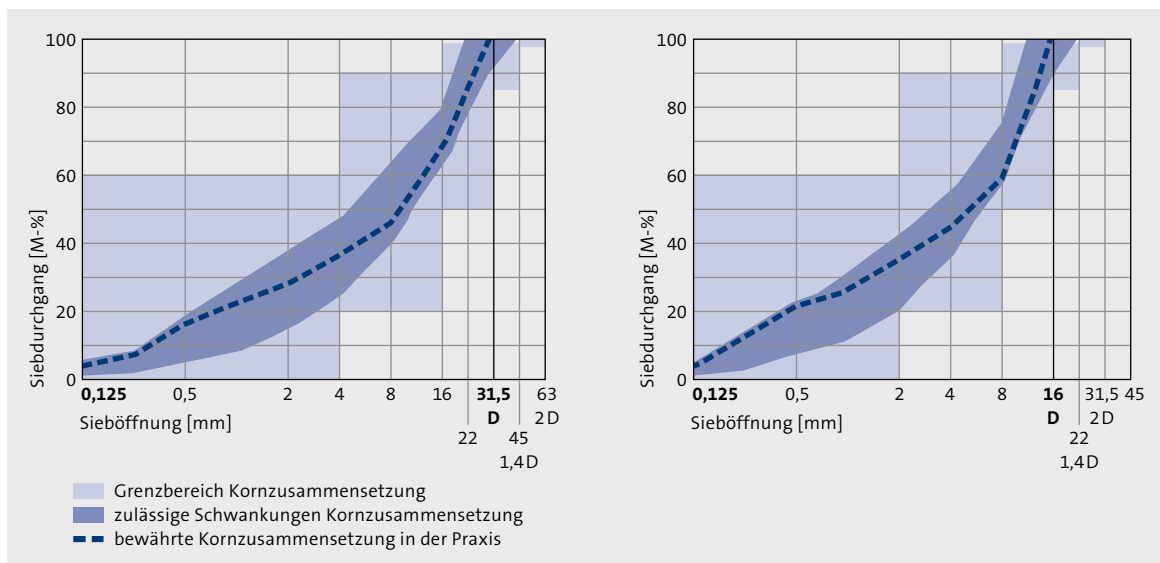


Abb. 10 Vorgaben für Kornzusammensetzungen gemäss SN EN 12620 (hellblauer Bereich) und bewährte Kornzusammensetzung (dunkelblauer Graph) in Abhängigkeit des Grösstkorns der Gesteinskörnung.

### 3. Betontechnologie

#### 3.2 Verarbeitbarkeit und Konsistenz

Die richtige und gleichmässige Konsistenz ist eine wichtige Voraussetzung für die Herstellung von Sichtbeton. Zum einwandfreien Füllen der Schalung und zum Umschliessen der Bewehrung eignen sich weiche Betone mit der Konsistenzklasse C3. Vibrierbetone dieser Konsistenz weisen eine gute Verarbeitbarkeit auf, gewährleisten einen ausreichenden Zusammenhalt (kein Entmischen) und ein hohes Wasserrückhaltevermögen (kein Bluten). Auch plastische Betone können bei entsprechendem Verdichtungsaufwand gute Sichtbetonoberflächen liefern.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung von Sichtbetonoberflächen ist die Verwendung von selbstverdichtendem Beton (SCC) mit hohem Mehlkorngehalt. Dabei ist eine Konsistenz mit einem Setzflussmass zwischen 650 mm und 700 mm (Setzflussmassklasse SF2) anzustreben.

#### 3.3 Herstellung und Transport

Um Qualitätseinbußen u.a. durch Entmischungen, Farbtonunterschiede oder vorzeitiges Abbinden zu vermeiden, hat sich das Einhalten insbesondere folgender Erfahrungswerte bewährt:

- gleichmässiger äquivalenter Wasserzementwert bei allen Lieferchargen, ungeachtet der Eigenfeuchtigkeit der Gesteinskörnung
- ausreichend lange Mischzeit (i.d.R. 90 Sekunden)
- gleichmässige Frischbetontemperatur bei allen Lieferchargen
- die Betonherstellung ist in Abhängigkeit der Einbaugeschwindigkeit vorzunehmen
- vor dem Entladen ist der Beton zum Homogenisieren nochmals durchzumischen (2 Minuten/m<sup>3</sup>; mindestens 5 Minuten pro Fahrmischer)
- eine nachträgliche Wasserzugabe ist zu unterlassen
- Transportbetonwerk muss in der Lage sein, die erforderliche Betonmenge im vorgesehenen Zeitraum zu liefern; bei Ausfall ist ein Ersatzlieferwerk vorgängig zu definieren
- möglichst kurze Anfahrtswege, Hauptverkehrszeiten berücksichtigen

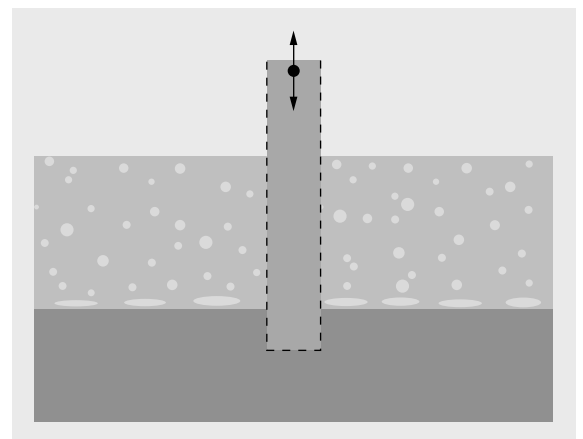
#### 3.4 Einbringen und Verdichten

Das fachmännische Einbringen des Betons in die Schalung ist eine wichtige Voraussetzung für das Erreichen einer hohen Sichtbetonqualität. Es wird empfohlen, eine gleichbleibende Einbaukolonnie zu beauftragen, um Abweichungen in der Qualität des Einbaus gering zu halten. Beim Einbringen des Sichtbetons sind nachfolgende Erfahrungswerte zu berücksichtigen:

- Betoniervorgang innerhalb eines Betonierabschnitts möglichst nicht unterbrechen
- Beton zügig einbauen, Betonierlagen unter 50 cm, in Sonderfällen weniger als 30 cm (z.B. Konterschaltung, Leichtbeton, hohe Bewehrungsdichte)
- bei Fallhöhen über 1 m sollte der Beton durch Fallrohre bzw. Schläuche geführt werden, kurze Schüttabstände wählen
- Oberfläche der Arbeitsfuge vor dem Anbetonieren von losen Partikeln befreien und vornässen

Ein dichtes, porenarmes Gefüge ist eine wesentliche Voraussetzung für einen dauerhaften Sichtbeton. Folgende Regeln sind für ein wirksames Verdichten von Sichtbeton zu beachten:

- Verdichtungsdauer und Verdichtungsleistung sind auf die Konsistenz abzustimmen und immer gleich zu behalten
- zu langes Verdichten an einer Stelle, d.h. Überverdichten, ist zu vermeiden
- Verdichtungsgeräte dürfen die Bewehrung nicht berühren
- bei mehreren Lagen Innenrüttler 10–15 cm in die untere Lage eintauchen und so die Schichten „vernähen“ (Abb. 11)
- bei Wänden wird empfohlen, am Schutzschlauch des Innenrüttlers Markierungen anzubringen, um dessen Eintauchtiefe je Betonierlage konstant einhalten zu können



**Abb. 11**  
Vernähen von Schüttablagen durch Eintauchen eines Innenrüttlers in die bereits verdichtete Schüttablage.

### 3.5 Nachbehandlung

Sichtbeton bedarf einer besonders sorgfältigen Nachbehandlung. Der Beton ist möglichst lange gegen Austrocknen, Wind, Regen und Kälte zu schützen. Bereits beim Ausschalen des Sichtbetons ist darauf zu achten, dass alle Bauteile gleich lange eingeschalt bleiben (jeweils 2 bis 5 Tage). Im Weiteren soll je Bauteil ohne Unterbruch ausgeschalt werden, und die einmal ausgeschalteten Flächen müssen freigehalten werden (kein Anlehnen von Schalungen), um die Hydratation nicht zu beeinflussen und eine Fleckenbildung auszuschliessen.

Die Nachbehandlung sollte ausreichend und gleichmässig erfolgen. Dabei sind die klimatischen Verhältnisse (Temperatur, Feuchte, Wind) zu berücksichtigen. Als Nachbehandlungsmassnahmen kommen in Frage:

- Feuchthalten (Verhinderung von Ausblühungen bzw. Aussinterungen)
- Abdecken mit Folien (Verhinderung des direkten Kontakts der Folie mit der Betonoberfläche, Verhinderung einer Kaminwirkung, Verdunstungsschutz)

Dabei sind nachfolgende Regeln für die Nachbehandlung von Sichtbeton und Schutzmassnahmen während der Bauzeit zu beachten:

- mit der Nachbehandlung unmittelbar nach der Herstellung des betonierte Bauteils beginnen
- Sichtbetonoberflächen dürfen nach dem Ausschalen nicht direkt starken Niederschlägen ausgesetzt oder mit Wasser besprüht werden
- Schutz des jungen Betons vor Kondenswasser unter Folien bei ansteigenden Tagestemperaturen
- sich auf der Schalung befindendes Wasser vor dem Ausschalen beseitigen
- ausgeschaltete Sichtbetonflächen mit einem Kanten- und Eckenschutz gegen mechanische Beschädigungen schützen
- im bewitterten Aussenbereich muss der Wasserabfluss über die Fassadenflächen sorgfältig geplant werden
- Umhüllen der überstehenden Bewehrungsstäbe (Anschlussbewehrung) mit Folie bzw. Einstreichen der Bewehrungsstäbe mit Zementleim (Korrosionsschutz) (Abb. 12 und Abb. 13)

Grundsätzlich gelten bei Sichtbeton die Vorgaben zur Nachbehandlung gemäss der Norm SIA 262 [3] oder dem „Merkblatt für Sichtbetonbauten“ [2]. Die Nachbehandlungsdauer wird durch die Nachbehandlungsklassen (NBK) 1 bis 4 allgemein beschrieben und ist projektspezifisch festzulegen.



Abb. 12  
Schutz der  
Anschluss-  
bewehrung mit  
Kunststoffolie.



Abb. 13  
Fachgerecht ge-  
schützte Anschluss-  
bewehrung.

## 4. Betonbau

Für die Realisierung von hochwertigen und optisch ansprechenden Sichtbetonoberflächen sind verschiedene Ausführungsparameter bestimmend.

Das Erscheinungsbild des Sichtbetons wird neben den betontechnologischen Faktoren auch massgebend von verschiedenen Parametern des Betonbaus beeinflusst.

### 4.1 Schalung

Schalungselemente müssen einerseits standsicher sein, um die Frischbetonlasten abtragen zu können, und andererseits ausreichend steif, um hohe Massgenauigkeit und keine unerwünschten Verformungen zu erhalten. Weitere Anforderungen werden bei Sichtbeton an Dichtigkeit und Sauberkeit gestellt. Die Ausbildung der Sichtbetonoberfläche wird durch die Struktur der Schalhaut bestimmt.

**Abb. 14**  
Zusammenstellung von Sichtbetonoberflächen mit unterschiedlichen Schalungshäuten.



#### 4.1.1 Schalhaut

Als Schalhaut werden in der Praxis vorwiegend eingesetzt:

- rohe, ungehobelte Holzbretter
- vorbehandelte Holzbretterschalungen
- Dreischichtholzplatten
- kunststoffbeschichtete Schalungen (Polyester, Polystyrol, Linoleum, Elastomere etc.)
- Vollkunststoffplatten
- Stahl

Ein wichtiges Kriterium für die Schalhautoberfläche ist deren Saugverhalten. Bei der Auswahl der geeigneten Schalhaut sind hinsichtlich des Saugverhaltens grundsätzliche Unterschiede zu beachten (*Abb. 14*):

- Saugende Schalhaut ermöglicht den Entzug von Luft und/oder Überschusswasser aus der Betonrandzone und fördert die Herstellung von Oberflächen mit weniger Poren sowie einem relativ gleichmässigen, dunkleren Farbton.
- Nicht saugende Schalhaut ermöglicht die Herstellung nahezu glatter Oberflächen. Sie begünstigt aber auch die Entstehung von Poren, Marmorierungen, Wolkenbildungen und Farbtonunterschieden.

In *Abb. 15* sind den unterschiedlichen Schalhäuten aus *Abb. 14* Merkmale der Betonoberfläche und mögliche Auswirkungen zugeordnet.

Die Qualität der Schalhautoberfläche beeinflusst massgebend das Erscheinungsbild der Betonoberfläche. Entsprechend sind die in *Abb. 16* aufgeführten Anforderungen an die Schalhaut in Abhängigkeit der Sichtbetonklasse zu berücksichtigen.

Art bzw. Eigenschaften der Schalhaut	Merkmale der Betonoberfläche	mögliche Auswirkungen
<b>saugend</b>		
1 Bretter, sägeroh	raue Brettstruktur (hohes Saugvermögen), dunkel	einzelne Holzfasern in der Betonoberfläche, Absanden unter Holzzuckereinfluss, wenige Poren
2 Bretter, gehobelt	glatte Brettstruktur (geringes Saugvermögen), deutlich heller als 1	Absanden unter Holzzuckereinfluss, stärkere Porenbildung als bei 1
3 Spanplatten, unbeschichtet	leicht rau, dunkel	starke Farbunterschiede (fleckig), wenige Poren
4 Drainvlies/Faservlies	Siebdruckstruktur, dunkler als 3	Gefahr der Faltenbildung, fast keine Poren
<b>schwach saugend</b>		
5 Dreischichtenplatten, oberflächenvergütet, Holzstruktur, die sich durch Strahlen verstärkt	bei den ersten Einsätzen dunkel, bei weiteren Einsätzen heller	Poren (gehen mit zunehmender Einsatzhäufigkeit zurück)
6 Schalrohre aus Pappe	glatt, hell	kein Trennmittel erforderlich, nur für Stützen geeignet, sehr wenige Poren
<b>nicht bzw. sehr schwach saugend</b>		
7 Schaltafeln, oberflächenbehandelt, glatt oder nicht glatt	glatt, hell	Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung, verstärkte Porenbildung
8 Finnenplatten, kunstharzbeschichtet	Siebdruckrasterstruktur, etwas dunkler als 7	weniger ausgeprägte Auswirkungen als bei 7
9 Stahlblech	glatt, hell	wie 7, unter Umständen Rostflecken
10 Matrizen, filmbeschichtet	je nach Matrizie glatt bis stark strukturiert, hell	starker Einfluss von Undichtigkeiten an Fugen, verstärkte Porenbildung
11 Schalrohre aus Metall oder Kunststoff	glatt, hell	wie 7, verstärkte Marmorierung

Abb. 15 Merkmale der unterschiedlichen Schalungshäute aus Abb. 14 und ihre möglichen Auswirkungen auf die Betonoberfläche.

Kriterium	Sichtbetonklasse			
	SBK 1	SBK 2	SBK 3	SBK 5
Bohrlöcher	zulässig	als sach- und fachgerecht ausgeführte Reparaturstellen zulässig	nicht zulässig	Angaben durch den Planer
Nagel- und Schraublöcher	zulässig	ohne Absplitterung zulässig	nicht zulässig	
Beschädigung der Schalhaut durch Innenrüttler	zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig	
Kratzer	zulässig	als sach- und fachgerecht ausgeführte Reparaturstellen zulässig	nicht zulässig	
Betonreste	in Vertiefungen (Nagellöcher, Krater etc.) zulässig, keine flächigen Anhaftungen	nicht zulässig	nicht zulässig	
Zementschleier	zulässig	zulässig	nicht zulässig	
Aufquellen der Schalhaut im Schraub- bzw. Nagelbereich („Ripplings“)	zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig	
sach- und fachgerecht ausgeführte Reparaturstellen	zulässig	zulässig	nicht zulässig	

Abb. 16 Anforderungen an die Schalhaut in Abhängigkeit von der Sichtbetonklasse.

## 4. Betonbau

### 4.1.2 Schalungstypen

Die Wahl des Schalungstyps erfolgt in der Regel durch den Planer und die Wahl des Schalungssystems (z.B. Rahmen- oder Trägerschalung) durch das Bauunternehmen. Dabei sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Bauobjekt/Bauteil
- angestrebte Qualität der Sichtbetonoberfläche (Leistungsverzeichnis)
- Anzahl der möglichen Wiederverwendungen
- Aufwand für die Erstellung
- Art des Einbringens und Verdichtens des Betons
- Preis

Die Norm SIA 118/262 [1] definiert die Anforderung an Schalungen mit Hilfe von vier Schalungstypen (Typ 1 bis Typ 4), die in *Abb. 17* bildlich dargestellt sind. Diese Schalungstypen bestimmen – unabhängig von einer späteren Bearbeitung oder Behandlung – den Oberflächencharakter des Betons. Sie können den Sichtbetonklassen nach [2], wie in *Abb. 18* aufgeführt, zugeordnet werden. Dabei ist Schalungstyp SBK 1 für keine Sichtbetonklasse zugelassen. Für die Sichtbetonklasse SBK S ist der Schalungstyp durch den Planer festzulegen.

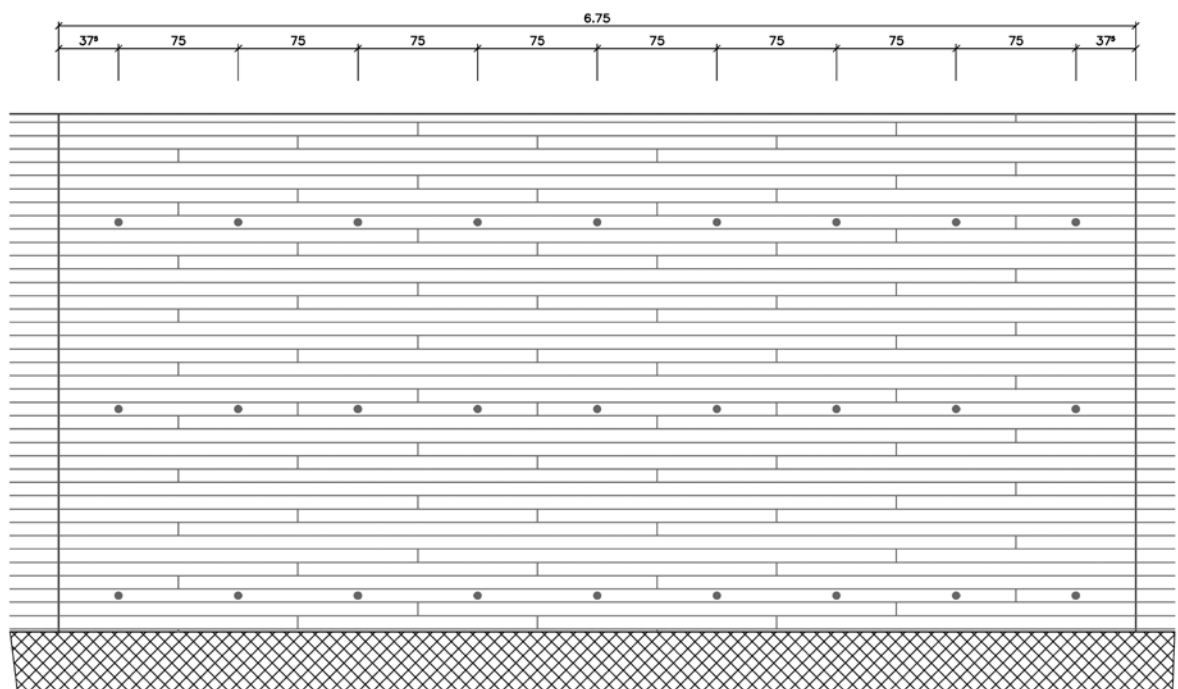


**Abb. 17**  
Schalungstypen 1 bis 4 gemäss Norm SIA 118/262 [1].

**Abb. 18**  
Zuordnung der Schalungstypen gemäss [1] und der Sichtbetonklassen gemäss [2].

Schalungstyp gemäss [1]	Sichtbetonklasse nach [2]
Typ 1: normale Betonfläche	keine
Typ 2: Betonfläche mit einheitlicher Struktur	SBK 1
Typ 3: Sichtbetonfläche mit Brettstruktur	SBK 2, SBK 3
Typ 4: Sichtbetonfläche mit Tafelstruktur	SBK 2, SBK 3
Festlegung des Schalungstyps durch Planer	SBK S

**Abb. 19**  
Beispiel für einen Schalungsmusterplan, Wandansicht (Quelle: Holzco-Doka).





## 4.2 Schalungsmusterplan

Neben der Festlegung der Schalhaut müssen im Leistungsverzeichnis Aussagen zur Gliederung der Ansichtsfläche getroffen werden, wenn dies für die Gestaltung der Flächen wichtig ist. Der Planer sollte in gesonderten Plänen (Schalungsmusterplänen) seine Wünsche präzisieren. Im Schalungsmusterplan sind folgende gestalterisch bedingte Anforderungen darzustellen (Abb. 19):

- Schalelemente: Grösse und Struktur
- Fugen: Art und Anordnung
- Stösse: Anordnung und Dichtigkeit
- Kanten: Profil, Breite und Verlauf
- Ankerlöcher: Art, Lage und Verschlussart

In den Schalungsmusterplan gehören alle Detailangaben über Abmessung (Breite/Länge) und Richtung der Schalbretter oder Schaltafeln. Dabei sind die verfügbaren Abmessungen und Formate zu berücksichtigen. Sonderformate können zu erheblichen Schnittverlusten und Kosten führen. Wenn an die Befestigungsart der Schalhaut Anforderungen zum verbleibenden Betonabdruck gestellt werden, sind diese genau zu beschreiben, wie z.B. Schalhaut von vorn geschraubt, genagelt, geklammert im regelmässigen Raster oder, wenn nicht sichtbar, von hinten geschraubt.

Schalungsstösse sind i.d.R. nicht völlig wasserdicht, wodurch Dunkelfärbungen im Stossbereich und bei den angrenzenden Flächen entstehen können (Abb. 20). Oft entstehen auch leichte Absätze von mehreren Millimetern. Werden höhere Anforderungen an die Gestaltung im Stossbereich gestellt, erfordert dies eine zusätzliche Abdichtung der Schalungsstösse. Diese Anforderungen sind im Leistungsverzeichnis besonders aufzunehmen. Es kann ein regelmässiges Raster für die Schalungsanker vorgegeben werden. Hierbei sind jedoch die Möglichkeiten des Schalungssystems zu berücksichtigen. Es ist festzulegen, ob und wie die verbleibenden konusförmigen Vertiefungen der Schalungsanker zu schliessen sind, z.B. mit Feinbeton im passenden Farbton oder mit vertieft eingeklebten Stopfen. Flächenbündiges Zuspachteln der Konusvertiefung kann zu Farbunterschieden und unsauberen Rändern der Spachtelflächen führen.

Bei Schein- und Betonierfugen ist zusätzlich anzugeben bzw. darzustellen, ob und wie beispielsweise Trapez- oder Dreikantleisten eingesetzt werden können (Abb. 21). Beim Einlegen von Leisten muss aber weiterhin auf die ausreichende Bewehrungsüberdeckung geachtet werden (Abb. 22).

Kanten werden im Allgemeinen durch Dreikantleisten grösser gleich  $10 \times 10$  mm gebrochen. Alle anderen Ausführungen sind im Leistungsverzeichnis anzugeben. Scharfkantig ausgebildete Kanten und Ecken sind schwierig herzustellen. Sie können trotz sorgfältiger Ausführung abbrechen. Bei scharfen Kanten neben begehbaren Bereichen sind die Verletzungsgefahr der Passanten und die Beschädigungsgefahr des Sichtbetons zu bedenken.



Abb. 20  
Undichte  
Schalungsstösse  
zeichnen sich  
dunkel ab.



Abb. 21  
Scheinfuge.

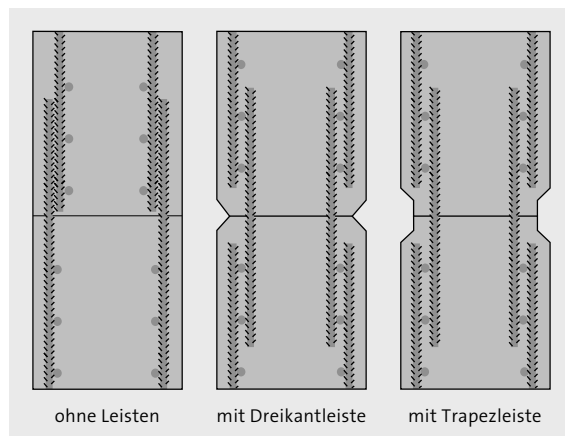


Abb. 22  
Typen von Arbeits-  
etappen mit An-  
schlussbewehrung.  
Die Betondeckung  
ist auch  
im Fugenbereich  
einzuhalten.

## 4. Betonbau

### 4.3 Trennmittel

Trennmittel ermöglichen ein optimales Lösen der Schalung vom Beton und damit eine einwandfreie Abformung der Schalhautoberfläche, ohne Schäden an empfindlichen Stellen wie Kanten und Ecken herbeizuführen. Der Kontakt von Schalhaut und Frischbeton wird durch einen Trennfilm verhindert. Die Bedeutung des richtigen Trennmittels ist für die Qualität der Betonfläche, gerade bei Sichtbeton, erheblich. Die Trennmittel dienen zudem der Konservierung und Schonung des Schalmaterials, so dass die Schalung mehrfach verwendet werden kann. Es gibt verschiedene Trennmitteltypen:

- Öle, Mineralöle
- Wachse und Lacke
- Emulsionen

Trennmittel können lösemittelfrei oder lösemittelhaltig sein. Während die lösemittelfreien Trennmittel unmittelbar nach dem Auftragen auf die Schalhaut gebrauchsfertig sind, entwickeln die lösemittelhaltigen Produkte und Emulsionen ihre Trenneigenschaft erst nach dem Ablüften des Lösungsmittels. Die Ablüftzeiten können sich bei tiefen Temperaturen, hohen Luftfeuchtigkeiten und zu dickem Auftragen erheblich verlängern.

Die Erfahrung zeigt, dass die besten Sichtbetonergebnisse erzielt werden, wenn das Trennmittel so gering wie möglich aufgetragen wird und das überschüssige Trennmittel mit einem Gummischaber abgezogen (Abb. 23) oder noch besser mit einem Lappen nachgerieben wird (Abb. 24). Wird das Trennmittel mit der Düse aufgebracht, muss diese es fein zerstäuben und so einen gleichmäßigen Auftrag ermöglichen (Abb. 25).

Zu dick aufgetragenes Trennmittel führt zu Verfärbungen in braungelben Tönen (Abb. 26) und zu einer Porenansammlung oder Abmehlung der Oberfläche (Abb. 27).

Letztlich ist das Abstimmen des Trennmittels mit der Schalhaut, dem Beton und den Umgebungsbedingungen unerlässlich. Hierbei sind die Empfehlungen der Schalungs- und Trennmittelhersteller zu berücksichtigen.

Abb. 23  
Gleichmäßiges  
Verteilen des  
Trennmittels mit  
dem Gummi-  
schaber.



Abb. 24  
Gleichmäßiges  
Verteilen des  
Trennmittels mit  
dem Lappen.



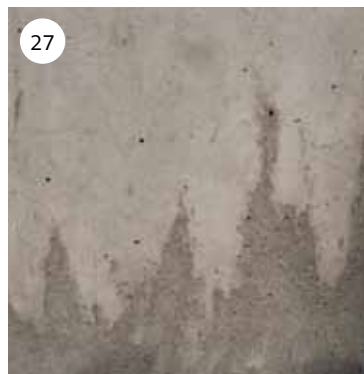
Abb. 25  
Auftragen des  
Trennmittels  
mit der Spritzdüse.



Abb. 26  
Verfärbungen  
wegen Trennmittel-  
überdosierung.



Abb. 27  
Absandungen  
wegen Trennmittel-  
überdosierung.



#### 4.4 Bewehrung

Ästhetisch betrachtet sind Risse an Sichtbetonoberflächen unerwünscht. Sie können jedoch nicht gänzlich vermieden werden. Dennoch kann die Rissbildung durch konstruktive Massnahmen positiv beeinflusst werden, indem die Rissverteilung und die Rissbreite durch entsprechende Bewehrung kontrolliert werden.

##### 4.4.1 Bewehrungsanordnung

Die Anforderungen an die Bewehrung müssen grundsätzlich die Norm SIA 262 erfüllen:

- Gewährleisten der erforderlichen Bewehrungsüberdeckung in Funktion der Expositionsklassen zum Schutz der Bewehrung gegen Korrosion
- Sicherstellen des Verbunds zwischen Bewehrungsstahl und Beton

Bei Sichtbeton sind insbesondere folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Sicherstellen von genügend Platz für fachgerechtes Einbauen und Verdichten des Betons
- Prüfen des Einsatzes einer Mindestbewehrung, um die Rissbreite infolge von Zwängungen (Schwinden, Temperaturunterschiede) zu begrenzen
- Abnehmen der Bewehrung zur Sicherung der Bewehrungsüberdeckung, da keine nachträglichen Beschichtungen appliziert werden können

Die erforderlichen Mindestabmessungen des Sichtbetonbauteils sind bei der Planung zu beachten, um Probleme bei der Ausführung zu vermeiden und die Dauerhaftigkeit des Bauwerks wie auch die Erfüllung der Anforderungen an die Sichtbetonoberfläche zu gewährleisten (Beispiel in Abb. 28).

##### 4.4.2 Anforderung an die Rissbildung

Risse beeinträchtigen die optische Wahrnehmung einer Sichtbetonoberfläche vor allem dann, wenn sie von Verschmutzungen, Verfärbungen oder Kalkausblühungen begleitet werden. Bei glatten Oberflächen und bei geringem Beobachterabstand fallen Risse in der Regel stärker auf als bei strukturierten Flächen. Für Sichtbetonoberflächen gelten gemäss [2] die Anforderungen bezüglich Rissbildung gemäss Abb. 29.

Nach den allgemeinen technischen Kriterien des Stahlbetonbaus sind Risse mit einer mittleren Rissbreite von 0,3 mm bei Aussenbauteilen und von 0,4 mm bei Innenbauteilen technisch unbedenklich. Geringere Rissbreiten sind in der Planung vorzugeben.

##### 4.4.3 Distanzhalter

Distanzhalter sichern die erforderliche Betondeckung zwischen Schalung und äusserer Bewehrungslage. Sie sind in Abhängigkeit des herzustellenden Bauteils (Decke, Wand) und der Konsistenz des Betons zu wählen sowie in ausreichender Anzahl bereitzustellen. Ihre Aufstandsfläche auf der Schalung sollte möglichst klein sein und sich nur geringfügig in die Schalung eindrücken. Eine Erkennbarkeit an der Betonoberfläche lässt sich minimieren, wenn die Distanzhalter und der umgebende Beton aus dem gleichen Material bestehen. Zementgebundene Distanzhalter sind unmittelbar vor Einbau und Schliessen der Schalung gründlich vorzunässen. Eine Auswahl an geeigneten Distanzhaltern für Sichtbeton ist in [2] aufgeführt.

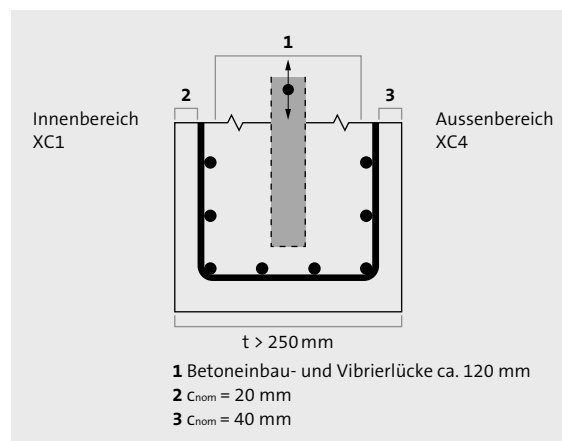


Abb. 28 Beispielhafte Bewehrungsanordnung in Abhängigkeit von der erforderlichen Bewehrungsüberdeckung sowie der Einbau- und Verdichtungsmethode.

Sichtbetonklasse	Anforderung bezüglich Rissbildung gemäss SIA 262	Erläuterung
SBK 1	erhöht	Anstreben einer gleichmässigen Rissverteilung
SBK 2	erhöht	Anstreben einer gleichmässigen Rissverteilung
SBK 3	hoch	Anstreben einer gleichmässigen Rissverteilung und Begrenzung der Rissbreiten
SBK S	erhöht oder hoch	Definition der Rissverteilung und der Rissbreiten

Abb. 29 Anforderungen bezüglich Rissbildung bei Sichtbetonoberflächen [2].

## 4. Betonbau

### 4.5 Oberflächengestaltung

Betonoberflächen können neben der Schalhaut als Gestaltungsmittel sowie der Anordnung der Fugen und Schalungsanker durch weitere Möglichkeiten gestaltet werden:

- Matrizen
- nachträgliche Oberflächenbearbeitung
- Fotobeton
- Farbbeton

#### 4.5.1 Matrizen

Durch den Einsatz individuell gestalteter Schalhäute kann eine besondere architektonische Wirkung erzielt werden. Mithilfe von Strukturmatrizen, die in die Schalung eingelegt werden, ist nahezu jede beliebige Oberflächen-textur und/oder Gliederung möglich. Dabei reicht die Gestaltungsmöglichkeit von einer säge-  
rauen Brettschalung bis zur Erstellung von Bildern durch die Schattenwirkung der Oberfläche. Die Betonflächen zeichnen sich durch ein gleichmässiges, relativ porenarmes Bild aus. Marmorierungen und Wolken sind nahezu ausgeschlossen. Zudem kann die durch die Textur entstehende Licht- und Schattenwirkung der gesamten An-sichtsfläche eine grössere optische Gleichmässigkeit verleihen. Bei der Planung sind die Abmessungen der Bauteile auf die verfügbaren Formgrössen der Matrizen abzustimmen. Gegebenenfalls müssen Fugen an den Stossstellen der Matrizen unter Einbezug des Herstellers projiziert werden. Um ein Verschieben der Matrizen während des Betonbaus zu verhindern, sind diese fach-männisch an der Schalung zu befestigen.

#### 4.5.2 Nachträgliche Oberflächenbearbeitung

Eine Reihe von Verfahren ermöglichen eine nachträgliche Oberflächenbearbeitung des Betons. Prinzipiell ist jedoch darauf zu achten, dass die geforderte Bewehrungsüber-deckung eingehalten wird. Nachträgliche Bearbeitungs-möglichkeiten von noch nicht erhärteten Betonoberflächen sind:

- **Feinwaschen:** Der Zementstein wird an der Beton-oberfläche des jungen Betons 1 bis 2 mm tief abgetragen, wodurch eine sandsteinähnliche Struktur entsteht. Je nach Tiefe des Abtrags beeinflussen Zementstein und Gesteinskörnung die Färbung.
- **Grobwaschen:** Das Grobkorn der Gesteinskörnung wird nahezu bis zur Hälfte freigelegt, d. h. mehr als 2 mm (*Abb. 30*). Dadurch entsteht eine sehr raue, grobe Oberfläche. Es wird auch von Waschbeton gesprochen. Hier dominiert die Farbe der Gesteinskörnung. Hergestellt wird diese Oberfläche durch Aufbringen einer Verzögerungspaste an der Betonoberfläche und den Abtrag der verzögerten Schicht mit Wasserstrahl.

- **Absäuern:** Durch das Abtragen der oberen Zement-hautschicht des erhärteten Betons mit einer Säure wird das Gesteinskorn leicht freigelegt (*Abb. 31*). Das Erscheinungsbild der Oberfläche wirkt je nach Abtragstiefe etwas rau.
- **Hochdruckwasserstrahlen:** Das Bearbeiten der abge-bundenen Betonoberfläche mit einem Wasserstrahl erfolgt wie das Feinwaschen ohne Verzögerungspaste. Je nach Intensität der Wasserstrahlbehandlung ent-stehen unterschiedlich raue Oberflächen.
- **Sandstrahlen:** Die Bearbeitung durch Sandstrahlen ergibt eine ähnliche Oberfläche wie das Feinwaschen, allerdings werden hier auch die Gesteinskörner angeraut und verlieren dadurch ihren Glanz (*Abb. 32*). Die Oberfläche wirkt matt und rau. Je nach Wunsch kann die Abtragstiefe variieren.
- **Flammstrahlen:** Durch eine Beflammung mit rund 3000 °C schmilzt die oberste Zementhautschicht ab und die Gesteinskörner platzen ab. Es entsteht eine sehr raue und zerklüftete Betonoberfläche.
- **Schleifen:** Wird die Oberfläche nur ganz leicht geschliffen, so dass die Gesteinskörner kaum sichtbar werden, dominiert die Farbe des Zements (*Abb. 33*). Wird sie so weit abgeschliffen, dass die Gesteinskörner gut sichtbar werden, dominiert die Gesteinsfarbe (*Abb. 34*). Die Oberfläche wird in beiden Fällen sehr glatt und glänzend. Zusätzliches Polieren verstärkt diesen Oberflächenglanz noch deutlich.
- **Stocken:** Mit einem speziellen Stockhammer wird die Betonoberfläche grob abgetragen, dadurch entsteht ein sehr rauher Effekt (*Abb. 35*).
- **Spitzen:** Die Betonoberfläche wird ungleichmässig stark mit diversen Meisseln und Hämmern abgetragen. Es entsteht eine sehr grobe Oberfläche.
- **Bossieren:** Das Verfahren entspricht dem des Spitzens, erzeugt aber deutlich grössere Abtragstiefen.
- **Scharrieren:** Mit einem Scharriereisen wird die Beton-oberfläche linienförmig abgetragen. Zementstein und Gesteinskörnung bestimmen den Farbeffekt.

Bei der Bearbeitung von Oberflächen ist zu berücksich-tigen, dass Risse auf glatten Betonoberflächen durch eine nachträgliche mechanische Oberflächenbearbeitung stärker sichtbar werden. Dies ist auf das Herausbrechen der Rissflanken und eine dadurch bedingte Rissverbrei-terung in Oberflächennähe zurückzuführen (*Abb. 36 und Abb. 37*).





Abb. 30  
Grob gewaschene  
Oberfläche.

Abb. 31  
Abgesäuerte  
Oberfläche.

Abb. 32  
Sandgestrahlte  
Oberfläche.

Abb. 33  
Leicht geschliffene  
Oberfläche.

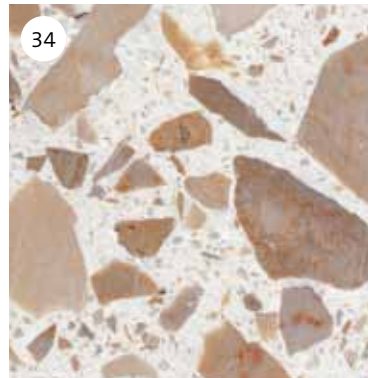


Abb. 34  
Sichtbarwerden der  
Gesteinskörner  
durch Schleifen der  
Oberfläche.

Abb. 35  
Stocken einer  
Oberfläche.

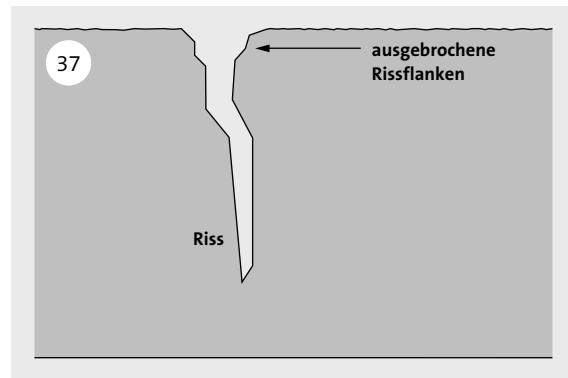
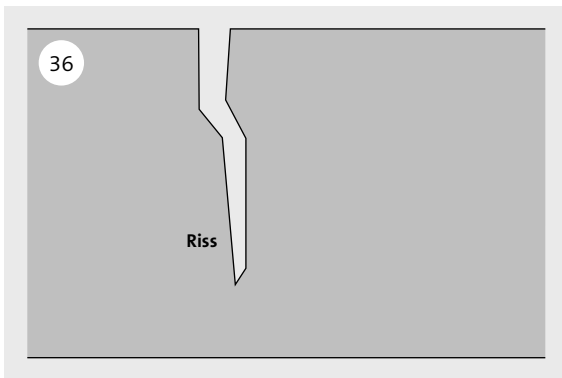


Abb. 36  
Unbearbeitete,  
glatte Beton-  
oberfläche mit Riss.

Abb. 37  
Betonoberfläche  
aus Abb. 36,  
mit aufgeweiteter  
Rissoberfläche  
infolge nachträglicher  
Betonober-  
flächenbearbei-  
tung (Ausbrechen der  
Rissflanken).

## 4. Betonbau

### 4.5.3 Fotobeton

Eine besondere Form von Sichtbeton ist der Fotobeton. Fotobeton wird aus Folien, die über ein Siebdruckverfahren beschichtet werden, hergestellt. Unterschiedlich aufgetragener Abbindeverzögerer führt zu unterschiedlichen Abbindegeschwindigkeiten des Randbetons. Nach dem Ausschalen und Waschen mit niedrigem Wasserdruck entstehen Raue-/Glättespektren auf der Oberfläche und Hell-/Dunkel-Verläufe.

### 4.5.4 Farbbeton

Neben der Oberflächenbearbeitung bietet sich auch Farbe als Gestaltungselement an (Abb. 38). Üblicherweise wird mit Weisszement ein sehr heller Beton gemischt, der durch die Zugabe von Pigmenten in allen Farben hergestellt werden kann. Die Farbgebung wird zusätzlich durch den Einsatz farbiger Gesteinskörnung unterstützt. Betone aus Grauzementen lassen sich ebenfalls einfärben, wirken aber nicht so klar und leuchtend. Dunkle Betone lassen sich mit Grauzementen leichter einfärben. Die Farbintensität ist abhängig von der Dosierung und Qualität der Pigmente. Die Farbe kann als Granulat, aber auch pulverförmig oder flüssig zugegeben werden.

Bei der Herstellung sind folgende Aspekte zu beachten:

- Beim Einsatz von Weisszement sind das Zementsilo, der Zwangsmischer und alle Geräte, mit denen der Beton hergestellt und befördert wird, vor der Produktion zu reinigen.
- Es sollte möglichst bei trockener, warmer Witterung betoniert werden.
- Farbige Flächen sollten möglichst mit einer Lasur behandelt werden.
- Es sind Probeflächen herzustellen, um den Farb- und den optischen Gesamteindruck beurteilen zu können.
- Es ist auf eine möglichst hohe Konstanz bei den Rohstoffen und auf Gleichmässigkeit bei Herstellung und Verarbeitung zu achten.

Abb. 38  
Farbbeton mit  
unterschiedlichen  
Pigmenten.





**Anwendungsbeispiel Farbbeton  
Palazzo Stutz, Brissago, TI**

Farbe bietet sich als Gestaltungselement an. Üblicherweise wird mit Weisszement ein heller Beton hergestellt, der durch die Zugabe von Pigmenten in allen Farben eingefärbt werden kann.

Fotografien: [www.pirittamartikainen.com](http://www.pirittamartikainen.com)  
Architekt: [www.bgnt.ch](http://www.bgnt.ch)

## 4. Betonbau

### 4.6. Oberflächenschutz und Betonkosmetik

Die Oberflächenqualität des Sichtbetons kann gegen Umgebungseinflüsse (z.B. Witterung) und Beschädigungen (z.B. Graffiti) durch unterschiedliche Oberflächenschutzsysteme geschützt werden.

#### 4.6.1 Hydrophobierung

Die Hydrophobierung ist eine Schutzbehandlung einer Betonoberfläche, um den Transport von Wasser und darin gelösten Salzen in das Betongefüge bzw. von gelösten Mineralien (Freikalk) aus dem Porensystem an die Betonoberfläche zu verringern. Die Diffusionsfähigkeit des Betons bleibt fast vollständig erhalten.

Hydrophobierungen für Beton bestehen aus Silanen und Siloxanen, die mehrere Millimeter in das Porengefüge eindringen, jedoch keinen Oberflächenfilm bilden und die Poren nicht verfüllen. Es entsteht deshalb keine definierte Schichtdicke, weshalb sich die Oberflächenstruktur nicht verändert. Eine farbliche Gestaltung wird nicht erzielt. Der Glanzgrad und die Helligkeit des Untergrunds können leicht verändert werden.

Es wird empfohlen bei grauen, bei eingefärbten und insbesondere bei dunklen Betonen, die der Witterung ausgesetzt sind, eine hydrophobierende Imprägnierung aufzubringen, um die Ausblühneigung zu vermindern. Dabei sollte eine Musterfläche angelegt werden. Junger Beton kann frühestens nach 28 Tagen hydrophobiert werden.

#### 4.6.2 Transparente Versiegelung und Betonlasur

Die transparente Versiegelung und die Betonlasur sind ebenfalls Schutzbehandlungen für eine Betonoberfläche. Im Gegensatz zur Hydrophobierung bildet sich nach der Tränkung der Betonoberfläche ein nicht durchgehender Film auf der Oberfläche und den Wandungen der Poren. Die Poren werden teilweise gefüllt. Die Schichtdicke liegt je nach Auftragsmenge zwischen 10 µm und 100 µm. Es entsteht jedoch kein durchgehender Film und keine oberflächliche Porenverfüllung wie bei einer Beschichtung. Als Folge ist die Schutzwirkung gegenüber Wasser und gegenüber Gasen besser und dauerhafter als bei einer Hydrophobierung. Ausblühungen, witterungsbedingte Substanzerluste und biogene Besiedlungen der Betonoberfläche (Algen, Flechten, Moose usw.) werden weitestgehend verhindert.

Eine transparente Versiegelung besteht aus einem farblosen, wässrigen Anstrich auf Acrylbasis, der in mehreren Arbeitsgängen aufgebracht werden kann. Auf der Betonoberfläche appliziert und erhärtet, erscheint sie transparent und mattglänzend. Der Untergrund wird leicht aufgehellt.

Bei einer Betonlasur wird der transparenten Versiegelung eine Pigmentierung von 2 % bis 8 % zugegeben. Je nach Grad der Pigmentierung ist die Betonlasur farbgebend. Durch den lasierenden Effekt bleibt die Farbgebung des

Untergrunds sichtbar. Bei der Betonlasur wird ein erster Anstrich mit einer transparenten Versiegelung empfohlen, um Pigmentanhäufungen zu vermeiden.

Für die Schutzsysteme sollte eine Musterfläche angelegt werden. Junger Beton kann frühestens nach 28 Tagen mit einer transparenten Versiegelung oder Betonlasur behandelt werden.

#### 4.6.3 Graffitischutzsysteme

Graffiti sind mit Spraydosen aufgetragene Bilder auf Wandflächen. Unbewilligt angebracht, stellen sie seit Jahren eine massive Schädigung von Gebäudeflächen dar. Aufgrund der Farbzusammensetzung können sie nicht einfach überstrichen werden. Das stellt besonders für Sichtbetonflächen einen grossen Nachteil dar. Bei der Graffitiprophylaxe wird zwischen Opfer- und Nicht-Opfersystemen unterschieden.

- Opfersysteme sind Beschichtungen auf Basis von z.B. Wachsen, die auf Oberflächen aufgetragen werden und eine einfachere Reinigung ermöglichen. Die in Anspruch genommene Fläche wird beim Reinigungsvorgang jedoch mit entfernt und muss danach wieder neu aufgetragen werden.
- Nicht-Opfersysteme sind Graffitischutzsysteme, die trotz Reinigungsprozedur auf der Oberfläche bestehen bleiben, ohne ihre Funktionalität einzubüssen. Diese sogenannten permanenten Systeme können Imprägnierungen auf Basis von Silanen und Siloxanen oder Polyurethanen sein.

Graffitischutzsysteme ändern immer die Eigenschaften der Sichtbetonoberfläche (Abb. 39). Die Auswirkungen auf Oberflächenbeschaffenheit, Farbe, Glanz, Wasseraufnahme und -abgabe, ist vom spezifischen Betonuntergrund und vom Graffitischutzsystem abhängig. Es wird dringend empfohlen, Musterflächen anzulegen und sich Referenzobjekte zeigen zu lassen.



Abb. 39  
Der Graffitischutz wirkt sich auf die Farbe der Betonoberfläche aus.



#### 4.6.4 Betonkosmetik

Es kann bei der Ausführung von Sichtbetonflächen trotz grösster Sorgfalt zu einer Beeinträchtigung der ursprünglich geplanten Qualität kommen. Abweichungen im Erscheinungsbild der Ansichtsfläche sind dabei u.a. zurückzuführen auf:

- Wolkenbildung
- Farbunterschiede zwischen aufeinander folgenden Schüttlagen
- Porenhäufung im oberen Teil vertikaler Bauteile
- starke Versätze an Stössen von Schalelementen und Bauteilanschlüssen
- sich abzeichnende Bewehrung oder sich abzeichnendes Grobkorn an der Betonoberfläche
- geringe Ausblutungen an Schalbrett- und Schalelementstössen sowie an Ankerlöchern
- Schleppwassereffekte („Wasserläufer“) in geringer Anzahl und Ausdehnung
- einzelne Kalk- und Rostfahnen an vertikalen Bauteilen
- Verfärbungen an Untersichten von horizontalen Bauteilen durch Rostablagerungen auf der Schalhaut
- Kantenabbrüche bei der Ausführung scharfer Kanten

Mangelhafte Sichtbetonflächen können mithilfe gezielter technischer Massnahmen repariert oder restauriert werden. Hierfür finden mechanische, aber auch spachtel- und lasurtechnische Methoden ihre Anwendung:

- Schleifen
- Grob- und Feinspachteln zum Schliessen von starren Fugen und Fehlstellen sowie Reprofilieren von Kantenausbrüchen
- Lasuren zum Beseitigen von Farbunterschieden und Verfärbungen

Prinzipiell wird empfohlen, Musterflächen anzulegen. Zu beachten ist, dass Ausbesserungsstellen auch bei grösstem handwerklichen Geschick als solche erkennbar bleiben. Es ist deshalb sorgfältig zu prüfen und abzuwägen, ob eine Ausbesserung in jedem Fall sinnvoll ist.

## 5. Witterung

Auch unter widrigen äusseren Einflüssen sollen schöne und gleichmässige Resultate bei Sichtbeton erzielt werden.

Ungünstige Umgebungsbedingungen (z.B. grosse Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht, starke Wechsel in der Luftfeuchtigkeit, Morgentau, Raureif) während der Austrocknung des jungen Betons können das optische Erscheinungsbild der Sichtbetonflächen trotz hohem planerischen und ausführungstechnischen Aufwand massgeblich beeinträchtigen.

Erfahrungen zeigen, dass insbesondere bei der Herstellung unter winterlichen Bedingungen fleckige Hell-Dunkel-Verfärbungen (Abb. 40) der Betonoberfläche wie auch Ausblühungen (Abb. 41) zu beobachten sind, während in den Sommermonaten vorwiegend gleichmässige Oberflächen entstehen. Verursacht werden diese durch eine geringere Austrocknung und langsamere Hydratation der Betonoberfläche bei tiefen Temperaturen. Bei den Ausblühungen handelt es sich um eine Anreicherung von Calciumcarbonat, welche im Gegensatz zu Verfärbungen lokal als weisse Kruste auf der Betonoberfläche sichtbar sind.



**Abb. 40**  
Fleckige Dunkelverfärbungen nach einer Betonage unter winterlichen Bedingungen.

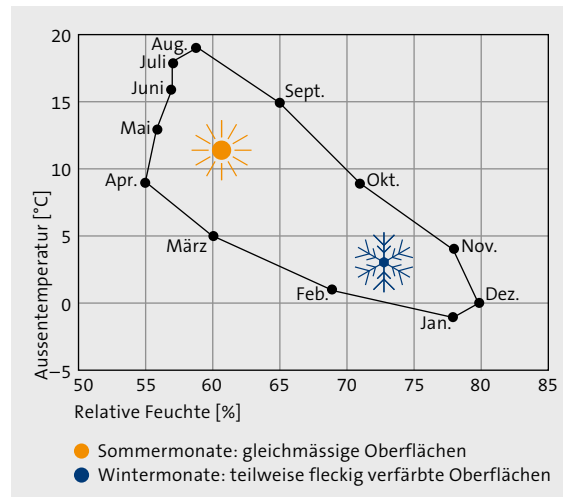


**Abb. 41**  
Das bei nasser Witterung ausgeschalte Seitenteil (links) zeigt weisse Kalkausblühungen.

In Abb. 42 ist der Einfluss der Witterung auf das Erscheinungsbild der Sichtbetonoberfläche am Beispiel von Klimadaten für das Schweizer Mittelland schematisch dargestellt. Hohe Temperaturen und Frost sind zu meiden. Die Aussentemperatur sollte zwischen 10 °C bis 25 °C betragen. Dabei sind möglichst konstante Witterungsperioden ohne stark wechselnde relative Feuchte auszunutzen.

Tiefe Temperaturen können u.U. auch die Wirkung von Betonzusatzmitteln und Trennmitteln verzögern. Insbesondere die dadurch verlängerte „offene Zeit“ des Betons kann bei instabil zusammengesetzten Betonmischungen aufgrund der kalten Schalung und der niedrigen Frischbetontemperaturen zum Anreichern und Aufsteigen von Wasser an den Schalungswänden führen (Abb. 43). Diese Wasseranreicherung kann bei Betonen steiferer Konsistenz sowie bei unzureichender Verdichtung auch zu grossen Poren führen. Auch das Abzeichnen der Bewehrung auf der Betonoberfläche und eine veränderte Wirkung der Schalung auf die Betonoberfläche können die Folge des Betonierens bei tiefen Temperaturen sein.

Um Beeinträchtigungen der Sichtbetonqualität infolge von Witterung zu vermeiden, sind entsprechende Massnahmen wie Verlängern der Einschalzeit und Abdecken der Betonoberfläche mit Folien zur Sicherung der Qualität dringend zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 3.5).



**Abb. 42**  
Einfluss der Witterung auf das Erscheinungsbild der Sichtbetonoberfläche (durchschnittliche Temperatur und relative Feuchte für das Schweizer Mittelland).



**Abb. 43**  
„Wasserküchen“ infolge des Aufsteigens von Wasser an den Schalungswänden.

# 6. Sichtbeton für den Planer

## Die vom Planer definierten Anforderungen an den Sichtbeton bilden den Massstab für die Beurteilung.

### 6.1 Planung

Sowohl die gestalterischen als auch die technischen Anforderungen für den Sichtbeton sind durch den Planer im Vorfeld genau zu definieren und bilden die Grundlage für das Leistungsverzeichnis (vgl. [2]):

- Textur/Oberflächenstruktur, Flächengliederung, Farbton, Ebenheit, Fugen
- Sichtbetonklasse und entsprechende Anforderungen (vgl. [2])
- Schalungstyp und Schalhaut
- Nachbehandlungsklasse
- Festlegen der Kriterien für die Beurteilung
- Festlegen von Musterflächen und Referenzflächen
- Festlegen von Vorversuchen
- Aufzeigen der Kosten gegenüber dem Bauherrn

### 6.2 Ausschreibung

Im Allgemeinen wird die Ausschreibung von Sichtbeton mit Leistungsverzeichnissen nach NPK 241 [6] erstellt. Darin ist der Sichtbeton als ein Beton nach Eigenschaften gemäss SN EN 206-1 definiert (z.B. NPK C). Die wesentlichen Positionen sind mit der Bezeichnung „Sichtbeton“ als besondere Anforderung zu kennzeichnen. Die Forderung im Leistungsverzeichnis nach „Sichtbeton“ ist gegebenenfalls durch Zeichnungen, Referenzflächen oder Hinweise auf ähnliche Leistungen zu ergänzen.

Beispiel eines Devistextes für Sichtbeton:

- 062.100 **01** Beton nach Norm SN EN 206-1
- 03** Typ NPK C
  - 04** Druckfestigkeitsklasse C30/37
  - 05** Expositionsklasse XC4 (CH), XF1 (CH)
  - 06** Nennwert Grösstkorn  $D_{max}$  32
  - 07** Klasse des Chloridgehalts Cl 0.10
  - 08** Konsistenzklasse C3
  - 09** Zusätzliche Anforderungen:
    - Sichtbeton mit Sichtbetonklasse SBK 2 gemäss [2]
    - Zement Typ CEM II/B-M (T-LL) 42.5 N oder gleichwertig
    - Nachbehandlungsklasse NBK 3
  - 10** Weiteres:
    - vorgängiges Erstellen von Musterflächen in Absprache mit Bauherr, Architekt und Bauunternehmer

In seltenem Fall erfolgt eine Ausschreibung als ein Beton nach Zusammensetzung.

### 6.3 Musterflächen und Referenzfläche

Die Herstellung von Musterflächen dient folgenden Zwecken:

- praktische Darstellung von Ausführungsdetails
- klare authentische Darstellung der Farbe, Textur etc.
- Herstellung von Betonflächen unter gegebenen Bauwerks- und Baustellenbedingungen
- Festlegen und Optimieren des erforderlichen Aufwandes sowie Einweisen und Schulen des Personals
- Abstimmung der vertraglichen Oberflächenbeschaffenheit mit dem Auftraggeber

Die Musterflächen sollten die typischen Bauteilgeometrien, Betondeckungen, Bewehrungsgrade und -verteilung, Einbauteile und die zum Einsatz kommende Betonzusammensetzung berücksichtigen.

Das Erstellen von Musterflächen wird für die Sichtbetonklasse SBK 2, vor allem jedoch für die Sichtbetonklasse SBK 3, dringend empfohlen [2]. Für die Sichtbetonklasse SBK 5 werden nur Musterflächen erstellt, falls dies der Planer vorgibt. Für die Sichtbetonklasse SBK 1 sind i.d.R. keine Musterflächen notwendig.

An den Musterflächen wird eine Referenzfläche festgelegt und verbindlich vereinbart. Bei der Referenzfläche müssen die Anforderungen des Leistungsverzeichnisses an die Beschaffenheit der Ansichtsflächen grundsätzlich erfüllt sein.

#### 6.4 Beurteilung

Der Massstab für die Beurteilung von Sichtbeton ist die Festlegung der Sichtbetonoberflächen gemäss der Ausschreibung. Folgende Aspekte sollten bei der Beurteilung beachtet werden:

- zeitlich ausreichender Abstand zum Ausschaltungszeitpunkt, da sich das Aussehen der jungen Betonoberfläche noch ändern kann
- Oberflächen sind nicht toleranzfrei reproduzierbar, da die Schwankungen der natürlichen Ausgangsstoffe, die zulässigen Abweichungen in der Betonzusammensetzung und die Auswirkungen von Schalhaut, Trennmittel und Witterungsbedingungen keine vollkommen gleichmässigen Oberflächenergebnisse zulassen
- Geringe Unterschiede und Unregelmässigkeiten der Textur und des Farbtons lassen sich kaum vermeiden (Witterung, Personalwechsel, Verzögerungen beim Einbringen, unsorgfältiges Arbeiten, Einlagen von Dritthandwerkern etc.)

Bei der Beurteilung steht generell der Gesamteindruck vor dem Einzeleindruck. Bei einer praktischen Beurteilung ist darauf zu achten, dass nachfolgende Kriterien erfüllt sind:

- üblicher Betrachterabstand des Nutzers zum Bauwerk bzw. Bauteil
- wesentliche Bauwerksmerkmale werden erfasst (repräsentative Flächen)
- Gestaltungsmerkmale sind erkennbar
- „normale“ Tageslichtverhältnisse und Lichteinfall
- Alter der beurteilten Fläche (mindestens 28 Tage zwischen Ausschalen und Beurteilung aufgrund der farblichen Veränderung der Sichtbetonoberfläche)

Die Beurteilung der Rissbreite ist unter Berücksichtigung des üblichen Betrachtungsabstands vom Bauteil vorzunehmen (Abb. 44).

Vereinzel auftretende Risse, die nicht zu Ausbrüchen der Rissflanken oder sonstigen Nachfolgeschäden führen, sind anders zu beurteilen als gehäuft auftretende Risse, welche offensichtlich auf ein grundsätzliches Problem bei der Betonherstellung und Verarbeitung hindeuten.

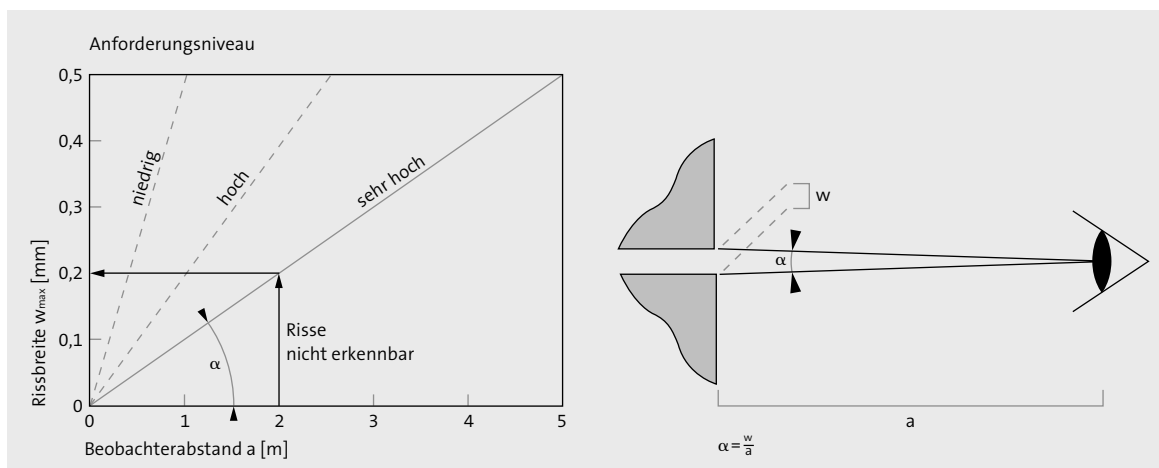


Abb. 44 Rissbreite in Abhängigkeit vom Anforderungsniveau und des Betrachterabstands für Mauerwerk [12].

# 7. Literaturverzeichnis

- [1] SIA 118/262, Allgemeine Bedingungen Betonbau (2004)
- [2] Bischof, S., Lunk, P. et al.: „Merkblatt für Sichtbetonbauten“, Nr. 2, Hrsg. Betonsuisse, Bern (2012)
- [3] SIA 262, Betonbau (2003)
- [4] SN EN 206-1, Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (2000)
- [5] SN EN 13670, Ausführung von Tragwerken aus Beton (2010)
- [6] NPK 241/04, Ortbeton (2004)
- [7] SIA 414, Masstoleranzen im Bauwesen (1980)
- [8] SIA V414/10, Masstoleranzen im Bauwesen (1987)
- [9] DIN 18202, Toleranzen im Hochbau – Bauwerke (2005)
- [10] SN EN 1008, Zugabewasser für Beton – Festlegung für Probenahme, Prüfung, Beurteilung der Eignung von Wasser, einschliesslich des bei der Betonherstellung anfallenden Wassers als Zugabewasser für Beton (2002)
- [11] SN EN 12620, Gesteinskörnung für Beton (2002)
- [12] Schubert, P.: „Mauerwerk – Risse und Ausführungsmängel vermeiden und instand setzen“, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (2009)





**Holcim (Schweiz) AG**  
Hagenholzstrasse 83  
8050 Zürich  
Schweiz  
Telefon +41 58 850 68 68  
Telefax +41 58 850 62 16  
marketing-ch@holcim.com  
www.holcim.ch