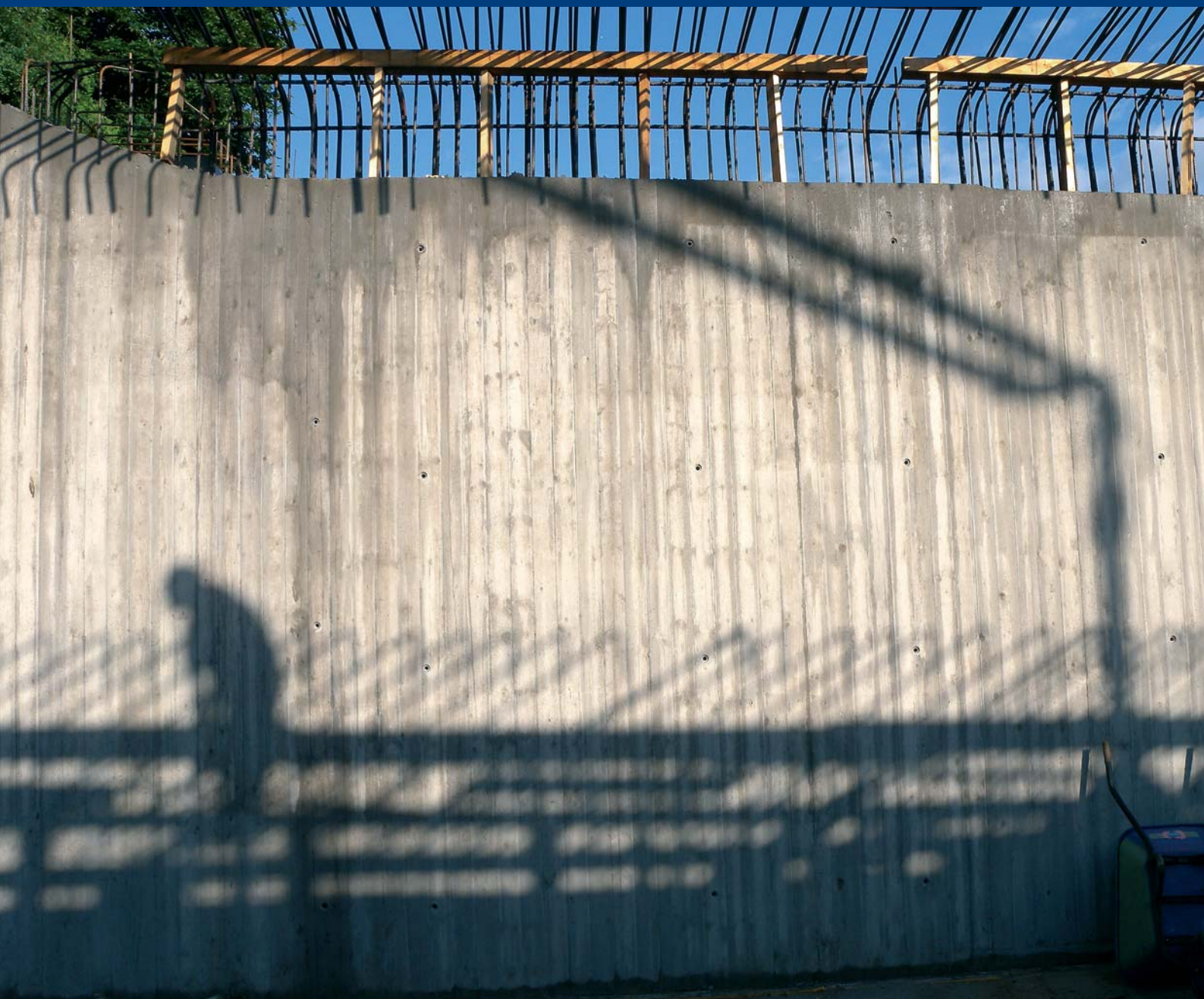


Leitfaden für Sichtbeton

Tipps aus der Praxis für Planung und Herstellung

Holcim (Süddeutschland) GmbH



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Mögliche Betonoberflächen	7
3	Schalung	11
4	Schalhaut	12
5	Trennmittel	15
6	Bauausführung	17
7	Erprobungsfläche	22
8	Betonrezeptur	23
9	Betoneinbau	24
10	Entfernen der Schalung	28
11	Nachbehandlung	29
12	Schutz der Betonoberfläche	31
13	Abnahme der Sichtbetonfläche	34
14	Mängel	35
15	Maßnahmen zur Mängelbeseitigung	41
16	Literaturhinweise	46

Copyright

Holcim (Süddeutschland) GmbH
72359 Dotternhausen

Verfasser

Holcim (Süddeutschland) GmbH
Produktmanagement

1. Auflage 2011

Verkaufspreis

€ 15,-

Fotos

Wenn nichts anderes vermerkt:
Holcim (Süddeutschland) GmbH

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 bei der Planung und bei der Ausführung der Sichtbetonflächen. Die Ansicht der Planer zu Sichtbetonflächen geht jedoch sehr 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 DBZ (Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.) und BDZ (Bundesverband der Deutschen Zementindustrie 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. 1.4). 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 sowie an die Schalung, Textur, Ebenheit und Farbtongleichmäßigkeit sind im Merkblatt sehr genau beschrieben.

Die Frage »Was ist Sichtbeton?« muss 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.

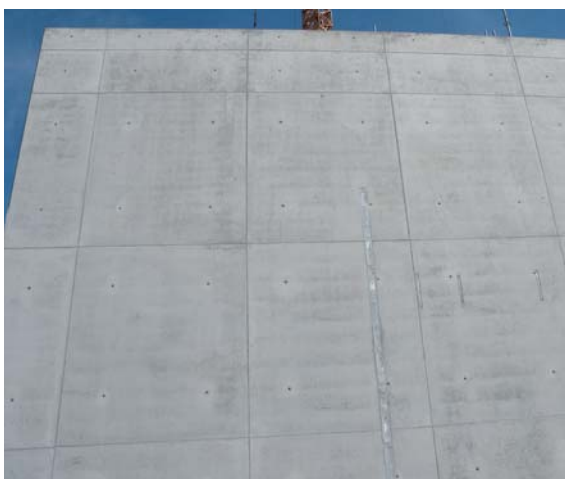


Abb. 1.1
Vorstellung des Auftraggebers oder Planers



Abb. 1.2
Vorstellung des Bauunternehmers

Einleitung

Die Ausschreibung – Details für ein gutes Gelingen

Schon in der Ausschreibung ist auf die wesentlichen Details zu verweisen, so wird das Gelingen einer guten Sichtbetonfläche erhöht. 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 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 konzeptioneller 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 Schalhaut und der Verarbeitung.

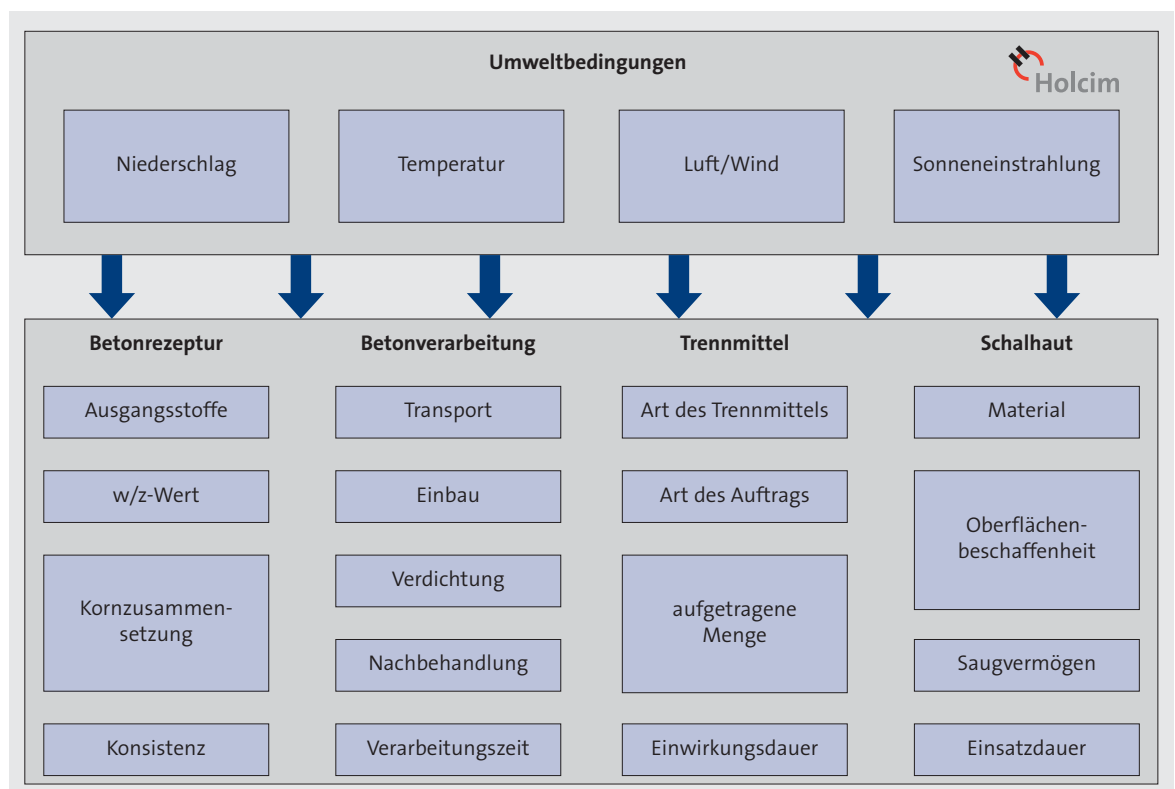


Abb. 1.3 Einflussfaktoren auf die Sichtbetonqualität

Beschreibung von Sichtbeton

Zur Festlegung einer Sichtbetonfläche sind folgende Parameter genau zu beschreiben:

- Sichtbetonklasse (entsprechend Abb. 1.4)
- Schalungs- und Schalhautsystem
- Oberflächentextur (Schalhaut/Oberflächenbearbeitung)
- 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)
- Farbtonegebung (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 geht, nicht zielsicher durchführbar, da die Witterung – Sonne, Regen, Wind, Kälte usw. – einen sehr großen Einfluss auf die Qualität der Sichtbetonoberfläche 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.

Sichtbetonklasse	Beispiel	Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen nach Klassen bezüglich					Weitere Anforderungen				
		Textur	Porigkeit		Farbtongleichmäßigkeit		Ebenheit	Arbeits-/Schalungsfugen	Erprobungsfläche	Schalhautklasse	
			s ¹⁾	ns ²⁾	s ¹⁾	ns ²⁾					
Anforderungen an Sichtbeton	geringe SB1	Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderungen, z. B.: Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerbl. Nutzung	T1	P1		FT1	FT1	E1	AF1	freigestellt	SHK1
	normale SB2	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen, z. B.: Treppenhausräume, Stützwände	T2	P2	P1	FT2	FT2	E1	AF2	empfohlen	SHK2
	besondere SB3	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen, z. B.: Fassaden im Hochbau	T2	P3	P2	FT2	FT2	E2	AF3	dring. empfohlen	SHK2
	SB4	Betonflächen mit besonders hoher gestalterischer Bedeutung, repräsentative Bauteile im Hochbau	T3	P4	P3	FT3	FT2	E3	AF4	erforderlich	SHK3

¹⁾ saugende Schalhaut ²⁾ nicht saugende Schalhaut

Abb. 1.4
Sichtbetonklassen

Einleitung

Schalhautklassen

Die Schalhaut ist nach dem »Merkblatt Sichtbeton« auf die jeweilige Schalhautklasse abzustimmen. Es empfiehlt sich dringend, die im Merkblatt beschriebenen Anforderungen einzuhalten.

Kriterium	Schalhautklasse 1 (SHK 1)	Schalhautklasse 2 (SHK 2)	Schalhautklasse 3 (SHK 3)
Bohrlöcher	mit Kunststoffstöpsel zu verschließen	als Reparaturstellen ¹ zulässig	nicht zulässig
Nagel- und Schraublöcher	zulässig	ohne Absplitterungen zulässig	als Reparaturstellen ¹ in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig
Beschädigung der Schalhaut durch Innenrüttler	zulässig	nicht zulässig ²	nicht zulässig
Kratzer	zulässig	als Reparaturstellen ¹ zulässig	als Reparaturstellen ¹ in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig
Betonreste	in Vertiefungen (Nagellöcher, Kratzer usw.) zulässig, keine flächigen Anhaftungen	nicht zulässig	nicht zulässig
Zementschleier	zulässig	zulässig	in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig
Aufquellen der Schalhaut im Schraub- bzw. Nagelbereich (»rippings«)	zulässig	nicht zulässig ²	nicht zulässig
Reparaturstellen ¹	zulässig	zulässig	in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig
¹ Reparaturen an der Schalhaut sind sach- und fachgerecht durch qualifiziertes Personal vorzunehmen und vor jedem Einsatz auf ihren definierten Zustand hin zu überprüfen. ² Nach Absprache mit dem Auftraggeber ggf. zulässig.			

Abb. 1.5
Schalhautklassen



Abb. 1.6
Schalhaut der Klasse SHK 1



Abb. 1.7
Schalhaut der Klasse SHK 3

2. Mögliche Betonoberflächen

Die Schalhaut als Gestaltungsmerkmal

Die Struktur der Schalhaut 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 Schalhaut:

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

Die glatte Schalhaut kann je nach Material aus Holz, Kunststoff oder Metall bestehen. Durch die nicht saugen-

de Schalhautoberfläche 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 Schalhaut entscheidend, je nach Bearbeitung der Schalungsoberfläche ergibt sich eine andere Betonoberfläche. Hier unterscheidet man zwischen stark, mäßig und nicht saugender Schalhaut.



Abb. 2.1
Betonoberfläche mit sägerauer Brettschalung



Abb. 2.3
Mit Gummimatrizen gestaltete Betonoberflächen

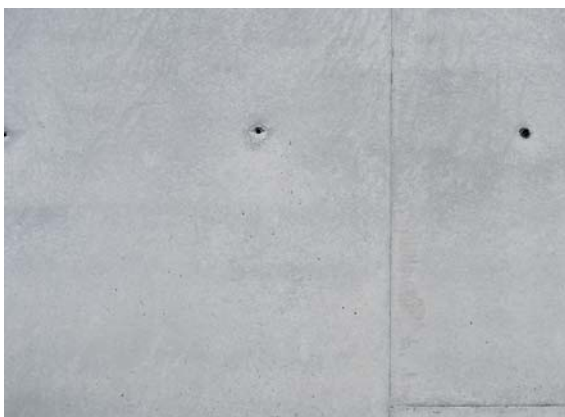


Abb. 2.2
Betonoberfläche mit glatter Schalhaut



Abb. 2.4
Betonoberflächen mit unterschiedlichen Schalhäuten

Mögliche Betonoberflächen

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 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 Abtragsstärke etwas rau.

Hochdruckwasserstrahlen

Das Bearbeiten der abgebundenen Betonoberfläche mit einem Wasserstrahl erfolgt wie das Feinwaschen ohne



Abb. 2.5
Grob gewaschene Oberfläche



Abb. 2.6
Abgesäuerte Oberfläche

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 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 3000 °C schmilzt die oberste Zementhautschicht ab und die Gesteinskörner platzen ab. Es entsteht eine sehr raue und zerklüftete Betonoberfläche.



Abb. 2.7
Sandgestrahlte Oberfläche

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.

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. 2.10
Bearbeitungswerkzeuge



Abb. 2.8
Fein geschliffene Oberfläche



Abb. 2.11
Stocken einer Oberfläche

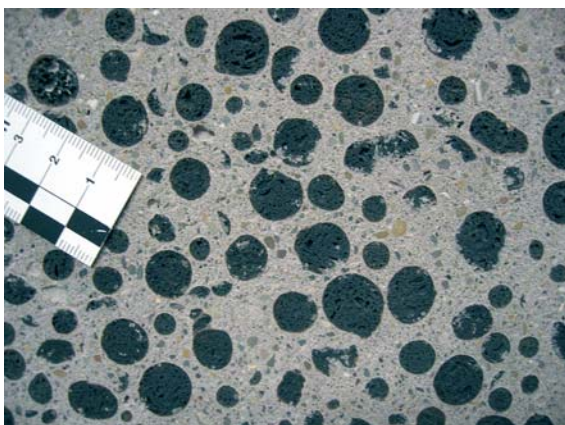


Abb. 2.9
Grob geschliffene Oberfläche



Abb. 2.12
Scharrierte Oberfläche

Mögliche Betonoberflächen

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 Fahrmaschine 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 Farbtenschwankungen oder weißlichen Ausblühungen kommen.



Abb. 2.13
Rot eingefärbter Beton



Abb. 2.14
Gelb eingefärbter Beton



Abb. 2.15
Schwarz eingefärbter Beton am Beispiel der Stadthalle Rottweil



Abb. 2.16
Gelb eingefärbter Beton einer sichtbaren bleibenden Hangsicherung

3. 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 einer Rahmenschalung.

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 Schalhaut,

der Plattengröße und der Ankerlöcher und hinterlassen lediglich einen feinen Schalungsstoß. Die Trägerschalung ist relativ aufwendig zu erstellen. Eine Versiegelung der Schnittkanten von Schalhautplatten verhindert das Quellen der Kanten und somit die Bildung von Rippings (vgl. Kap. 4, Schalhaut).

Aufgedoppelte Rahmenschalung

Wird die Rahmenschalung zusätzlich mit einer Schalhaut belegt, können Plattengröße und Schalhautart 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 Marmorierungen führen.



Abb. 3.1
Rahmenschalung



Abb. 3.3
Aufgedoppelte Rahmenschalung



Abb. 3.2
Trägerschalung



Abb. 3.4
Aufdoppelung einer Rahmenschalung, z. B. mit Mehrschichtplatten

4. Schalhaut

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

Saugende Schalhaut

Bei saugenden Schalungen ist die Betonoberfläche tendenziell dunkler und weist weniger Poren auf als bei nicht saugender Schalhaut. 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 Schalhaut 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 Schalhaut mit Zementschläme, die nach dem Abtrocknen wieder entfernt wird. Eine



Abb. 4.1
Saugende Brettschalung

Wiederholung dieses Vorgangs ist oft empfehlenswert. Das geeignete Trennmittel ist mit Vorversuchen zu ermitteln, da jeder Schalhauttyp in Verbindung mit Beton und Trennmittel anders reagiert.

Wichtig bei saugender Schalung

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



Abb. 4.2
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. 4.3
Farbunterschiede durch unterschiedlich alte Bretter

Nicht saugende Schalhaut

Nicht saugende Schalhäute 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

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. 4.4
Nicht saugende Schalhaut

Ripplings – Wellenbildung an der Schalhaut

Schnittkanten an Schaltafeln müssen versiegelt werden, da die Schaltafeln sonst aufquellen und dadurch an der Schalhaut Wellungen – sogenannte Ripplings – entstehen. Diese Wellungen treten als Abbild an der Sichtbetonfläche auf. Bei unversiegelten Schnittkanten treten Ripplings sehr häufig auf.

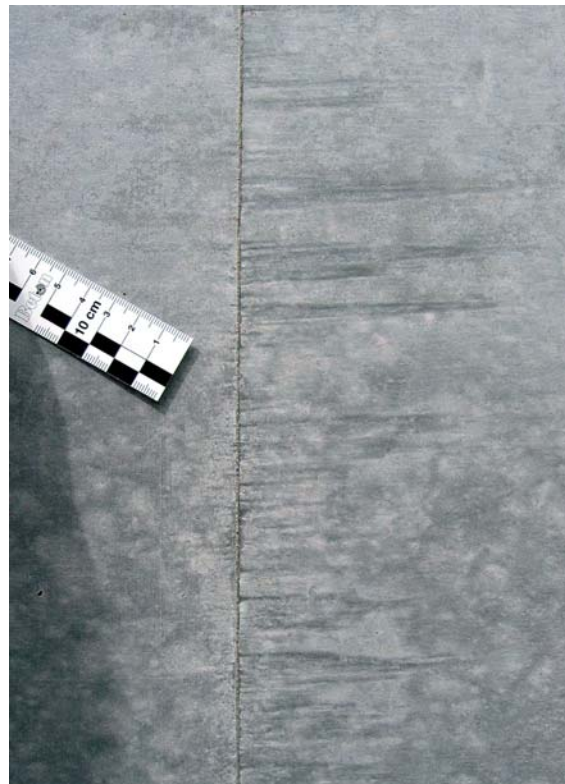


Abb. 4.6
Ripplings auf der Betonoberfläche



Abb. 4.5
Nicht saugende Kunststoffschalung



Abb. 4.7
Ripplings auf der Schalhaut

Schalhaut

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

Abb. 4.8
Merkmale und Auswirkungen verschiedener Schalhäute



Abb. 4.9
Unterschiedliche Schalhäute



Abb. 4.10
Auswirkung an der Sichtfläche

5. Trennmittel

Trennmittel dienen folgenden Zwecken:

- optimales Lösen der Schalung vom Beton
- einwandfreie Abformung der Schalautoberfläche
- 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.

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.

Wird das Trennmittel mit der Düse (Abb. 5.1) aufgebracht, muss diese es fein zerstäuben und so einen gleichmäßigen Auftrag ermöglichen. Ein korrekt eingestellter Druck und die richtigen Düsen sind entscheidend. Zu stark



Abb. 5.1
Trennmittelauftrag mit der Spritzdüse



Abb. 5.3
Gleichmäßiges Verteilen des Trennmittels mit der Poliermaschine



Abb. 5.2
Gleichmäßiges Verteilen des Trennmittels mit dem Gummischaber



Abb. 5.4
Gleichmäßiges Verteilen des Trennmittels mit dem Lappen

Trennmittel

beaufschlagte Flächen zeigen deutliche Verfärbungen in braun-gelben Tönen (Abb. 5.5) und eine sehr starke Porenansammlung oder Abmehlung der Oberfläche (Abb. 5.6). Lläuft 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. 5.7 zeigt.

Wandschalung

Beim Stellen der ersten Schalwand (Stellwand) ist das aufgetragene Trennmittel der Witterung ausgesetzt, bis



Abb. 5.5
Verfärbungen wegen Trennmittelüberdosierung



Abb. 5.6
Absandungen wegen Trennmittelüberdosierung



Abb. 5.7
Porenarme Betonoberfläche bei richtiger Trennmitteldosierung

die zweite Wand (Schließwand) nach dem Einbringen der Armierung aufgestellt wird. Da sich die eingölte Schalhaut 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. 5.8
Abtrocknen der gestellten Schalwand

6. 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 Schalhaut 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.



Abb. 6.1
Falsche Lagerung der Schalung: Die untenliegende Schalung trocknet stellenweise aus, was sich an der Betonwand zeigen wird

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. 6.3
Reinigen der Schalung von Zementresten



Abb. 6.2
Unterschiedliches Saugverhalten der Schaltafeln



Abb. 6.4
Reinigung der Schalung mit Wasser und Poliermaschine

Bauausführung

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, die die Bewegungen der Schalung mitmacht. Dasselbe gilt gleichermaßen für Einbauteile, um diese sauber und scharfkantig auszuführen.



© Dr. Bosold, Beton Marketing

Abb. 6.5
Moosgummi eignet sich besonders für Abdichtungen



Abb. 6.6
Moosgummi zum Abdichten der Stirnseitenfuge



Abb. 6.7
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.



© Dr. Bosold, Beton Marketing

Abb. 6.8
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), das die Fuge dicht schließt und den Zementleim am Auslaufen hindert. So entstehen schöne, kaum sichtbare Schalungsstöße.

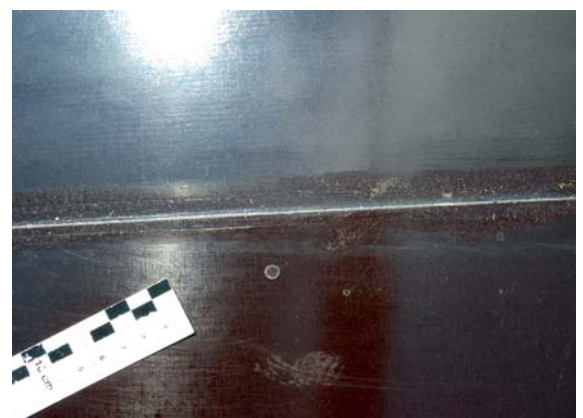


Abb. 6.9
Schalungsstoß mit Silikon (ist möglich, kann aber zu dunklen Verfärbungen führen)

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. Auch leichte Farbunterschiede der Betonagen lassen sich so optisch ausgleichen. Beim Einlegen von Leisten muss aber weiterhin auf die ausreichende Betondeckung geachtet werden.



Abb. 6.12
Betonierfuge ohne Einlegen von Leisten

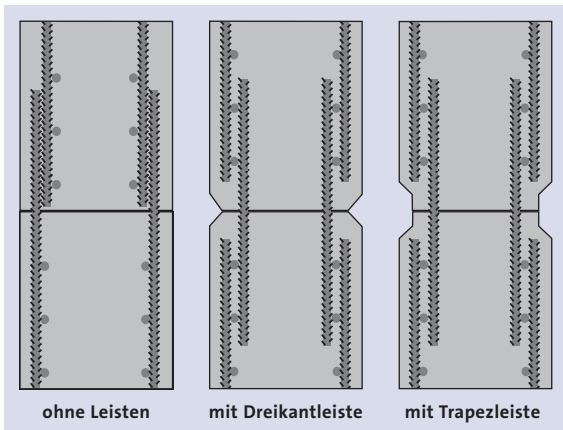


Abb. 6.10
Typen von Arbeitsetappen mit Anschlussbewehrung. Die Betondeckung ist auch im Fugenbereich einzuhalten



Abb. 6.13
Ausgelaufene Anschlussfuge



Abb. 6.11
Scheinfuge



Abb. 6.14
Mit Trapezleisten kaschierte Anschlussfugen

Bauausführung

Schalungsfuß – hier zeigen sich oft Entmischungen

Beim Betonieren einer Wand zeigen sich oft Entmischungen an der Schalungsunterseite, also am 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.



Abb. 6.15
Kiesnest am Schalungsfuß wegen undichter Schalung



Abb. 6.16
Mit Schaum abgedichteter Schalungsfuß

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 austritt.



Abb. 6.17
Das Einführen des Schlauchs in die Schalung reduziert die Fallhöhe des Betons

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 (Seiten, unten, Ecken, Kanten, Stöße, Anschlüsse sowie Spannanker) abzudichten, sorgfältig zu spannen, zu sichern und auszurichten.

Schalungsanker und Spannhülsen

Auf sauberes Abdichten ist auch bei Schalungsankern zu achten. Beim Betonieren einer gespannten Schalung wirken Frischbetondruck und punktuell jener 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 scharfkantig ausgeführt werden. Es lohnt sich in jedem Fall, diese Dichtungsmaßnahmen durchzuführen, der Gesamteindruck der Sichtbetonfläche verbessert sich dadurch deutlich.



Abb. 6.20
Konus mit Moosgummiabdichtung

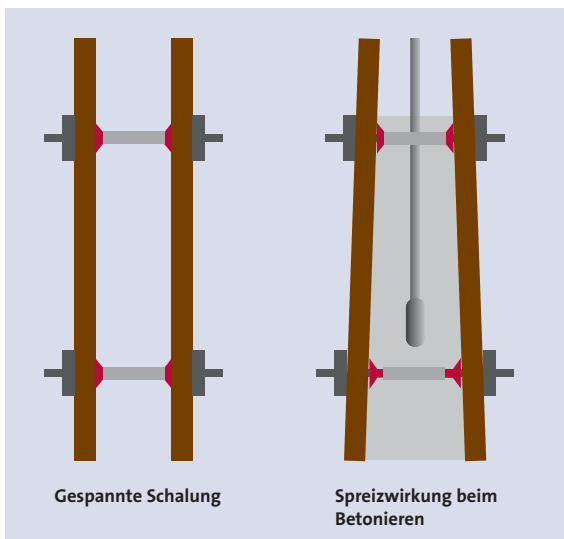


Abb. 6.18
Verformung der Schalung durch Frischbetondruck und Verdichtungsenergie (stark übertriebene, schematische Darstellung)



Abb. 6.21
Beim Schalungsanker ausgelaufener Zementleim



Abb. 6.19
Schalungsanker mit Moosgummi



Abb. 6.22
Richtig abgedichteter Schalungsanker

7. 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, dass dasselbe Betoniereteam, das auch die Betonagen durchführt, die Erprobungsfläche erstellt. 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 Schalnhäute 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 darf 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. 7.1
Separat hergestelltes Bauteil, das als Erprobungsfläche dient



Abb. 7.2
Die Erprobungsfläche wird beurteilt und eine Referenzfläche festgelegt

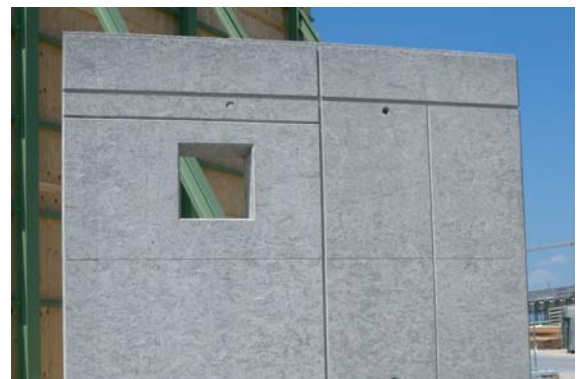


Abb. 7.3
Separate Referenzfläche

8. Betonrezeptur

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 Schalhaut 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.

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^3 , für eine größere Betonstabilität sogar $340\text{--}350 \text{ kg/m}^3$ 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 $450\text{--}550 \text{ kg/m}^3$ eingestellt werden

- Die Frischbetonkonsistenz im Bereich Ende F3 bis Anfang F4 ($480\text{--}520 \text{ mm}$) 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 Frischbetonkontrolle durchzuführen, um die Gleichmäßigkeit des Betons zu überprüfen.



Abb. 8.1
Ein robuster Beton zeigt keine Entmischungserscheinungen



Abb. 8.2
Wichtig: Frischbetonkontrolle auf der Baustelle

Empfohlene Zusammensetzung der Betons

- Zementgehalt $> 320 \text{ kg/m}^3$
- Wasserzementwert (w/z-Wert) $< 0,55$
- Mehlkorn-/Mörtelgehalt: $450\text{--}550 \text{ kg/m}^3$

9. 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. 9.1
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

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

- den w/z-Wert erhöht
- die Druckfestigkeit vermindert
- die Gefügedichtigkeit verschlechtert

sie mit einem Fließmittel durch einen Fachmann (Beton-technologen) eingestellt werden, sofern eine Erstprüfung für die Dosierung des Fließmittels vorliegt. Keinesfalls darf die Konsistenz durch eine nachträgliche Wasserzugabe auf der Baustelle »verbessert« werden. Die Lieferabstände der einzelnen Anlieferungen sind genau abzustimmen. Einbaugeschwindigkeit, Förderart, Bauteilgeometrie sowie Zufahrtmöglichkeiten 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 Schüttröhre 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.



Abb. 9.2
Zu eng verlegte Bewehrung



Abb. 9.3
Rüttel- und Einfüllöffnung in der Bewehrung

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 Bindedrahtreste hinterlassen an der Deckenunterseite unschöne

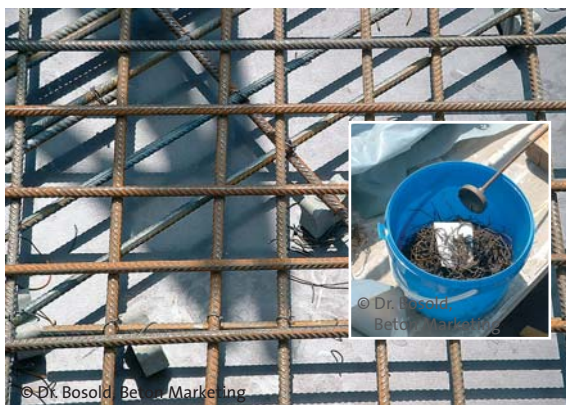


Abb. 9.4
Bindedrahtreste müssen entfernt werden, um Rostflecken zu vermeiden – am besten mit einem Magnet

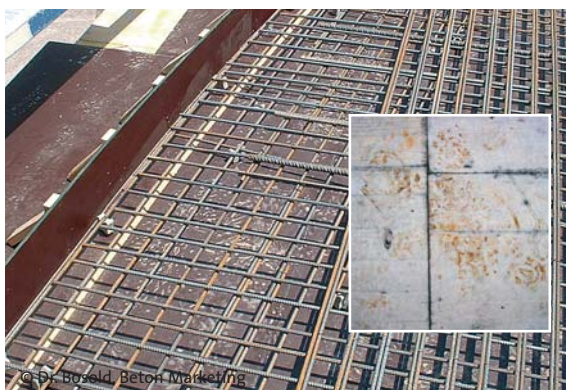


Abb. 9.5
Verschmutzungen der Schalung zeichnen sich später auf dem Sichtbeton ab



Abb. 9.6
Unmittelbar vor dem Betonieren sind lose Teile und Schmutz mit Hochdruck von der Schalung zu entfernen

Rostflecken. Fußabdrücke von verschmutzten Schuhen sowie lose Kleinteile sind durch Hochdruckreinigung zu beseitigen. Die Schalung ist vor der Betonage zu wässern, ohne jedoch Wasserpfützen zu hinterlassen. Es empfiehlt sich, den Trennmittelauftrag mit einem Gummischaaber 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. 9.7
Flecken an der Deckenunterseite als Folge zu spätem Ausschalens

Betoneinbau

Wände

Beim Betonieren einer Sichtbetonwand ist der Beton mit Einfüllrohren bis zum Fuß der Schalung zu führen, damit er sich nicht entmischt. Beim freien 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. 9.8
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



Abb. 9.9
Richtig und schlecht verdichtete Wand – links ohne, rechts mit Entmischungen

- Fallhöhen berücksichtigen, über 1 m Fallrohre benutzen
- bei Bedarf Anschlussmischung benutzen

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

Verdichtung

Die Frischbetonverdichtung ist ausschlaggebend für die Qualität des Betons – 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. Auch die Schwingung der Schalung ist im unteren Bereich anders 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 ent-



Abb. 9.10
Lunker und Poren im oberen Wandbereich



Abb. 9.12
Entmischungen und Farbunterschiede zeichnen sich deutlich ab

weichen und die Rüttelflasche 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.

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

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

stärkere Anhäufungen von Lunkern und Poren. Ursache dafür ist, dass die Auflast fehlt und die Luft dadurch nicht vollständig entweichen kann. Hier ist es hilfreich, sorgfältig mit einer kleinen Rüttelflasche nachzuverdichten.

Abzeichnung der Bewehrung

Die Rüttelflasche darf mit der Bewehrung oder Schalung nicht in Berührung kommen. Denn 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.

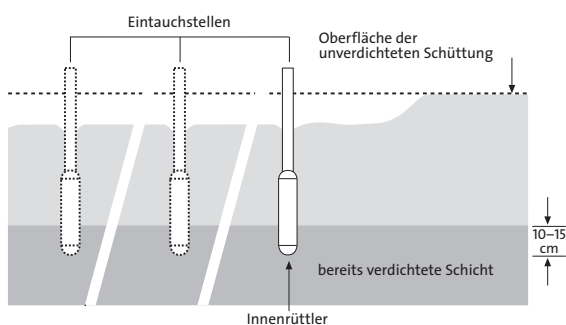


Abb. 9.11
Lagenweises Verdichten mit Vernadelung der Schichten unter sich

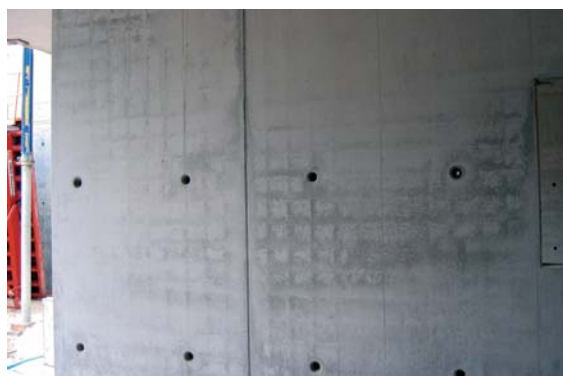


Abb. 9.13
Die Bewehrung zeichnet sich deutlich ab

10. Entfernen der Schalung

Ein langes Verweilen in der Schalung wirkt sich grundsätzlich positiv auf den Beton aus, weil er geschützt und genügend feucht bleibt, so dass er komplett durchhydratisieren kann, bevor er entschalt und nachbehandelt wird.

Bei Sichtbeton zeigt sich hingegen, dass die Oberfläche gleichmäßiger und heller wird, wenn er früh entschalt 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 Schalung 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 Kantenabriss 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. 10.1
Abgerissene Betonkante



Abb. 10.2
Ablösen der Zementhaut an der Oberfläche wegen zu früh geöffneter Schalung



Abb. 10.3
Punktuelle Abriss bis zur Körnung



Abb. 10.4
Verfärbungen wegen zu langer Verweildauer in der Schalung

11. 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. 11.1 bis 11.3). Solche dunklen Flecken sind kein qualitativer, sondern lediglich ein optischer Mangel. Kühle Außentemperaturen verstärken diesen Effekt wesentlich. Um die Sichtbetonwand bei der Foliennachbehandlung vor Berührungen zu schützen, muss eine Hilfskonstruk-



Abb. 11.1
Foliennachbehandlung ist wichtig, aber nicht so



Abb. 11.2
Dunkle Verfärbungen, wo die Folie den Beton berührte



Abb. 11.3
Deutliche Verfärbungen sichtbar

Nachbehandlung

tion 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. 11.4
Richtige Nachbehandlung mit Folie



Abb. 11.6
Hilfskonstruktion, um Folienkontakt zu vermeiden



Abb. 11.5
Nach dem Betonieren mit Kunststoffolie eingehaute Treppe



Abb. 11.7
Detailaufnahme: Weder Folie noch Brett berühren den Beton

12. Schutz der Betonoberfläche

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. 12.1 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.

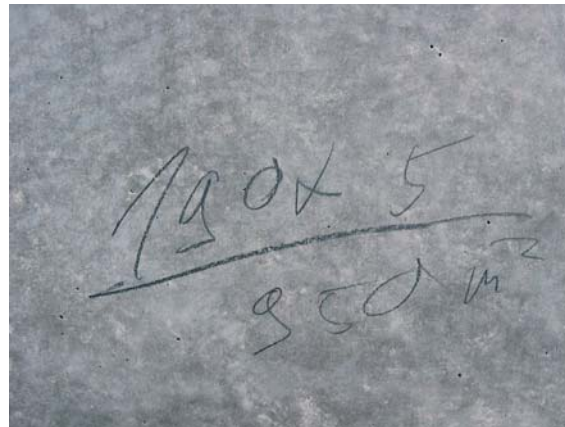


Abb. 12.4 Aufgebrachte Beschriftungen verunstalten die Sichtbetonoberfläche



Abb. 12.3 Falsch gebohrte Löcher stören die Sichtfläche



Abb. 12.2 Mit Brettern vor Beschädigungen geschützte Treppe



Abb. 12.5 Warnschilder sind sehr zu empfehlen

Schutz der Betonoberfläche



Abb. 12.6
Ungeschützte Anschlussbewehrung rostet bei Schnee und Regen



Abb. 12.7
Rostwasserspuren ungeschützter Anschlussbewehrung

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 Bewehrungsstäbe 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 Bewehrungsstäbe 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. 12.8
Die Anschlussbewehrung ist mit Kunststoffolie zu schützen



Abb. 12.9
Zwei Beispiele richtig geschützter Anschlussbewehrung

Ausblühungen

Ausblühungen (Kalkausscheidungen) auf Betonoberflächen entstehen oft bei kühler und nasser Witterung. Wegen des verzögerten Erhärtungsverlaufs und der dadurch besseren Löslichkeit von Calciumhydroxid 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 Calciumhydroxid Kohlensäure auf, wodurch schwer lösliches Calciumcarbonat (CaCO_3) entsteht, das auf der Betonoberfläche ausscheidet. Eindringendes Fremdwasser (Regen- oder Kondenswasser) fördert Ausblühungen häufig stark.



Abb. 12.10
Ausblühungen an einer Wand

Je nach der Dichtigkeit des Betongefüges und der Verdunstungsgeschwindigkeit kann Calciumcarbonat an der Oberfläche sichtbar oder auch unsichtbar innerhalb des Gefüges im Porenraum vorkommen.

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.

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. 12.11 zeigt Ausblühungen an einer Brückenunterseite, die an einem nebeligen Tag entschalt wurde. Die Seitenteile der in einem Guss betonierte Brücke verblieben dagegen noch einige Tage in der Schalung.

Abb. 12.12 zeigt diese an einem trockenen Tag entschaltene Seitenteile. Der Unterschied ist deutlich zu erkennen.



Abb. 12.11
Ausblühungen an einer Brückenunterseite



Abb. 12.12
Das bei trockener Witterung ausgeschaltete Seitenteil (rechts) zeigt keine Ausblühungen

13. 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 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. 13.1
Angemessener Betrachtungsabstand: das Gebäude als Ganzes wahrnehmbar



Abb. 13.3
Angemessener Betrachtungsabstand für ein Gebäude



Abb. 13.2
Betrachtungsabstand aus Sicht des üblichen Publikumsverkehrs



Abb. 13.4
Angemessener Betrachtungsabstand für ein Bauteil

14. 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. 14.1
Durch Abwaschen entfernte Betonnasen



Abb. 14.2
Deutlich sichtbare Schüttagungen



Abb. 14.3
Kiesnest wegen Entmischung

Schüttagungen

Deutliches Abzeichnen der Schüttagungen 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

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

Mängel

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. 14.4
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. 14.5
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 Bewehrungsseisen 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 einhausen
- lose Drahtreste entfernen



Abb. 14.6
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. 14.7
Willkürlich angeordnete Schalungsanker

Versätze

Versätze über 10 mm zwischen Schalelementstößen und an Bauteilanschlüssen.

Maßnahme zur Vermeidung:

- Schalung gut abspannen und sichern



Abb. 14.8
Versatz bei Schalelementstoß

Ausblutungen

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

Maßnahme zur Vermeidung:

- Kanten und Stöße abdichten



Abb. 14.10
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. 14.9
Entmischung am Schalungsfuß

Schleppwasser und Wasserläufer

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

Maßnahmen zur Vermeidung:

- robuste Betonrezeptur
- Beton darf nicht bluten, Wasserabsondern
- keine Betonierpausen einlegen
- nicht bei starkem Regen betonieren



Abb. 14.11
Schleppwasser zeichnet stark ab

Mängel

Abzeichnungen der Schalhaut

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

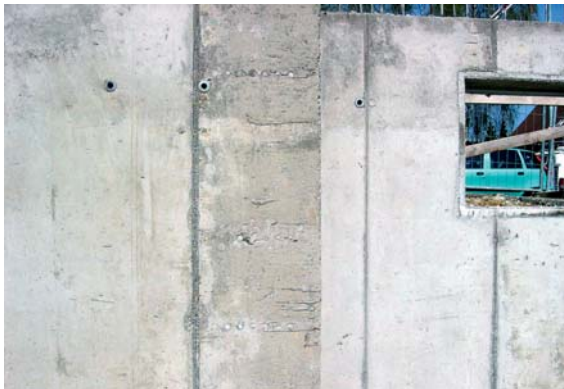


Abb. 14.12
Unterschiedliche Schalhäute ergeben unterschiedliche Betonoberflächen

Ausgelaufene Spannanker

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

Maßnahmen zur Vermeidung:

- Spannstellen abdichten
- Ankerschrauben nachziehen



Abb. 14.14
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. 14.13
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. 14.15
Verfärbungen wegen zu hoher Trennmitteldosierung

Verfärbungen an Stützen

Unterschiedliche Farbtöne durch teilweises Entfernen der Schalhaut.

Maßnahme zur Vermeidung:

- bei Stützen Schutzmantel nicht abreißen



Abb. 14.16
Verfärbungen (rechts) wegen abgerissener Schalhaut (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



Abb. 14.17
Bewehrung zeichnet sich an der Oberfläche ab

Eingeschränkt vermeidbare Mängel

Zu den nur bedingt vermeidbaren Mängeln zählen:

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



Abb. 14.18
Geringfügige Farbtonunterschiede zwischen einzelnen Schüttilagen



Abb. 14.19
Häufung von Lunkern im oberen Wandbereich

Mängel

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. 14.20
Leichte Farbunterschiede und Ausblutungen an der Betonierfuge



Abb. 14.21
Leicht sichtbare Wolkenbildung an einer Deckenunterseite



Abb. 14.22
Stellenweise Porenhäufungen und leichte Farbunterschiede am Schalungsstoß

15. 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 Exzentrerschleifer entfernen (Abb. 15.4). Allerdings wird die Struktur der Oberfläche dadurch verändert.

Großflächige Verschmutzungen

Großflächige Verschmutzungen von Verfärbungen der Schalhaut, Trennmittelfärbungen 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 rauher.



Abb. 15.2
Bleistiftzeichnungen auf der Sichtfläche



Abb. 15.3
Entfernen mit Schwamm oder Radiergummi



Abb. 15.1
Abschleifen mit Industrieschleifern



Abb. 15.4
Beton abschleifen mit Schleifmaschine

Maßnahmen zur Mängelbeseitigung

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. 15.5
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. 15.6
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. 15.7
Sichtbare Spachtelung einer Wandfläche



Abb. 15.8
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. 15.9
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. 15.11
Nachträglich lasierte Oberfläche



Abb. 15.10
Wegen starker Rostverschmutzungen abgeschliffene Betondecke



Abb. 15.12
Detailaufnahme der nachträglich lasierten Oberfläche

Maßnahmen zur Mängelbeseitigung

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. 15.13 bis 15.15 zeigen verschiedene Situationen vor und nach der Mängelbeseitigung mit einer multifunktionalen Betonlasur (Faceal Colour) sowie die Spezialisten bei der Arbeit.



Abb. 15.13a
Das Marie-Elisabeth-Lüders-Haus vor ...



Abb. 15.13b
... und nach der Mängelbeseitigung



Abb. 15.14a
Die Spezialisten bei der Arbeit, mit Industrieschleifer und ...



Abb. 15.14b
... einer speziellen Betonlasur. Wohn- und Geschäftshaus »Schänzli-
park«, Solothurn



Abb. 15.15a
Sogar hartnäckige Wasserschlieren ...



Abb. 15.15b
... 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. 15.16 bis 15.18 zeigen mit Aufnahmen vor

und nach der Sanierung einige Beispiele dessen, was ein Profi an einer Wand retuschieren kann.



Abb. 15.16a
Scharfkantige Ecke mit ausgelaufenem Zementleim vor der Retusche



Abb. 15.16b
Dieselbe scharfkantige Ecke nach der Retusche



Abb. 15.17a
Von einer Kabeldurchführung beschädigte Oberfläche



Abb. 15.17b
Dieselbe Oberfläche nach der Retusche



Abb. 15.18a
Detail einer missglückten Wandfläche



Abb. 15.18b
Detailansicht der retuschierten Wandfläche

16. Literaturhinweise

Merkblatt Sichtbeton
DBV und DBZ (Eigenverlag), 2006

Technik des Sichtbetons
Peck / Bose / Bosold
Verlag Bau + Technik GmbH, 2007

Sichtbetonhandbuch 2006
Verlag Bau + Technik GmbH, 2006

Sichtbetonhandbuch 2007
Verlag Bau + Technik GmbH, 2007

Sichtbetonhandbuch 2008
Verlag Bau + Technik GmbH, 2008

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

Experten für Betonsanierung

PSS INTERSERVICE GmbH
Saalmanstraße 11, 13403 Berlin,
Tel. 030 4140890, www.pss-interservice.eu

Sichtbetonkosmetik Kopp
Tulpenweg 12, 89607 Emerkingen,
Tel. 07393 917155, www.sibeko-kopp.de



Holcim (Süddeutschland) GmbH
72359 Dotternhausen
Deutschland
info-sueddeutschland@holcim.com
www.holcim.de/sued
Telefon +49 (0) 7427 79-300
Telefax +49 (0) 7427 79-248