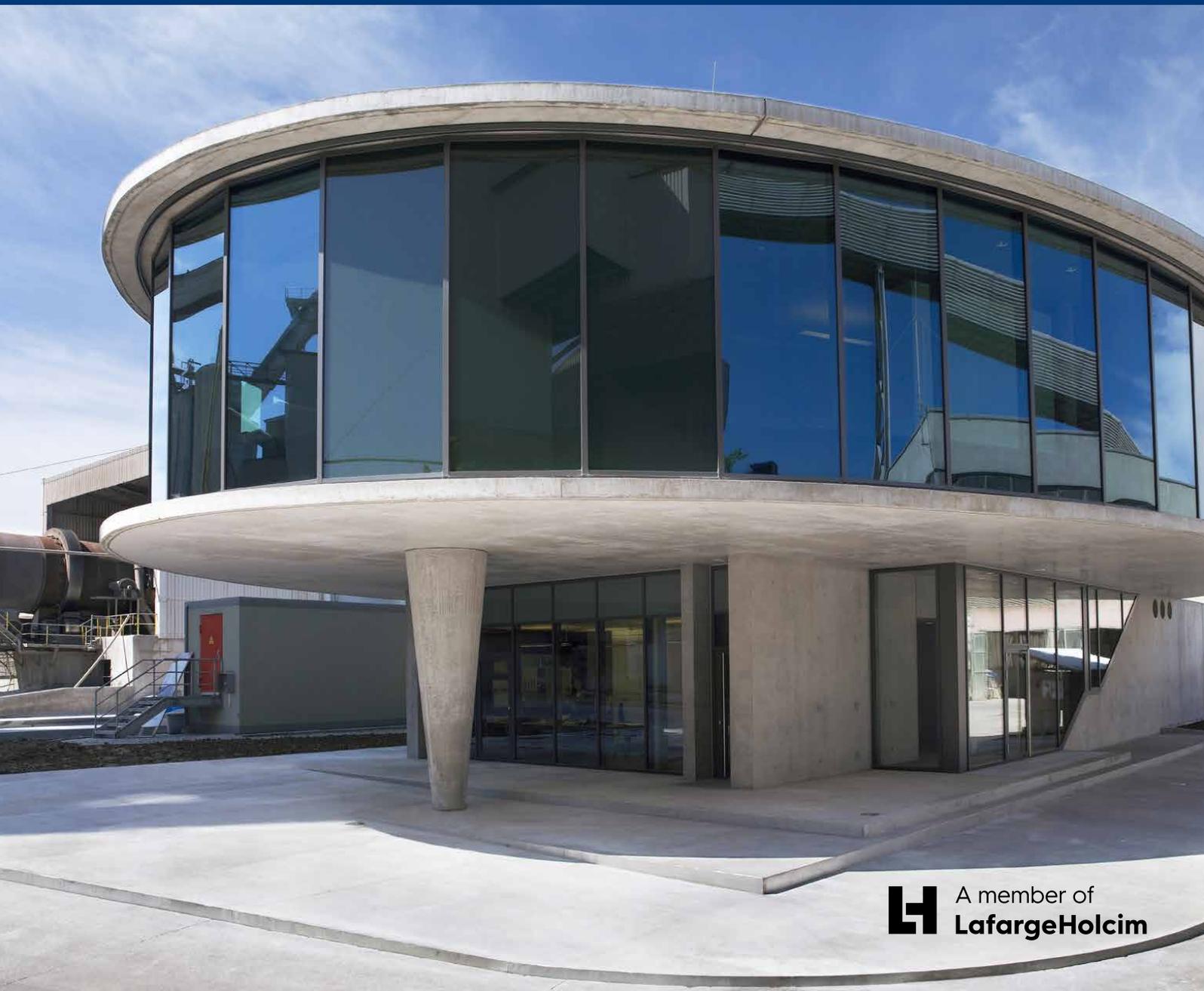


# Leitfaden für Sichtbeton – Baustelle

Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung  
auf der Baustelle

Holcim (Deutschland) GmbH



# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3	11. Erprobungsfläche	31
2. Sichtbetonklassen	5	12. Betonzusammensetzung	32
3. Schalungshautklassen	7	13. Betoneinbau	33
4. Maßnahmen zur Schadensvermeidung	8	14. Entfernen der Schalung	37
5. Mögliche Betonoberflächen	13	15. Nachbehandlung	38
6. Schalung	17	16. Schutz der Betonoberfläche	40
7. Schalungshaut	18	17. Abnahme der Sichtbetonfläche	43
8. Trennmittel	21	18. Mängel	44
9. Planung	23	19. Maßnahmen zur Mängelbeseitigung	50
10. Bauausführung	27	20. Literaturhinweise	55

## 2. Auflage 2019

Verkaufspreis: € 15,-

## Copyright

Holcim (Deutschland) GmbH

## Verfasser

Produktmanagement  
Horst Erler

## Fotos

Soweit nicht anders vermerkt:  
Holcim (Deutschland) GmbH

## Haftungsausschluss

Die Hinweise und Empfehlungen der Holcim (Deutschland) GmbH berücksichtigen die derzeit gültigen Normen, Merkblätter und Praxiserfahrungen. Die Informationen sind jedoch unverbindlich und werden unter Ausschluss jeglicher Haftung oder Gewährleistung abgegeben.

# 1. Einleitung

## Sichtbeton – Know-how und Präzision sind gefordert

Sichtbetonoberflächen sind Flächen, an die besondere Anforderungen hinsichtlich des Aussehens gestellt werden.

Die Realisierung hochwertiger Sichtbetonflächen erfordert zum einen großes Know-how aller Beteiligten und zum anderen sehr hohe Präzision bereits bei der Planung sowie auch bei der Ausführung. Die Ansicht der Beteiligten Baupartner und Planer bezüglich eines gelungenen Resultates einer Sichtbetonfläche geht jedoch oftmals weit auseinander. Was der eine als sehr gelungen einstuft, betrachtet der andere als Mangel. Daher ist besonders wichtig, dass die Vorgaben bei der Ausschreibung exakt definiert werden. Hierzu ist das »Merkblatt Sichtbeton« vom DBV (Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.) und VDZ (Verein Deutscher Zementwerke e.V.) eine unverzichtbare Hilfe. In diesem Merkblatt werden vier Sichtbetonklassen beschrieben, in die der Sichtbeton eingestuft wird: von SB 1 mit geringen gestalterischen Anforderungen bis zu SB 4 mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen (siehe Abb. 2.1).

Das Merkblatt trägt auch zur Verständigung des Planers und der ausführenden Firma bei. Anhand der Vorgaben im Merkblatt Sichtbeton ist der Bauunternehmer in der Lage, die Vorstellungen des Planers zu erkennen.

Die speziellen Anforderungen an die Sichtbetonoberfläche und damit an die Schalung, Textur, Ebenheit und Farbtongleichmäßigkeit sind im Merkblatt sehr genau beschrieben.

Die Frage »Was ist Sichtbeton?« muss also bereits weit vor Baubeginn geklärt sein, um die Anforderungen aller Beteiligten genau zu definieren und somit ein eindeutiges, einheitliches Bild festzulegen. Abb. 1.1 und 1.2 zeigen, wie die Vorstellungen der Beteiligten deutlich voneinander abweichen können. Der Planer schreibt Sichtbeton aus (Abb. 1.1) und der Ausführende stellt Beton nach seinen Vorstellungen her (Abb. 1.2).

Das Merkblatt Sichtbeton weist darauf hin, dass gewisse Mängel unvermeidbar sind – ein wichtiges Kapitel. Wenn bei der Abnahme einer Sichtbetonfläche z. B. leichte Marmorierungen oder Farbunterschiede auftreten, ist dies in der Regel kein Mangel. Umso wichtiger ist es, sich bei der Ausschreibung auf das Merkblatt Sichtbeton zu beziehen.



Abb. 1.1  
Vorstellung eines Auftraggebers oder Planers (Beispiel)



Abb. 1.2  
Vorstellung eines Bauunternehmers (Beispiel)

## Einleitung

### Die Ausschreibung – Details für ein gutes Gelingen

Schon in der Ausschreibung ist auf die wesentlichen Details zu verweisen, so wird das Gelingen einer hochwertigen Sichtbetonfläche wahrscheinlicher. Der Leitfaden für Sichtbeton beschreibt Maßnahmen, die unbedingt bereits in der Ausschreibung berücksichtigt werden müssen, da sie sonst wegen der anfallenden Mehrkosten nicht durchgeführt werden. Auszuschreiben sind zum Beispiel das Abdichten der Ecken, Kanten und Spannstellen, die richtige Fallhöhe, der Einsatz von Schüttröhren und die richtige Nachbehandlung.

Den Ausschreibenden wird empfohlen, die in diesem Leitfaden enthaltenen Ratschläge und Tipps zu berücksichtigen. Für einen einwandfreien Sichtbeton muss die Qualität mit allen Mitteln gezielt gesteuert werden.

### Einwirkungen und Einflüsse

Bestimmte Einflussfaktoren erschweren optimale Sichtbetonqualitäten, wie zum Beispiel bestimmte klimatische Umweltbedingungen (vgl. Abb. 1.3).

Vorbereitende Maßnahmen, die die Unwägbarkeiten des Bauens »unter freiem Himmel« auf ein minimales Restrisiko beschränken, sind ein wesentlicher Teil konzeptueller Sichtbetonplanung. Um sehr gute Ergebnisse zu erzielen, ist es wichtig, alle beeinflussbaren Parameter genau zu betrachten und zu berücksichtigen. Mit einer sorgfältigen Vorbereitung und einer präzisen Ausführung der Sichtbetonarbeiten kann man somit eine hohe Qualität erreichen. Das beginnt bei der Betonrezeptur, der Wahl des geeigneten Trennmittels, der Schalungshaut und der Verarbeitung.

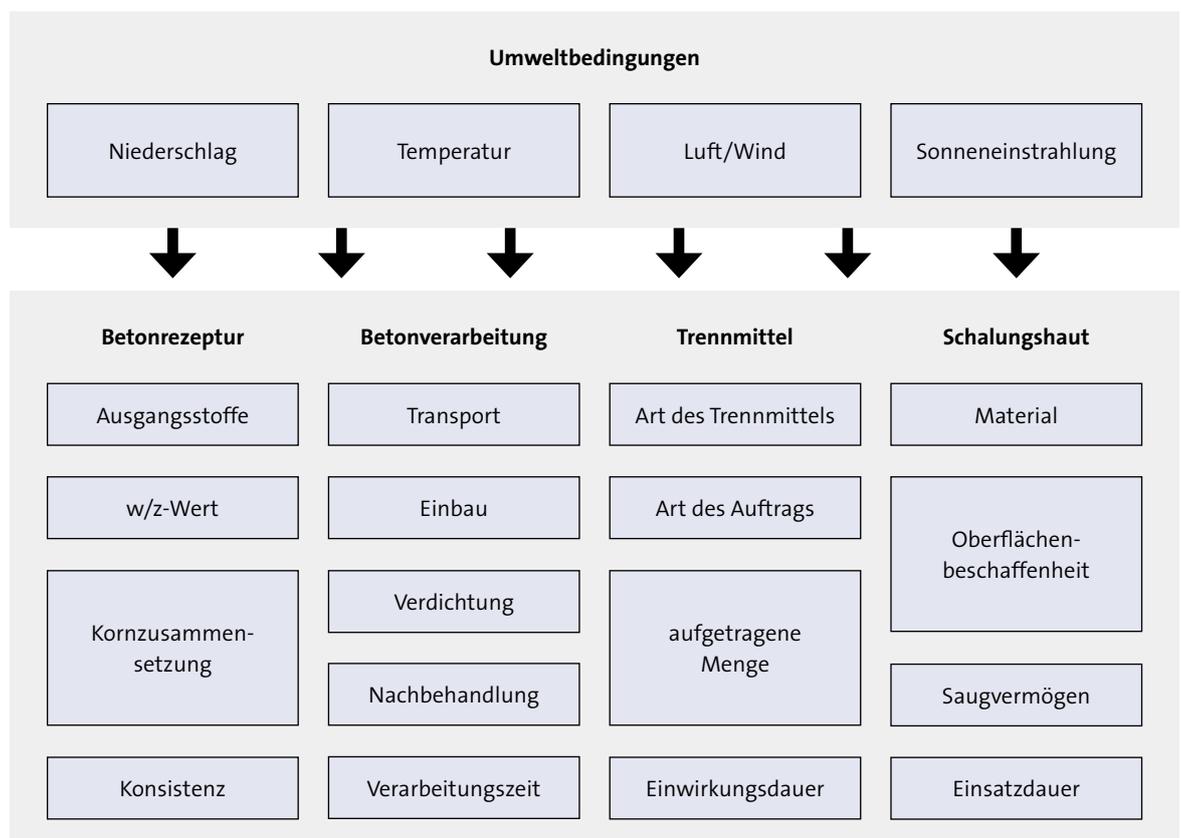


Abb. 1.3  
Einflussfaktoren auf die Sichtbetonqualität

## 2. Sichtbetonklassen

### Beschreibung von Sichtbeton

Zur Festlegung einer Sichtbetonfläche sind folgende Parameter genau zu beschreiben:

- Sichtbetonklasse (entsprechend Abb. 2.1)
- Schalungs- und Schalungshautsystem
- Oberflächentextur (Schalungshaut/ Oberflächenausbildung)
- Ausbildung von Schalungsstößen
- Anker und Ankerlöcher (Lage, Ausbildung, Verschluss)
- Flächengliederung (Größe der Schalungselemente, Schalungstexturen, Fugenverlauf, Raster der Ankerlöcher usw.)
- Fugen (Lage, Verlauf, Breite und Ausbildung)
- Ausbildung der Kanten und Ecken (scharfkantig, gebrochen)
- Farbtongebung (Zement, Gesteinskörnung, Pigmente, Anstriche)
- Oberflächenausbildung nicht geschalter Teilflächen (Oberseiten, Brüstungen)

### Wetter und Jahreszeiten wirken sich aus

Am anspruchsvollsten ist die Herstellung der Sichtbetonklasse 4, die gleichzeitig auch sehr kostenintensiv ist. Eine gleichmäßige, gute Sichtbetonqualität ist über eine längere Bauphase, die über mehrere Jahreszeiten andauert, nicht zielsicher durchführbar, da die wechselnde Witterung – Sonne, Regen, Wind, Kälte usw. – einen unvermeidbar hohen Einfluss auf die Qualität der Oberfläche hat. Betonoberflächen, die in der kalten und feuchten Jahreszeit hergestellt werden, sind in der Regel immer dunkler und fleckiger als Betone, die in den warmen, trockenen Monaten hergestellt werden.

### Hinweis für alle Sichtbeton- und Anforderungsklassen

Der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche ist das grundlegende Beurteilungskriterium für die vereinbarte Sichtbetonklasse. Die gestalterische Wirkung der Sichtbetonfläche ist grundsätzlich nur in ihrer Gesamtwirkung angemessen beurteilbar, d. h. nicht nach Maßgabe absolut erklärter Einzelmerkmale. Die Verfehlung von vertraglich vereinbarten Einzelmerkmalen soll nur dann zu einer Nachbesserungspflicht führen, wenn der Gesamteindruck des betroffenen Bauteils in seiner Gestaltungswirkung gestört ist. Bei der Beurteilung ist auch zu beachten, dass jedes Bauteil als Unikat zu sehen ist. Geringe Unregelmäßigkeiten, z. B. der Textur und des Farbtons, sind in allen Sichtbetonklassen charakteristisch.

Sichtbetonklasse	Beispiele	Anforderungen an geschaltete Sichtbetonflächen nach Klassen bezüglich					Weitere Anforderungen		Herstellkosten				
		Textur	Porigkeit <sup>1)</sup>		Farbtongleichmäßigkeit <sup>1) 2)</sup>		Ebenheit	Arbeitsfugen und Schalungsstöße		Erprobungen <sup>3)</sup>	Schalungshaut <sup>4)</sup>		
			s	ns	s	ns							
Sichtbeton mit	geringen Anforderungen	SB 1	Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderungen, z. B. Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung	T1	P1		FT1	E1	AF1	freigestellt	SHK1	niedrig	
	normalen Anforderungen	SB 2	Betonflächen mit normaler gestalterischer Anforderungen, z. B. Treppenhausräume, Stützwände	T2	P2	P1	FT2	FT2	E1	AF2	empfohlen	SHK2	mittel
	besonderen Anforderungen	SB 3	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen, z. B. Fassaden	T2	P3	P2	FT2	FT2	E2	AF3	dringend empfohlen	SHK2	hoch
		SB 4	Betonflächen mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen, z. B. repräsentative Bauteile	T3	P4	P3	FT3	FT2	E3	AF4	erforderlich	SHK3	sehr hoch

<sup>1)</sup> s = saugend bzw. ns = nicht saugende Schalungshaut

<sup>2)</sup> Der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche ist i. d. R. erst nach längerer Standzeit (u. U. nach mehreren Wochen) beurteilbar. Die Farbtongleichmäßigkeit ist aus dem üblichen Betrachtungsabstand zu beurteilen (gemäß Abschnitt 7)

<sup>3)</sup> Anforderungen an Erprobungen siehe auch Abb. 9.2 unter Erprobungen, Seite 24

<sup>4)</sup> Anforderungen an Schalungshaut siehe auch Abb. 3.1 Schalungshautklassen, Seite 7

Abb. 2.1  
Sichtbetonklassen  
und zugehörige  
Anforderungsklassen

## Sichtbetonklassen

Merkmale	Anforderungs-klasse	Anforderungen
Textur	T1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• weitgehend geschlossene Zementleim- bzw. Mörteloberfläche</li> <li>• in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 20 mm Breite und ca. 10 mm Tiefe zulässig</li> <li>• Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen</li> </ul>
	T2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche</li> <li>• in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 10 mm Breite und ca. 5 mm Tiefe zulässig</li> <li>• Höhe verbleibender Grate bis ca. 5 mm zulässig</li> <li>• Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen</li> </ul>
	T3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche</li> <li>• in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 3 mm Breite zulässig</li> <li>• feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca. 3 mm zulässig</li> <li>• weitere Anforderungen (z. B. an Ankerbildung, Schalungshautstöße, Konenverschlüsse) sind detailliert festzulegen</li> </ul>
Porigkeit	<b>Porenanteil mit Porendurchmessern <math>d</math> in den Grenzen <math>2\text{ mm} &lt; d &lt; 15\text{ mm}</math> gemessen an einer repräsentativen Prüffläche von <math>500\text{ mm} \times 500\text{ mm}</math></b>	
	P1	≤ ca. 3.000 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 1,2 % der Prüffläche)
	P2	≤ ca. 2.250 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,9 % der Prüffläche)
	P3	≤ ca. 1.500 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,6 % der Prüffläche)
	P4	≤ ca. 750 mm <sup>2</sup> maximaler Porenanteil (ca. 0,3 % der Prüffläche)
Farbtongleich-mäßigkeit	FT1	Hell-/Dunkelverfärbungen sind zulässig, Schmutzflecken sind unzulässig.
	FT2	Gleichmäßige, großflächige Hell-/Dunkelverfärbungen in der Flächenfärbung sind zulässig. Schmutzflecken sind unzulässig. Unterschiedliche Arten und Vorbehandlungen der Schalungshaut sowie Betonausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft sind unzulässig.
	FT3	Zulässig sind geringe Hell-/Dunkelfärbungen (z. B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen). Unzulässig sind Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen, verursacht durch Nichteinhaltung der Vorgaben aus Abb. 9.1 unter, Farbtongleichmäßigkeit, Seite 23. Bei saugender Schalungshaut sind großflächige Verfärbungen, verursacht z. B. durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut und ungeeignete Nachbehandlung des Betons unzulässig.
Ebenheit	<b>Ebenheitsforderungen E1 bis E3 gelten nicht bei bearbeiteten oder strukturierten Flächen</b>	
	E1	gemäß DIN 18202 [R12], Tab. 3, Zeile 5
	E2	gemäß DIN 18202 [R12], Tab. 3, Zeile 6
	E3	gemäß DIN 18202 [R12], Tab. 3, Zeile 6 Höhere Ebenheitsanforderungen sind gesondert zu vereinbaren; dafür erforderliche Aufwendungen und Maßnahmen sind vom Auftraggeber detailliert festzulegen. Hinweis: Höhere Ebenheitsanforderungen, z. B. nach DIN 18202, Tabelle 3, Zeile 7, sind technisch nicht zielsicher erfüllbar.
Schalungshaut	SHK1 SHK2 SHK3	Abb. 3.1 Schalungshautklassen, Seite 7
Arbeitsfugen und Schalungsstöße	<b>Arbeitsfugen und Schalungsstöße bleiben in AF1 bis AF4 sichtbar</b>	
	AF1	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 10 mm zulässig.
	AF2	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 10 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o. ä. empfohlen.
	AF3	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 5 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o. ä. empfohlen.
	AF4	Planung der Detailausführung erforderlich. Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 3 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. Weitere Anforderungen (z. B. Ausbildung von Arbeitsfugen und Schalungsstöße) sind detailliert festzulegen.

Abb. 2.2  
Merkmale der Anforderungen gemäß Abb. 2.1

## 3. Schalungshautklassen

### Schalungshautklassen

Die Schalungshaut ist nach dem „Merkblatt Sichtbeton“ auf die jeweilige Schalungshautklasse abzustimmen. Es empfiehlt sich dringend, die im Merkblatt beschriebenen Anforderungen einzuhalten.

Merkmale	Schalungshautklasse <sup>1)</sup>		
	SHK1	SHK2	SHK3
<b>Bohrlöcher</b>	mit Kunststoff- oder Holzstößel oder mit geeignetem Reparaturverfahren verschließen	als Reparaturstellen zulässig <sup>2)</sup>	nicht zulässig <sup>3)</sup>
<b>Nagel- und Schraublöcher</b>	zulässig	ohne Absplitterungen zulässig	nicht zulässig <sup>3)</sup>
<b>Beschädigung der Schalungshaut durch Innenrüttler</b>	zulässig	nicht zulässig <sup>3)</sup>	nicht zulässig
<b>Kratzer</b>	zulässig	in SB 2 leichte Kratzer bis 1 mm Tiefe zulässig <sup>6)</sup> , sonst als Reparaturstellen <sup>2)</sup> zulässig	nicht zulässig <sup>3)</sup>
<b>Beton- oder Mörtelreste <sup>7)</sup></b>	keine flächige Anhaftung	nicht zulässig	nicht zulässig
<b>Zementschleier</b>	zulässig	zulässig	nicht zulässig <sup>4)</sup>
<b>Aufquellen der Schalungshaut in Schraub- bzw. Nagelbereich oder Welligkeit an Kantenflächen („Ripplings“)</b>	zulässig	in SB 2 zulässig in SB 3 nicht zulässig <sup>4) 5)</sup>	nicht zulässig <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Die Schalungshaut ist vor jedem Einsatz auf ihren definierten Zustand hin zu überprüfen

<sup>2)</sup> Reparaturen an der Schalungshaut sind sach- und fachgerecht durch qualifiziertes Personal vorzunehmen

<sup>3)</sup> als Reparaturstellen in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig

<sup>4)</sup> nach Absprache mit dem Auftraggeber zulässig

<sup>5)</sup> zu tolerieren sind werkstoffbedingte Dickentoleranzen im Kantenbereich

<sup>6)</sup> siehe auch „GSV-Merkblatt Mietschalung“, Güteschutzverband Betonschalungen e. V., Ratingen [R17]

<sup>7)</sup> Beton- oder Mörtelrest in Nagellöchern und zwischen Schalungshaut und Elementkante sind zulässig

Erfahrungen zeigen, dass Auftraggeber häufig größere Toleranzen der Merkmale einer Schalungshaut zulassen. Soweit von den Fußnoten 3 und 4 dieser Tabelle Gebrauch gemacht wird, ist eine Absprache oder Abstimmung mit dem Auftraggeber erforderlich. Diese sollte spätestens im Angebotsstadium getroffen werden bzw. erfolgen.

Abb. 3.1  
Schalungshautklassen



Abb. 3.2  
Schalungshaut der Klasse SHK1



Abb. 3.3  
Schalungshaut der Klasse SHK3

## 4. Maßnahmen zur Schadensvermeidung

### Dunkelverfärbungen an Sichtbetonoberflächen

Dunkelverfärbungen treten schon im frühen Stadium des Erhärtungsprozesses von Beton, verstärkt bei kühlen Außentemperaturen und hoher Luftfeuchte, auf. Bei Verwendung derselben Betonzusammensetzung und gleicher Bauausführung entstehen in den Sommermonaten deutlich gleichmäßigere Oberflächen.

Bei den dunkel verfärbten Bereichen sind deutlich mehr Ablagerungen von Kalziumhydroxid  $\text{Ca(OH)}_2$  (später durch Karbonatisierung: Kalziumkarbonat  $\text{CaCO}_3$ ) im oberflächennahen Gefüge. Somit bildet sich eine dichtere, kompaktere, ebenere und geschlossener Schicht an der Oberfläche. Die Verdunstungsfront liegt dann an der Betonoberfläche, während bei höheren Temperaturen und bei geringerer Luftfeuchtigkeit die Verdunstungsfront ins Betoninnere verlagert wird. Dadurch ist die Oberfläche offener und rauer und scheint dadurch deutlich heller und gleichmäßiger.

#### Kalte Witterung

- niedrige Temperaturen und hohe rel. Luftfeuchtigkeit
- Hydratation verlangsamt
- Verdunstungsrate wird abgesenkt
- Transport von Kalziumhydroxid in die Betonrandzone ist begünstigt
- Verdunstungsfront schreitet langsam ins Betoninnere voran
- erhöhte Verdichtung der Mikroporen der Randzone
- feinporiges Gefüge und dadurch ebenere Oberflächenstruktur
- dunkle Farbwirkung der Betonoberfläche



Abb. 4.1  
Kalte Witterung

#### Warme Witterung

- Hydratation deutlich schneller
- hohe Verdunstungsrate
- Trocknungsfront verlagert sich ins Betoninnere
- die Betonrandzone wird weniger verdichtet
- unebene offenporige Betonoberfläche
- geringere Kapillarkondensation



Abb. 4.2  
Warme Witterung

#### Vermeidung fleckiger Dunkelverfärbung

Mit folgenden Maßnahmen kann der fleckigen Dunkelverfärbung entgegengewirkt werden:

- Vermeiden von Winterbetonagen
- geeigneter Ausschalzeitpunkt wählen
- nicht bei Regen oder Nebel entschalen
- Schalung beim Tagestemperturmaximum entfernen
- vollflächige Entfernung der Schalung nach lösen der Verschraubung
- durch geeignete Nachbehandlungsverfahren die Verdunstungsrate an der Oberfläche erhöhen
- zirkulierende Warmluft
- höhere Frischbetontemperaturen
- Erwärmung der Schalung
- Einsatz von Beschleunigern

#### Beseitigung von Dunkelverfärbungen

Eine Beseitigung der Dunkelverfärbungen ist nur temporär möglich. Durch zuführen von Wärme und Wind trocknet die Oberfläche ab und die Verfärbungen werden weniger intensiv. Sobald die Luftfeuchtigkeit ansteigt, intensivieren sich die Verfärbungen jedoch wieder. Bei Außenwänden ist dieses Verfahren somit nicht zielführend. Mit pigmentierten Lasuren kann man die Verfärbungen relativ gut egalalisieren. Sie werden nicht ganz verschwinden, aber deutlich weniger sichtbar sein.

## Dunkelverfärbung von Beton

Ursächlicher Zusammenhang der Witterungsverhältnisse (Temperaturen), der relativen Feuchte und dem Erhärtungsverlauf des Betons für eine dunkle Verfärbung der Bauteiloberfläche.

Im Winter, bedingt durch die niedrigeren Temperaturen bei einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit, ist der Hydratationsverlauf des Betons entsprechend verlangsamt. Dadurch entsteht eine höhere Kalziumhydroxidkonzentration in der Porenlösung. Einhergehend ist die Verdunstungsrate des Wassers sehr gering und die Trocknungsfront liegt unmittelbar an der Oberfläche. Mit diesen Randbedingungen lagert sich an der Oberfläche des Betons konzentriert Kalziumhydroxid  $\text{Ca(OH)}_2$  ab. Diese Anreicherung vom Reaktionsprodukt aus dem Zement, das auch für die Dauerhaftigkeit des Bauteils wichtig ist, wird Portlandit genannt, und führt unter den genannten Randbedingungen zu unplanmäßiger dunkler Verfärbung.



Abb. 4.3  
Großflächige Dunkelverfärbungen

Durch angepasste Nachbehandlung des Betons und damit verbundenen kürzeren Schalzeiten und / oder durch einen beschleunigten Hydratationsverlauf kann diesen unplanmäßigen Verfärbungen entgegen gewirkt werden. Diese Verfärbungen sind dauerhaft und gleichen sich dem eigentlichen Betonfarbton nur marginal an. Die frühe Einbindung eines Beton Ingenieurs in die Planung ist notwendig, um die geeigneten Maßnahmen im Bauablauf zu integrieren.

Bei der Ausführung unter den beschriebenen negativen Einflüssen kann es dann zu Oberflächen mit dunkler Verfärbung kommen:

### Starke Verfärbungen

Starke Hell-Dunkel-Verfärbungen und Marmorierungen im Winter können deutlich reduziert werden, indem die Schalung beheizt wird und dadurch der Temperaturunterschied zwischen Frischbeton und Schalung gering gehalten wird. Auch geeignete Maßnahmen für ein beschleunigtes Abbinden des Betons haben sich bewährt, um Hell-Dunkel-Verfärbungen zu reduzieren.

### Maßnahmen

- Beheizen der Schalung
- Wärmen des Betons
- Reinzementrezepturen
- Hochwertzement
- Zugabe von Beschleunigern
- Beton mit schneller Festigkeitsentwicklung
- Anwenden von Holcim Booster



Abb. 4.4  
Dunkelverfärbungen überwiegend im unteren Bereich



Abb. 4.5  
Dunkelverfärbungen durch Entmischung und/oder kühlen Temperaturen

## Maßnahmen zur Schadensvermeidung

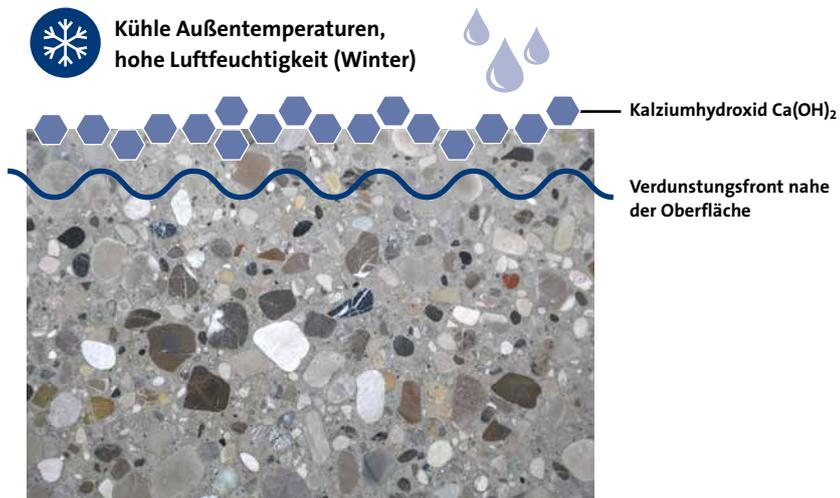


Abb. 4.6  
Schema Winter

### Ablauf im Winter

- langsame Hydratation
  - geringe Verdunstungsrate
  - Kalziumhydroxid wird an die Betonrandzone transportiert
  - Anreicherung von Kalziumhydroxid an der Betonoberfläche
- Verdunstungsfront nahe an der Betonoberfläche
  - erhöhte Verdichtung der Mikroporen in der Randzone – dichter
  - feinporigeres Gefüge, dadurch ebenere Betonoberfläche – dunklere Wirkung durch Lichtreflexion

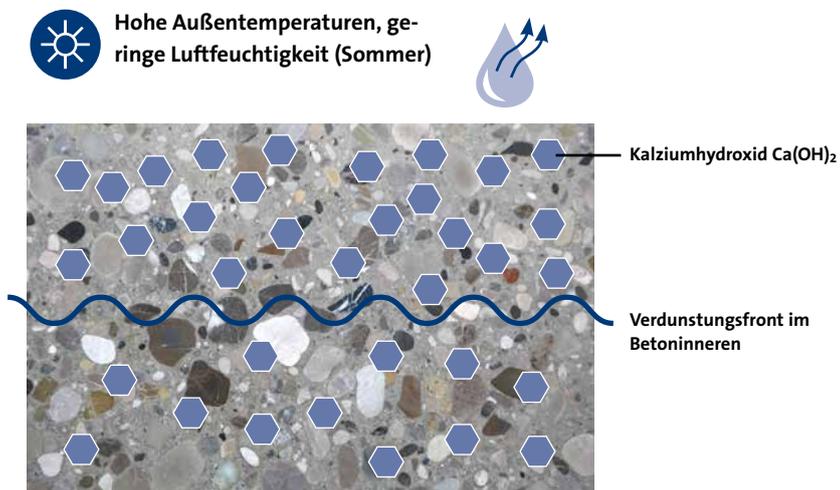


Abb. 4.7  
Schema Sommer

### Ablauf im Sommer

- beschleunigte Hydratation
  - hohe Verdunstungsrate
  - Kalziumhydroxid wird nicht an die Betonrandzone transportiert
  - Verdunstungsfront wandert ins Betoninnere
- geringere Verdichtung der Mikroporen in der Randzone – offener
  - unebenere Betonoberfläche – hellere Wirkung, das Licht wird anders gebrochen und gestreut

## Hell-Dunkel-Verfärbungen

### Betonversuche

An einer Betonzusammensetzung wurde der Einfluss der Schalungs- und der Betontemperatur simuliert. Der erste Versuch zeigt einen Beton mit 5 °C Frischbetontemperatur, der in eine Schalung bei 5 °C Lagerungstemperatur eingefüllt wurde. Der Beton lagerte 14 Tage bei 5 °C. Anschließend wurden die Musterplatten der Witterung ausgesetzt und lagerten dort ungeschützt mehrere Monate. Beim zweiten Versuch war die Lagerung bei 5 °C identisch zum ersten Versuch, allerdings wurde der Frischbeton mit einer Frischbetontemperatur von 20 °C in die kalte Schalung eingebracht. Das Ergebnis ist eindeutig, der kalte Beton in kalter Schalung ist insgesamt deutlich dunkler an der Betonoberfläche. Der warme Beton in der kalten Schalung hat ein wesentlich helleres Erscheinungsbild.

Dieses Bild ändert sich auch nicht durch Sonneneinstrahlung oder sonstige Witterungseinflüsse. Nach Jahren ist die Oberfläche bei den Betonen unverändert hell und dunkel.

Fazit: Wird der Beton mit höheren Temperaturen in die Schalung gebracht, ist die Gefahr der Dunkelverfärbung deutlich geringer. Ein Aufheizen der Schalung bringt in der Regel noch bessere Ergebnisse. Bei der Verwendung von Beschleunigern verringert sich die Abbinde- und Erhärtungszeit des Betons. Dadurch wird die Mischungsstabilität verbessert und die Anlagerung von Kalziumhydroxid an der Betonoberfläche vermindert, was ansonsten eine dunkle Verfärbung bewirkt. Die Verdunstungsfront liegt somit weiter im Inneren des Betons.



Abb. 4.8  
Musterplatten bei 5 °C mit Beton 5 °C

Musterplatten bei 5 °C mit Beton 20 °C



Abb. 4.9  
Musterplatten (Abb. 4.8) bei Regen



Abb. 4.10  
Musterplatten (Abb. 4.8) nach über einem Jahr Lagerung im Freien

Auch nach jahrelanger Austrocknung und sommerlichen Temperaturen bleibt der Farbunterschied deutlich sichtbar. Ein Angleichen der Verfärbungen findet auch nach langer Wartezeit nicht statt. Bei hoher Luftfeuchte oder bei Regen werden die Verfärbungen, egal wie alt der Beton ist, immer wieder stärker sichtbar.

## Vermeiden von starken Hell-Dunkel-Verfärbungen - Holcim Booster

Für besondere Anwendungen und einen schnelleren Bauablauf, gerade auch bei niedrigen Temperaturen eignet sich besonders der Holcim Booster: Holcim Booster ist ein außergewöhnlicher Beschleuniger, der die Erhärtungsdauer von Beton drastisch verkürzt, ohne negative Auswirkungen auf die Verarbeitbarkeit. Die Betonerhärtung wird durch die Förderung der natürlichen Hydratation des Zements beschleunigt. Dauerhaftigkeit und Endfestigkeit des Betons bleiben gänzlich unbeeinflusst.

Damit setzt Holcim Booster die Produktionsleistung auf der Baustelle deutlich herauf.

Spezielle Lösungen für spezielle Anwendungen

- Projektbezogene Beratung und Betonsorten
- Hochwertigere Betonoberflächen
- Weniger Dunkelverfärbungen und Blutneigung in den Wintermonaten
- Reduktion der Porenbildung
- Höhere Stabilität des Betongefüges

## Gelb-Braun-Verfärbungen

Verfärbungen können durch einzelne oder durch eine Kombination mehrerer Parameter hervorgerufen werden.

- Rostablagerungen der Bewehrung auf der Schalhaut
- Drähte in der Schalung bei horizontalen Flächen
- Rost von Rahmenschalungen mit Stahlrahmen
- Staubablagerungen auf der Schalhaut (Schleifstaub, Stahltrieb, Schmutz)
- Verschmutzungen der Schalhaut
- Fehlerhafte Beschichtung der Schalhaut durch nicht ausgehärteten Phenolharzfilm
- Phenolharze, die nicht ausreichend resistent sind (UV-Strahlung, Wasser, Alkalien usw.)
- Schalungs-Deckbeschichtung mit nicht farbechten Pigmenten

### Vermeiden von Gelb-Braun-Verfärbungen

Die Schalhaut sollte vor dem Einsatz kontrolliert werden, ob Verschmutzungen oder mangelhafte Beschichtungen ausgeschlossen werden können. Vor dem Betonieren sollten alle losen Teile, wie z. B. Bindedrahtreste usw. aus der Schalung entfernt werden. Wenn möglich Schalungen von Deckenunterseiten vor dem Betonieren mit Wasserstrahl reinigen. Trennmittelanhäufungen neigen ebenfalls zu Gelb-Braun-Verfärbungen und sollten daher vermieden werden. Trennmittel nach dem Aufsprühen mit Gummischaber oder Lappen nachreiben, so wenig wie möglich auf der Schalhaut belassen.

### Holcim Booster

Holcim Booster ist ein spezieller Beton, der auf Betonagen während der kalten Jahreszeit abgestimmt ist. Mit Holcim Booster werden Verfärbungen deutlich minimiert oder gar eliminiert.

Fragen Sie die Spezialisten von Holcim, wir bieten Ihnen eine angepasste Lösung!

[www.holcim.de/booster](http://www.holcim.de/booster)



Abb. 4.11  
Schalung mit Phenolharzablösungen



Abb. 4.12  
Betonoberfläche mit deutlichen Gelb-Braun-Verfärbungen

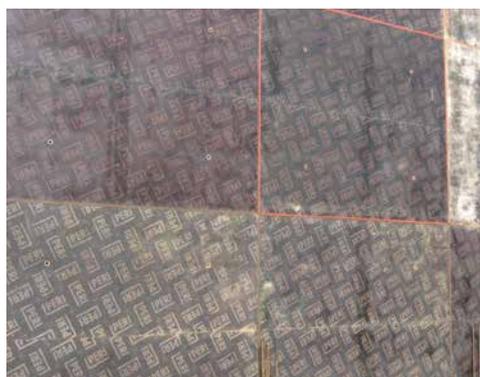


Abb. 4.13  
Unterschiedliche Schalhautoberflächen



Abb. 4.14  
Betonoberfläche im Schachbrettmuster

## 5. Mögliche Betonoberflächen

### Die Schalungshaut als Gestaltungsmerkmal

Die Struktur der Schalungshaut und die Anordnung der Ankerlöcher prägen die Sichtbetonfläche. Die Betonfläche ist letztlich das Spiegelbild der Schalung und übernimmt sämtliche Formen und Abdrücke sowie entsprechend auch Fehlstellen, Kratzer und Nagellöcher.

Man unterscheidet zwischen saugender und nicht saugender Schalungshaut:

- Saugende Schalungshaut (sägeraue, gehobelte oder leicht saugende Brettschalung)
- Nicht saugende Schalungshaut (glatte Brettschalung, Kunststoffschalung)

Die glatte Schalungshaut kann je nach Material aus Holz, Kunststoff oder Metall bestehen. Durch die nicht saugende Schalungshautoberfläche ist eine Poren-, Lunker- und Wolkenbildung nicht auszuschließen.

Durch das Einlegen von Matrizen (Kautschuk- oder Gummieinlagen) kann jede gewünschte Betonoberfläche hergestellt werden. Die Betonoberfläche wird durch die Matrizen relativ gleichmäßig im Farbton. Lunker, Poren und Marmorierungen treten hier deutlich weniger auf und sind kaum sichtbar.

Bei der Brettschalung ist das Saugverhalten der Schalungshaut entscheidend. Je nach Bearbeitung der Schalungsoberfläche ergibt sich eine andere Betonoberfläche. Hier unterscheidet man zwischen stark, mäßig und nicht saugender Schalungshaut. Die saugende Schalungshaut nimmt in der Regel einen Teil des überschüssigen Wassers und der Poren auf und verzeiht somit kleine Betonierfehler oder geringe Schwankungen der Betonzusammensetzung. Mit einer saugenden Schalungshaut ist es deutlich einfacher Sichtbeton, gleichmäßig mit wenig Poren und wenig Dunkelfärbungen, herzustellen.



Abb. 5.1  
Betonoberfläche mit sägerauer Brettschalung



Abb. 5.2  
Mit Gummimatrizen gestaltete Betonoberflächen

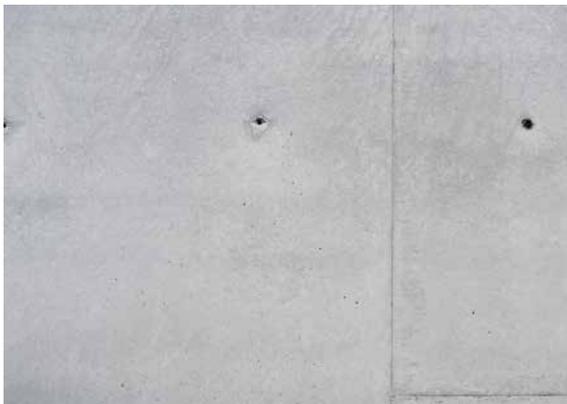


Abb. 5.3  
Betonoberfläche mit glatter Schalungshaut



Abb. 5.4  
Betonoberflächen mit unterschiedlichen Schalungshäuten

# Oberflächenbearbeitung

Wenn das Bauteil erhärtet ist und ausgeschalt werden kann, gibt es unterschiedliche Verfahren, die Betonoberfläche nachträglich zu gestalten. Hierbei muss jedoch die geforderte Betondeckung eingehalten werden.

### Feinwaschen

Der mit Abbindeverzögerer beaufschlagte Zementstein wird an der Oberfläche 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. 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 Zementhautschicht mit einer Säure wird das Gesteinskorn leicht freigelegt. Das Erscheinungsbild der Oberfläche wirkt je nach Abtrags-tiefe etwas rau.

### Hochdruckwasserstrahlen

Das Bearbeiten der abgebundenen Betonoberfläche mit einem Wasserstrahl erfolgt wie das Feinwaschen ohne Verzögerungspaste. Je nach Intensivität der Wasserstrahlbehandlung entstehen unterschiedlich raue Oberflächen.

### Sandstrahlen

Die Bearbeitung durch Sandstrahlen ergibt eine ähnliche Oberfläche wie das Feinwaschen, allerdings werden hier



Abb. 5.5  
Abgesäuerte Oberfläche

auch die Gesteinskörner angeraut und verlieren dadurch ihren Glanz. Die Oberfläche wirkt matt und rau. Je nach Wunsch kann die Abtragsstärke variieren.

### Flammstrahlen

Durch eine Beflammung mit rund 3.000 °C schmilzt die oberste Zementhautschicht ab und die Gesteinskörner platzen ab. Es entsteht eine sehr raue und zerklüftete Betonoberfläche.

### Schleifen und Polieren

Wird die Oberfläche nur ganz leicht geschliffen, so dass die Gesteinskörner kaum sichtbar werden, dominiert die Farbe des Zements. Wird so weit abgeschliffen, bis die Gesteinskörner gut sichtbar werden, dominiert die Gesteinsfarbe. 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 rauer Effekt.



Abb. 5.6  
Grob gewaschene Oberfläche



Abb. 5.7  
Sandgestrahlte Oberfläche

**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 Abtragsstärken.

**Scharrieren**

Mit einem Scharriereisen wird die Betonoberfläche linienförmig abgetragen. Zementstein und Gesteinskörnung bestimmen den Farbeffekt.



Abb. 5.8  
Waschbeton



Abb. 5.9  
Bearbeitungswerkzeuge



Abb. 5.10  
Fein geschliffene Oberfläche



Abb. 5.11  
Stocken einer Oberfläche

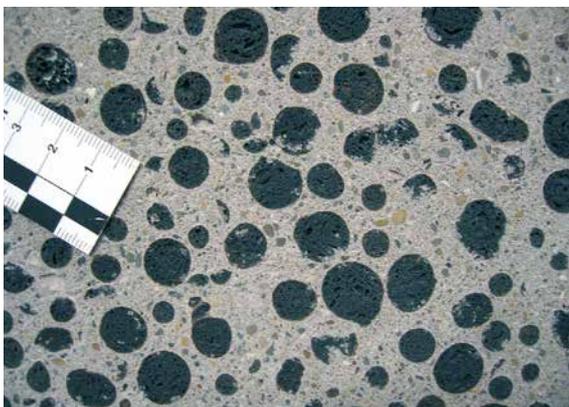


Abb. 5.12  
Grob geschliffene Oberfläche



Abb. 5.13  
Scharrierte Oberfläche

### Farbige Betonoberflächen

Neben der Oberflächenbearbeitung bietet sich auch Farbe als Gestaltungselement an. Üblicherweise wird mit Weißzement ein sehr heller Beton gemischt, der durch die Zugabe von Pigmenten nach DIN EN 12878 in allen Farbklassen eingefärbt 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. Andererseits lassen sich mit üblichen Grauzementen dunklere Betone leichter einfärben. Die Farbstärke ist abhängig von der Dosierung. Die Farbe kann als Pulver oder als Flüssigfarbe zugegeben werden.

Zu beachten bei der Herstellung:

- bei Einsatz von Weißzement Zementsilo sowie Zwangs- und Fahrmischer vor Produktion reinigen
- bei trockener, warmer Witterung betonieren
- oberflächliches Austrocknen gewährleisten und ggf. hydrophobieren
- Niederschlagswasser vermeiden
- Musterprobekörper und Musterbauteile sind herzustellen, um den Farb- und optischen Gesamteindruck zu beurteilen
- auf möglichst gleiche Konstanz bei den Rohstoffen und auf Gleichmäßigkeit bei Herstellung und Verarbeitung achten

Selbst wenn Hersteller und Verarbeiter die notwendige Sorgfalt walten lassen, kann es zu Farbtonschwankungen oder weißlichen Ausblühungen kommen.



Abb. 5.16  
Rot eingefärbter Beton

### Aufbringen einer Lasur

Eine Alternative zum Durchfärben des Betons ist das Aufbringen einer farbigen Lasur. Lasuren können grundsätzlich auf alle Sichtbetonflächen aufgebracht werden. Trotz Lasur zeigen die Flächen die typischen Merkmale einer Sichtbetonoberfläche. Bewährt hat es sich, Lasuren an Erprobungsflächen zu testen und zu bemustern.



Abb. 5.14  
Gelb eingefärbter Beton



Abb. 5.15  
Schwarz eingefärbter Beton am Beispiel der Stadthalle Rottweil

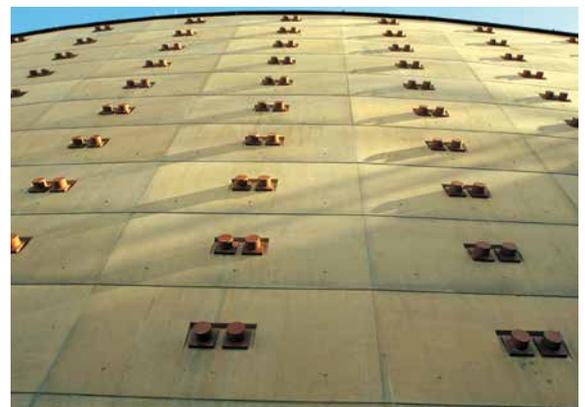


Abb. 5.17  
Gelb eingefärbter Beton einer sichtbaren bleibenden Hangsicherung

## 6. Schalung

### Rahmenschalung

Rahmenschalungen bestehen aus einem Stahlrahmen mit eingelegten Holz- oder Kunststoffplatten. Bei der Rahmenschalung sind die Plattengrößen und die Ankerlöcher für die Spannschrauben vorgegeben. Der Rahmenabdruck und eingefügte Passstücke bleiben in der Sichtbetonfläche deutlich sichtbar. Das Aufstellen einer Rahmenschalung erfolgt relativ einfach und schnell. Dadurch ergeben sich kurze Schalzeiten und eine entsprechend hohe Einsatzhäufigkeit.

### Trägerschalung

Trägerschalungen bestehen aus Holz- oder Metallträgern, die mit unterschiedlichsten Arten von Schalungselementen in verschiedenen Abmessungen belegt werden können. Trägerschalungen erlauben eine freie Wahl der

Schalungshaut, der Plattengröße und der Ankerlöcher und hinterlassen lediglich einen feinen Schalungsstoß. Die Trägerschalung ist relativ aufwendig zu erstellen. Eine Versiegelung der Schnittkanten von Schalungshautplatten verhindert das Quellen der Kanten und somit die Bildung von Ripplings (vgl. Kap. 7, Schalungshaut).

### Aufgedoppelte Rahmenschalung

Wird die Rahmenschalung zusätzlich mit einer Schalungshaut belegt, können Plattengröße und Schalungshautart sowie die Spannstellen ebenfalls frei gewählt werden. Die aufgedoppelte Rahmenschalung ist allerdings sehr aufwendig zu erstellen. Die doppelte Belegung der Schalung kann zu unterschiedlichen Schwingungen der Schalung und damit zu Farbunterschieden und Marbrierungen führen.



Abb. 6.1  
Rahmenschalung



Abb. 6.2  
Aufgedoppelte Rahmenschalung



Abb. 6.3  
Trägerschalung



Abb. 6.4  
Aufdoppelung einer Rahmenschalung, z. B. mit Mehrschichtplatten

## 7. Schalungshaut

Es gibt zahlreiche Schalungsarten. Ihre Besonderheiten werden im Folgenden erläutert und mit praktischen Verarbeitungshinweisen ergänzt.

### Saugende Schalungshaut

Bei saugenden Schalungen ist die Betonoberfläche tendenziell dunkler und weist weniger Poren auf als bei nicht saugender Schalungshaut. Je nach Textur fallen Poren, Lunker und Farbunterschiede weniger deutlich auf. Das Saugverhalten nimmt mit jedem Einsatz ab, so dass die Oberflächen von Mal zu Mal heller werden. Saugende Schalungshaut ist vorzunässen, wobei ihr Quell- und Schwindverhalten zu berücksichtigen ist. Eine saugende Schalung weist folgende Eigenschaften auf:

- Entzug von Wasser und Luft an der Betonoberfläche
- wenig Poren
- gleichmäßige Farbgebung
- dunklere Betonfarbe
- einfache Herstellung von Sichtbetonflächen

#### Vorbehandlung

Bei saugenden Schalungen, dazu gehört vor allem die sägeraue Brettschalung, sind als Trennmittel Öl-in-Wasser-Emulsionen empfehlenswert, sofern der Verarbeiter darauf achtet, ungebrauchte Bretter vor dem ersten Einsatz gegen Holzzucker zu neutralisieren. Das heißt, die Bretter werden künstlich gealtert (Behandlung durch Zementleim). In jedem Fall bewährt sich vor dem ersten Einsatz ein Einstreichen der Schalungshaut mit Zementschlämme, die nach dem Abtrocknen wieder entfernt wird. Eine Wiederholung dieses Vorgangs ist empfehlenswert.

Das geeignete Trennmittel ist mit Vorversuchen zu ermitteln, da jeder Schalungshauttyp in Verbindung mit Beton und Trennmittel anders reagiert.



Abb. 7.2  
Saugende Brettschalung

#### Wichtig bei saugender Schalung

- wird nach mehreren Einsätzen heller
- sehr starkes Saugvermögen
- unterschiedliches Saugverhalten der Äste
- Holzzucker verhindert teilweise die Betonhärtung
- Absandungen und Abplatzungen an Betonoberflächen
- Holzfasern können am Beton zurückbleiben
- Vorbehandlung der Schalung notwendig



Abb. 7.1  
Einschlämmen der Schalung mit Zementleim

Saugende Schalungsbretter hinterlassen je nach Alter oder Einsatzhäufigkeit deutliche Farbunterschiede. So ist es ratsam, gebrauchte und ungebrauchte Bretter nicht zusammen in einer Schalung zu verwenden.



Abb. 7.3  
Farbunterschiede durch unterschiedlich alte Bretter

## Nicht saugende Schalungshaut

Nicht saugende Schalungshäute erzeugen hellere Betonoberflächen. Poren, Lunker, Farbtonunterschiede, Marmorierungen und Wolkenbildungen zeichnen sich jedoch stärker ab. Sie weisen folgende Eigenschaften auf:

- nahezu glatte Betonoberflächen
- einheitlich gleichmäßige Wände
- helle Betonoberflächen

### Fleckige Dunkelverfärbungen

Bei nichtsaugender Schalung können ausgeprägte Dunkelverfärbungen auftreten. Die Dunkelverfärbungen

bestehen meist in einer Ansammlung lokal begrenzter, nur weniger mm<sup>2</sup> großen, dunklen Verfärbungen auf einer ursprünglich gleichmäßig hellen Sichtbetonoberfläche.

### Ripplings – Wellenbildung an der Schalungshaut

Schnittkanten an Schaltafeln müssen versiegelt werden, da die Schaltafeln sonst aufquellen und dadurch an der Schalungshaut Wellungen, durch sogenannte Ripplings, entstehen. Diese Wellungen erscheinen als Abbild an der Sichtbetonfläche. Bei unversiegelten Schnittkanten ist dies sehr häufig der Fall.

#### Wichtig bei nicht saugender Schalung

- Gefahr von Marmorierungen
- Gefahr von Porenbildung
- Farbunterschiede nicht vermeidbar
- Betonierfehler sichtbar
- einheitliche Sichtbetonflächen schwierig herstellbar
- Schalung verlangt sehr sorgfältigen Umgang

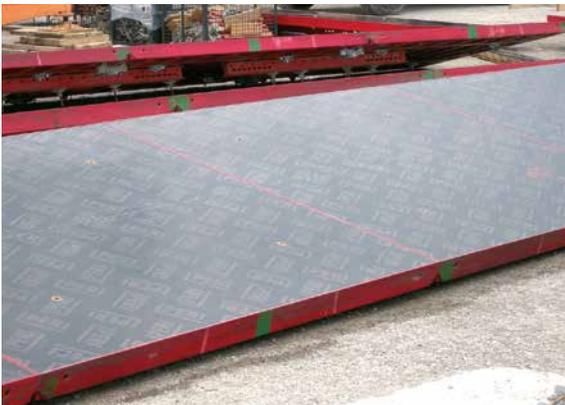


Abb. 7.4  
Nicht saugende Schalungshaut



Abb. 7.5  
Ripplings auf der Betonoberfläche



Abb. 7.6  
Nicht saugende Kunststoffschalung



Abb. 7.7  
Ripplings auf der Schalungshaut

## Schalungshaut

Eigen-schaft	Art der Schalungshaut	Merkmale/Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	mögliche Auswirkungen auf die Betonoberfläche bzw. Anwendungsbereiche	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit <sup>2)</sup>
saugend <sup>4)</sup>	Holzwerkstoffplatten, unbeschichtet (Spanplatten)	leicht raue Textur der BO	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze
	Bretter sägerau, unbehandelt	raue Bretttextur, von Schnittverfahren abhängig, BO-Farbton dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung), einzelne Holzfasern in BO	bis ca. 3 Einsätze; bei SB 4 nur einmaliger Einsatz
	Bretter gehobelt	glatte Bretttextur, Maserung erkennbar, BO-Farbton dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	bis ca. 5 Einsätze
	Holzoberflächen geschliffen, unbeschichtet roh; z. B. 3-Schichtplatten, Bretter und Brettplatten	glatt, leichte Holzmaserung auf BO	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Bretter 5 bis 10 Einsätze
	wie vor, Oberfläche gebürstet	ausgeprägte Holztextur, sonst wie vor	wie vor	wie vor
	Sperrholzplatte oder Seekieferplatte, unbeschichtet	leicht raue Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	ca. 3 bis 5 Einsätze
schwach saugend <sup>3) 4)</sup>	Nadelholz-/Brettplatte (oberflächenvergütet)	glatte Bretttextur, Maserung erkennbar, bei Ersteinsatz u. U. sehr dunkle BO	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	ca. 10 Einsätze
	Furniersperrholz mit saugender Filmbeschichtung	glatt	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	bisher wenig praktische Erfahrungen
	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenvergütet)	glatt, leichte Holzmaserung auf BO sichtbar	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	ca. 15 bis 20 Einsätze
	3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenvergütet)	glatt, ausgeprägte Holzmaserung auf BO sichtbar	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	ca. 8 bis 15 Einsätze
	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m <sup>2</sup> , i. A. Phenolharzfilm, auf Furniersperrholzplatten oder Stab- und Stäbchensperrholzplatten	glatt, keine Textur	stellenweise Neigung zu Ripplings, Unregelmäßigkeiten im Beton bilden sich an der BO stärker ab, (Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung)	Einsatzzahl je nach Plattenaufbau und Filmbeschichtung; bei SB 1 bis ca. 15 Einsätze, bei SB 4 bis ca. 3 Einsätze
nicht saugend <sup>4)</sup>	Platten mit Filmbeschichtung, ab ca. 200 g/m <sup>2</sup> , i. A. Phenol- oder Melaminharzfilm, auf Furniersperrholzplatten oder Stab- und Stäbchensperrholzplatten	glatt, keine Textur	stellenweise Neigung zu Ripplings, Unregelmäßigkeiten im Beton bilden sich an der BO stärker ab, (Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung)	ca. 5 bis 30 Einsätze, Einsatzzahl je nach Plattenaufbau und Filmbeschichtung
	Platten mit thermoplastischer Beschichtung auf Furniersperrholzplatte oder Stab- und Stäbchensperrholzplatte	glatte, sehr helle BO	geringe Farbtonunterschiede	über 100 Einsätze bei Rahmenschalung
	Kunststoffplatten oder Kunststoffverbundkonstruktion	glatte, sehr helle BO	geringe Farbtonunterschiede, porenärmere BO als Platten mit Filmbeschichtung	über 100 Einsätze bei Rahmenschalung
	Kunststoffmatrizen	Textur nach Herstellerangebot beliebig gestaltbar, BO hell	produktabhängig	produktabhängig, hohe Einsatzhäufigkeiten möglich
	runde Stützenschalungen (Kunststoffrohre, Folienverbundmaterialrohre)	glatt, glänzend	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmorierung	1 Einsatz
	Stahlschalungen	glatt	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmorierung, Rostflecken auf BO möglich	ca. 100 Einsätze
sonstige	Drainvlies Sonderfall zur Ableitung von Überschusswasser aus der Betonoberfläche (BO)	Textur des Drainvlieses zeichnet sich auf BO ab, siehe Herstellerangaben	dunkle weitgehend porenfreie BO, i. Allg. keine Sichtbetonanwendung, Risiko der Faltenbildung	produktabhängig, i. d. R. nur 1 Einsatz

<sup>1)</sup> Filmbeschichtung, i. d. R. Phenolharzpapier unterschiedlicher Beschichtungsdicke ab ca. 80 g/m<sup>2</sup> bis 600 g/m<sup>2</sup>, je nach Trägerplatte; siehe Herstellerangaben

<sup>2)</sup> Die angegebene Einsatzhäufigkeit sind Anhalts- bzw. Erfahrungswerte, die je nach Güte und Qualität der Schalungshaut sowie in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen SB 1 bis SB 3 (siehe Abb. 2.1 Sichtbetonklassen, Seite 5) variieren können. Für die Klasse SB 4 kann die Einsatzhäufigkeit erheblich abnehmen (siehe Abb. 3.1 Schalungshautklassen, Seite 7).

<sup>3)</sup> Das Saugverhalten der schwach saugenden Schalhäute und damit auch die Farbtonung der BO wird von folgenden Faktoren beeinflusst (vgl. [12]): Einsatzhäufigkeit, Liegezeit, Lagerungsart (Hitze, Regen u. a. m.), Dicke des Trennmittelauftrages, Trennmitteltyp. Je stärker das Saugverhalten, umso dunkler wird die BO.

<sup>4)</sup> Saugende Schalungshauttypen liefern tendenziell weniger Poren an der BO als schwach oder nicht saugende Schalungshäute. Bei sehr schwach saugenden und bei nicht saugenden Typen ist die Kombination aus Beton, Verarbeitung, Trennmittel und Schalungshauttyp hinsichtlich der Ausprägung der Porigkeit maßgebend. Insbesondere ist die Abstimmung von Schalungshaut und Trennmittel von Bedeutung [12].

**Abb. 7.8**  
Orientierungshilfe  
bei der Auswahl von  
Schalungshäuten



**Abb. 7.9**  
Unterschiedliche Schalungshäute



**Abb. 7.10**  
Auswirkung an der Sichtfläche

## 8. Trennmittel

Trennmittel dienen folgenden Zwecken:

- optimales Lösen der Schalung vom Beton
- einwandfreie Abformung der Schalungshautoberfläche
- Konservierung und Schonung des Schalmaterials
- Verhindern von Fleckenbildung und Marmorierungen
- Vermeiden von Absandungen und Kalkausblühungen
- Begünstigung des Aufsteigens der Luftblasen
- keine Beeinträchtigung der Haftung von Anstrichen, Putzen, Klebern usw.

### Aufbringen des Trennmittels

Bei der Auswahl des Trennmittels ist auf das Zusammenspiel von Schalung und Beton zu achten. Hier sind die Empfehlungen der Schalungshersteller sehr hilfreich. Es gibt verschiedene Trennmitteltypen: lösemittelhaltige oder -freie (beide auf Mineralölbasis) sowie Öl-in-Wasser-Emulsionen oder verschiedene Wachse.

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 oder noch besser mit einem Lappen nachgerieben wird.



Abb. 8.1  
Trennmittelauftrag mit der Spritzdüse



Abb. 8.2  
Gleichmäßiges Verteilen des Trennmittels mit der Poliermaschine



Abb. 8.3  
Gleichmäßiges Verteilen des Trennmittels mit dem Gummischaber



Abb. 8.4  
Gleichmäßiges Verteilen des Trennmittels mit dem Lappen

## Trennmittel

Wird das Trennmittel mit der Düse (Abb. 8.1) aufgebracht, muss diese es fein zerstäuben und so einen gleichmäßigen Auftrag ermöglichen. Ein korrekt eingestellter Druck und die richtigen Düsen sind entscheidend. Zu stark beaufschlagte Flächen zeigen deutliche Verfärbungen in braun-gelben Tönen (Abb. 8.6) und eine sehr starke Porenansammlung oder Abmehlung der Oberfläche (Abb. 8.7). Läuft überschüssiges Trennmittel an der Schalung herunter, ist dies an der Betonoberfläche deutlich sichtbar.

Bei richtigem Trennmittelauftrag und Nachreiben mit einem Lappen entsteht an der Betonoberfläche ein relativ porenarmes Bild, wie Abb. 8.5 zeigt.



Abb. 8.6  
Verfärbungen wegen Trennmittelüberdosierung



Abb. 8.7  
Absandungen wegen Trennmittelüberdosierung



Abb. 8.5  
Porenarme Betonoberfläche bei richtiger Trennmitteldosierung

## Wandschalung

Beim Stellen der ersten Schalwand (Stellwand) ist das aufgebrachte Trennmittel der Witterung ausgesetzt, bis die zweite Wand (Schließwand) nach dem Einbringen der Armierung aufgestellt wird. Da sich die mit Trennmittel beaufschlagte Schalungshaut durch Sonneneinstrahlung oder Regen verändert, weist die Schließwand, die in der Regel unmittelbar vor dem Aufstellen mit Trennmittel beaufschlagt wird, ein ganz anderes Verhalten auf. Es ist daher von Vorteil, beide Wände gleichzeitig einzuölen. Auch muss beachtet werden, dass die Einwirkzeit der Trennmittel je nach Typ unterschiedlich ist.



Abb. 8.8  
Abtrocknen der gestellten Schalwand

# 9. Planung

## Anforderungen an die Planung, Erprobung und Ausführung

In den nachfolgenden Tabellen sind die Anforderungen für die Merkmale zusammengestellt. Die Tabellen sind dem »Merksblatt Sichtbeton« (2015) entnommen.

### Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Texturklassen

Anforderung	Texturklasse		
Merkmale	T1	T2	T3
<b>Textur</b>	Aufwand bei DIN EN 13670 / DIN 1045-3 [R5] üblich	wie Klasse T1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen</li> <li>Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen</li> <li>Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen</li> <li>Schalungssystem mit geringen Fertigungstoleranzen wählen</li> <li>Abdichtung der Schalungsstöße vereinbaren</li> <li>Schalungseinlagen vereinbaren</li> <li>Schalungsanker möglichst gleichmäßig fest anziehen</li> <li>fachgerechte Lagerung der Schalung vorsehen</li> <li>möglichst gleichalte Schalungshautplatten verwenden</li> <li>bauseits geschnittene Kanten der Schalungsplatten sind zu versiegeln</li> </ul>	wie Klasse T2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Anforderungen bezüglich Schalungsstöße und Rahmenabdruck sind detailliert festzulegen</li> <li>Detailplanung der Schalung (Abdichtung, Stöße, Fußpunkt) notwendig</li> <li>Schalung bei Lagerung vor Witterungseinflüssen schützen</li> <li>Schalungssystem mit sehr kleinen Fertigungstoleranzen wählen (mögliche Einschränkungen bei der Wahl beachten)</li> <li>Kantenschutz der Schalungselemente vorsehen</li> <li>Entwurfsplanung vereinbaren</li> <li>kurze Zeitspanne zwischen Aufstellen der Schalung und dem Betoneinbau vereinbaren</li> <li>Erstellung von Arbeitsanweisungen vorsehen</li> <li>Vorgaben für die Ausbildung von Arbeitsfugen definieren (Trapezleiste, flächenbündige Fugen u. ä.)</li> <li>Fußpunkt: Aufstellen der Schalung auf nicht saugenden Schaumstoffstreifen oder Abdichten der Schalung am Wandfuß</li> <li>Kantenschutz der ausgeschalteten Bauteile vorsehen</li> </ul>

### Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Porigkeitsklassen

Anforderung	Leistungsumfang bei Porigkeitsklasse			
Merkmale	P1	P2 auch anzuwenden auf den Fall P1 bei SB 2 mit nicht saugender Schalungshaut	P3 auch anzuwenden auf den Fall P2 bei SB 3 mit nicht saugender Schalungshaut	P4 auch anzuwenden auf den Fall P3 bei SB 4 mit nicht saugender Schalungshaut
<b>Porigkeit</b>	Aufwand wie bei DIN EN 13670 / DIN 1045-3 [R5] üblich	wie Klasse P1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Betonsorte, Trennmittel und Schalungshaut aufeinander abstimmen</li> <li>gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen</li> <li>Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen</li> </ul>	wie Klasse P2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>besondere Sorgfalt beim Betonieren von unterschiedlichen Schalungen, Deckelschalungen, horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich</li> <li>Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen</li> <li>Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen</li> <li>Nachverdichtung der obersten Betonierlage</li> </ul>	wie Klasse P3, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>besondere Sorgfalt beim Betonieren von horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich</li> <li>keine unterschrittenen Schalungen, Deckelschalungen vorsehen</li> </ul>

### Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Farbtongleichmäßigkeitsklassen

Anforderung	Farbtongleichmäßigkeitsklasse		
Merkmale	FT1	FT2	FT3 auch anzuwenden auf den Fall FT2 bei SB 4 mit nicht saugender Schalungshaut
<b>Farbtongleichmäßigkeit</b>	Aufwand wie bei DIN EN 13670 / DIN 1045-3 [R5] üblich	wie Klasse FT1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Betonsorte, Trennmittel und Schalungshaut aufeinander abstimmen</li> <li>gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen</li> <li>Bei nebeneinanderliegenden Bauteilen Schalung mit gleicher Einsatzhäufigkeit verwenden</li> <li>Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen</li> <li>Schalung fachgerecht lagern, dabei UV-Einwirkung vermeiden</li> <li>Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen</li> <li>Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen</li> <li>Mischdauer des Betons im Werk je Charge mindestens 60 Sekunden</li> <li>Lieferung in zusammenhängenden Bauteilen jeweils nur aus einer Produktionsstätte (Lieferwerk)</li> </ul>	wie Klasse FT2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Bauzeitplanung hat witterungsbedingte Einschränkungen / Verzögerungen zu berücksichtigen</li> <li>Bauteilgeometrie und Bewehrungsführung sind so zu planen, dass eine einfache und zügige Betonage möglich ist. Schütt- und Rüttelöffnungen in gleichmäßigen Abständen sind vom Planer vorzusehen</li> <li>Bewehrungsführung, Schütt- und Rüttelöffnungen sind so zu planen, dass das Berühren von Schalung und Bewehrung mit dem Innenrüttler weitgehend vermieden werden kann.</li> <li>Schalungsstöße, Durchbindungen, Aufstandsflächen sind gegen das Auslaufen von Zementleim abzudichten. Die Art der Abdichtung ist vom Planer festzulegen</li> <li>Saugverhalten von Leisten etc. dem der Schalungshaut anpassen</li> <li>Betondeckung <math>c_v</math> (Verlegemaß) von mindestens 30 mm vorsehen</li> <li>komplizierte Bauteilgeometrien vermeiden, damit Schalungsanker gleichmäßig angezogen werden können</li> <li>kein Betonieren bei starken Regenfällen</li> <li>Spülwasserkontrolle vor der Beladung eines jeden Fahrmischers durchführen</li> <li>Einhaltung des Wasserzementwerts auf <math>\pm 0,02</math> genau, bzw. Einhaltung der Ausgangskonsistenz <math>a_{10}</math> auf <math>\pm 20</math> mm genau</li> <li>Wahl geeigneter Verfahren zur Vermeidung von Kalkausblühungen an pigmentiertem Beton</li> </ul>

Abb. 9.1  
Anforderungen für die Merkmale 1

## Planung

### Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Ebenheitsklassen

Anforderung	Ebenheitsklasse		
Merkmale	E1	E2	E3
<b>Ebenheit der Sichtbetonflächen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tab 3, Zeile 5, vereinbaren</li> <li>Einmessen der Schalung erforderlich</li> <li>zusätzliche Toleranzen aus anderen Normen berücksichtigen</li> <li>Maßkoordination bei Verwendung von Schalungen von verschiedenen Herstellern vornehmen</li> <li>auf steifes Bewehrungsgeflecht achten; ausreichende Anzahl von Abstandshaltern berücksichtigen</li> <li>Schalungsanker möglichst gleichmäßig anziehen</li> <li>Sicherung von Einbauteilen gegen Verschiebung berücksichtigen</li> <li>ausreichend Abstützung des Schalungssystems berücksichtigen</li> </ul>	wie Klasse E1, jedoch zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tab 3, Zeile 6, vereinbaren</li> <li>höhere Anforderungen an die Ebenflächigkeit sind im Vertrag als Leistungsposition zu berücksichtigen</li> <li>sorgfältige Lagerung der Schalungshaut erforderlich</li> <li>besondere Regelungen für gekrümmte Schalungen und Sonderausführungen treffen</li> <li>u. U. begrenzte Einsatzzahl der Schalung berücksichtigen</li> <li>sorgfältige Reinigung der Schalung erforderlich</li> <li>Fertigungstoleranzen des zum Einsatz kommenden Schalungssystems berücksichtigen</li> </ul>	wie Klasse E2, jedoch zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>ggf. über Zeile 6 von Tabelle 3 in DIN 18202 hinausgehende Ebenheitsanforderungen vertraglich vereinbaren</li> <li>Planung und Festlegung der zum Erreichen von über Zeile 6 von Tabelle 3 in DIN 18202 hinausgehenden Ebenheitsanforderungen durch den Auftraggeber</li> <li>geodätisches Einmessen der Schalung erforderlich</li> <li>Prüfung der Maßtoleranzen und Ebenflächigkeit von Schalungshaut und Befestigung vor Ort überprüfen</li> <li>ggf. Detailplanung notwendig</li> </ul>

### Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Arbeitsfugenklassen

Anforderung	Arbeitsfugen und Schalungsstoßklasse			
Merkmale	AF1	AF2	AF3	AF4
<b>Arbeitsfugen und Schalungsstöße</b>	Aufwand wie bei DIN EN 13670 / DIN 1045-3 [R5] üblich	wie Klasse AF1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Feinmörtelaustritt aus dem vorhergehenden Betonierabschnitt entfernen</li> </ul>	wie Klasse AF2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>Schalungssystem mit geringen Schalungstoleranzen wählen</li> </ul>	wie Klasse AF3, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>detaillierte Festlegung aller Maßnahmen durch den Planer</li> </ul>

### Anforderungen an die Erprobungen in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen

Anforderung	Sichtbetonklasse			
Merkmale	SB 1	SB 2	SB 3	SB 4
<b>Erprobungen</b>	Erprobungsflächen sind freigestellt	Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau und Verdichtung werden Erprobungen empfohlen. Tests an Prüfschalungen sind zweckdienlich.	Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau, Verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung werden Erprobungen dringend empfohlen. Ggf. in Verbindung mit Tests an Prüfschalungen	Zur Abstimmung, Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau, Verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung sind i. A. mindestens zwei Erprobungen erforderlich. Ggf. in Verbindung mit Tests an Prüfschalungen

Abb. 9.2  
Anforderungen für die Merkmale 2



Abb. 9.3  
Starker Versatz in der Arbeitsfuge



Abb. 9.4  
Sehr markante Schalungsfugen

Merkmale	Empfehlungen	Sichtbetonklassen			
		SB 1	SB 2	SB 3	SB 4
Abstimmung im Planungsprozess	gemäß [R7]	•			
	Zusätzlich Sichtbetonteam (siehe unten „Sichtbetonteam“) zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und der Einbauteile auf die Betonierbarkeit		•		
	Zusätzlich Sichtbetonteam (siehe unten „Sichtbetonteam“) zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und der Einbauteile auf die Betonierbarkeit und Festlegung der schalungstechnischen Details für Fugen, Kanten etc.			•	•
Gliederung der Oberfläche (Planung)	gemäß DIN 18331 [R7], mit geordnetem Schalungsbild	•	•		
	Gliederung nach Skizzen des Planers			•	
	Gliederung nach Schalungsmusterplan des Planers				•
Ausführung und Qualitätssicherung	Gemäß DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 [R5]	•			
	zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer		•		
	zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer und sichtbetontechnische Überwachung der Ausführung durch eine Fachkraft des Unternehmers			•	
	zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer, sichtbetontechnische Überwachung der Ausführung durch eine Fachkraft des Unternehmers und mit sichtbetontechnischem Qualitätssicherungsplan				•

Abb. 9.5 Empfehlungen für die Planung und Überwachung der Ausführung

**Sichtbetonteam**

Bei Sichtbetonklasse SB 3 und SB 4 empfiehlt es sich, ein Sichtbetonteam zu bilden. Das Sichtbetonteam sollte aus mehreren ausgewählten fachkundigen Personen bestehen, die bei der Planung und Ausführung von Sichtbetonarbeiten fachmännisch einwirken und unterstützen können.



Abb. 9.6 Besprechung im Sichtbetonteam

Das Team wird vom Auftraggeber bestimmt und ist für die Koordination der Planung und des Bauablaufs von sichtbaren Betonoberflächen verantwortlich. Dieser Personenkreis trifft sich vor Beginn der Sichtbetonausführung und legt bestimmte Parameter fest, wie z. B. Wahl der Schalungsart und der Schalungshaut, Festlegung der Betonzusammensetzung, Auswahl des Trennmittels und Art der Ausführung des Betoneinbaus, der Verdichtung, sowie der Nachbehandlung. Während der Bauphase trifft sich das Sichtbetonteam in regelmäßigen Abständen auf der Baustelle und begutachtet den Baufortschritt. Dadurch besteht die Möglichkeit in den Bauablauf einzugreifen und bestimmte Parameter anzupassen, zu verbessern oder auszutauschen. Somit kann auf die Ausführung der Sichtbetonqualität von Beginn an eingegriffen und optimiert werden.

Das Sichtbetonteam besteht in der Regel aus folgenden Personen:

- Auftraggeber
- Architekt
- Tragwerksplaner
- Betoningenieur
- Bauunternehmer
- Fachmann für die Schalung
- ggf. Sonderfachleute

# 10. Bauausführung

## Geschützte Lagerung der Schalung

Die Schalung muss geschützt gelagert werden. Wenn die Schaltafeln übereinandergestapelt werden, ist die oberste Schalung vor Austrocknung zu schützen. Wird die Schalungshaut durch Sonneneinstrahlung ausgetrocknet, verfärbt sich anschließend die Betonoberfläche dunkel, da die trockene Schalung deutlich mehr Wasser aufnimmt als eine geschützte Schaltafel.

Auch dürfen keine losen Teile auf der ungeschützten Schalung gelagert werden, da sich auch diese anschließend deutlich an der Sichtbetonoberfläche abzeichnen.

## Pflege der Schalung

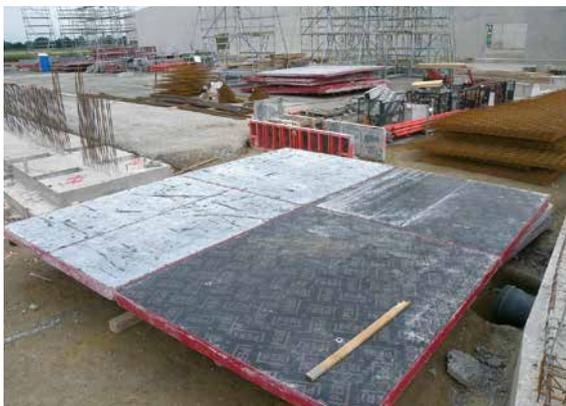
Die Schalung immer sorgfältig reinigen, anschließend mit Trennmittel beaufschlagen und schützen. Die Schalung ist das Spiegelbild der Sichtbetonoberfläche, weshalb ein sorgsamer Umgang mit ihr wichtig ist. Jeder Kratzer, jede Fehlstelle oder Verschmutzung und jedes Schraubloch zeichnet sich nachher spiegelbildlich an der Betonoberfläche ab.



**Abb. 10.1**  
Falsche Lagerung der Schalung: Die untenliegende Schalung trocknet stellenweise aus, was sich an der Betonwand zeigen wird



**Abb. 10.2**  
Reinigen der Schalung von Zementresten



**Abb. 10.3**  
Unterschiedliches Saugverhalten der Schaltafeln



**Abb. 10.4**  
Reinigung der Schalung mit Wasser und Poliermaschine

### Ecken und Kanten – scharf oder gebrochen

Bei den Kanten besteht die Wahl zwischen scharfkantigen und gebrochenen. Scharfkantige Ecken sind schwieriger herzustellen und zum Teil in öffentlichen Gebäuden aus Sicherheitsgründen verboten. Gebrochene Kanten lassen sich durch das Einlegen von Dreikantleisten relativ einfach herstellen. Wichtig sind in jedem Fall eine sorgfältige Ausführung der Schalarbeiten und das Abdichten der Schalfugen.

Beim Einsatz von Dreikantleisten ist es wichtig, dass diese sauber in der Ecke platziert und gut befestigt werden. Werden scharfkantige Ecken ausgewählt, müssen die Schalungsstöße abgedichtet werden, damit kein Zementleim am Stoß auslaufen kann. Hier empfiehlt sich die Einlage eines Abdichtungsbandes, das die Fuge auch dann sauber abdichtet, wenn sich die Schalung beim Einfüllen und Verdichten leicht öffnet. Der Baufachhandel bietet hierfür eine komprimierbare, geschlossenzellige Fugeneinlage (Moosgummi) an, welche die Bewegungen der Schalung mitmacht. Dasselbe gilt gleichermaßen für Einbauteile, um diese sauber und scharfkantig auszuführen.



**Abb. 10.6**  
Missratene (links) und geglückte scharfkantige Ecke (rechts)

Schalungsecken können auch mit Silikon abgedichtet werden. Allerdings sind die Ecken dann nicht scharfkantig, sondern weisen in der Regel eine kleine Rundung auf. Das unterschiedliche Abbindeverhalten des Betons im Bereich von Schalung und Silikon führt zu einem Farbunterschied an der Betonoberfläche. Üblicherweise wird die Betonoberfläche in Berührung mit Silikon deutlich dunkler, so dass die Ecken als dunkle, leicht runde Kanten erscheinen.

Bei Wandschalungen ist das Aufbringen von Silikon beim Stellen der zweiten Schalungsseite nicht möglich, da der Eckbereich nicht mehr zugänglich ist. Beim Einsatz von Moosgummi treten diese Probleme nicht auf.



**Abb. 10.5**  
Deutlich dunklere Betonfärbung im Bereich der Silikondichtung

### Schalungsstöße

Werden Schaltafeln gegeneinander gestoßen, ist dafür zu sorgen, dass die Fuge sauber geschlossen ausgeführt wird. Im Bedarfsfall empfiehlt sich auch hier ein Dichtungsband (Moosgummi), welches die Fuge dicht schließt und den Zementleim am Auslaufen hindert. So entstehen schöne, kaum sichtbare Schalungsstöße.



**Abb. 10.8**  
Schalungsstoß mit Silikon (ist möglich, kann aber zu dunklen Verfärbungen führen)



**Abb. 10.7**  
Moosgummi eignet sich besonders für Abdichtungen



**Abb. 10.9**  
Moosgummi zum Abdichten der Stirnseitenfuge

## Bauausführung

### Betonierfugen – die Kunst der Fuge

Wird eine Sichtbetonwand in mehreren Etappen betoniert, sei es in der Höhe oder in der Breite, entstehen Betonierfugen. Diese Ansatzfugen sind in den meisten Fällen sichtbar. Oft entstehen sogar leichte Absätze von mehreren Millimetern. Sowohl Arbeits- als auch Scheinfugen können besonders gestaltet werden. Durch das Einlegen von Trapez- oder Dreikantleisten lassen sie sich verbergen, indem die Schattenwirkung der eingelegten Leiste den Absatz unsichtbar macht. Ebenfalls leichte Farbunterschiede der Betonagen lassen sich so optisch ausgleichen. Beim Einlegen von Leisten muss aber weiterhin auf die ausreichende Betondeckung geachtet werden.

Grundsätzlich gilt: Betondeckung  $c_v$  (Verlegemaß der Betondeckung) unabhängig von der Expositionsklasse des Betons mindestens 30 mm.



Abb. 10.10  
Betonierfuge ohne Einlegen von Leisten

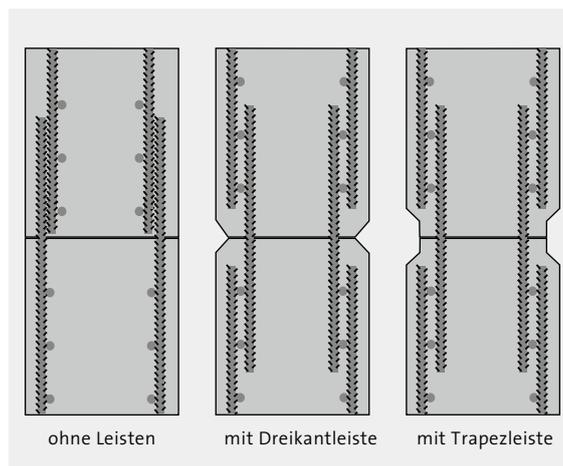


Abb. 10.11  
Typen von Arbeitsetappen mit Anschlussbewehrung.  
Die Betondeckung ist auch im Fugenbereich einzuhalten



Abb. 10.12  
Ausgelaufene Anschlussfuge



Abb. 10.13  
Scheinfuge



Abb. 10.14  
Mit Trapezleisten kaschierte Anschlussfugen

### Schalungsfuß – hier zeigen sich oft Entmischungen

Beim Betonieren einer Wand zeigen sich oft Entmischungen an der Schalungsunterseite, dem Schalungsfuß. Diese entstehen zum einen durch Entmischungen des Betons, wenn er ohne Schlauch oder Schüttrohr über die gesamte Schalungshöhe frei fallend eingefüllt wird. Dabei entmischt sich der Beton, indem der Zementleim und die feine Körnung an der Schalung, beziehungsweise an der Armierung, hängen bleiben und fast nur das Grobkorn an den Schalungsfuß gelangt. Auch beim Verdichten reicht die Zementleimmenge in vielen Fällen nicht aus, um die Kieskörner sauber zu umhüllen. Es entstehen typische Kiesnester an der Wandunterseite.

Zum anderen steht die Schalung meist nicht sauber auf einer ebenen Unterlage, so dass durch Lücken an der Unterseite Zementleim austreten kann. Durch das Verdichten wird der Zementleim zusätzlich ausgetrieben, wodurch auch in diesem Fall Kiesnester die Folge sind.

Diese Entmischungen können vermieden werden, indem der Schalungsfuß entweder mit einem Dichtungsschlauch, der unter die stehende Schalung gelegt wird, oder durch das Ausschäumen der Fugen abgedichtet wird. Es ist wichtig, den Beton nicht über die gesamte Schalungshöhe einzufüllen, sondern mit Schläuchen oder Rohren in die Schalung einzubringen. So wird die Fallhöhe so gering wie möglich gehalten. Oft ist eine Anschlussmischung mit kleinerem Größtkorn am Schalungsfuß sehr hilfreich. Beim Betonieren mit der Betonpumpe ist es wichtig, die Anpumpmischung nicht in die Schalung zu pumpen, sondern neben dem Bauteil so lange anzupumpen, bis der Beton gleichmäßig am Schlauchende austritt.



Abb. 10.15  
Kiesnest am Schalungsfuß wegen undichter Schalung



Abb. 10.16  
Das Einführen des Schlauchs in die Schalung reduziert die Fallhöhe des Betons



Abb. 10.17  
Mit Schaum abgedichteter Schalungsfuß

#### Entmischungen vermeiden

- Abdichten des Schalungsfußes mit Dichtungsschlauch
- Ausschäumen der Fuge
- Fallhöhe des Betons reduzieren
- Beton mit Schläuchen oder Rohren in die Schalung einbringen
- Anschlussmischung

#### Anforderung an die Schalung

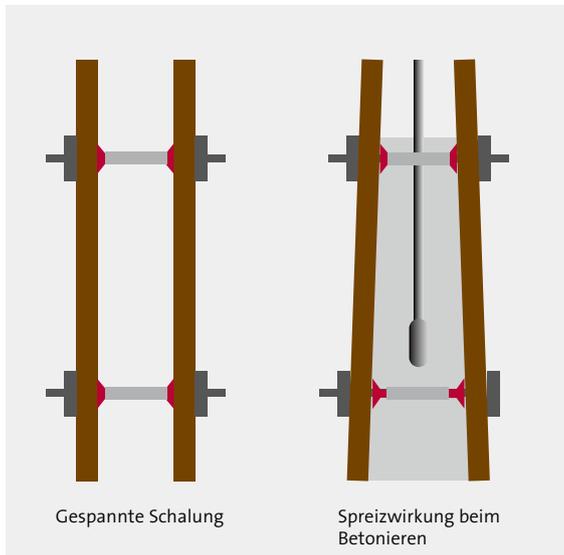
Die Schalung ist sicher und standfest aufzustellen, überall (Seitenteile, Schalungsfuß, Ecken, Kanten, Stöße, Anschlüsse sowie Spannanker) abzudichten, sorgfältig zu spannen, zu sichern und auszurichten.

## Bauausführung

### Schalungsanker und Spannhülsen

Auf sauberes Abdichten ist auch bei Schalungsankern zu achten. Beim Betonieren einer gespannten Schalung wirken Frischbetondruck und punktuell der Druck der Verdichtungsleistung sehr stark auf die Schalung, wodurch diese etwas auseinandergedrückt wird. Dadurch können kleine Spalten zwischen Spannhülse und Schalung entstehen, an denen Zementleim austreten kann. Deshalb wird auch hier das Einlegen von Moosgummi empfohlen. Im Handel werden Konen mit Abdichtung angeboten. Eine Abdichtung kann auch mit separaten Abdichtungsgummis erzielt werden. Es gibt geeignete Aufsätze in unterschiedlichen Abmessungen. Dadurch können die Spannstellen sauber und scharfkan-

tig ausgeführt werden. Es lohnt sich in jedem Fall, diese Dichtungsmaßnahmen durchzuführen, der Gesamteindruck der Sichtbetonfläche verbessert sich dadurch deutlich.



**Abb. 10.19**  
Verformung der Schalung durch Frischbetondruck und Verdichtungsenergie (stark übertriebene, schematische Darstellung)



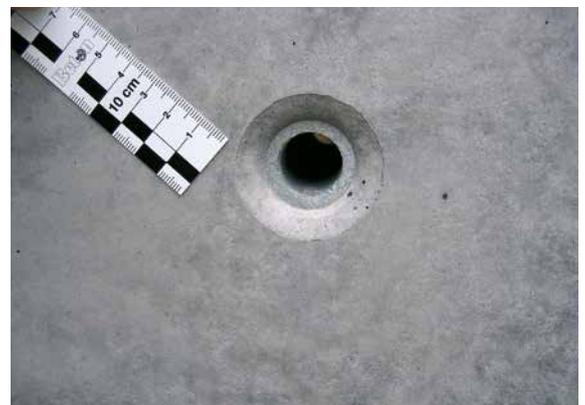
**Abb. 10.18**  
Konus mit Moosgummiabdichtung



**Abb. 10.20**  
Beim Schalungsanker ausgelaufener Zementleim



**Abb. 10.21**  
Schalungsanker mit Moosgummi



**Abb. 10.22**  
Richtig abgedichteter Schalungsanker

# 11. Erprobungsfläche

## Festlegen der gewünschten Oberfläche

Die Erprobungsfläche dient als Besprechungsgrundlage für Bauherrschaft, Planende und Ausführende, um den gewünschten Standard festzulegen. Dabei handelt es sich um ein ausgewähltes oder ein gesondert hergestelltes Bauteil. Wichtig ist, dasselbe Betoniererteam, das auch später die Betonagen durchführt, sollte die Erprobungsfläche erstellen. Wandhöhe, Schütthöhe, Wandstärke und Bewehrungsgrad haben in etwa dem tatsächlichen Objekt zu entsprechen.

## Optimierung des Bauvorgangs

An der Erprobungsfläche wird der erforderliche Aufwand genauer ermittelt und das Baustellenpersonal geschult. Es lassen sich unterschiedliche Schalungshäute und Trennmittel testen. Einbauteile, Abstandhalter und Spannanker können beliebig eingesetzt und beurteilt werden. Ebenso werden bei einer Erprobung Ausführungsdetails genauer festgelegt. Hauptsächlich eröffnet die Erprobungsfläche die Möglichkeit der genauen Abstimmung der Oberflächenbeschaffenheit mit dem Auftraggeber.

## Referenzfläche

An der Erprobungsfläche wird eine Referenzfläche festgelegt und verbindlich vereinbart. Bei der Referenzfläche müssen die Forderungen des Bauvertrags an die Beschaffenheit der Ansichtsflächen grundsätzlich erfüllt sein. Ansichtsflächen anderer, bestehender Bauwerke dürfen nicht als Referenzflächen festgelegt werden.

### Vorsicht

Die Wahl der Referenzfläche sollte nie an einer zu perfekten Wand stattfinden, da es sehr schwierig ist, dies in der Praxis umzusetzen. Eine gleichmäßige Betonoberfläche kann nie zielsicher über alle Jahreszeiten hinweg hergestellt werden.



Abb. 11.1  
Separat hergestelltes Bauteil, das als Erprobungsfläche dient



Abb. 11.2  
Die Erprobungsfläche wird beurteilt und eine Referenzfläche festgelegt



Abb. 11.3  
Separate Referenzfläche

## 12. Betonzusammensetzung



**Abb. 12.1**  
Ein robuster Beton zeigt keine Entmischungserscheinungen

### Betonzusammensetzung – robuste Betone

Der Beton muss so zusammengesetzt sein, dass er sich beim Einbau nicht entmischt und kein Wasser absondert (blutet). Eventuell anfallendes Blutwasser wird beim Verdichten an der Schalungshaut nach oben mitgeschleppt und hinterlässt an der Sichtfläche unschöne Wasser-schlieren oder Wasserläufer.

Die Konsistenz und das Größtkorn müssen dem Einbauverfahren und der Bauteilgeometrie angepasst sein. Das Größtkorn ist entsprechend der Wandstärke und dem Abstand der Bewehrungsstähe zu wählen und sollte 16 mm nicht überschreiten.

Der Beton muss in gleichbleibender Konsistenz und Zusammensetzung angeliefert und fortwährend ohne Betonierpausen verarbeitet werden.

### Wichtig beim Beton

- keine Entmischung
- kein Wasserabsondern
- gute Verarbeitbarkeit
- angemessene Konsistenz
- gutes Zusammenhaltevermögen

Grundsätzliche Empfehlungen:

- Ausgangsstoffe sorgfältig auswählen
- Zement, Gesteinskörnung, Zusatzmittel während eines Bauabschnitts nicht ändern
- ausreichender Mehlkorngehalt (kein Sedimentieren)
- Lieferwerk nicht wechseln
- Wasserzementwert in engen Grenzen halten
- kein Restwasser verwenden
- Kornzusammensetzung ständig kontrollieren
- Konsistenz gleichmäßig einstellen
- Der Wasserzementwert darf max. 0,55 betragen, damit der Beton kein Wasser absondert (blutet)
- Der Zementgehalt sollte mindestens 320 kg/m<sup>3</sup>, für eine größere Betonstabilität sogar 340–350 kg/m<sup>3</sup> betragen. Höhere Zementgehalte erst mit dem Statiker abklären, da Überfestigkeiten entstehen können
- Die Sieblinie im Bereich A/B nahe B ist vorteilhaft
- Der Mehlkorn-/Mörtelgehalt sollte bei 450–550 kg/m<sup>3</sup> eingestellt werden
- Eine Frischbetonkonsistenz im Bereich Ende F3 bis Anfang F4 (480–520 mm) hat sich bewährt
- Die Nassmischzeit ist mit 60 Sek. einzustellen
- Das Betonlieferwerk muss unbedingt darauf hingewiesen werden, dass Sichtbeton verarbeitet wird

Der für den Einbau günstigste Temperaturbereich liegt zwischen 15 °C und 25 °C. Bei diesen Temperaturen gelingt der Sichtbeton in der Regel am besten und die Wirkung der eingesetzten Fließmittel ist optimal.

Es wird dringend empfohlen, auf der Baustelle eine Annahmekontrolle am Frischbeton durchzuführen, um die Gleichmäßigkeit des Betons zu überprüfen.

Für den Frischbeton sollte ein Zielwert der Konsistenz vereinbart sein. Die Einhaltung einer maximalen Schwankung des Ausbreitmaßes von +- 20 mm sollte durch Kontrolle im Werk und auf der Baustelle erfolgen, bei SB 4 für jedes Fahrzeug



**Abb. 12.2**  
Betonkontrolle auf der Baustelle

### Empfohlene Zusammensetzung des Betons

- Zementgehalt > 320 kg/m<sup>3</sup>
- Wasserzementwert (w/z-Wert) ≤ 0,55
- Mehlkorn-/Mörtelgehalt: 450–550 kg/m<sup>3</sup>
- Größtkorn der Gesteinskörnung max. 16 mm



**Abb. 12.3**  
Konsistenzermittlung - Ausbreitmaß

# 13. Betoneinbau

## Betonanlieferung

Der auf die Baustelle gelieferte Beton ist unbedingt vor schädlichen Witterungseinflüssen zu schützen. Bei warmem Wetter besteht die Gefahr, dass der Beton ansteift und nicht mehr die gewünschte Konsistenz hat. Bei Kälte kühlt der Beton dagegen schnell aus und neigt dann zum Bluten und Wasserabsondern, da sich die Abbindezeit verlängert.



**Abb. 13.1**  
Der Beton muss termingerecht und vor Witterung geschützt geliefert werden

Warte- oder Standzeiten sind zu vermeiden. Bei der Ankunft auf der Baustelle ist der Beton nochmals gut zu durchmischen. Um sicherzustellen, dass die vereinbarte Konsistenz bei der Übergabe tatsächlich gegeben ist, muss ein Konsistenzvorhaltemaß berücksichtigt werden. Reicht die Konsistenz auf der Baustelle nicht aus, kann sie mit einem Fließmittel durch einen Fachmann

(Betontechnologen) eingestellt werden, sofern eine Erstprüfung für die Dosierung des Fließmittels vorliegt. Keinesfalls darf die Konsistenz durch eine nachträgliche Wasserzugabe auf der Baustelle »verbessert« werden.

Eine nachträgliche Wasserzugabe auf der Baustelle ist verboten, weil sie:

- den w/z-Wert erhöht
- die Druckfestigkeit vermindert
- die Gefügedichtigkeit verschlechtert
- den Farbton des Betons verändert

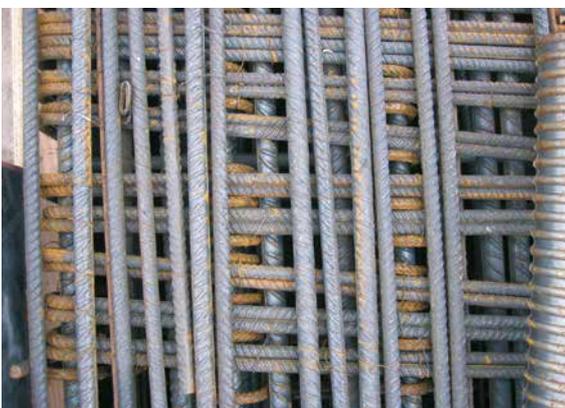
Die Lieferabstände der einzelnen Anlieferungen sind genau abzustimmen. Einbaugeschwindigkeit, Förderart, Bauteilgeometrie sowie Zufahrtsmöglichkeiten müssen berücksichtigt werden. Um Ausfälle auszuschließen, ist ein Ersatzlieferwerk zu bestimmen.

## Bewehrung

Beim Verlegen der Bewehrung sind Betonier- oder Schütt- und Rüttelöffnungen möglichst gleichmäßig anzuordnen. Insbesondere bei Wänden und Stützen sind die Schüttöffnungen so zu dimensionieren, dass Schüttrohre eingeführt werden können und die Bewehrung beim Verdichten möglichst nicht von Innenrüttlern berührt wird. Bei zu eng liegender Bewehrung sollten zusätzlich Außenrüttler eingesetzt werden. Dieser Einsatz erfordert aber die Abstimmung mit einem Fachmann. Entscheidend ist auch die Wahl der richtigen Abstandhalter. Die Betondeckung ist unabhängig von den Expositionsklassen mit mindestens 30 mm einzuhalten.



**Abb. 13.2**  
Wahl der geeigneten Abstandhalter



**Abb. 13.3**  
Zu eng verlegte Bewehrung



**Abb. 13.4**  
Rüttel- und Einfüllöffnung in der Bewehrung

## Betoneinbau

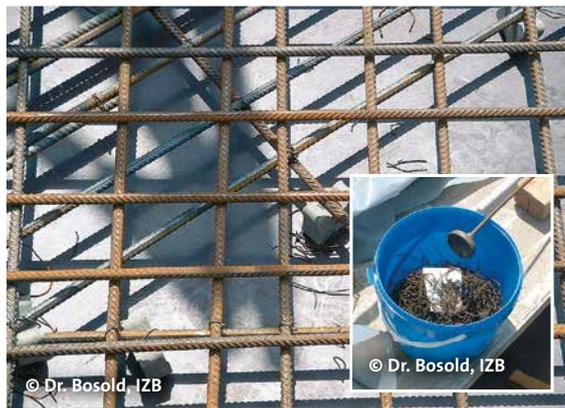
### Deckenunterseiten schützen

Schalung und Bewehrung gilt es möglichst wenig zu betreten, um spätere Spuren an der Deckenunterseite zu vermeiden. Idealerweise werden zum Begehen Bretter und Dielen auf die obere Bewehrung gelegt. Bei der Begehung ist auf sauberes Schuhwerk zu achten (keine Öl- und Dreckverschmutzungen).

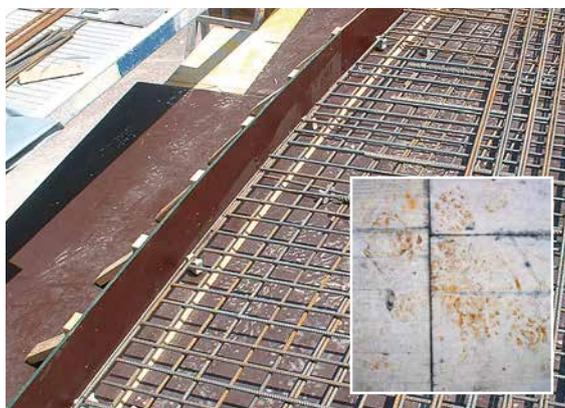
Um Rostwasserspuren zu vermeiden, sind bewehrte Flächen einzuhausen oder abzudecken. Alternativ ist verzinkte Bewehrung zu verwenden. Nach Möglichkeit sind Schönwetterfenster zu nutzen und längere Regenphasen zu meiden.

### Reinigung der Schalung vor der Betonage

Vor dem Betonieren ist die Schalung zu reinigen. Lose Teile und Bindedrahtreste sind zu entfernen, wenn möglich mit einem Magneten. Nicht entfernte Bindedraht-



**Abb. 13.6**  
Bindedrahtreste müssen entfernt werden, um Rostflecken zu vermeiden – am besten mit einem Magnet



**Abb. 13.7**  
Verschmutzungen der Schalung zeichnen sich später auf dem Sichtbeton ab



**Abb. 13.5**  
Unmittelbar vor dem Betonieren sind lose Teile und Schmutz mit Hochdruck von der Schalung zu entfernen

reste hinterlassen an der Deckenunterseite unschöne Rostflecken. Fußabdrücke von verschmutzten Schuhen sowie lose Kleinteile sind durch Hochdruckreinigung zu beseitigen. Die saugende Schalung ist vor der Betonage zu wässern, ohne jedoch Wasserpfützen zu hinterlassen. Es empfiehlt sich, den Trennmittelauftrag mit einem Gummischaber oder Lappen nachzuwischen.

Der Beton darf nicht mit der Rüttelflasche verteilt und die Rüttelflasche nicht ständig mit der Schalung in Berührung gebracht werden!

Wenn durch die Witterung bedingt die Deckenschalung über längere Zeit nicht entfernt werden kann, entstehen möglicherweise starke Farbunterschiede sowie Flecken an der Deckenunterseite.



**Abb. 13.8**  
Flecken an der Deckenunterseite als Folge zu spätem Ausschalens

### Wände

Beim Betonieren einer Sichtbetonwand ist der Beton mit Einfüllrohren bis zum Fuß der Schalung zu führen, damit er sich nicht entmischt, denn bei freiem Fall wirkt die Bewehrung wie ein Sieb. Der Beton entmischt sich, das feine Material bleibt an der Bewehrung und/oder Schalung hängen, das grobe Material fällt nach unten. Außerdem besteht die Gefahr, dass das feine Material beim Herabfallen an der Schalung hängen bleibt, antrocknet und sich später an der Betonoberfläche als Mangel abzeichnet. Gegebenenfalls ist eine Anschlussmischung mit kleinerem Größtkorn und einer Schüttlage von 20 bis 30 cm im unteren Wandbereich zu wählen.

Der Beton ist mit einer Schütthöhe von rund 50 cm lagenweise zu schütten und vollständig zu verdichten. Beim Einbau mit der Betonpumpe ist erst solange neben dem Bauteil anzupumpen, bis der Beton gleichmäßig aus der Leitung tritt.



**Abb. 13.10**  
Anpumpen von Beton außerhalb der Schalung

### Betoneinbau

Der Betoneinbau kann mit Pumpe oder Kübel erfolgen. Wichtig sind folgende Punkte:

- der Beton darf sich nicht entmischen
- der Beton darf weder bluten noch Wasser absondern
- Verarbeitungszeit < 90 Minuten
- keine längeren Betonierpausen einlegen, weil dies Schüttlagen oder Wasserläufer begünstigen kann
- saugende Schalung vornässen
- das Vorheizen der Schalung im Winter ergibt schönere Sichtflächen und weniger Marmorierungen
- richtiger Trennmittelauftrag
- Fallhöhen berücksichtigen, über 1 m Fallrohre benutzen
- bei Bedarf Anschlussmischung benutzen



**Abb. 13.9**  
Richtig und schlecht verdichtete Wand – links ohne, rechts mit Entmischungen

Wenn alle Vorgaben beachtet werden, ist das Gelingen einer Sichtbetonwand relativ gesichert.

### Verdichtung

Die Frischbetonverdichtung ist ausschlaggebend für die Qualität des Betons, denn Dauerhaftigkeit, Dichtigkeit und die Qualität der Betonoberfläche werden durch die Verdichtung maßgeblich bestimmt. Die durch die Verdichtungsenergie ausgelösten Schwingungen verflüssigen den Beton, so dass alle Hohlräume geschlossen werden und die Luft aus dem Beton entweicht. Bei sachgerechter Verdichtung bleiben kaum noch Poren und Lunker an der Betonoberfläche sichtbar.

Zu starke und intensive Verdichtung kann jedoch zur Entmischung des Betons führen, was sich in deutlichen Farbunterschieden und Marmorierungen niederschlägt. Daher muss vermieden werden, dass die Rüttelflasche immer wieder bis zum Schalungsfuß eingetaucht wird, da der Beton im unteren Bereich sonst zu stark verdichtet wird. Diese unterste Schicht hat ohnehin schon eine höhere Auflast durch die auf ihr ruhende Betonmasse. Schwingungen der Schalung wirken sich im unteren Bereich anders aus als oben. Dadurch kommt es zu einer anderen Verteilung der Feinsteile und einer für Entmischungen besonders anfälligen Situation.

Beim Verdichten mit dem Innenrüttler ist die Rüttelflasche schnell in den Beton einzutauchen und langsam wieder herauszuziehen. So kann die Luft nach oben entweichen und die Rüttelgasse wird geschlossen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Rüttelflasche schnell hochgezogen wird, sobald ihr Flaschenhals aus dem Beton herausragt. Andernfalls wird durch die Schwingung der Flasche wieder Luft in den Beton eingebracht. Dadurch entstehen Luftporen- und Lunkeranreicherungen in der oberen Betonschicht.

## Betoneinbau

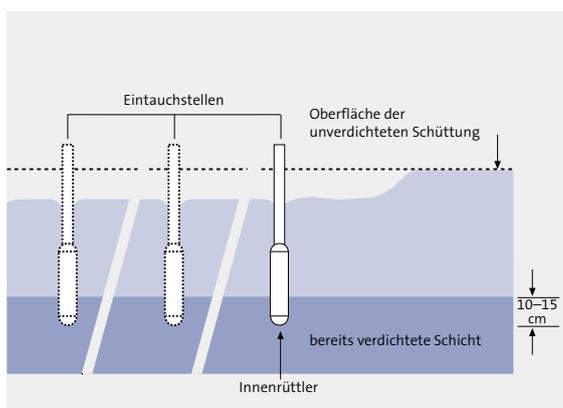


**Abb. 13.11**  
Lunker und Poren im oberen Wandbereich

Wichtig ist, dass die Rüttelflasche bei der Verdichtung rund 15–20 cm in die vorige Schicht eingeführt wird. Durch diese Vernadelung entstehen keine Schüttlagen. Oft bilden sich in den obersten rund 50 cm einer Wand stärkere Anhäufungen von Lunkern und Poren. Die Ursache dafür ist die fehlende Auflast, die Luft kann meist nicht vollständig aus dem Beton entweichen. Hier ist es hilfreich, sorgfältig mit einer kleinen Rüttelflasche nachzuverdichten.

Zu starkes Verdichten hinterlässt Farbunterschiede, die durch Entmischung des Betons entstehen:

- 3-fache Betonlast im unteren Bereich
- unterschiedliche Eigenschwingung der Schalung
- unterschiedlicher Betondruck
- unterschiedliche Feinstteilverteilung – Entmischung



**Abb. 13.13**  
Lagenweises Verdichten mit Vernadelung der Schichten unter sich



**Abb. 13.12**  
Entmischungen und Farbunterschiede zeichnen sich deutlich ab

### Abzeichnung der Bewehrung

Die Rüttelflasche darf mit der Bewehrung oder Schalung nicht in Berührung kommen. Die dadurch ausgelösten Schwingungen führen zu Entmischungen im Beton. Zudem zeichnet sich aufgrund dieser Schwingungen häufig die Bewehrung deutlich sichtbar auf der Betonoberfläche ab. Ein Temperaturunterschied zwischen Bewehrung und Frischbeton von mehr als 12 °C bei kalter Umgebungstemperatur um 5 °C kann ebenfalls diesen Effekt auslösen. Das ist allerdings von der Dicke der Betondeckung abhängig.

Kommt die Rüttelflasche mit der Schalung in Berührung, leidet diese an der Oberfläche. Durch die vibrierenden Schläge der Rüttelflasche wird die Schalung beschädigt und verschlissen. Dadurch wird die Einsatzhäufigkeit der Schalung deutlich verringert.



**Abb. 13.14**  
Die Bewehrung zeichnet sich deutlich ab

# 14. Entfernen der Schalung

Ein langes Verweilen in der Schalung wirkt sich grundsätzlich positiv auf den Beton aus, da er geschützt und ausreichend feucht bleibt, so dass er komplett durchhydratisieren kann, bevor er entschalt und nachbehandelt wird. Bei Sichtbeton zeigt sich hingegen eine gleichmäßigere und hellere Oberfläche, wenn die Schalung relativ früh entfernt wird. Daher ist es wichtig, dass Sichtbeton früh entschalt und dann aber richtig nachbehandelt wird, damit die Betonoberfläche nicht austrocknet.

Die Schalung ist möglichst immer nach der gleichen Verweilzeit zu entfernen. Wird täglich betoniert und auch täglich wieder entschalt, muss dies auch am Wochenende beachtet werden. Wird am Freitag noch betoniert und bleibt die Schalung bis Montag stehen, wird es Farbunterschiede an der Betonoberfläche geben, da die Wand deutlich länger durch die Schalungshaut nachbehandelt wurde.

Auch die Spannschrauben sind alle zur etwa selben Zeit zu lösen. Werden nur die oberen Schrauben gelöst, trocknet in diesem Bereich die Betonoberfläche ab und wird dadurch heller als die Betonfläche, die länger in der gespannten Schalung verbleibt.

Beim Entschalen ist besonders bei Ecken und Kanten Vorsicht geboten, damit es keine Kantenabrisse gibt. Auch darf nicht zu früh entschalt werden, weil sonst möglicherweise die Betonhaut abgerissen wird. Dies ist der Fall, wenn der Beton die erforderliche Festigkeit noch nicht erreicht hat, aber auch bei der Verwendung eines falschen Trennmittels oder bei einer Störung der Festigkeitsentwicklung.

Wenn der Beton deutlich zu lange in der Schalung verbleibt, bilden sich möglicherweise Rost, starke Flecken und Farbunterschiede, insbesondere bei feuchter und kalter Witterung.



**Abb. 14.1**  
Abgerissene Betonkante



**Abb. 14.2**  
Ablösen der Zementhaut an der Oberfläche wegen zu früh geöffneter Schalung



**Abb. 14.3**  
PunktueLLer Abriss bis zur Körnung



**Abb. 14.4**  
Verfärbungen wegen zu langer Verweildauer in der Schalung

## 15. Nachbehandlung

### Nachbehandlung mit Folie

Bei Sichtbeton wird die Betonoberfläche umso besser, je kürzer der Beton in der Schalung liegt. Die Nachbehandlungsdauer nach Norm DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 ist aber auch bei Sichtbeton einzuhalten. Das frühe Entschalen ist daher bei der Nachbehandlung zu kompensieren. Dabei ist es wichtig, dass die frische Betonfläche nicht direkt mit Wasser in Berührung kommt, da dies zu Ausblühungen führen kann. Feuchtigkeit nach dem Ausschalen ist zu vermeiden, an Regentagen ist es nicht ratsam zu entschalen. Am besten wird die Betonfläche nach dem Entfernen der Schalung mit einer Folie geschützt.

Ein direkter Kontakt der Folie mit dem jungen Beton ist grundsätzlich zu vermeiden. Kommt die Folie mit dem Beton in Berührung, führt dies zu dunklen Verfärbungen an der Betonoberfläche. Bei Kontakt mit der Folie wird die Betonoberfläche intensiver nachbehandelt, dadurch kommt es zu dunklen Verfärbungen an den Stellen, an denen der Beton dichter und besser durchhydratisiert ist (Abb. 15.1 bis 15.3). Solche dunklen Flecken sind kein qualitativer, sondern lediglich ein optischer Mangel. Kühle Außentemperaturen verstärken diesen Effekt wesentlich.



Abb. 15.1  
Foliennachbehandlung ist wichtig, aber nicht so

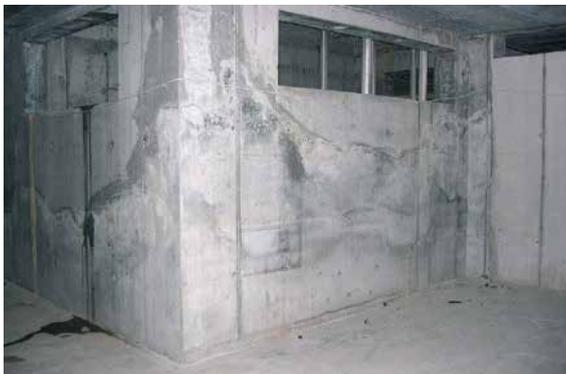


Abb. 15.2  
Dunkle Verfärbungen, wo die Folie den Beton berührte

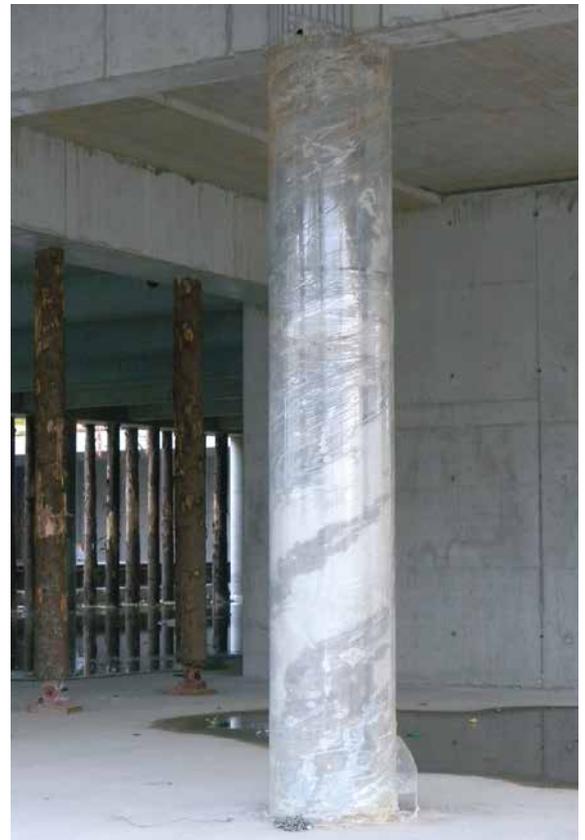


Abb. 15.3  
Deutliche Verfärbungen sichtbar

Um die Sichtbetonwand bei der Foliennachbehandlung vor Berührungen zu schützen, muss eine Hilfskonstruktion gebaut und zum Beispiel an den Spannstellen befestigt werden. Mit Abstandhaltern ist dafür zu sorgen, dass die Folie gespannt bleibt. Es ist darauf zu achten, dass auch Abstandshalter nicht in direktem Kontakt mit dem Beton sind, weil auch sie Farbunterschiede auf der Fläche hervorrufen – dies gilt auch für Ecken und Kanten. Nur so kann eine gleichmäßige Betonoberfläche erzielt werden.



**Abb. 15.4**  
Richtige Nachbehandlung mit Folie



**Abb. 15.5**  
Hilfskonstruktion, um Foliengkntakt zu vermeiden



**Abb. 15.6**  
Nach dem Betonieren mit Kunststofffolie eingehauste Treppe



**Abb. 15.7**  
Detailaufnahme: Weder Folie noch Brett berühren den Beton



**Abb. 15.8**  
Nachbehandlung mit Jutetuch und Folie

### Nachbehandlung mit Curing

Bei Sichtbeton werden in der Regel keine Curingmittel verwendet, da diese ungewollte optische Effekte herbeiführen. Kunststoffdispersionen bewirken eine „Wolkigkeit“ und einen leichten Glanzeffekt, paraffinbasierte Curingmittel lassen den Beton fettig und speckig wirken. Seitens der Zusatzmittelindustrie wird Curingmittel nicht für die Nachbehandlung von Sichtbeton empfohlen.

# 16. Schutz der Betonoberfläche



Abb. 16.1  
Falsch gebohrte Löcher  
stören die Sichtfläche

## Schutz der fertigen Leistung

Art, Umfang und Dauer des Schutzes der fertigen Leistung regelt sich nach § 4 (5) VOB/B [R6]. Es wird empfohlen, die Methoden und den Umfang des Schutzes im Leistungsverzeichnis anzugeben und in Abhängigkeit vom Bauablauf in Baubesprechungen festzulegen.

## Schutz der Kanten

Nach der normgerechten Nachbehandlung empfiehlt es sich, Kanten, Brüstungen, Treppen und Ecken gegen Beschädigung zu schützen. Da sich üblicherweise das Objekt noch in der Rohbauphase befindet und nicht jeder Handwerker Rücksicht auf Sichtbetonflächen nimmt, ist der Schutz des Betons zwingend notwendig. Daher sind empfindliche und scharfkantige Teile mit Holzern zu schützen. Auch hier dürfen das Holz oder andere verwendete Gegenstände nicht direkt mit dem jungen Beton in Berührung kommen.



Abb. 16.2  
Richtig ausgeführter Kantenschutz mit Brettern und Zwischenlage (Vlies)

## Bohrlöcher sauber planen

Beim Verlegen von Leitungen oder Anschrauben von Heizkörpern ist darauf zu achten, dass die Schraublöcher genau ausgemessen werden und nicht planlos gebohrt wird. Falsch gebohrte Löcher verunstalten die Sichtbetonflächen.

## Keine Beschriftungen auf Sichtbeton

Da nachfolgende Handwerker oft Beschriftungen oder Maßangaben direkt auf dem Beton anbringen, muss deutlich gekennzeichnet werden, dass es sich um Sichtbeton handelt und die Oberfläche weder verschmutzt noch beschriftet werden darf.

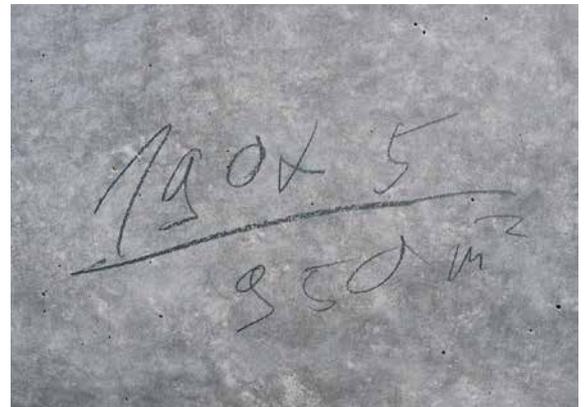


Abb. 16.3  
Aufgebrachte Beschriftungen verunstalten die Sichtbetonoberfläche

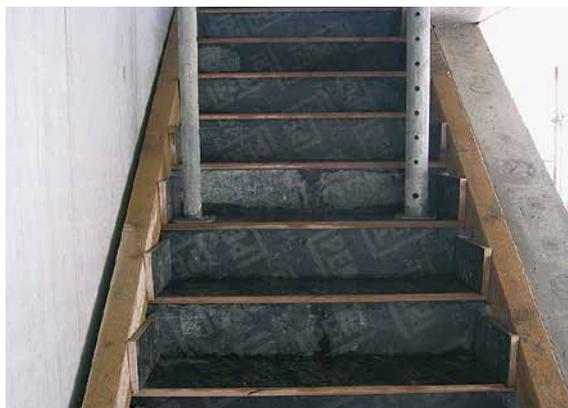


Abb. 16.4  
Mit Brettern vor Beschädigungen geschützte Treppe



Abb. 16.5  
Warnschilder sind sehr zu empfehlen

### Rostfahnen auf Sichtbeton

Es kommt häufig vor, dass die Anschlussbewehrung der Witterung ausgesetzt ist. Der sich dabei auf der Stahloberfläche bildende Rost kann zu Rostflecken an der Betonoberfläche führen, die sich kaum mehr entfernen lassen. Diese geben immer wieder Anlass zu Diskussionen und Reklamationen.

### Maßnahmen gegen die Rostflecken

Die überstehenden Bewehrungsstähle sind mit Folie zu umhüllen und vor Wasserzutritt zu schützen. Auch das Einhausen des Bauteils bringt einen gewissen Schutz. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Bewehrungsstähle mit Zementleim einzustreichen und so einen Korrosionsschutz herzustellen. Der erhärtete Zementleim muss dann vor der Betonage entfernt werden, um den Verbund zwischen Bewehrung und Beton zu gewährleisten.

### Entfernen von Rostfahnen

Es ist äußerst schwierig, Rostverschmutzungen von der Betonoberfläche zu entfernen. Das Rostwasser dringt in der Regel so tief in den Beton ein, dass eine oberflächliche Entfernung nicht ausreicht. Es gibt Reinigungsmittel, mit denen diese Verschmutzungen entfernt werden können, allerdings werden die so gereinigten Flächen deutlich heller. Werden solche Reiniger eingesetzt, empfiehlt sich ein ganzflächiger Auftrag.



**Abb. 16.6**  
Ungeschützte Anschlussbewehrung rostet bei Schnee und Regen



**Abb. 16.7**  
Rostwasserspuren ungeschützter Anschlussbewehrung



**Abb. 16.8**  
Die Anschlussbewehrung ist mit Kunststoffolie zu schützen



**Abb. 16.9**  
Zwei Beispiele richtig geschützter Anschlussbewehrung

## Schutz der Betonoberfläche

### Ausblühungen

Ausblühungen (Kalkausscheidungen) auf Betonoberflächen entstehen oft bei kühler und nasser Witterung. Wegen des verzögerten Erhärtungsverlaufs und der dadurch besseren Löslichkeit von Kalziumhydroxid hat das beim Hydratationsprozess des Bindemittels frei werdende Kalkhydrat Gelegenheit, durch den Kapillarporenraum des Betongefüges mit dem Anmachwasser gelöst an die Betonoberfläche zu wandern. Dort nimmt das Kalziumhydroxid Kohlensäure auf, wodurch schwer lösliches Kalziumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) entsteht, das auf der Betonoberfläche ausscheidet. Eindringendes Fremdwasser (Regen- oder Kondenswasser) fördert Ausblühungen häufig stark. Je nach der Dichtigkeit des Betongefüges und der Verdunstungsgeschwindigkeit kann Kalziumkarbonat an der Oberfläche sichtbar oder auch unsichtbar innerhalb des Gefüges im Porenraum vorkommen.



**Abb. 16.10**  
Ausblühungen an einer Wand

Leichte Ausblühungen werden jedoch im Laufe der Zeit von weichem Regenwasser gelöst und abgewaschen. Als Sofortmaßnahme zur schnellen Beseitigung kommt ein Abbürsten der Oberflächen infrage. Ebenso besteht die Möglichkeit, durch Zementschleierentferner (Absäuern mit verdünnter Säure) Kalkausscheidungen zu entfernen. Ausblühungen stellen keinen Mangel dar und berechtigen nicht zu Reklamationen.

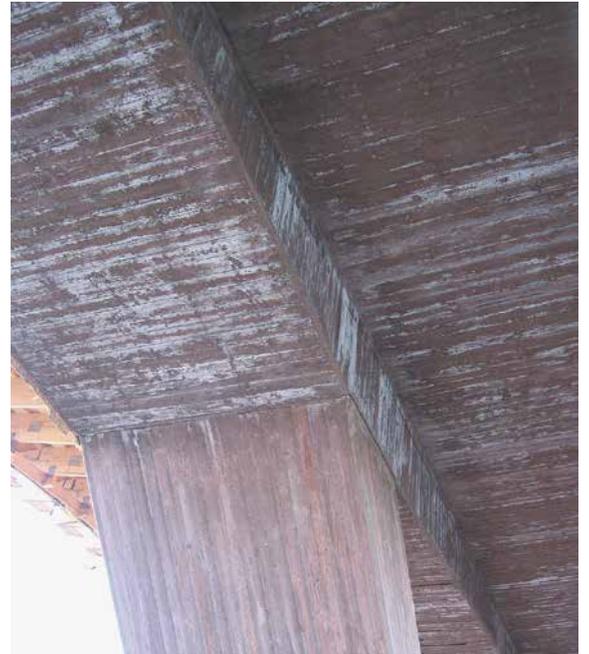


**Abb. 16.12**  
Schwarzer Beton mit Ausblühungen

### Vermeiden von Ausblühungen

Junger Beton darf nicht mit Wasser beaufschlagt werden, d. h., nicht an feuchten, regnerischen Tagen entschalen und den Beton sofort nach dem Entschalen schützen. Das Aufbringen einer Hydrophobierung schränkt den Feuchtetransport ein und kann Ausblühungen wirksam verhindern.

Abb. 16.11 zeigt Ausblühungen an einer Brückenunterseite, die an einem nebeligen Tag entschalt wurde. Die Seitenteile, die in einem Guss betonierten Brücke, verblieben dagegen noch einige Tage in der Schalung. Abb. 16.12 zeigt diese an einem trockenen Tag entschalteten Seitenteile. Der Unterschied ist deutlich zu erkennen.



**Abb. 16.11**  
Ausblühungen an einer Brückenunterseite



**Abb. 16.13**  
Das bei trockener Witterung ausgeschaltete Seitenteil (rechts) zeigt keine Ausblühungen

# 17. Abnahme der Sichtbetonfläche

Es empfiehlt sich, Sichtbeton bei der Abnahme aus einem idealen Betrachtungsabstand zu beurteilen. Der richtige Betrachtungsabstand ist der, von dem aus der Betrachter das Objekt sieht. Ist es ein Gebäude, so gilt der Abstand, bei dem das Gebäude als Ganzes zu sehen ist. Handelt es sich um eine Gebäudewand, so gilt der Abstand, bei dem sich die ganze Wand betrachten lässt. Entscheidend sind die Lichtverhältnisse. Die Abnahme sollte tagsüber, aber idealerweise ohne direkte Sonneneinstrahlung erfolgen. Die Abendsonne mit Schlagschatten lässt Ungenauigkeiten deutlicher hervortreten. Auch an feuchten, regnerischen Tagen hinterlässt die Ansichtsfläche einen anderen optischen Eindruck.

Im »Merkblatt Sichtbeton« wird für die Abnahme Folgendes definiert:

- Gesamteindruck geht vor Einzelkriterium
- angemessener Betrachtungsabstand und übliche Lichtverhältnisse
- Bauwerk: Abstand, der erlaubt, das Bauwerk in seinen wesentlichen Teilen optisch gesamt zu erfassen
- Bauteile: Abstand, der üblicherweise vom Betrachter eingenommen wird, bzw. Publikumsabstand bei der Nutzung



**Abb. 17.1**  
Angemessener Betrachtungsabstand: das Gebäude als Ganzes wahrnehmbar



**Abb. 17.2**  
Angemessener Betrachtungsabstand für ein Gebäude



**Abb. 17.3**  
Betrachtungsabstand aus Sicht des üblichen Publikumsverkehrs



**Abb. 17.4**  
Angemessener Betrachtungsabstand für ein Bauteil

# 18. Mängel

## Vermeidbare Mängel

Bei fachgerechter Ausführung von Sichtbeton und angemessener Sorgfalt sind folgende Abweichungen vermeidbar.

### Betonnasen

Heruntergelaufene Mörtelreste („Nasen“) durch undichte Arbeitsfugen an vertikalen Bauteilen.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Fugen abdichten
- Betonfläche nach der Betonage säubern
- Beton- und Mörtelreste abkratzen



Abb. 18.2  
Durch Abwaschen entfernte Betonnasen

### Schüttlagen

Deutliches Abzeichnen der Schüttlagen im Bauteil. Einzelne Befüllabschnitte sind stark sichtbar.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Beton gleichmäßig einbauen
- keine Betonierpausen einlegen
- bei großen Bauteilen mit der Betonpumpe befüllen
- richtige Frischbetonverdichtung und Vernadelung



Abb. 18.4  
Deutlich erkennbare Schüttlagen



Abb. 18.1  
Deutlich sichtbare Schüttlagen



Abb. 18.3  
Kiesnest wegen Entmischung oder schlechter Verdichtung

### Kiesnester

Deutlich sichtbare Entmischungen, einzelne Körner liegen unverhüllt im Bauteil. Fehler beim Einbringen und Verdichten des Betons.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- gleichmäßige Frischbetonverdichtung über den gesamten Querschnitt des Bauteils
- bei Fenstern und Aussparungen sind Rüttelöffnungen einzuplanen
- keine Betonierpausen einlegen
- weiche Konsistenz des Betons
- Beton mit Einfüllrohren einbauen

### Beschädigte Kanten

Unsaubere Kantenausbildung durch beschädigte, verrutschte oder ungeeignete Dreikant- bzw. Trapezleisten.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Kanten sauber ausführen
- Dreikantleisten gewissenhaft einbauen
- Abdichten der Schalung



Abb. 18.5  
Unsaubere Ausbildung einer gebrochenen Kante

### Ausgelaufene Kanten und Ecken

Entmischungen im Bereich der Ecken durch auslaufenden Zementleim.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Kanten und Schalungsfuß abdichten, damit kein Zementleim auslaufen kann
- Rezeptur robust herstellen



Abb. 18.7  
Ausgelaufene Kante

### Rostfahnen

Häufung von Rostfahnen an vertikalen Bauteilen sowie von Rostspuren durch zurückgelassene Bewehrungsreste an den Untersichten horizontaler Bauteile. Rostschlieren sind ein optischer Mangel und müssen möglichst vermieden werden. Das überstehende Bewehrungsessen bleibt der Witterung ausgesetzt und korrodiert. Das Rostwasser läuft dann an der Sichtbetonfläche ab und hinterlässt hässliche, braune Rostspuren.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Bewehrungsstahl mit Folie einbinden und schützen
- Eisen mit Zementleim einstreichen
- Bauteil einhauen
- lose Drahtreste entfernen



Abb. 18.6  
Rostspuren von ungeschützter Anschlussbewehrung

### Willkürliche Anordnung der Schalungsanker

Willkürliche, planlose Anordnung von Schalungsankern.

Maßnahme zur Vermeidung:

- im Schalungsmusterplan die Anordnung der Spannstellen genau planen und eintragen



Abb. 18.8  
Willkürlich angeordnete Schalungsanker

## Mängel

### Versätze

Versätze über 10 mm zwischen Schalelementstößen und an Bauteilanschlüssen.

Maßnahme zur Vermeidung:

- Schalung gut abspannen und sichern



Abb. 18.9  
Versatz bei Schalelementstoß

### Ausblutungen

Starke Ausblutungen an Schalbrett- und Schalelementstößen sowie an Bauteilanschlüssen und Ankerlöchern.

Maßnahme zur Vermeidung:

- Kanten und Stöße abdichten

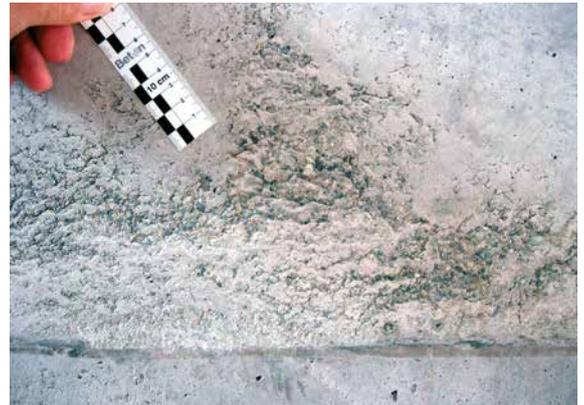


Abb. 18.10  
Starke Ausblutung

### Starke Entmischungen am Schalungsfuß

Kiesnester und starke Entmischungen durch unsachgemäßen Betoneinbau.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Anschlussmischung einbauen
- Schläuche und Einfüllrohre benutzen, geringe Fallhöhen
- gewissenhafte Frischbetonverdichtung
- Schalungsfuß abdichten



Abb. 18.11  
Entmischung am Schalungsfuß

### Schleppwasser und Wasserläufer

Stark ausgeprägte Schleppwassereffekte und Wasserläufer auf der Sichtbetonfläche durch Überschusswasser, das an der Schalungshaut nach oben läuft.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- robuste Betonrezeptur
- Beton darf nicht bluten (Wasser absondern)
- keine Betonierpausen einlegen
- nicht bei starkem Regen betonieren



Abb. 18.12  
Schleppwasser zeichnet stark ab

### Abzeichnungen der Schalungshaut

Unterschiedliche Oberflächenqualitäten (Farbton/Textur) durch unsachgemäß gelagerte Schalung und dadurch unterschiedliches Saugverhalten.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Schalung geschützt lagern
- oberste Schaltafel mit der Schalfläche nach unten legen
- keine Gegenstände auf der Schalung lagern



Abb. 18.13  
Unterschiedliche Schalungshäute ergeben unterschiedliche Betonoberflächen

### Ausgelaufene Spannanker

Austreten von Zementleim an den Ankerstellen, Entmischungen und Kornansammlungen durch undichte Spannstellen.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Spannstellen abdichten
- Ankerschrauben nachziehen

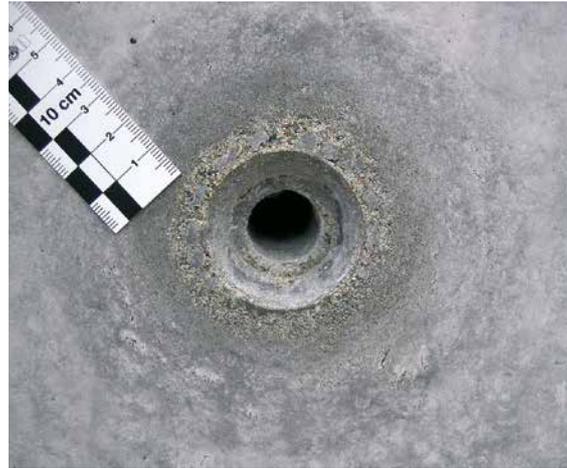


Abb. 18.14  
Beim Spannanker ausgelaufener Zementleim

### Starke Verfärbungen

Deutliche Hell-/Dunkelverfärbungen an der Betonoberfläche. Verfärbungen entstehen durch Entmischungen im Feinteilbereich, Wasser- oder Zementanreicherungen und durch zu intensives Verdichten.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Schalung möglichst frühzeitig entfernen
- alle Sichtbetonteile etwa gleich lange in der Schalung belassen (Vorsicht bei Betonagen an Wochenenden)
- optimale Frischbetonverdichtung

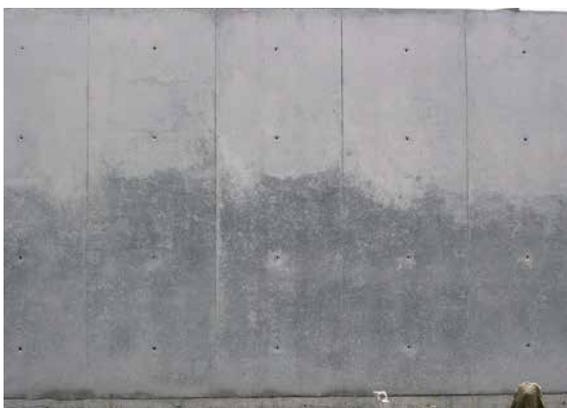


Abb. 18.15  
Störende Hell-/Dunkelverfärbungen

### Trennmittelverfärbungen

Verfärbungen und Poren durch zu starken Trennmittelauftrag.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Trennmittel sehr dünn auftragen
- Schalung mit Gummischaber abziehen
- Schalung mit Lappen nachreiben



Abb. 18.16  
Verfärbungen wegen zu hoher Trennmitteldosierung

## Mängel

### Verfärbungen an Stützen

Unterschiedliche Farbtöne durch teilweises Entfernen der Schalungshaut.

Maßnahme zur Vermeidung:

- bei Stützen Schutzmantel nicht abreißen



Abb. 18.17  
Verfärbungen (rechts) wegen abgerissener Schalungshaut (links)

### Abzeichnen der Bewehrung

Bewehrung durch unsachgemäße Verdichtung deutlich sichtbar.

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Kontakt zwischen Rüttelflasche und Bewehrung vermeiden
- nicht zu intensiv verdichten
- zu große Temperaturunterschiede vermeiden
- Betondeckung erhöhen

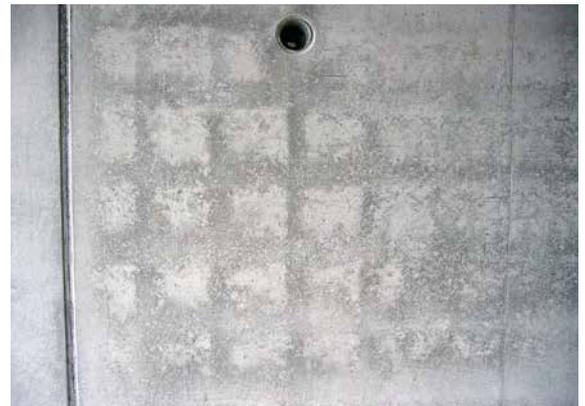


Abb. 18.18  
Bewehrung zeichnet sich an der Oberfläche ab

## Eingeschränkt vermeidbare Mängel

Zu den nur bedingt vermeidbaren Mängeln zählen:

- leichte Farbunterschiede zwischen aufeinander folgenden Schüttagungen
- Porenhäufung im oberen Teil vertikaler Bauteile
- Abzeichnung der Bewehrung oder des Grobkorns
- geringfügige Ausblutungen an Stößen zwischen Schalbrettern bzw. -elementen, Ankerlöchern u. Ä.
- Schleppeffekte in geringer Anzahl und Ausdehnung
- Wolkenbildungen und Marmorierungen
- einzelne Kalk- und Rostfahnen an vertikalen Bauteilen
- Rostspuren an Unterseiten von horizontalen Bauteilen



Abb. 18.19  
Geringfügige Farbtonunterschiede zwischen einzelnen Schüttagungen



Abb. 18.20  
Häufung von Lunkern im oberen Wandbereich

## Nicht vermeidbare Mängel

Technisch nicht oder nicht zielsicher herstellbar sind:

- gleichmäßiger Farbton aller Ansichtsflächen im Bauwerk
- porenfreie Ansichtsflächen
- gleichmäßige Porenstruktur (Porengröße und Verteilung)
- ausblühungsfreie Ansichtsflächen
- scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche und Ausblutungen
- Farbton- und Texturgleichheit im Bereich von Schalungsstößen

Laut dem »Merkblatt Sichtbeton« sind einige Mängel nicht zielsicher vermeidbar. Leichte Farbunterschiede der Ansichtsflächen sind nicht auszuschließen, da Beton zum einen ein Naturprodukt ist und aus reinen Naturrohstoffen zusammengesetzt wird und zum anderen noch sehr viele weitere Faktoren auf die Gleichmäßigkeit der Farbgebung der Betonoberfläche einwirken.

Auch leichte Marmorierungen und Flecken können nicht vermieden werden, da es im Bauteil durch das Einfüllen und das Verdichten immer zu kleinen Entmischungen kommen kann. Auch unterschiedliche Konsistenzen tragen hierzu bei.

Poren und kleine Lunker wird man immer an der Betonoberfläche finden, auch hierfür gibt es sehr viele Faktoren, die diesen Effekt begünstigen. Rippings werden immer dann auftreten, wenn die Schalung an den Kanten aufschüsselt, was vor der Betonage oft nicht erkannt werden kann.

Wasserschlieren, Wasserläufer und leichte Entmischungen in geringem Umfang treten dann auf, wenn die Betonrezeptur nicht stabil ist oder der Beton Wasser absondert (blutet). Auch Regen und überschüssiges Wasser können hierzu sehr stark beitragen.

Ausblühungen an der Betonoberfläche entstehen durch eine feuchte Umgebung beim Ausschalen oder durch Wasserbeaufschlagung im jungen Alter des Betons.



**Abb. 18.21**  
Leichte Farbunterschiede und Ausblutungen an der Betonierfuge



**Abb. 18.22**  
Leicht sichtbare Wolkenbildung an einer Deckenunterseite



**Abb. 18.23**  
Stellenweise Porenanhäufungen und leichte Farbunterschiede am Schalungsstoß



**Abb. 18.24**  
Nicht völlig gleichmäßige Farbgebung über die komplette Sichtbetonfläche

# 19. Maßnahmen zur Mängelbeseitigung

## Bleistiftverschmutzungen

Bleistiftzeichnungen können mit einem weichen Radiergummi oder einem Spülschwamm entfernt werden. Allerdings kann eine radierte Fläche an Glanz und Glätte verlieren.

## Leichte Verschmutzungen

Leichte Verschmutzungen lassen sich möglicherweise mit einer Schleifmaschine, einem Schwing- oder Exzenter-schleifer entfernen (Abb. 19.4). Allerdings wird die Struktur der Oberfläche dadurch verändert.

## Großflächige Verschmutzungen

Großflächige Verschmutzungen von Verfärbungen der Schalungshaut, Trennmittelverfärbungen oder solchen, wenn der Beton zu lange in der Schalung war, können mit Industrieschleifern entfernt werden. Mit dieser Maßnahme können recht gute Erfolge erzielt werden, allerdings ist auch hier die Betonoberfläche anschließend matt und etwas rauer.

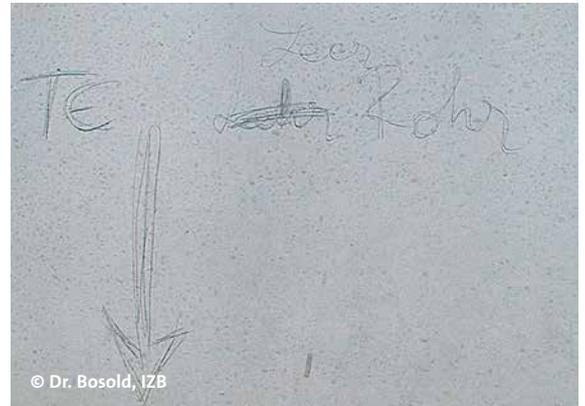


Abb. 19.1  
Bleistiftzeichnungen auf der Sichtfläche



Abb. 19.2  
Entfernen mit Schwamm oder Radiergummi



Abb. 19.3  
Abschleifen mit Industrieschleifern



Abb. 19.4  
Beton abschleifen mit Schleifmaschine

### Ausblühungen, Rostfahnen

Mit geeigneten chemischen Mitteln lassen sich auch Verschmutzungen, Ausblühungen und Rostfahnen bis zu einem gewissen Grad entfernen. Allerdings bleibt eine solche Maßnahme auch durch eine veränderte Farbgebung an der Betonfläche deutlich sichtbar.



Abb. 19.5  
Deutlich sichtbare Rostspuren

### Vorsicht

Jede Mängelbeseitigungs-Maßnahme bleibt sichtbar. Es empfiehlt sich, vorher genau zu klären, ob es besser ist, mit einem kleinen Mangel zu leben oder durch Ausbesserung den Mangel vielleicht sichtbarer zu machen.



Abb. 19.6  
Dieselbe, mit Rostentferner behandelte Fläche

### Spachteln

Das Spachteln von ausgelaufenen Kanten oder Kiesnestern kann durch abweichende Farben der Spachtelmasse und des Betons und durch unterschiedliches Saugverhalten den Schaden noch deutlicher sichtbar machen. Nur durch einen Fachmann ausgeführte, gekonnte Betonkosmetik lässt Reparaturstellen gänzlich verschwinden.



Abb. 19.7  
Sichtbare Spachtelung einer Wandfläche



Abb. 19.8  
Sichtbare Spachtelung an einer Deckenunterseite

## Maßnahmen zur Mängelbeseitigung

### Oberflächenabtrag

Ein leichtes Abtragen der Betonoberfläche mit Wasserstrahl, Sandstrahlen oder Absäuerung entfernt ebenfalls gewisse Verschmutzungen, allerdings mit der Folge, dass die Betonoberfläche rau und matt wird.



Abb. 19.9  
Leicht sandgestrahlte Oberfläche

### Lasur und Farbanstrich

Es bleibt immer noch die Möglichkeit, die Sichtfläche mit einer leicht pigmentierten Lasur zu überziehen und somit eine relativ einheitliche Sichtfläche zu erzielen.



Abb. 19.10  
Nachträglich lasierte Oberfläche



Abb. 19.11  
Wegen starker Rostverschmutzungen abgeschliffene Betondecke



Abb. 19.12  
Detailaufnahme der nachträglich lasierten Oberfläche

### Fachmännische Betonkosmetik

Es gibt durchaus Möglichkeiten, mangelhafte Sichtbetonwände zu überarbeiten und dabei gewisse optische Mängel zu korrigieren, ohne den Betoncharakter zu zerstören. Hierfür sollten aber Spezialisten zu Rate gezogen

werden. Abb. 19.13 bis 19.18 zeigen verschiedene Situationen vor und nach der Mängelbeseitigung mit einer multifunktionalen Betonlasur (Faceal Colour) sowie die Spezialisten bei der Arbeit.



Abb. 19.13  
Das Marie-Elisabeth-Lüders-Haus vor ...



Abb. 19.14  
... und nach der Mängelbeseitigung



Abb. 19.15  
Das Wohn- und Geschäftshaus »Schänzlipark«, Solothurn, bei der Mängelbeseitigung ...



Abb. 19.16  
... und nach dem Aufbringen einer speziellen Betonlasur



Abb. 19.17  
Sogar hartnäckige Wasserschlieren ...



Abb. 19.18  
... lassen sich »wegzaubern«. Schulhaus Hirzenbach, Zürich

## Maßnahmen zur Mängelbeseitigung

Spezialisten sind in der Lage, Mängel an einer Sichtbetonfläche zu beheben. Dies können aber nur Fachleute, die mit viel Erfahrung und Know-how an die Sache herangehen. Die Abb. 19.19 bis 19.24 zeigen mit Aufnahmen vor und nach der Instandsetzung einige Beispiele dessen, was ein Profi an einer Wand retuschieren kann.

Die Kosten für eine fachmännische Betonkosmetik sind sehr hoch, daher sind alle geschilderten Maßnahmen zur Erzielung einer guten Sichtbetonfläche in der Regel günstiger als eine nachträgliche Retusche.



**Abb. 19.19**  
Scharfkantige Ecke mit ausgelaufenem Zementleim vor der Retusche



**Abb. 19.20**  
Dieselbe scharfkantige Ecke nach der Retusche



**Abb. 19.21**  
Von einer Kabeldurchführung beschädigte Oberfläche



**Abb. 19.22**  
Dieselbe Oberfläche nach der Retusche



**Abb. 19.23**  
Detailansicht einer missglückten Wandfläche



**Abb. 19.24**  
Detailansicht der retuschierten Wandfläche

## 20. Literaturhinweise

Merkblatt Sichtbeton  
DBV und VDZ (Eigenverlag), Juni 2015

Technik des Sichtbetons  
Peck / Bose / Bosold  
Verlag Bau + Technik GmbH, 2016

Sichtbetonhandbuch 2006  
Verlag Bau + Technik GmbH, 2006

Sichtbetonhandbuch 2007  
Verlag Bau + Technik GmbH, 2007

Sichtbetonhandbuch 2008  
Verlag Bau + Technik GmbH, 2008

Sichtbetonhandbuch 2010  
Verlag Bau + Technik GmbH, 2010

Sichtbeton  
Holcim (Schweiz) AG, 2006

Wegweiser Sichtbeton  
Bauverlag BV GmbH und alkus AG, 2007

Sichtbeton Atlas  
Joachim Schulz  
Vieweg + Teubner, GWV Fachverlag GmbH, 2009

Sichtbeton  
Technologie und Gestalt  
Verlag Bau + Technik GmbH, 2006

Sichtbeton  
Betrachtungen  
Ausgewählte Architektur in Deutschland  
Rüdiger Kramm / Tilman Schalk  
Verlag Bau + Technik GmbH, 2007

Zement-Merkblatt Hochbau  
Sichtbeton – Techniken der Flächengestaltung  
Peck / Bosold  
Verein Deutscher Zementwerke e.V., 2009

Beton-Information Spezial  
Sichtbeton – Planung und Ausführung  
Beton Marketing  
Verlag Bau + Technik GmbH, 2006

Wie bei Ando ...  
Scharfe Kanten bei Sichtbeton  
Diethelm Bosold, Beton Marketing, 2007  
Sonderdruck opusC

Sichtbeton-Planung  
Joachim Schulz  
Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH,  
2004

Sichtbeton-Mängel  
Joachim Schulz  
Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH,  
2004

Wegweiser Sichtbeton  
Bauverlag BV GmbH und alkus AG, 2007

Sichtbetonkosmetik  
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin, 2016

Oberflächeneigenschaften von Beton  
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin 2013

Architekturbeton  
Sichtbeton in Perfektion  
<https://www.holcimpartner.de/downloads/beton/produkte>

Weitere Holcim Broschüren rund um den Beton unter:  
<https://www.holcimpartner.de/downloads/general>



**Holcim (Deutschland) GmbH**  
Technisches Marketing  
Hannoversche Straße 28  
31319 Sehnde-Höver  
Telefon +49 (0) 5132 927-432  
Telefax +49 (0) 5132 927-430  
[technisches-marketing@lafargeholcim.com](mailto:technisches-marketing@lafargeholcim.com)  
[www.holcim.de](http://www.holcim.de)