



Aufsatzbestellung Fernleihe:



Bestellnummer: A154679216

lok. Bestellnummer: @202000015

Bestelldatum: 2020-01-23 13:10:43

Bestellverbund: HBZ

Bestellinstitution: 987
Hochschulbibliothek RheinMoselCampus

Konrad-Zuse-Str. 1
DE-56075 Koblenz

Benutzer: VZG Datei-Upload Webfrontend

Benutzernummer: 154769301/Petzoldt

Lieferinstitution: <841> ZHSB Luebeck

Buch / Zeitschrift: Sichtbeton

Autor:

ISSN / ISBN:

Ort: DBV (Berlin)

Titel des Aufsatzes:

Autor des Aufsatzes:

Jahrgang:

Band / Heft: /

Seitenangabe:

Kostenübernahme:

Bemerkung:

Wir weisen Sie als Empfänger hin, dass Sie nach geltendem Urheberrecht die von uns übersandten Vervielfältigungsstücke ausschliesslich zum privaten oder sonstigen eigenen Gebrauch verwenden dürfen und weder entgeltlich noch unentgeltlich in Papierform oder als elektronische Kopie verbreiten dürfen.



A154679216



@202000015

PPN: 839169027

Bestellnummer: A154679216

lokale Bestellnr.: @202000015

Eingangsdatum: 22-01-2020 09:29

Verbundübergreifende Fernleihe

Bestellende Bibliothek:

987

Hochschulbibliothek RheinMoselCampus
Konrad-Zuse-Str. 1
56075 Koblenz

NutzerIn: 154769301/Petzoldt

Lieferbibliothek: 0841

<841> Zentrale Hochschulbibliothek Lübeck
FERNLEIHE
Ratzeburger Allee 160
23562 Lübeck
0451 / 3101 2201
zhbfern@zhb.uni-luebeck.de

Dieser Beleg muss bis zur
Rücksendung im Buch bleiben!

Bestellende Bibliothek oder BenutzerIn:

987

Hochschulbibliothek RheinMoselCampus
Konrad-Zuse-Str. 1
56075 Koblenz

Benutzernummer:

Bearbeitungsvermerke

- Leihfrist 4 Wochen
- Leihfrist 2 Wochen Kurzausleihe
- keine Verlängerung möglich
- nur Lesesaalbenutzung
- Kopierverbot
- Scannen erlaubt/Aufsichtsscanner
- Buch beschädigt/verschmutzt
- Sonstiges:

Unter Anerkennung der Benutzungsbedingungen wird bestellt:



839169027

Signaturen:

! LS ! WF 347 2015 A 1743:2

VerfasserIn:

(Aufsatz)

Titel:

(Aufsatz)

Seiten:

Titel (Monographie/Zeitschrift):

Sichtbeton

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein ; ID:
gnd/5344432-2

Fassung Juni 2015

2015

Berlin

DBV

Bemerkung:

Zusatzkosten bis (€):

Band:

Leihform:

Leihe

Heft:

Jahr:

Lieferart:

Post

Ablaufdatum:

18-03-2020

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abstract	5
Vorwort	5
1 Allgemeines	7
1.1 Vorbemerkungen	7
1.2 Einleitung	7
2 Begriffe	8
3 Regelwerke und vertragliche Einbindung des Merkblatts	10
4 Sichtbetonklassen und deren Verknüpfung mit technischen Merkmalen	10
5 Planung und Ausschreibung	16
5.1 Grundlagen der Gestaltung	16
5.1.1 Allgemeine Merkmale	16
5.1.2 Ausführbarkeit	17
5.1.3 Bautechnische Grundsätze	18
5.1.4 Gestaltung durch Schalungshaut und Schalung	20
5.1.5 Gestaltung durch Schalungseinlagen und Schalungshaut einschritte	23
5.1.6 Farbliche Gestaltung von Sichtbetonflächen	23
5.2 Ausschreibung (Entwurfsplanung und Leistungsbeschreibung)	23
5.2.1 Allgemeines	23
5.2.2 Gestaltungselemente	26
5.2.3 Eprobungen	27
5.2.4 Referenzflächen	28
5.3 Schutz der fertigen Leistung	28
6 Anforderungen an die Ausführung	28
6.1 Schalung	28
6.2 Bewehrung und Einbauteile	29
6.3 Beton	30
6.4 Bauausführung	31
6.5 Sichtbetonteam und Maßnahmen zur Qualitätssicherung	31
7 Beurteilung	32
7.1 Grundlagen	32
7.2 Gesamteindruck	33
7.3 Einzelkriterien	33
7.4 Vorgehen bei Abweichungen	33
7.4.1 Allgemeines	33
7.4.2 Beseitigungen von Abweichungen	34
7.4.3 Bewertung verbleibender Abweichungen	34
Anhang A: Anforderungen an die Planung, Eprobung und Ausführung	34
Anhang B: Empfehlungen für Planung und Überwachung der Ausführung	40
Anhang C: Ausbildung von Stößen und Fugen	41
C.1 Schalungs- und Schalungshautstöße	41
C.2 Fugen	41
C.3 Ausführungsempfehlungen	42
C.3.1 Arbeitsfugen zwischen Boden und Wand	42

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Schrift darf ohne schriftliche Genehmigung des DBV und VDZ in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

Die Wiedergabe von Markennamen, Handelsbezeichnungen oder sonstigen Kennzeichen in dieser Schrift berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedem freien benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

2015 A 1743.2

Sichtbeton	42
C.3.2 Arbeitstufe zwischen zwei Wänden bei mehreren Wandabschnitten	42
C.3.3 Arbeitstufe zwischen Wand und Decke	43
C.3.4 Arbeitstufe zwischen zwei Decken	43
Anhang D: Schalungssanker	44
Anhang E: Trennmittel	44
E.1 Allgemeines	44
E.2 Lösemittellhaltige Trennmittel	44
E.3 Lösemittelfreie Trennmittel	44
E.4 Wässrige Trennmittelemulsionen	45
E.5 Sprühgeräte	45
Anhang F: Verfärbungen der Betonoberfläche	45
F.1 Allgemeines	45
F.2 Blau- und Grünverfärbungen	46
F.3 Fleckige Dunkelverfärbungen	46
F.3.1 Charakterisierung und Entstehung der fleckigen Verfärbungen	46
F.3.2 Vermeidung und Beseitigung dunkler Fleckiger Dunkelverfärbungen	47
F.4 Gelb- und Braunverfärbungen	48
Anhang G: Erläuternde Bilder zum Textteil	49
Schrifttum	50
Bildnachweis	53

Merkblatt

Sichtbeton

Exposed Concrete

Fassung Juni 2015

Abstract

This guide to good practice describes visual surface-properties of cast-in-place exposed concrete. The planner has the choice of four classes which define exposed concrete by corresponding classes of texture, porosity, homogeneity of the colour tone, evenness, construction/panel joints and formwork sheet, beginning from low to very high aesthetic and technical requirements.

Furthermore this guide addresses the specifications for planning, tendering and executing and describes the evaluation process of the executed surface.

Vorwort

Aktuelle Neubauvorhaben zeigen, dass der Trend zu Sichtbetonbauwerken ungebrochen ist. Mit Sichtbeton lassen sich Flächen und Körper und damit architektonisch attraktive Bauwerke schaffen. Hierfür kann der Baustoff mithilfe moderner Schalungstechnik in großer Variationsbreite der jeweils vorgesehenen Verwendung entsprechend geformt und dem künstlerischen Entwurf des Architekten angepasst werden.

Die Philosophie dieses Merkblattes besteht darin, den Dialog und die Kommunikation der an der Bauaufgabe Beteiligten durch Systematisierung und Klassifizierung der unterschiedlichen Anforderungen an Sichtbeton zu fördern. Die Tabelle 1 des Merkblattes hat deswegen unmittelbare Auswirkungen auf die Planung, die Ausschreibung, die Baustoffauswahl, die Preisfindung sowie auf die Ausführung. Schussendlich beschreibt das Merkblatt, wie bei der Beurteilung und Abnahme von Sichtbetonbauteilen vorzugehen ist.

Zielgruppen des Merkblattes sind Auftraggeber, Architekten, Planer, Bauunternehmer, Bauüberwacher und Baustoff- und Baumaterialreferenten, denen mit diesem Merkblatt ein zusammenhängendes Rüstzeug für die Planung, die Ausschreibung, den Bau und die Beurteilung von Sichtbetonflächen an die Hand gegeben wird.

Das Merkblatt wurde in seiner ersten Fassung August 2004 von einem Arbeitskreis verfasst, dem namhafte Kollegen aus der Praxis angehörten. Seit den Jahren 2004 bzw. 2008 hat sich die Sichtbetontechnik – d. h. die Anforderungen an und das Wissen über sie – weiterentwickelt. Deshalb war es erforderlich geworden, aktuelle Erkenntnisse, Forschungsergebnisse und die mit der

vorherigen Auflagen gewonnenen Erfahrungen in eine Aktualisierung des Merkblattes einzubringen. Die Herausgeber danken deshalb den Mitgliedern des Arbeitskreises 2011 bis 2015¹.

Die maßgebliche Änderung dieser korrigierten dritten Ausgabe betrifft die formelle Fassung der Tabelle 2 „Merkmale der Anforderungen gemäß Tabelle 1“. Jedoch wurden in Tabelle 2 keine inhaltlichen Veränderungen gegenüber der Vorgängerversion vorgenommen. Die Tabelle ist lediglich redaktionell überarbeitet und in ihren technischen Vorgaben zusammengefasst. Den praktischen Gegebenheiten angepasst wurden die Schalungshautklassen in Tabelle 3. Darüber hinaus wurden die Begriffe Schalungselement, Schalungsstoß, Schalungshaut und Schalungshautstoß eingeführt und durchgängig benutzt. Alle anderen Passagen des Merkblattes sind im Wesentlichen nur dem aktuellen Stand des Wissens, der Forschungsergebnisse und der Erfahrungen angepasst oder präziser gefasst. Der Kern der Aussagen – d. h. insbesondere hinsichtlich der Sichtbetonklassen und der Grundlagen der Beurteilung – wurde nicht verändert.

Mit dieser dritten Fassung wird der Fachwelt also ein aktualisiertes Merkblatt zur Verfügung gestellt, das nach Meinung der Herausgeber den derzeitigen Stand der Technik widerspiegelt. Die Fachwelt wird gebeten, Erfahrungen zum Merkblatt den Herausgebern mitzuteilen.

Bei der Anwendung des vorliegenden Merkblatts bleibt zu beachten, dass die Qualität von Sichtbeton und damit eine erfolgreiche Umsetzung der hier zusammengetragenen Empfehlungen und Merkmale keine absolute Größe darstellen. Die Leistung ist vielmehr eindeutig zu spezifizieren, ordnungsgemäß auszuschreiben und von qualifizierten Unternehmen zu erbringen. Gemeinsam und im Team mit allen Beteiligten sollte Sichtbeton geplant und realisiert werden – das ist die Grundlage für den angestrebten Erfolg.

1.2 Einleitung

Für die Herstellung und Beurteilung von Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen – i. Allg. als Sichtbetonflächen bezeichnet – werden in der Literatur zahlreiche Hinweise gegeben (siehe z. B. [1] bis [8]). Jedoch gibt es für diese Bauweise derzeit keine allgemeinverbindlichen Vorschriften oder Richtlinien. Auch erweist sich eine objektive Beurteilung des fertigen Bauwerks i. Allg. als schwierig. Die Praxis zeigt, dass bei Auftraggebern und Auftragnehmern der Bedarf nach Regelung besteht.

Zum Aufbau dieses Merkblatts:

Nach der Definition wichtiger Begriffe und einem Verweis auf wesentliche Regelwerke werden im Abschnitt 4 Sichtbetonklassen definiert und deren Verknüpfung mit technischen Merkmalen bzw. dem dazu erforderlichen Leistungsumfang aufgezeigt. Die Anforderungen an Planung, Ausschreibung und Ausführung werden anschließend in den Abschnitten 5 und 6 näher erläutert. Abschnitt 7 schließlich gibt Hinweise zur Beurteilung der fertigen Sichtbetonfläche. Die Anhänge A bis G enthalten weitere Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung, Erprobung, Bauausführung sowie zu Einzelaspekten.

1 Allgemeines

1.1 Vorbemerkungen

Das Merkblatt dient vornehmlich zur Planung, Ausschreibung, Ausführung und Beurteilung glatter Sichtbetonflächen des Ortbetons, die mit einer nicht oder schwach saugenden Schalungshaut hergestellt werden. Bei der Verwendung saugender Schalungshäute (z. B. Brettschalung) oder bei einer Bearbeitung oder Behandlung der Sichtbetonflächen (z. B. durch Sandstrahlen, Waschen, Stocken, Spalten, Polieren, Beschichten etc.) sind die Regelungen des Merkblatts zumeist nur eingeschränkt zutreffend und deshalb in der planerischen und baubetrieblichen Anwendung sinnvoll auszuwählen bzw. anzupassen. Qualitativ hochwertige Sichtbetonflächen entstehen – wie die Erfahrung zeigt – nur durch das erfolgreiche Zusammenwirken von fachgerechter Gestaltung, Planung, Baustofftechnik und Baubetrieb. Daher ist dieses Merkblatt bei der praktischen Anwendung stets als Ganzes zu berücksichtigen.

Die Herstellung von Betonbauteilen im Fertigteilewerk bietet gute Voraussetzungen für eine gleichmäßige Qualität von Sichtbetonflächen. Aufgrund weitgehend witterungsunabhängiger und gleichbleibender Herstellungsbedingungen sowie der i. d. R. ortsfesten Lage der Schalung kann es vorteilhaft sein, Fertigteile einzusetzen. Für Fertigteile kann das „Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton“ [R3] der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V. angewendet werden.

¹ Arbeitskreismitglieder 2011–2015: Dipl.-Ing. Beez, LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG; Ing. Flata, Krittel; Dr.-Ing. Goldammer (Obermann), Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV); Dipl.-Ing. Heiß, Dyckerhoff AG; Dr.-Ing. Kitz, DBV; Prof. Dr.-Ing. Motzk, Technische Universität Darmstadt; Dipl.-Ing. Obergfell, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG; Dipl.-Ing. Peck, Beton Marketing Süd GmbH; Dr.-Ing. Pisarsky, DBV; Dipl.-Ing. Reicherz, Billinger SE; Dr.-Ing. Reinisch, Österreichische Dokta Schalungstechnik GmbH; Dr.-Ing. Ruhrau, CRP Ingenieurgemeinschaft; Dr.-Ing. Strehlein, Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeklat GmbH.

Somit werden in diesem Merkblatt alle Phasen – von der Planung und Ausbeschreibung über die Bauausführung einschließlich Betontechnologie bis hin zur Beurteilung – eines Sichtbetonbauteils behandelt.

Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass gerade bei der Verwendung glatter und schwach oder nicht saugender Schalungshaut an den Sichtbetonoberflächen eine Reihe unerwünschter sichtbarer Phänomene auftreten können, die den Gesamteindruck stören. Solche „Abweichungen“ lassen sich zwar durch Eprobungen im Vorfeld der Betonage und durch größte Sorgfalt bei der Bauausführung erheblich vermindern, aber selbst bei höherem Aufwand oder bei Anwendung hochtechnischer Systeme (z. B. für die Schalung) nicht vollständig ausschließen (siehe auch Abschnitte 5.1.2, 7.2 und 7.3).

2 Begriffe

Im Rahmen dieses Merkblatts werden folgende Begriffe verwendet:

Sichtbeton

Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen (siehe z. B. DIN 18217 [R4]) werden allgemein als „Sichtbeton“ bezeichnet.

Die Sichtbetonfläche ist der nach Fertigstellung sichtbare Teil des Betons, welcher Merkmale der Gestaltung und der Herstellung erkennen lässt (Form, Textur, Farbe, Schallungshaut, Fugen u. a.) und die architektonische Wirkung eines Bauteils oder Bauwerks maßgebend bestimmt. Sichtbetonflächen können durch den Einsatz von besonderer Schalung und gezielter Betonzusammensetzung u. a. m. vielfältig gestaltet werden (siehe Abschnitte 5.1.4 bis 5.1.6). Sichtbetonflächen sollten in der Leistungsbeschreibung ausreichend, d. h. eindeutig und ausführbar, beschrieben werden. Als Sammelbegriff oder als Ersatz für eine eindeutige Beschreibung der Sichtbetonfläche reicht die alleinige Förderung nach Sichtbeton nicht aus. Aus diesem Grund werden in diesem Merkblatt Sichtbetonklassen mit geringen und normalen Anforderungen (Sichtbetonklassen SB 3 und SB 4) beschrieben (siehe Abschnitt 4).

Schalungselement

(baupraktisch auch Schalelement genannt) bezeichnet eine transportable Umsetzeinheit einer Schalung (i. d. R. bestehend aus Träger- oder Rahmenschalung); dabei kann ein Schalungselement aus mehreren gestoßenen Schalungsplatten zusammengesetzt sein (siehe Bild G.1).

Schalungsstoß

(baupraktisch auch Elementstoß oder Schalungselementstoß genannt) Abzeichnung des Abdrucks von miteinander u. U. verbundenen (gestoßenen)

Schalungselementen (siehe Abschnitt 5.1.4 und Bilder G.2 und G.3), sowohl vertikal als auch horizontal. In der Regel gibt es mehrere Schalungsstöße zwischen den Arbeitsfugen.

Schalungshautstoß

(baupraktisch auch Schalhautstoß, Plattenstoß oder Schalungsplattenstoß genannt) Abzeichnung des Abdrucks von ggf. mehreren auf einem Schalungselement montierten Schalungsplatten. Der Schalungshautstoß zeichnet sich weniger stark ab als der Schalungstoß, da z. B. kein Versatz innerhalb eines Schalungselementes entsteht.

Arbeitsfüge

ist eine durch den Arbeitsfortschritt erzwungene, meist horizontal oder vertikal verlaufende Trennfläche zwischen einzelnen Betonierabschnitten in Bauteilen oder auch in ganzen Bauwerken. In Arbeitsfügen läuft i. d. R. die Bewehrung durch, sodass Schnittkräfte übertragen werden können. Je nach Art der Ausführung prägen Arbeitsfügen das Aussehen von Sichtbetonflächen in erheblichem Maß mit (siehe Anhang C und Bild G.4).

Eprobungen, Eprobungsflächen

Herstellung eines Bauteils (z. B. im Kellergeschoss des Bauwerks), an das grundsätzlich keine Sichtbetonanforderungen gestellt werden, oder eines gesondert hergestellten Bauteils, an dem die am Bau Beteiligten zur Entwicklung und Absicherung des technischen Vorgehens oder zur Abstimmung des geforderten Aussehens, der nachträglichen Bearbeitung oder Behandlung u. a. m. praktische Versuche vornehmen – siehe auch Abschnitt 5.2.3, Tabelle A.6 sowie Bild G.5.

Referenzfläche

Erprobungsfläche, deren Oberflächenbeschaffenheit als verbindlicher Standard zur Beurteilung der vertraglichen Leistung vereinbart wird (siehe Abschnitt 5.2.4).

Sichtbetonteam

ist eine vom Auftraggeber oder Bauherrn einzusetzende Gruppe von fachkundigen Personen, die für die Koordination der Planung und des Bauablaufes sichtbarer Betonflächen verantwortlich ist (siehe auch Abschnitt 6.5 und Anhang B).

Textur

Geometrische Gestalt der Betonoberfläche als Abweichung von der planen Ebene (siehe Tabelle 2).

Schalungsmusterplan

legt das Abbild fest, welches die Schalung auf der fertigen Betonoberfläche hinterlässt (siehe Abschnitt 5.1.1 und Bilder 1, 2 und G.6). Er ist Teil der Leistungsbeschreibung oder Teil der bautechnischen Unterlagen. In diesem Plan sollen vom Planer ergänzend zur textlichen Beschreibung und zum Schalplan die geforderten Merkmale der Schalung bzw. der Sichtbetonfläche festgelegt werden, z. B. Lage und Ausprägung der Arbeitsfugen, Schalungsstöße- und Schalungshautfügen, Ankerlöcher.

3 Regelwerke und vertragliche Einbindung des Merkblatts

Hinweise zu Sichtbeton sind vereinzelt in folgenden Regelwerken zu finden:

- DIN 18217 [R4],
- DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 [R5],
- VOB/C: ATV DIN 18331 [R7],
- ZTV-ING [R8].

Das Aussehen einer Sichtbetonfläche wird durch diese Regelwerke allerdings nicht oder nicht hinreichend konkretisiert. Deshalb wird empfohlen, das vorliegende Merkblatt als Grundlage und Inhalt von Ausschreibungen und Bauverträgen zur Herstellung, Beurteilung und Nachbesserung von Sichtbetonflächen zu nutzen und das vorliegende DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“ vertraglich festzuschreiben. Dies sollte in der Planung mit der Auswahl der Sichtbetonklassen gemäß Tabelle 1 beginnen.

4 Sichtbetonklassen und deren Verknüpfung mit technischen Merkmalen

Zur Beschreibung von Sichtbeton, zur Planung, Ausschreibung, Ausführung und Beurteilung geschalter Flächen sind vier Sichtbetonklassen definiert:

- Sichtbetonklasse SB 1 mit geringen gestalterischen Anforderungen bei niedrigen Herstellkosten, z. B. für Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung,
 - Sichtbetonklasse SB 2 mit normalen gestalterischen Anforderungen bei mittleren Herstellkosten, z. B. für Treppenhäuser und Stützwände,
 - Sichtbetonklasse SB 3 mit hohen gestalterischen Anforderungen bei hohen Herstellkosten, z. B. für Fassaden und
 - Sichtbetonklasse SB 4 mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen bei sehr hohen Herstellkosten, z. B. für repräsentative Bauteile.
- In den Tabellen 1 bis 3 werden die vorgenannten vier Sichtbetonklassen durch folgende Anforderungen und Anforderungsklassen näher beschrieben:

Sichtbeton

Merkmale

- Textur: Texturklassen T1 bis T3,
 - Porigkeit: Porigkeitsklassen P1 bis P4,
 - Farbtongleichmäßigkeit: Farbtongleichmäßigkeitsklassen FT1 bis FT3,
 - Ebenheit: Ebenheitsklassen E1 bis E3,
 - Schalungshaut: Schalungshautklassen SHK1 bis SHK3,
 - Arbeitsfugen und Schalungsstöße: Arbeitsfugenklassen AF1 bis AF4.
- Hinsichtlich des mit der Wahl der Sichtbetonklasse verbundenen Aufwands bei Planung, Erprobungen und Ausführung gibt Anhang A einen Überblick. Der Anhang B enthält differenziert für die einzelnen Sichtbetonklassen weitergehende Empfehlungen für Planung, Ausführung und Qualitäts sicherung des Arbeitssystems „Sichtbetonbauteil herstellen“. Es wird darum gebeten, den Herausgebern über Erfahrungen mit dem Anhang B zu berichten.

Tabelle 1. Sichtbetonklassen und zugehörige Anforderungsklassen
Table 1. Classification for exposed concrete and relating classes of requirements

S			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Z	Sichtbetonklasse	Beispiele	Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen nach Klassen bezüglich						Weitere Anforderungen		Herstellkosten		
			Textur	Porigkeit ¹		Farbtongleichmäßigkeit ^{1, 2}		Ebenheit	Arbeitsfugen und Schalungsstöße	Erprobungen ³	Schaltungshaut ⁴		
				s	ns	s	ns						
1	Sichtbeton mit normalen 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	
2		SB 2	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen, z. B. Treppenhäuserräume; Stützwände	T2	P2	P1	FT2	FT2	E1	AF2	empfohlen	SHK2	mittel
3		SB 3	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen, z. B. Fassaden	T2	P3	P2	FT2	FT2	E2	AF3	dringend empfohlen	SHK2	hoch
4		SB 4	Betonflächen mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen, repräsentative Bauteile	T3	P4	P3	FT3	FT2	E3	AF4	erforderlich	SHK3	sehr hoch

1 s = saugend bzw. ns = nicht saugende Schaltungshaut; siehe Tabelle 4
 2 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 gemäß Abschnitt 7 zu beurteilen.
 3 Anforderungen an Erprobungen siehe auch Tabelle A.6
 4 Anforderungen an Schaltungshaut siehe Tabelle 3

Hinweise für alle Sichtbeton- und Anforderungsklassen:
 Im Sinne dieses Merkblattes ist der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche 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 neben den Abschnitten 5.1.2 und 7 dieses Merkblattes auch zu beachten, dass jedes Bauteil als Unikat zu sehen ist. Geringe Unregelmäßigkeiten, z. B. der Textur und des Farbots, sind in allen Sichtbetonklassen charakteristisch.

Tabelle 2. Merkmale der Anforderungen gemäß Tabelle 1
Table 2. Attributes for requirements relating to table 1

S	1	2	3	
Z	Merkmal	Anforderungsklasse	Anforderungen ¹	
1	Textur	T1	- weitgehend geschlossene Zementleim- bzw. Mörteloberfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 20 mm Breite und ca. 10 mm Tiefe zulässig - Rahmenabdruck des Schalungselementes zugelassen	
2		T2	- geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 10 mm Breite und ca. 5 mm Tiefe zulässig - Höhe verbleibender Grate bis ca. 5 mm zulässig - Rahmenabdruck des Schalungselementes zugelassen	
3		T3	- glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 3 mm Breite zulässig - feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca. 3 mm zulässig - weitere Anforderungen (z. B. an Ankerausbildung, Schaltungshautstöße, Konenverschlüsse) sind detailliert festzulegen	
4	Porigkeit	Porenanteil mit Poredurchmessern d in den Grenzen $2 \text{ mm} < d < 15 \text{ mm}$ gemessen an einer repräsentativen Prüffläche von $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$		
5		P1	$\leq \text{ca. } 3\,000 \text{ mm}^2$ maximaler Porenanteil (ca. 1,2 % der Prüffläche)	
6		P2	$\leq \text{ca. } 2\,250 \text{ mm}^2$ maximaler Porenanteil (ca. 0,9 % der Prüffläche)	
7		P3	$\leq \text{ca. } 1\,500 \text{ mm}^2$ maximaler Porenanteil (ca. 0,6 % der Prüffläche)	
8		P4	$\leq \text{ca. } 750 \text{ mm}^2$ maximaler Porenanteil (ca. 0,3 % der Prüffläche)	
9	Farbtongleichmäßigkeit	FT1	Hell-/Dunkelverfärbungen sind zulässig, Schmutzflecken sind unzulässig.	
10		FT2	Gleichmäßige, großflächige Hell-/Dunkelverfärbungen in der Flächenfärbung sind zulässig. Schmutzflecken sind unzulässig, Unterschiedliche Arten und Vorbehandlungen der Schaltungshaut sowie Betonausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft sind unzulässig.	
11		FT3	Zulässig sind geringe Hell-/Dunkelverfärbungen (z. B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen). Unzulässig sind Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen, verursacht durch die Nichteinhaltung der Vorgaben aus Anhang A, Tabelle A 3. Bei saugender Schaltungshaut sind großflächige Verfärbungen, verursacht z. B. durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schaltungshaut und ungeeignete Nachbehandlung des Betons unzulässig.	

... Fortsetzung

Fortsetzung von Tabelle 2. Merkmale der Anforderungen gemäß Tabelle 1
Continuation of Table 2. Attributes for requirements relating to table 1

S	1	2	3		
Z	Merkmal	Anforderungsklasse	Anforderungen ¹		
12 13 14 15	Ebenheit	Ebenheitsforderungen E1 bis E 3 gelten nicht bei bearbeiteten oder strukturierten Flächen			
		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.		
16 17 18	Schalungshaut	SHK1 SHK2 SHK3	siehe Tabelle 3		
19 20 21 22 23		Arbeitsfugen und Schalungsstöße bleiben in AF1 bis AF4 sichtbar			
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. Feimörtelaustritt 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. Feimörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o. ä. empfohlen.			
24		AF4	Planung der Detailausführung erforderlich. Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 3 mm zulässig. Feimörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. Weitere Anforderungen (z. B. Ausbildung von Arbeitsfugen und Schalungsstöße) sind detailliert festzulegen.		

¹ Die in Abschnitt 5.1.2 beschriebenen Merkmale der Ausführbarkeit sind bauarttypisch und gelten für alle Anforderungsklassen

Tabelle 3. Schalungshautklassen
Table 3. Classification of formwork sheet

S	1	2	3	4
Z	Merkmal	SHK1	SHK2	SHK3
1	Bohrlöcher	mit Kunststoff- oder Holz- stopfen oder mit geeigneten Reparaturverfahren ver- schließen	als Reparaturstellen zulässig ²	nicht zulässig ³
2	Nagel- und Schraublöcher	zulässig	ohne Abspülungen zulässig ⁴	nicht zulässig ³
3	Beschädigung der Schalungs- haut durch Innenutten ⁵	zulässig	nicht zulässig ³	nicht zulässig
4	Kratzer	zulässig	in SB 2 leichte Kratzer bis 1 mm Tiefe zulässig ⁶ ; sonst als Reparaturstellen ² zulässig	nicht zulässig ³
5	Beton- oder Mörtelreste ⁷	keine flächigen Ablösungen	nicht zulässig	nicht zulässig
6	Zementkleber	zulässig	zulässig	nicht zulässig ⁴
7	Auftrütteln der Schalungshaut in Schraub- bzw. Nagel- berüchern oder Weißglocken an Kantenflächen („Rippings“)	zulässig	in SB 2 zulässig; in SB 3 nicht zulässig ^{4, 5}	nicht zulässig ⁶

¹ Die Schalungshaut ist vor jedem Einsatz auf ihren definierten Zustand hin zu überprüfen.

² Reparaturen an der Schalungshaut sind sach- und fachgerecht durch qualifiziertes Personal vorzunehmen.

³ als Reparaturstellen² in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig

⁴ nach Absprache mit dem Auftraggeber zulässig

⁵ Zu tolerieren sind werkstofffesteingle Dicke Toleranzen im Kantenzonen

⁶ Siehe auch GSV-Merkblatt Metallschaltung Güteschutzverband Betonschaltungen e. V., Ratingen [R17]

⁷ Beton- oder Mörtelreste in Nagellochern und zwischen Schalungshaut und Elementkante sind zulässig. Erfahrungen zeigen, dass Auftraggeber häufig größere Toleranzen der Marktelemente einer Schalungshaut zu lassen. Soweit von den Fällen 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.

Für die Planung gibt Tabelle 4 als Orientierungshilfe eine grobe Übersicht über gegenwärtig zur Verfügung stehende Schalungshauttypen, deren Merkmale, Einsatzhäufigkeiten und Auswirkungen auf die Sichtbetonoberfläche.

5 Planung und Ausschreibung

5.1 Grundlagen der Gestaltung

5.1.1 Allgemeine Merkmale

Beton zeigt nach dem Entschalen auf seinen Sichtbetonflächen eine aus Zementstein und dem Feinstsandanteil der Gesteinskörnung gebildete Mörtelschicht, deren Textur im Wesentlichen das Abbild der verwendeten Schalung darstellt. Je nach gewünschter Wirkung bestehen, einzeln oder in Kombination, folgende Möglichkeiten der Gestaltung der Sichtbetonflächen:

- Schalungssystem (z. B. Rahmen- oder Trägerschalung) und Schalungshaut (z. B. glatt oder texturiert),
- Betonzusammensetzung (z. B. farbiger Beton),
- Bearbeitung (z. B. Strahlen, Stocken, Spitzen).

Eine wichtige Grundlage für Ausschreibung und Ausführung ist der Schalungsmusterplan, aus dem u. a. die sichtbaren Verläufe der Arbeitsfugen, Schalungsstöße, Schalungshautstöße und die Anordnung der Schalungsanker ersichtlich sein sollten (vgl. auch Abschnitt 5.1.4). Beispiele für Schalungsmusterpläne zeigen die Bilder 1 und 2 sowie Bild G.6.

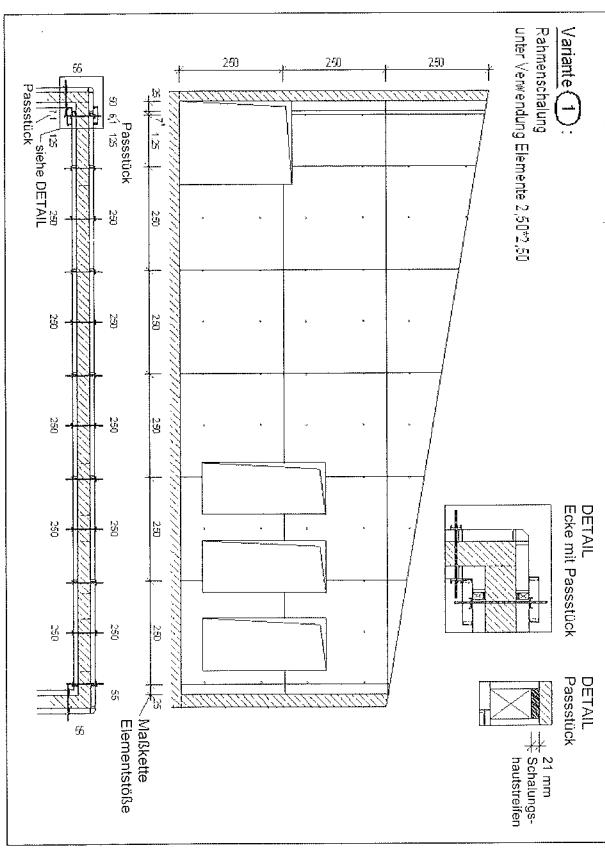


Bild 1. Beispiel Rahmenschalung unter Verwendung von Elementen 2,50 m x 2,50 m
Hinweis: Maße für Systemschalungen sind herstellergebunden. Passstücke mit filmbeschichteter Mehrschichtplatte sind erforderlich (bleiben sichtbar).

Variante 2:

System-Trägerschalung
Regelelementbreite 2,50

Schalhaut 1,50x1,25

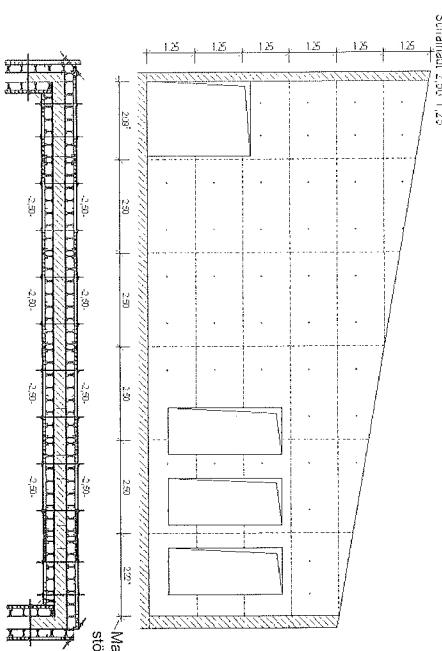


Bild 2. Trägerschalung mit Regelelementbreite 2,50 m Schalungshaut 2,50 m x 1,25 m
Hinweis: Maße für Systemschalungen sind herstellergebunden; Passstücke können in die Elemente durch Überstehende Schalungshaut eingearbeitet werden und sind damit nicht sichtbar.

Figure 2. Example timber beam formwork

5.1.2 Ausführbarkeit

Beschreibungen des geforderten Aussehens von Sichtbetonflächen, welche als bauvertragliche Forderungen die Merkmale der vereinbarten Sichtbetonklasse gemäß Tabelle 1 ergänzen, sind den technischen Möglichkeiten der Bauweise anzupassen und sollten mit einem für die vereinbarte Sichtbetonklasse vertretbaren Aufwand herstellbar sein.

Die folgenden Merkmale repräsentieren Eigenschaften bzw. Forderungen, die – ungeachtet der vereinbarten Sichtbetonklasse – technisch nicht oder nicht zielsicher herstellbar sind und deshalb nach der Art der Leistung nicht unbedingt erwartet werden können (vgl. auch § 13 VOB/B [R6]):

- gleichmäßiger Farbton der Sichtbetonflächen im Bauwerk,
- Oberflächen frei von Dunkelverfärbungen bei niedrigen Temperaturen und hohen relativen Luftfeuchten (siehe Anhang F3),
- porenfreie Sichtbetonflächen,
- gleichmäßige Porenstruktur (Porengröße und -verteilung) in einer Einzelfläche sowie in allen Sichtbetonflächen im Bauwerk,
- ausblühungsfreie Sichtbetonflächen,
- rostfleckenhafte Bauteiluntersichten,

Bild 1. Beispiel Rahmenschalung unter Verwendung von Elementen 2,50 m x 2,50 m
Hinweis: Maße für Systemschalungen sind herstellergebunden. Passstücke mit filmbeschichteter Mehrschichtplatte sind erforderlich (bleiben sichtbar).

Figure 1. Example frame formwork under use of elements 2,50 m x 2,50 m

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - ungefaste, scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche und Ausblutungen, - Farbton- und Texturgleichheit im Bereich von Arbeitsfugen, Ankerlöchern, Schalungs- und Schalungshautstößen. <p>Folgende Abweichungen können nur eingeschränkt vermieden werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - leichte Farbunterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Schüttlagen, - Porenanhäufung im oberen Teil vertikaler Bauteile, - Abzeichnung der Bewehrung und des Grobkorns, - geringfügige Ausblutungen an Arbeitsfugen, Schalungs- und Schalungshautstößen, Ankerlöchern u. ä., - Schleppwassereffekte in geringer Anzahl und geringer Ausprägung, - Wolkenbildungen und Marmorierungen, - einzelne Kalk- und Rostfahnen an vertikalen Bauteilen. <p>Die folgenden Abweichungen sind bei fachgerechter Ausführung und angemessener Sorgfalt i. Allg. vermeidbar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fehler beim Einbringen und Verdichten des Betons („Klesnester“, stark sichtbare Schüttlagen u. ä.), - Rostflecken an den Untersichten horizontaler Bauteile durch zurückgelassene Bewehrungsreste, - heruntergelaufene Mörtelreste („Nasen“) durch unidichte Arbeitsfugen an vertikalen Bauteilen, - willkürliche, ungeordnete Anordnung von Schalungssankern, - unsaubere Kantenausbildung durch beschädigte, verrutschte oder ungeeignete Dreikant- oder Trapezleisten, - starke Ausblutungen an Arbeitsfugen, Schalungs- und Schalungshautstößen sowie an Bauteilanschlüssen und Ankerlöchern (z. B. freiliegende Korntextur nach Austritzen von Zementleim), - stark ausgeprägte Schleppwassereffekte, - unterschiedliche Oberflächenqualitäten (Farbton/Textur) durch unsachgemäß gelagerte oder unsachgemäß vorbereitete Schalung, - unsauberer oder uneinheitlicher Verschluss von Ankerlöchern (falls gefordert). | <ul style="list-style-type: none"> - Mindestabstände der Betonstahlbewehrung, - Rüttelgassen und Betonieröffnungen in Anzahl und Größe ausreichend dimensioniert, - Maßnahmen zur Lagesicherung der Betonstahlbewehrung (z. B. Art und Anordnung) durch geeignete Abstandhalter, - Betondeckung c_v (Verlegemaß der Betondeckung) unabhängig von der Expositionsklasse des Betons mindestens 30 mm, - zweckmäßige Anordnung und Ausbildung von Fugen, Betonierabschnitten und Einbauteilen. <p>Weitere Hinweise zur Betonierbarkeit können [R9] entnommen werden.</p> <p>Risse sind in Tragwerken aus Stahlbeton nicht zu vermeiden. Ihre Breite ist daher rechnerisch so zu begrenzen, dass die ordnungsgemäße Nutzung des Tragwerks, sein Erscheinungsbild und die geforderte Dauerhaftigkeit nicht beeinträchtigt werden. Im allgemeinen Hochbau sind diese Kriterien planerisch erfüllt, wenn die rechnerische Begrenzung der Rissbreiten nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA [R1] erfolgt. Gegebenenfalls können in Abhängigkeit von den gestalterischen Anforderungen geringere rechnerische Rissbreiten festgelegt werden. Die damit einhergehende Erhöhung des Bewehrungsgrades darf jedoch die Betonierbarkeit des Bauteils nicht unzulässig beeinträchtigen.</p> <p>Bei Verwendung von selbstverdichtendem Beton (SVB) sind zusätzlich [R10] und [R11] zu beachten.</p> <p>Unterschnittene Schalungen und Deckelschalungen, aber auch horizontal verlaufende Kanten von Leisten (z. B. Arbeitsfugeneinlagen) und Einbauteilen können das Entlüften des Betons unter Umständen erheblich behindern und zu Ansammlungen von größeren Luftporen führen.</p> <p>Die Form des herzustellenden Bauteiles (Höhe, Dicke, Einbauteile) muss den technischen Voraussetzungen des Betonbaus entsprechen und eine sachgemäße Ausbildung von Kanten und Fugen ermöglichen. Bei der Planung und Ausschreitung von spitzwinklig zulaufenden Wänden, scharfen Ecken, Kanten u. ä. ist zu beachten, dass trotz größerer Sorgfalt bei der Festlegung des Ausschalzeitpunkts und beim Ausschalen Kanten abbrechen können. Je nach Anforderung an das Sichtbetonbauteil ist im Einzelfall zu hinterfragen, ob eine scharfkantige Eckausführung zwingend notwendig ist.</p> <p>Auch an Einschnürungen und Vertiefungen oder bei nachträglichem Abtrag der Sichtbetontächen ist eine ausreichende Betondeckung zu gewährleisten. Rostflecken an Bauteiluntersichten lassen sich nur durch besondere Maßnahmen (z. B. Planung und Errichtung von Einhausungen oder durch den Einsatz von nicht rostender Bewehrung) vermeiden.</p> <p>gegebene Betonierbarkeit der Bauteile besonders zu berücksichtigen:</p> |
|--|--|

5.1.3 Bautechnische Grundsätze

Die vereinbarten Anforderungen an Sichtbetonflächen lassen sich nur dann erfüllen, wenn der Beton nach DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 [R5] fachgerecht eingebaut und verdichtet werden kann. Sichtbetonbauteile sind deshalb so zu dimensionieren und zu konstruieren, dass ein einfaches und zügiges Betonieren möglich ist. Daher sind bei der Aufstellung der Schal- und Bewehrungspläne nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA [R1] folgende sichtbetontechnische Merkmale mit Blick auf eine hinreichend gegebene Betonierbarkeit der Bauteile besonders zu berücksichtigen:

5.1.4 Gestaltung durch Schalungshaut und Schalung

5.1.4.1 Allgemeines

Aus gestalterischen, handwerklichen und wirtschaftlichen Gründen sollten bei der Planung möglichst marktgängige Schalungsraster berücksichtigt werden. Neben konventionell hergestellten Schalungen werden heute hauptsächlich Systemschalungen (Fahnen- oder Trägerschalungen, siehe z. B. Bilder G.1 bis G.3) eingesetzt. Systemschalungen werden von unterschiedlichen Schalungsanstellern angeboten. Deshalb hat eine genaue Maßkoordination zu erfolgen. Anforderungen an den Zustand der Schalungshaut enthält Tabelle 3.

Es hat sich als sinnvoll erwiesen, bereits in der Planungsphase die Gestaltungsidee und die herstellungstechnischen Möglichkeiten aufeinander abzustimmen, wie z. B. das Schalungssystem (Fahnen- oder Trägerschalung, Systemmaße u. a.). Bei Planung der Sichtbetonklassen SB 3 und SB 4 wird eine schalungs- und betontechnische Beratung durch Sonderfachleute empfohlen, siehe auch Abschnitt 5.2.1.

Bei saugenden Schalungen nimmt die Saugfähigkeit mit steigender Einsatzzahl ab und ergibt tendenziell heller werdende Betonoberflächen.

Grundsätzlich ist eine Vielfalt von Schalhäuten zur Herstellung glatter Sichtbetonoberflächen geeignet. Der gelegentlich vertraglich verlangte „einmalige Schalungshaut Einsatz“ ist sehr aufwendig aber mit Blick auf die Sichtbetonqualität meist unzweckmäßig. Bewährt hat es sich dagegen, eine Schalungshautart zu wählen, die nach Eprobung (siehe Abschnitt 5.2.3) auch bei mehrfachen Einsätzen (siehe Tabelle 4) weitgehend gleichmäßige Betonoberflächen liefert. Tabelle 4 dient dabei als Orientierungshilfe, ersetzt aber nicht das erforderliche Fachwissen bei der Auswahl des Schalungshautmaterials.

Die Hinweise in den Abschnitten 5.1.4.2 und 5.1.4.3 geben einen ersten Überblick über die Vielfalt von Schalungshäuten. Weitergehende Angaben enthalten z. B. [R17].

5.1.4.2 Rahmenschalung

a) Allgemeines

Rahmenschaltungen (vgl. Bild 1) bestehen aus Metallrahmen mit Aussteifungen in vorgegebenen Elementgrößen mit eingelegter Standardschalungshaut und vorgegebenen Ankerstellen. Für Eckausbildungen werden Eckelemente verwendet.

b) Abmessungen

Gängige Schalungsraster (bei Wandschalungen) sind:

Höhen: 2,50 m bis 3,30 m

Breiten: 1,20/1,25/1,35 m bis 2,40/2,50/2,70 m

Eckelemente: 0,25/0,30 m

Je nach Hersteller kann bei Breiten über 1,50 m ein Schalungshautstoß innerhalb eines Elementes vorhanden sein, der sich in der Betonoberfläche abzeichnet.

c) Oberflächengüte an Schalungsstäben

Die Oberflächengüte an Schalungshaut- und Schalungsstäben hängt – wie bei allen mehrfach eingesetzten Schalungen – von der Qualität und dem Zustand des verwendeten Materials sowie der fachgerechten Anwendung und Reinigung und Lagerung der Elemente ab.

d) Bewertung

Die Vorteile einer Rahmenschalung sind:

- hohe Einsatzhäufigkeit,
- kurze Schalzeiten,
- i. Allg. kurzfristige Verfügbarkeit.

Systembedingte Merkmale:

- Rahmen zeichnen sich auf der Sichtbetonfläche erkennbar ab und sind Gestaltungsmerkmal (siehe Bild G.2),
- Einsatzhäufigkeit und Zustand der einzelnen Elemente wirken sich auf die Sichtbetonfläche aus,
- Fertigungstoleranzen beeinflussen die Sichtbetonflächen an den Schalungsstößen,
- Ankerstellen und Fugenraster sind aufgrund der Elementkonstruktion vorgegeben,
- Alter der Schalungshaut beeinflusst aufgrund unterschiedlicher Lagerbedingungen und Einsatzzahlen die Farbtongleichmäßigkeit (z. B. Grauton) des Betons,
- Passtücke sind erforderlich und sichtbar (siehe Schalungsmusterplan in Bild 1).

5.1.4.3 Trägerschalung

a) Allgemeines

Trägerschalungen (siehe Bild 2) bestehen aus Holz- oder Metallträgern und Stahlgurtungen. Es können objektbezogen Schalungselemente in unterschiedlichsten Abmessungen gefertigt werden. Die Art der Schalungshaut ist hierbei frei wählbar.

b) Abmessungen und Standardplattengrößen

- filmbeschichtete Sperrholzplatten: 2,50 m x 1,25/1,50 m; 3,00 m x 1,25/1,50/2,00 m, weitere Plattengrößen sind bis maximal 6,00 m x 2,65 m erhältlich,

- Dreischichtplatten: 2,00/2,50 m x 0,50/1,00 m (oder 1,25/1,50 m) bis maximal 6,00 m x 1,00 m.

Die Wahl der Plattengröße ist abhängig vom Hersteller und von den Transportmöglichkeiten sowie der Handhabung auf der Baustelle. Das Tragverhalten der Platten in Längs- und Querrichtung ist i. d. R. unterschiedlich. Dies ist bei der Bemessung der Tragkonstruktion und Anordnung der Platten zur Trägerlage zu berücksichtigen.

Üblich ist, die Träger vertikal anzurichten. Die Schalungshaut wird dabei von der Betonseite direkt auf die Trägerlage aufgeschraubt bzw. genagelt. Auf der Sichtbetonfläche zeichnen sich in diesem Fall die Befestigungsmittel (z. B. Nägel- oder Schraubenköpfen) ab.

Eine auf der Betonoberfläche nicht sichtbare Befestigung der Schalungshaut erfordert eine Sparschalung zur Befestigung der Schalungshaut von der Rückseite. Dieser Aufwand ist gesondert zu vereinbaren.

Eine Versiegelung der Schnittkanten von Schalungshautplatten begrenzt das Quellen von Kanten und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Sichtbetonflächen.

c) Oberflächenqualität an Schalungsstößen

Die Oberflächenqualität an Schalungsstößen hängt – wie bei allen mehrfach eingesetzten Schalungen – von Qualität und Zustand des verwendeten Materials sowie der fachgerechten Anwendung und Reinigung der Elemente ab.

d) Bewertung

Vorteile einer Trägerschalung sind:

- Ankerstellen sind nach gestalterischen Gesichtspunkten und konstruktiven Kriterien planbar,
- Elementanordnung ist planbar,
- bei Einsatz einer Sparschalung ist eine rückseitige Befestigung möglich,
- Art (Aufbau und Oberfläche) der Schalungshaut ist frei wählbar,
- Schalungsstöße können bei besonderen Anforderungen abgedichtet werden.

Systembedingte Merkmale:

- Schalungsstöße (siehe Bild G.3) zeichnen sich auf der Sichtbetonfläche stärker ab als Schalungshautstöße,
- Versätze an Schalungstößen ergeben sich herstellungsbedingt, sind jedoch ggf. durch Fugenjustierlaschen begrenzbar.

5.1.5 Gestaltung durch Schalungseinlagen und Schalungshaut-einschnitte

Durch Schalungseinlagen (Aufdoppelungen, Leisten etc.) können in den Ansichtsflächen gestaltende Vertiefungen erzielt werden. Die Einhaltung der Betondeckung ist zu beachten.

Auch durch Einschneiden oder -fräsen von Profilierungen in die Schalungshaut kann man besondere Gestaltungseffekte erzielen. Hierdurch können in die Sichtbetonfläche bspw. Rispen oder Kreuze integriert werden, die aus der Sichtbetonfläche hervortreten.

5.1.6 Farbliche Gestaltung von Sichtbetonflächen

5.1.6.1 Durchfärben des Betons

Sowohl für unbearbeitete als auch für bearbeitete (z. B. gestockte) Betonflächen bietet sich das Einfärben des Betons an. Dafür können verwendet werden:

- Zemente mit besonderer Farbwirkung (z. B. Weißzement oder Portland-schieferzement),
- Gesteinskörnungen mit besonderer Farbwirkung (z. B. roter Granit) und/ oder
- Pigmente (z. B. Eisenoxidpigmente).

Praxiserfahrungen bei der Verwendung von mit Pigmenten eingefärbtem Orthobeton haben gezeigt, dass ein einheitlicher Farbtön nicht in allen Fällen erreicht wird.

Weitergehende Hinweise enthalten z. B. [9] bis [11].

5.1.6.2 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.

5.2 Ausschreibung (Entwurfsplanung und Leistungsbeschreibung)

5.2.1 Allgemeines

Vor Erstellung der Leistungsbeschreibung sollte im Entwurf, also durch den Planer, festgelegt werden, welches Aussehen die Sichtbetonfläche später besitzen soll und welche Gestaltungsmerkmale im Leistungsverzeichnis dafür vorzugeben sind. In der Ausschreibung sollte der Planer daher aus Tabelle 1

Tabelle 4. Orientierungshilfe bei der Auswahl von Schalungshäuten
Table 4. Guidance notes of types and properties of formwork sheets

S	Z	Eigen-schaft	Art der Schalungshaut	Merkmale/Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	mögliche Auswirkungen auf die Betonoberfläche bzw. Anwendungsbereiche	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²
	1	saugend ⁴	Holzwerkstoffplatten, unbeschichtet (Spanplatten)	leicht rau Textur der BO	starke Farbonunderschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze
	2a		Bretter sägerau, unbehandelt	raue Brettextur, von Schnittverfahren abhängig, BO-Farblton dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker-einfluss beachten (Absandung), einzelne Holzfasern in BO	bis ca. 3 Einsätze; bei SB 4 nur einmaliger Einsatz
	2b		Bretter gehobelt	glatte Brettextur, Maserung erkennbar, BO-Farblton dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker-einfluss beachten (Absandung)	bis ca. 5 Einsätze
	2c		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
	2d		wie vor, Oberfläche gebürstet	ausgeprägte Holztextur, sonst wie vor	wie vor	wie vor
	3a		Sperrholzplatte oder Seekieferplatte, unbeschichtet	leicht rau Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker-einfluss beachten (Absandung)	ca. 3 bis 5 Einsätze
	3b	schwach saugend ^{3,4}	Nadelholz-/Brettplatte (oberflächenvergütet)	glatte Brettextur, Maserung erkennbar, bei Ersteinsatz u. U. sehr dunkle BO	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker-einfluss beachten (Absandung)	ca. 10 Einsätze
	4		Furniersperrholz mit saugender Filmbe-schichtung	glatt	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	bisher wenig praktische Erfahrungen
	5a		3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver-gütet)	glatt, leichte Holzmaserung auf BO sichtbar	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	ca. 15 bis 20 Einsätze
	5b		3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver-gütet)	glatt, ausgeprägte Holzmase-rung auf BO sichtbar	BO wird bei mehrmaligem Einsatz heller	ca. 8 bis 15 Einsätze
	6a ¹		Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² , i. A. Phenolharzfilm, auf Furnier-sperrholzplatten oder Stab- und Stäbchen-sperrholzplatten	glatt, keine Textur	stellenweise Neigung zu Ripplings, Unregelmäßigkeiten im Beton bilden sich an der BO stärker ab, (Farbonunderschiede, Wolkenbildung, Mar-morierung)	Einsatzzahl je nach Platten-aufbau und Filmbeschich-tung; bei SB 1 bis ca. 15 Einsätze, bei SB 4 bis ca. 3 Einsätze

... Fortsetzung

Fortsetzung von Tabelle 4. Orientierungshilfe bei der Auswahl von Schalungshäuten
Continuation of Table 4. Guidance notes of types and properties of formwork sheets

S	Z	Eigen-schaft	Art der Schalungshaut	Merkmale/Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	Mögliche Auswirkungen auf die Betonoberfläche bzw. Anwendungsbereiche	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²
	6b ¹	nicht saugend ⁴	Platten mit Filmbeschichtung, ab ca. 200 g/m ² , i. A. Phenol- oder Melaminharz-film, auf Furniersperrholzplatten oder Stab- und Stäbchensperrholzplatten	glatt, keine Textur	stellenweise Neigung zu Ripplings, Unregelmäßigkeiten im Beton bilden sich an der BO stärker ab, (Farbonunderschiede, Wolkenbildung, Mar-morierung)	5 bis 30 Einsätze, Einstatzzahl je nach Platten-aufbau und Filmbeschich-tung
	6c		Platten mit thermoplastischer Beschichtung auf Furniersperrholzplatte oder Stab- und Stäbchensperrholzplatte	glatte, sehr helle BO	geringe Farbonunderschiede	über 100 Einsätze bei Rah-menschalung
	7		Kunststoffplatten oder Kunststoffverbund-konstruktionen	glatte, sehr helle BO	geringe Farbonunderschiede, poröser als 6a und 6b	über 100 Einsätze bei Rah-menschalung
	8		Kunststoffmatrizen	Textur nach Herstellerangebot beliebig gestaltbar, BO hell	produktabhängig	produktabhängig, hohe Einsatzhäufigkeiten möglich
	9		runde Stützenschalungen (Kunststofffrohre, Folienverbundmaterialrohre)	glatt, glänzend	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmo-riierung	1 Einsatz
	10		Stahlschalungen	glatt	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmo-riierung, Rostflecken auf BO möglich	ca. 100 Einsätze
	11	sonstige	Drainvlies Sonderfall zur Ableitung von Überschusss-wasser aus der Betonoberfläche (BO)	Textur des Drainvlieses zeichnet sich auf BO ab, siehe Herstellerangaben	dunkle, weitgehend poröse BO, i. Allg. keine Sichtbetonanwendung, Risiko der Faltenbildung	produktabhängig, i. d. R. nur 1 Einsatz

¹ Filmbeschichtung, i. d. R. Phenolharzpapier unterschiedlicher Beschichtungsdicke ab ca. 80 g/m² bis 600 g/m²; je nach Trägerplatte; siehe Herstellerangaben

² Die angegebene Einsatzhäufigkeit sind Anhalts- bzw. Erfahrungswerte, die je nach Größe und Qualität der Schalungshaut sowie in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen SB 1 bis SB 3 (siehe Tabelle 1) variieren können. Für die Klasse SB 4 kann die Einsatzhäufigkeit erheblich abnehmen (siehe Tabelle 3).

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

⁴ 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 Belon, Verarbeitung, Trennmittel und Schalungshauttyp hinsichtlich der Ausprägung der Porosität maßgebend. Insbesondere ist die Abstimmung von Schalungshaut und Trennmittel von Bedeutung [12].

die maßgebende Sichtbetonklasse auswählen und die erwartete Leistung, d. h. das Gesamtbild der Sichtbetonflächen genau, eindeutig und hinreichend beschreiben, damit die Bieter bei der Kalkulation erkennen können, welche Maßnahmen und welcher Aufwand dafür erforderlich sind (siehe Anhang A). Bei der Ausschreibung der Sichtbetonklassen SB 3 und SB 4 wird eine schalungs- und betontechnische Beratung durch Sonderfachleute empfohlen, siehe auch Abschnitt 5.1.4.1.

Zur Verdeutlichung seiner Vorstellungen kann der Planer auf Sichtbetonflächen an bestehenden Bauwerken verweisen. Als Referenzfläche nach Abschnitt 5.2.4 dürfen diese Bauwerke allerdings nicht herangezogen werden, weil deren Herstellungsbedingungen meist weder hinreichend bekannt noch ein weiteres Mal gegeben sind.

Bindende Festlegungen hinsichtlich Zusammensetzung, Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons sollten in einer Ausschreibung für Sichtbetonflächen nur insoweit aufgenommen werden, als sie für das gestalterische Endergebnis von unmittelbarer Bedeutung sind. Dies können z. B. ausgewählte Zemente, Gesteinskörnungen und Pigmente für besondere Oberflächenausbildungen oder die vorherige Festlegung von Betonierabschnitten zur Vermeidung von Arbeitstüpfen in optisch besonders auffälligen Bauwerksbereichen sein.

Bei der Festlegung der Gesamtbauzeit ist zu beachten, dass Sichtbetonarbeiten in deutlich höherem Maß von jahreszeitlichen und witterungsbedingten Einflüssen abhängig sind als Stahlbetonarbeiten ohne Anforderungen an das Aussehen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass insbesondere in kühlen Jahreszeiten intensive fleckige Dunkelverfärbungen in den Betonoberflächen, Farbtönungsunterschieden und Abzeichnungen der Bewehrung auftreten können (siehe Anhang F.3.).

In gestalterisch sehr hochwertigen Ausnahmefällen können Rostflecken an den Untersichten von horizontalen Flächen durch eine Einhausung der Bauteile verhindert oder durch den Einsatz nichtrostender Bewehrung verhindert werden. Gegebenenfalls ist dies vertraglich zu vereinbaren.

5.2.2 Gestaltungsmerkmale

Die Leistungsbeschreibung sollte die Hinweise zur Ausführbarkeit (siehe Abschnitt 5.1.2) berücksichtigen und alle zu realisierenden und kostenrelevanten Anforderungen (siehe z. B. Anhang A) enthalten, die das gewünschte Aussehen der Betonoberfläche bestimmen.

Zur Beschreibung der geforderten Sichtbetonfläche gehören insbesondere folgende Gestaltungsmerkmale:

- die Sichtbetonklasse entsprechend Tabelle 1,
- Schalungs- und Schalungshautsystem,
- Oberflächentextur (Wahl der Schalungshaut),

- Ausbildung von Schalungsstäben,
- Anker und Ankerlöcher (Lage, Ausbildung und Verschluss),
- Flächengliederung (Größe der Schalungselemente, Schalungstexturen, Fugenverläufe, Ankerraster etc.),
- Fugen (Lage, Verlauf, Ausbildung),
- Ausbildung der Kanten und Ecken (scharf, gebrochen, gefast),
- Farbtongebung (ausgewählte Zemente, Gesteinskörnungen, Pigmente),
- Oberflächenbildung nicht geschalter Teilstücken (abgeriebene oder geglättete Obersichten von Brüstungen), da an diesen Flächen die Sichtbetonklassen gemäß Tabelle 1 nicht anwendbar sind,
- Art der nachträglichen Oberflächenbehandlung- oder -bearbeitung (Lasieren, Strahlen, Stocken).

Werden Gestaltungsmerkmale gefordert, die über die vorgenannten planerischen Vorgaben hinausgehen, so sind diese auf Ihre technische Machbarkeit zu prüfen und im Leistungsverzeichnis besonders zu vermerken.

5.2.3 Erprobungen

Für die Sichtbetonklassen SB 2 und höher ist es zweckdienlich, Schalung, Trennmittel, Betonzusammensetzung und -verarbeitung u. a. m. zu erproben (siehe Anhang Tabelle A.6 zum Erprobungsumfang und zur Anzahl der Probeflächen). Die Herstellung von Erprobungsfächern (siehe z. B. Bild G.5) unter den örtlichen Baustellenbedingungen kann u. a. folgenden Zwecken dienen:

- zur Vorbereitung des ausführenden Unternehmens, zur Entwicklung oder zur Absicherung seines technischen Vorgehens,
- zur Festlegung und Optimierung des erforderlichen Aufwands,
- zur Einweisung und Schulung des Personals,
- zur Entwicklung und Festlegung der Sichtbetonflächen,
- zur Prüfung von Alternativen und zur praktischen Darstellung von Ausführungsdetails (z. B. hinsichtlich Abstandhalter in Wänden, Stützen und Deckenuntersichten, Schnallungshaut, Trennmittelpunkt und -auftrag, Beton, Betoneinbau und -verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung).

Die Erprobungsfächern sollten die Bauteileigometrie, Betondeckungen, Bewehrungsgrade und -verteilung, die Einbauteile und die zum Einsatz kommende Betonzusammensetzung berücksichtigen.

Es hat sich bewährt, an diesen Flächen auch die Art und Weise der nachträglichen Bearbeitung oder Behandlung – z. B. Strahlen, Hydrophobieren, Graffiti-Schutz-System, betonkosmetische Nacharbeiten – zu erproben und zu bemustern (siehe Bild G.5).

In Einzelfällen kann die Herstellung von Erprobungsfächern mit bauteilähnlichen Abmessungen auf der Baustelle aufgrund räumlicher Beschränkung oder eines nur geringen Sichtbetonanteils im Gebäude unverhältnismäßig sein. In

- solchen Fällen haben sich Vorversuche an Prüfschalungen als sinnvoll erwiesen [12]. Auch zum arbeitsvorbereitenden Testen oder um die Anzahl der Erprobungsflächen gering zu halten, sind derartige labor- und baustellentechnische Probekörpernaggen mithilfe von Prüfschalungen ggf. zweckdienlich (siehe auch Anhang Tabelle A.6). Diese Prüfschalungen können insbesondere für die Entwicklung der Betonzusammensetzung und ihrer Abstimmung in Bezug auf Schalungshaut und Trennmittel verwendet werden. Mit geringem Aufwand können so kleinformative Vergleichsversuche bzw. projektspezifische Parameterstudien umgesetzt werden.
- Die Herstellung von Erprobungsflächen ist nach [R7] eine besondere Leistung.

5.2.4 Referenzflächen

Referenzflächen werden aus den gemäß Abschnitt 5.2.3 hergestellten Erprobungen im Sinne von § 13 (2) VOB/B [R6] vor Ausführungsbeginn ausgewählt und verbindlich vereinbart. Bei der ausgewählten Referenzfläche sollten die bauvertraglichen Anforderungen an die Sichtbetonflächen grundsätzlich erfüllt sein. Allerdings ist zu beachten, dass das Aussehen von Referenzflächen nicht toleranzfrei reproduzierbar ist – siehe auch Abschnitt 7 dieses Merkblatts.

Aus technischer Sicht können Sichtbetonflächen an bestehenden Bauwerken nicht als vertragliche Referenzflächen vereinbart werden, da der jeweilige Gesamteindruck durch die objektbezogenen Bauteilabmessungen und Herstellungsbedingungen, durch die Verhältnisse zum Zeitpunkt der Betrachtung und den Einfluss der Alterung bestimmt wird und an den neu zu erstellenden Sichtbetonflächen nicht zielsicher reproduzierbar ist.

Die Herstellung von Referenzflächen ist nach [R7] eine besondere Leistung.

5.3 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.

6 Anforderungen an die Ausführung

6.1 Schalung

Schalung, Schalungshaut und deren Montage sind so zu wählen, dass die Anforderungen des Leistungsverzeichnisses und ggf. des Schaltungsmusterplans an die Sichtbetonflächen erfüllt werden können. Dies gilt auch für Schalungsstöße und Schalungshautfugen. Ausführungstechnisch sind für die Schalung und Schalungshaut zusätzlich folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- vor jedem Einsatz sind die Schalung und die Schalungshaut auf Tauglichkeit (Verformungen und Beschädigung) und auf Übereinstimmung mit der zutreffenden Schalungshautklasse zu prüfen,
- die Schalung ist fachgerecht zu lagern,
- bei Anwendung der Regelungen von DIN 18202 [R12] sind Toleranzen aus Normen für Bauhilfsstoffe wie Schalungen zusätzlich zu berücksichtigen; geeignete Schalungssysteme sind zu verwenden,
- Schnittkanten sind möglichst gleichmäßig fest anzuziehen,
- bauseits geschnittene Kanten der Schalungsplatten sind zu versiegeln,
- Schnittkanten bei Zuschnitt von Schalungshäuten, die mehrfach eingesetzt werden sollen, oder die auf Schalungselemente montiert werden, sind bei SB 3 und SB 4 z. B. durch Kantenviersiegelung vor dem Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen,
- Abdichtungen (z. B. durch komprimierbare, geschlossenzzellige Einlagen) können die Dichtigkeit von Schalungshaut und Schalungsstäben, Arbeitsfugen und Ankerketten erhöhen,
- saugende Schalungshaut ist vorzunässen. Hierbei ist das Quell- und Schwindverhalten von Holzwerkstoffen mit zu berücksichtigen,
- neue und alte Schalungshautplatten und auch solche verschiedener Hersteller sollten wegen des unterschiedlichen Einflusses auf die Textur und den Farbton der Sichtbetonflächen nicht nebeneinander eingesetzt werden,
- vor dem Einsatz eines Trennmittels ist dessen Eignung zu prüfen. Sofern hierzu mit den einzusetzenden Materialien keine Erfahrungen bestehen und auf der Baustelle keine Möglichkeit der Erprobung gegeben ist, wird empfohlen, die Eignung des Trennmittels an Prüfschalung [12] zu beurteilen. Trennmittel sind nach den Angaben des Herstellers zu verwenden und gleichmäßig und dünn aufzubringen.

6.2 Bewehrung und Einbauteile

Bewehrung und Einbauteile sind gegen Verschiebung und Verformung in der Schalung zu sichern. Dazu gehört u. a. die Verwendung einer ausreichenden Anzahl geeigneter Abstandhalter und deren planmäßiger Anordnung [R14]). Bei der Wahl der Abstandhalter sind nicht nur technische, sondern auch gestalterische Belange zu berücksichtigen (z. B. bei der Form, dem Material, der Anordnung und der Anzahl).

Da Abstandhalter sich in weiche Schalungshaut eindrücken oder in Bauteilloberflächen (insbesondere in Bauteiluntersichten) störend abzeichnen können, sollten Abstandhalter zumindest ab Sichtbetonklasse SB 2 erprobt werden. Bewährt hat es sich, Abstandhalter in Abstimmung mit dem Auftraggeber auszuwählen.

Beim Verlegen der Bewehrung sind Schütt- und Rüttelöffnungen möglichst gleichmäßig anzurichten. Insbesondere bei Wänden und Stützen sind die Schüttöffnungen so zu dimensionieren, dass Schüttrohre eingeführt werden können und die Bewehrung beim Verdichten möglichst nicht durch Innerrüttler berührt wird.

6.3 Beton

Der Beton soll so zusammengesetzt sein, dass die Konsistenz und das Grötkorn dem Einbauverfahren und der Bauteileigometrie angepasst sind, er sich beim Einbau und Verdichten nicht entmischt und kein Wasser absondert [R16]. Abschnitt 5.2.3) Er soll in gleichbleibender Zusammensetzung und Konsistenz angeliefert und verarbeitet werden.

In der Praxis haben sich folgende Maßnahmen bewährt:

- Einsatz von „robusten“ Betonarten, die bei geringfügigen Schwankungen der Ausgangsstoffe und der Homogenität keine wesentlichen Änderungen im Aussehen der Oberfläche hervorrufen, siehe [12] und [13],
- Einsatz von Betonen mit ausreichendem Mehlkorngehalt, um Sedimentationsneigung und Wasserabsonderung möglichst gering zu halten. Insbesondere bei Sichtbetonklassen SB 3 und höher hat sich die Prüfung der Blutneigung nach [R16] bereits im Rahmen der Erstprüfung bewährt,
- gleichmäßiger Wassergehalt möglichst nicht über $w/z = 0,55$,
- kein Einsatz von Restwasser und Restbeton,
- Größtkorn der Gesteinskörnung bis 16 mm, ggf. kleiner,
- in Einzelfällen Einsatz einer Anschlussmischung mit verringertem Größtkorn. Hierbei können geringe Farbtonsschwankungen auftreten,
- Einbaukonsistenz F3 und höher,
- im Hinblick auf die Farbtongleichmäßigkeit Verzicht auf die in DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 [R2] zulässige Variation der Betonzusammensetzung und Verzicht auf ein Nachdosieren von Fließmittel auf der Baustelle,
- Wahl geeigneter Betonzusammensetzungen unter Beachtung der Einbautemperaturen, Festlegung von Sommer- bzw. Winterrezepturen, die sich durch Eignungsprüfungen und Einsatz an Eprobungsflächen oder Prüfschalungen bewährt haben.

Ein Wechsel der Ausgangsstoffe bzw. der Zusammensetzung des Betons wirkt sich ebenfalls auf die Sichtbetonflächen aus. Für die Anlieferung des Betons sollten Transportbetonwerke mit kurzen Anfahrtswegen zur Baustelle bevorzugt werden.

Mit dem Betonhersteller sind folgende Abstimmungen erforderlich:

- Die Lieferabstände der einzelnen Mischfahrzeuge sollten in Abhängigkeit von der Baustellenzufahrtsmöglichkeit, der Förderart und den Bauteilabmessungen vereinbart werden.

6.4 Bauausführung

Die nachstehenden Hinweise zur Bauausführung sind u. a. zu beachten:

- Die Zeitspanne zwischen Aufstellen der Schalung und dem Betoneinbau sollte zur Vermeidung von Verschmutzungen und Rostflecken möglichst kurz gehalten werden.
- Zur Vermeidung von Spritzern auf der Schalungshaut und von Luftein schlüssen im Beton ist die freie Fallhöhe des Frischbetons auf weniger als 0,50 m zu begrenzen.
- Der Beton ist zügig in gleich hohen Schüttlagen einzubauen und zu verdichten (empfohlene Schüttlagenhöhe 0,50 m).
- Vermeidung der Verschmutzung der Sichtbetonflächen durch auslaufenden Zementkleim oder -mörtel („Betonnasen“) bei nachfolgenden Betoniervorgängen. Aufgetretene Verschmutzungen sind im frischen Zustand mit Wasser zu entfernen.
- Bei der Nachbehandlung gemäß [R5] durch Abdecken mit Folie dürfen sich keine Hilfsmittel wie Kanthözer etc. auf den Flächen abzeichnen. Im Raum zwischen Betonfläche und Abdeckung soll keine Zugluft entstehen.
- Eine gleichartige und gleichmäßige Nachbehandlung sollte sichergestellt sein.
- Bei jungen Sichtbetonflächen der Sichtbetonklassen SB 3 und SB 4 kann ein Schutz vor Witterungseinflüssen (z. B. Niederschlägen und Kondenswasser) erforderlich sein.
- Die vertikalen Sichtbetonflächen sind vor Rostverschmutzungen, z. B. durch Witterungsschutz der Anschlussbewehrung, zu schützen.

6.5 Sichtbetonteam und Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Die Koordinierung des Bauablaufes und die Steuerung des Informationsflusses sind vor Baubeginn und baubegleitend zwischen den am Bau beteiligten Parteien sicherzustellen. Bei Sichtbeton der Klasse SB 3 und höher hat es sich bewährt, ein „Sichtbetonteam“ zu bilden [14] und [15], um Detailfragen zu klären.

Das Sichtbetonteam ist eine vom Auftraggeber einzusetzende Gruppe von fachkundigen Personen, die für die Koordination der Planung und des Bauab-

laufes sichtbarer Betonflächen verantwortlich ist. Die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten für die Teilprozesse der Bauausführung sind innerhalb des Teams festzulegen. Dies beinhaltet die Benennung fester Ansprechpartner sowie die Organisation der Schnittstellen.

Die Mitarbeiter im Sichtbetonteam sind in Abhängigkeit vom Anspruch der Bauaufgabe auszuwählen. Infrage kommen z. B. folgende Personen:

- Auftraggeber, Architekt, Tragwerksplaner und ggf. Sonderfachleute für Haustechnik,
 - Betoningenieur,
 - Bauunternehmen mit Fachleuten für Schalung (z. B. der Schalungslieferant), Bewehren und Betonieren,
 - Betonhersteller (Transportbetonwerk),
 - ggf. Sonderfachleute (bei besonderen Erschwernissen für den Einbau und die Verdichtung des Betons insbesondere für die Sichtbetonklasse SB 3 und höher),
 - ggf. Fertigteilhersteller.
- Im Zuge der Qualitätssicherung wird insbesondere für die Sichtbetonklassen SB 4 empfohlen, für einzelne oder zusammenhängende Gewerke und Abläufe Arbeitsanweisungen zu erstellen.
- Darüber hinaus wird auf die Empfehlungen des Anhanges B verwiesen.

7 Beurteilung

7.1 Grundlagen

Der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche ist das grundlegende Abnahmekriterium für die vereinbarte Sichtbetonklasse. Zu beachten ist, dass jedes Bauteil als Unikat (Wetter, Liefersituation etc.) zu beurteilen ist. Geringe Unregelmäßigkeiten, wie z. B. der Textur und des Farbtöns, sind in allen Sichtbetonklassen charakteristisch.

Frisch ausgeschaltete Betonoberflächen sind zur Endbeurteilung der Farbtönung meist ungeeignet. Den Oberflächen ist ausreichend Zeit zur Abtrocknung und Vergleichmaßigung zu geben. Sichtbetonflächen im Außenbereich sollten nicht bei Regen oder bei Witterung mit sehr hoher relativer Luftfeuchtigkeit beurteilt werden.

Referenzflächen (siehe Abschnitte 2 und 5.2.4) sind, wenn sie vertraglich vereinbart wurden, in die Beurteilung mit einzubeziehen. Hierbei ist zu beachten, dass die Oberflächeneigenschaften von Sichtbetonflächen – (vgl. auch § 13 (2) VOB/B [R6]) – nicht toleranzfrei reproduzierbar sind, da die Schwankungen der natürlichen Ausgangsstoffe, die zulässigen Abweichungen in der Betonzusammensetzung und die Auswirkungen von Schalungshaut, Trennmittel und Witterungsbedingungen keine vollkommen gleichmäßigen Oberflächenergebnisse zulassen.

7.2 Gesamteindruck

Im Sinne dieses Merkblattes ist der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche das grundlegende Beurteilungskriterium für die vereinbarte Sichtbetonklasse. Die gestalterische Wirkung der Sichtbetonfläche einer Sichtbetonklasse ist grundsätzlich nur in ihrer Gesamtwirkung angemessen beurteilbar, d. h. nicht nach Maßgabe absolut erklärter Einzelmerkmale. Die Verfehlung von vertraglich vereinbarten Einzelmerkmalen soll daher dann nicht zu einer Nachbesserungspflicht führen, wenn der Gesamteindruck des betroffenen Bauteils oder Bauwerks in seiner Gestaltungswirkung nicht gestört ist.

Der Gesamteindruck von Sichtbetonflächen wird aus angemessenem Betrachtungsabstand und unter üblichen Lichtverhältnissen beurteilt.

Folgende Betrachtungsabstände haben sich in der Praxis bewährt:

Bauwerk: Die angemessene Entfernung entspricht dem Abstand, der es erlaubt, das Bauwerk in seinen wesentlichen Teilen optisch zu erfassen. Dabei sollen die maßgebenden Gestaltungsmerkmale erkennbar sein.

Bauteil: Der angemessene Betrachtungsabstand ist derjenige, der bei üblicher Nutzung vom Betrachter eingenommen wird.

7.3 Einzelkriterien

Die Beurteilung von Einzelkriterien soll bauteilbezogen erfolgen. In begründeten Fällen können die beteiligten Parteien auch eine andere Einteilung der Beurteilungsbereiche vereinbaren (z. B. geschossweise zwischen einzelnen Fugenabschnitten).

7.4 Vorgehen bei Abweichungen

7.4.1 Allgemeines

Bei der Herstellung von Sichtbetonflächen aus Beton können trotz größter Sorgfalt Abweichungen vom vertraglich vereinbarten Aussehen entstehen. Eine Abweichung kann sein:

- die bei einer Beurteilung gemäß Abschnitt 7.2 festgestellte Beeinträchtigung des Gesamteindrucks einer Sichtbetonfläche,
- die festgestellte Überschreitung eines durch die geforderte Sichtbetonklasse begrenzten Einzelkriteriums bei einer Beurteilung gemäß Abschnitt 7.3,

Bei der Beurteilung der Sichtbetonflächen ist der Gesamteindruck aus dem üblichen Betrachtungsabstand maßgebend. Einzelkriterien werden nur geprüft, wenn der Gesamteindruck der Sichtbetonflächen den vereinbarten Anforderungen nicht entspricht.

- die festgestellte Beeinträchtigung der Sichtbetonfläche durch andere Einwirkungen (z. B. durch Witterung, Nachfolgegewerke des Ausbaus oder der technischen Gebäudeausrüstung).

Zur Feststellung einer Abweichung ist eine Beurteilung des Istzustandes des Bauwerkes bzw. der Bauteile vorzunehmen und mit dem Sollzustand zu vergleichen. Hierzu ist eine genaue Beschreibung von Ursache, Art und Ausprägung der Abweichung erforderlich.

7.4.2 Beseitigungen von Abweichungen

Die Beseitigung von Abweichungen ist zulässig.

Im Vorfeld hat es sich bewährt, wenn sich die am Bau Beteiligten angesichts der Abweichungen über Ausmaß, Bedeutung und Nachbesserungsbedarf verständigen.

Es wird empfohlen, Abweichungen des Istzustandes einer Sichtbetonfläche von der vertraglich vereinbarten Sollqualität durch betonkosmetische Maßnahmen zu beseitigen. Bei diesen Arbeiten sollte eine möglichst große Übereinstimmung des Gesamteindrucks mit dem vertraglich vereinbarten Aussehen oder dem benachbarter Sichtbetonflächen angestrebt werden. Weiterführende Hinweise können z. B. [16] bis [18] und [R13] entnommen werden.

7.4.3 Bewertung verbleibender Abweichungen

Zur Beurteilung und zur Bewertung von Sichtbetonflächen, die dem Soll nicht entsprechen, haben sich in der Praxis z. B. bewährt:

- Zielbaummethode nach Aurnhammer [19],
- Verfahren von Oswald [20].

Die Anwendung dieser Verfahren setzt Erfahrung bei der Beurteilung von Sichtbetonflächen voraus.

Anhang A: Anforderungen an die Planung, Erprobung und Ausführung

Anforderungen an die Planung, Erprobung und Ausführung sind in der nachfolgenden Tabelle A.1 bis A.6 für die Merkmale

- Textur,
 - Porigkeit,
 - Farbungleichmäßigkeit,
 - Ebenheit,
 - Arbeitsfugen und Schalungsstöße sowie
 - Erprobungen
- zusammengestellt. Sie ergänzen die Angaben in den Tabellen 1 bis 3 im Abschnitt 4 des vorliegenden Merkblatts.

Tabelle A.1. Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Texturklassen
Table A.1. Requirements for the planning and execution process relating to the classes of texture

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

Tabelle A.2. Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Porigkeitsklassen
Table A.2. Requirements for the planning and execution process relating to the classes of porosity

Anforderung	Leistungsumfang bei Porigkeitsklasse			
	Merkmal	P1	P2	P3
Porigkeit	Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 [R5] üblich	wie Klasse P1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> - Betonsorte, Trennmittel und Schalungshaut aufeinander abstimmen - gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen - Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen 	wie Klasse P2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> - besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von unterschnittenen Schalungen, Deckelschalungen, horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich - Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen - Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen - Nachverdichtung der obersten Betonierlage 	wie Klasse P3, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> - besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich - keine unterschnittenen Schalungen, Deckelschalungen vorsehen

Tabelle A.3. Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Farbtongleichmäßigkeitsklassen
Table A.3. Requirements for the planning and execution process relating to the classes of homogeneity of colour tone

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

Tabelle A.4. Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Ebenheitsklassen
Table A.4. Requirements for the planning and execution process relating to the classes of evenness

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

Sichtbeton

Sichtbeton

Tabelle A.5. Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Arbeitsfugenklassen
Table A.5. Requirements for the planning and execution process relating to the classes of construction joints

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

Tabelle A.6. Anforderungen an die Erprobungen in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen
Table A.6. Requirements for tests relating to the classes of exposed concrete

Anforderung	Sichtbetonklasse				
	Merkmal	SB 1	SB 2	SB 3	SB 4
Erprobungen	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 Kantenbildung werden Erprobungen dringend empfohlen.	ggf. in Verbindung mit Tests an Prüfschalungen	Zur Abstimmung Schalung, Trennmittel, Beton, Einbau, Verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenbildung sind i. A. mindestens zwei Erprobungen erforderlich. ggf. in Verbindung mit Tests an Prüfschalungen

Anhang B: Empfehlungen für Planung und Überwachung der Ausführung

Tabelle B. Empfehlungen für Planung und Überwachung der Ausführung
Table B. Recommendations for planning and surveillance

S	1	2	3			
			Sichtbetonklassen			
Z	Gegen-stand	Empfehlungen	SB 1	SB 2	SB 3	SB 4
1	Abstimmung im Planungsprozess	gemäß [R7]	x	x	x	x
		zusätzlich Sichtbetonteam nach Abschnitt 6.5 zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und der Einbauteile auf die Betonierbarkeit		x		
		zusätzlich Sichtbetonteam nach Abschnitt 6.5 zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und Einbauteile auf die Betonierbarkeit und Festigung der Schalungstechnischen Details für Fugen, Kanten etc.		x	x	x
2	Gliederung der Oberfläche (Planung)	gemäß DIN 18331 [R7], mit geordnetem Schalungsbild	x	x	x	
		Gliederung nach Skizzen des Planers		x		
		Gliederung nach Schaltungsmusterplan des Planers		x		
3	Ausführung und Qualitäts-sicherung	gemäß DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 [R5]	x			
		zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer	x			
		zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer und sichtbetontechnische Überwachung der Ausführung durch eine Fachkraft des Unternehmers		x		
		zusätzlich Schalungsvorbereitung durch den Unternehmer, sichtbetontechnische Überwachung der Ausführung durch eine Fachkraft des Unternehmers und mit sichtbetontechnischem Qualitäts-sicherungsplan		x		

Es wird darum gebeten, den Herausgebern über Erfahrungen mit dieser Tabelle zu berichten.

- C.1 Schalungs- und Schalungshautstöße**
- Schalungs- und Schalungshautstöße sind nicht völlig dicht herstellbar. Lokale Undichtigkeiten können eine Veränderung des Wasserdampftransfers und damit eine ungleichmäßige Dunkelverfärbung zur Folge haben. Insbesondere bei einer Hauptiger Schalung ist deshalb auf eine ausreichende Steifigkeit zu achten. Für das Abdichten von Schalungs- und Schalungshautstößen ist im Leistungsverzeichnis eine gesonderte Leistungsposition vorzusehen (siehe [R7]).
- C.2 Fugen**
- Es wird unterschieden in:
- konstruktive Fugen (Trennfugen, Dehnfügen, Blockfügen) und – Arbeitsfugen.
- Hier werden nur die ausführungsbedingten Arbeitsfugen behandelt.
- Umrötige Arbeitsfugen sollten vermieden werden. Notwendige Arbeitsfugen sind nach Möglichkeit in weniger sichtbare Randbereiche, z. B. in Schattenzonen oder Gebäudecken, zu verlegen, und zwar unter Berücksichtigung statischer, konstruktiver und optischer Aspekte.
- Arbeitsfugen können markant (betont) oder flächenbündig ausgeführt werden:
- a) Markante Arbeitsfuge
Durch Einlegen von Trapezleisten oder Dreikantleisten wird die Arbeitsfuge betont (siehe Bild G.4); die Nahtstelle Erstbeton/Anschlussbeton wird in der Vertiefung kaschiert. Bewährt haben sich Trapezleisten, i. d. R. aus astfreiem Holz. Sie sind gegenüber Dreikantleisten zu bevorzugen, da für die Nahtstelle mehr Toleranz zur Verfügung steht (Bild C.1).
 - b) Flächenbündige Arbeitsfuge
Zwischen Erstbeton und Anschlussbeton entsteht ein bündiger Übergang ohne Vertiefung (Bild C.2). Diese Arbeitsfugenausbildung birgt ein hohes Risiko bezüglich optischer Unregelmäßigkeiten. Insbesondere besteht die Gefahr von Ausblutungen und von sichtbaren Absätzen. Die flächenbündige Arbeitsfuge sollte daher nach Möglichkeit vermieden werden.
- Arbeitsfugen (AF) werden i. d. R. in folgenden Bereichen angeordnet:
- Boden – Wand
 - Wand – Wand, vertikal, horizontal (Kletterschalung)
 - Wand – Decke
 - Decke – Decke
- Einzelheiten hierzu werden nachfolgend beschrieben.

C.3 Ausführungsempfehlungen

C.3.1 Arbeitsfugen zwischen Boden und Wand

Uhebenheiten in Boden- oder Deckenoberflächen (im Rahmen zulässiger Toleranzen und von Gefälleausbildungen etc.) führen bei Wand- und Stützenschallungen u. U. zu Undichtigkeiten. Die Folge sind Ausblutungen oder „Nester“ am Bauteilfuß. Abhilfe kann durch Aufstellen der Schalung auf nicht saugenden Schaumstoffstreifen oder Abdichten der Schalung am Wandfuß mit Montageschaum erfolgen.

C.3.2 Arbeitsfuge zwischen zwei Wänden bei mehreren Wandabschnitten

C.3.2.1 Markante Arbeitsfuge

Auf die Schalung des Erstbetons werden Trapezleisten angeheftet. Betoniert wird bis zur oberen inneren Kante der Leiste. Nach dem Erhärten des Betons befindet sich die Betonoberfläche in etwa in der Mitte der Trapezleiste. Die Leiste sollte möglichst an der Wand verbleiben oder sollte vor dem Anschlussbeton wieder eingelegt werden (siehe auch Bild C.1).

Die Schalung für den Anschlussbeton soll an der Arbeitsfuge dicht anliegen und angespannt werden, um ein Ablösen der Schalung und damit Bildung eines Absatzes infolge Betondrucks des Anschlussbetons zu verhindern. Folgendes hat sich bewährt:

- Ankerstellen in unmittelbarer Nähe der Arbeitsfuge,
- Anspannen der Schalung über eingebaute Verankerungssteile im Erstbeton,
- Abstützung der Schalung (gegenseitige Aussteifung) durch Stahlrohrstützen, z. B. im Treppenhaus).

Beim Betonieren ggf. ausgelaufener Zementleim ist umgehend durch Abspritzen mit sauberem Wasser zu beseitigen.

C.3.2.2 Flächenbündige Arbeitsfuge

Zur Vorbereitung des Betonierens wird eine scharfkantige Einlage (z. B. Streifen aus Mehrschichtplatte, siehe Bild C.2) mit der Unterkante bündig in Fugenhöhe befestigt. Betoniert wird bis ca. 20 mm über die Einlage; beim Ausschalen wird die Einlage entfernt. Die Schalung für den Anschlussbeton wird wie unter Abschnitt C.3.2.1 beschrieben angeschlagen.

Die entstehende Fuge zwischen Erstbeton und Schalungshaut für den nachfolgenden Betonierabschnitt sollte durch geeignete Maßnahmen (Einlegen eines Moosgummistreifens oder nicht saugender Schaumstoffstreifen) „abdichtet“ werden. Ein Absatz zwischen den Fugen und Auslauferscheinungen sind dabei nicht auszuschließen (abhängig von den Maßtoleranzen des Betons und der Schalung, vom elastischen Verhalten der Schalung, von den Außentemperaturen).

C.3.3 Arbeitsfuge zwischen Wand und Decke

Es wird empfohlen, die Oberkante der Wand ca. 20 mm über die Höhe der Unterkante der Decke zu betonieren. Die Deckenschalung kann somit an die Wand angeschlagen und bspw. mit Moosgummistreifen oder nicht saugenden Schaumstoffstreifen abgedichtet werden. Die Fuge ist damit verdeckt und unsichtbar.

Bei komplizierten Anschlüssen, z. B. zwischen vertikalen und horizontalen Bau teilen in Treppenhäusern, liefert der Einbau von Verwahrkästen oft bessere optische Ergebnisse als die Anordnung durchlaufender Bewehrung mit Über greifungsstößen.

C.3.4 Arbeitsfuge zwischen zwei Decken

Die Ausführung erfolgt analog der Fuge zwischen zwei Wänden nach Abschnitt C.3.2.

Jedoch ist hierbei besonders auf das Anspannen/Aanklemmen der Deckenschalung am Erstbeton zu achten, um Absätze infolge Schalungsdurchbiegungen durch die Eigenlast des Anschlussbetons zu vermeiden.

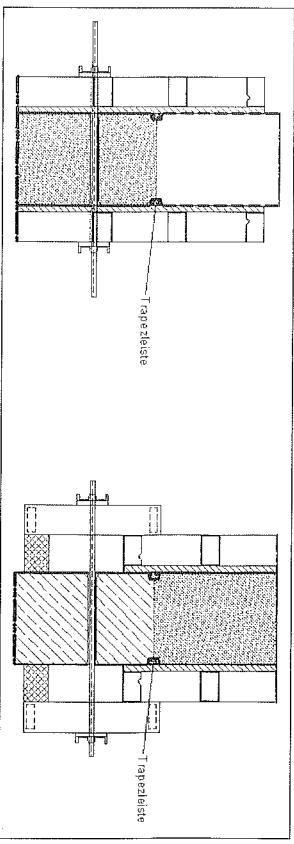


Bild C.1: Arbeitsfuge mit Trapezleiste; links: erster Betonierabschnitt; rechts: zweiter Betonierabschnitt
Figure C.1. Construction joint with trapezoidal ledge; left: first cast in part; right: second cast in part

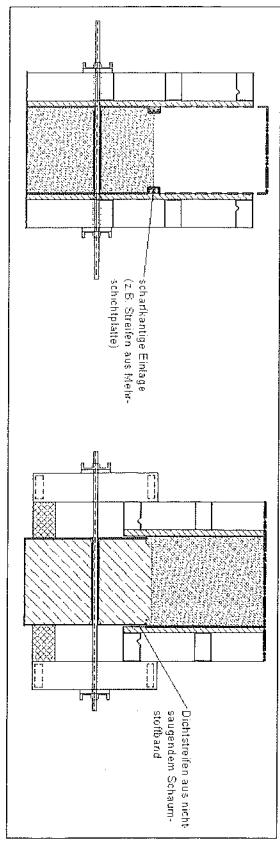


Bild C.2: Flächenbündige Arbeitsfuge; links: erster Betonierabschnitt; rechts: zweiter Betonierabschnitt
Figure C.2. Construction joint without trapezoidal ledge; left: first cast in part; right: second cast in part

Anhang D: Schalungssanker

Die Anordnung und Ausbildung der Schalungssanker nach [R15] ist auf den Gestaltungsentwurf abzustimmen. Schalungssanker sollten systematisch oder nach Planung angeordnet werden (Festlegung z. B. im Schalungsmusterplan, siehe Bild 1). Nicht genutzte Ankerlöcher in Rahmenschalungen sind zu verschließen.

Anhang E: Trennmittel

E.1 Allgemeines

Die richtige Auswahl und Anwendung des Trennmittels ist von großer Bedeutung, da die Grenzflächenreaktionen zwischen Schalungshaut und Betonoberfläche hiervon maßgeblich beeinflusst werden. Trennmittel sind grundsätzlich nach den Angaben des Herstellers zu verwenden. Der Trennmittelfilm sollte möglichst gleichmäßig und dünn sein, d. h. die Auftragsmenge sollte bei einer nicht saugenden Schalungshaut ca. 10 g/m² betragen. Das Trennmittel sollte schnell trocknen, damit wenig Schmutz auf der Schalungshaut haften bleibt. Überdosierungen oder ungeeignete Trennmittel fördern die Porenbildung und führen zu Absandungen und Verfärbungen. Weitere Hinweise zu Trennmitteln und deren Auswirkungen auf die Bildung von Poren und Farbtönunterschieden enthält z. B. [12].

E.2 Lösemittelhaltige Trennmittel

Diese Trennmittel weisen eine sehr niedrige Viskosität (1 – 2 mm²/s bei 20 °C) auf, sodass eine feine Vernebelung zum Erreichen eines dünnen Auftrags möglich ist. Der Lösungsmittanteil, der bei 50 % bis 80 % liegt, verdunstet, sodass die Auftragsdicke weiter reduziert wird. Die Trennmittelfilme sind etwa viermal dünner als bei lösemittelfreien Systemen. Ein nachträgliches Abwaschen der Schalung nach dem Auftrag ist nur bei einer unbeabsichtigten Überdosierung erforderlich.

Insbesondere bei senkrechten Schalungsfächern und beim Einsatz nicht saugender Schalungshaut sind diese Systeme für Ortbetonbauteile bezüglich der Farbtongleichmäßigkeit von Vorteil. Die Nachteile liegen im Bereich der Arbeitshygiene, der Umweltverträglichkeit und ggf. einer erhöhten Porigkeit.

E.3 Lösemittelfreie Trennmittel

Die meisten Produkte haben Viskositäten von etwa 20 mm²/s bei 20 °C. Sie lassen sich daher nicht so fein versprühen, sodass bei nicht saugender Schalungshaut der kaum vermeidbare Überschuss auf der Schalung sorgfältig durch Abziehen mit einer Moosgummileiste zu entfernen ist.

Einem Teil der auf dem Markt befindlichen Produkte wird eine schnelle biologische Abbaubarkeit bescheinigt. Die Nachteile lösemittelfreier Trennmittel bei Sichtbetonarbeiten liegen in der erhöhten chemischen Reaktivität. Je nach Temperatur und Auftragsstärke sind intensives Abmahlen und Hydrophobieeffekte auf der Betonoberfläche möglich. Bei Anwendung im Freien und bei längerer Sonneneinstrahlwirkung kann ein Verharzen eintreten.

E.4 Wässrige Trennmittelmulsionen

Diese Systeme wurden als Alternative zu lösemittelhaltigen Trennmitteln entwickelt. Der Lösemitteltanteil wurde durch Wasser und die Mineralölbestandteile zunehmend durch nachwachsende Rohstoffe ersetzt. Die Viskosität ist sehr niedrig, nach dem Verdunsten des Wassers verbleibt ein sehr dünner, regenfester Film auf der Schalung. Ein zu hoher Auftrag der Emulsion kann nach dem Entschalen zu stärkeren Rückständen auf der Schalung führen, die eine intensivere Reinigung erforderlich machen. Gebinde von Trennmittelmulsionen sind frostgeschützt zu lagern. Aufgrund des hohen Emulgatoranteils werden die Emulsionen meist in die Wassergefährdungsklasse WGK 2 im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) eingestuft. Die biologische Abbaubarkeit ist gut.

E.5 Sprühgeräte

Wichtig für einen einwandfreien Auftrag des Trennmittels ist die Wahl der Ausrüstung. Das Sprühgerät sollte für einen ausreichend hohen Druck ausgelegt sein, der auch bei unterschiedlichem Füllungsgrad des Behälters konstant bleibt. Wichtig ist die richtige Auswahl der Düse, die maßgeblich den Trennmittelauftrag bestimmt. Günstig sind Flachstrahldüsen mit einer niedrigen Durchlassmenge und einem mittleren Sprühwinkel, z. B. Flachstrahldüsen mit einem Auftrag von ca. 70 g bei 20 s Sprühzeit, Medium Wasser, Druck 5 bar.

Anhang F: Verfärbungen der Betonoberfläche

F.1 Allgemeines

Der Farbtön der Sichtbetonfläche nach dem Ausschalen wird durch die Zusammensetzung des Betons, seine Wechselwirkungen mit der Schalungshaut und die Witterungsbedingungen bestimmt. Der Farbtön vergleichmäßigt sich im Laufe der weiteren Erhärtung und Austrocknung. In dieser Phase können temporäre und bleibende Verfärbungen an der Betonoberfläche auftreten.

F.2 Blau- und Grünverfärbungen

Bei Verwendung von CEM III-Zementen (Hochfenzement) und nicht saugender Schalung können nach dem Ausschalen Grün- bis Blauverfärbungen auftreten. Im Allgemeinen verlassen die Verfärbungen nach dem Ausschalen innerhalb von Stunden oder Tagen. Je nach Betonzusammensetzung, Luftaustausch und Witterungsbedingungen kann dieser Vorgang auch einige Monate in Anspruch nehmen [21]. Bei hohen Betondruckfestigkeiten können die Verfärbungen dauerhaft sein.

F.3 Fleckige Dunkelverfärbungen

Bei nicht saugender Schalung können ausgeprägte Dunkelverfärbungen auftreten. Die Dunkelverfärbungen bestehen meist in einer Ansammlung lokal begrenzter, nur wenige mm² großen, dunklen Verfärbungen auf einer ursprünglich gleichmäßig hellen Sichtbetonoberfläche, siehe Bild F.1.

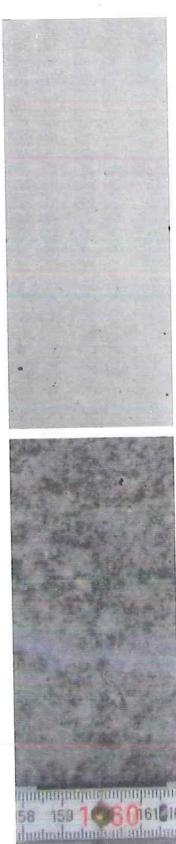


Bild F.1. Unverfärbte (links) und fleckig verfärbte (rechts) Sichtbetonoberfläche
Figure F.1. Bright (left) and dark colour tone (right) variations of an exposed concrete surface

F.3.1 Charakterisierung und Entstehung der fleckigen Verfärbungen

Ursächlich für die Entstehung der Dunkelverfärbungen ist nach [13] eine vermehrte Ablagerung von Calciumhydroxid im oberflächennahen Gefüge. Die Porenlösung des Betons ist in Bezug auf Calciumhydroxid stets gesättigt. Bei einem Transport der Porenlösung aus dem Bauteillinneren nach außen und einer anschließenden Verdunstung der Porenlösung fällt an der Trocknungsfront festes Calciumhydroxid (später durch Carbonatisierung: Calciumcarbonat CaCO₃) aus, welches sich in den Kapillarporen ablagert und dort eine Verdichtung des Gefüges hervorruft. Die Porosität in diesen Bereichen wird deutlich geringer und das Gefüge feinporiger.

Sofern sich die Trocknungsfront nach dem Ausschalen des Betons infolge geringerer Verdunstungsraten, z. B. bei geringen Temperaturen und hohen relativiven Luftfeuchtigkeiten, lange an der Betonoberfläche befindet, finden diese Ablagerungsprozesse vermehrt im oberflächennahen Gefüge statt und können Dunkelverfärbungen hervorrufen. Verlagert sich die Verdunstungsfront nach dem Ausschalen rasch ins Betoninnere, z. B. bei hohen Temperaturen, geringen relativiven Luftfeuchtigkeiten und/oder hohen Windgeschwindigkeiten, wird die Entstehung von Dunkelverfärbungen verhindert.

Der Transport der Porenlösung von innen nach außen wird durch die oberflächennahen Gesteinskörner behindert. Die für die Dunkelverfärbung ursächliche Ablagerung von Calciumhydroxid findet also nur im Zementstein zwischen den oberflächennahen Gesteinskörnern statt, wodurch das fleckige Erscheinungsbild mit unverfärbten bzw. dunkel verfärbten Bereichen entsteht.

F.3.2 Vermeidung und Beseitigung fleckiger Dunkelverfärbungen

Fleckige Dunkelverfärbungen können durch folgende Maßnahmen vermieden bzw. vermindert werden:

- Vermeidung von Winterbetonaggen,
- bei winterlichen Bedingungen: Wahl eines geeigneten Ausschalzeitpunkts mit einer vergleichsweise hohen Verdunstungsrate an der Betonoberfläche, z. B. Abwarten der maximalen Tagestemperatur, Vermeidung des Ausschlages bei Niederschlag oder Nebel,
- vollflächige Entfernung der Schalung unmittelbar nach dem Lösen der Schalungsanker,
- Erhöhung der Verdunstungsrate an der Betonoberfläche durch spezielle Nachbehandlungsmaßnahmen, z. B. durch Anbringen einer vorgehängten Folie mit zirkulierender Warmluft im Spalt zwischen der Folie und der Betonoberfläche,
- Erhöhung des Hydrationsgrades zum Ausschalzeitpunkt, z. B. durch Erhöhung der Frischbetontemperatur, Erwärmung der Schalung, Verlängerung der Schalfristen.

Nach dem Auftreten von Dunkelverfärbungen können folgende Maßnahmen getroffen werden, um das optische Erscheinungsbild der Sichtbetonoberflächen zu verbessern:

- Dauerhafte Trocknung der Oberfläche: Der dunkle Farbton wird u. a. durch einen erhöhten Wassergehalt in den verfärbten Bereichen hervorgerufen. Bei Bauteilen, welche während der gesamten Nutzungsphase geringen relativiven Umgebungsfeuchten ausgesetzt sind (z. B. Innenwände), können die Dunkelverfärbungen durch ein intensives Trocknen der Betonoberfläche, z. B. mit Hilfe von Heißluft, dauerhaft gemindert werden. Bei Oberflächen, die im Laufe der Nutzung – z. B. infolge jahreszeitlicher Schwankungen der klimatischen Bedingungen – wechselnden relativen Luftfeuchten ausgesetzt sind (z. B. Außenbauteile) wird mit Hilfe dieser Maßnahme lediglich eine temporäre Verbesserung des optischen Erscheinungsbildes erreicht.
 - Abschleifen der Oberfläche: Die Dunkelverfärbungen werden durch eine Veränderung des oberflächennahen Gefüges bis in eine Tiefe von wenigen Zehntelmillimetern hervorgerufen. Durch Abschleifen des oberflächennahen Zementsteins können die Dunkelverfärbungen oft entfernt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass dadurch die Oberflächenrauigkeit und damit das Erscheinungsbild der Sichtbetonoberfläche verändert werden.
- Die o. g. Maßnahmen können nach [R7] besondere Leistungen sein.

F.4 Gelb- und Braunverfärbungen

Eine Dokumentation der Erscheinungen und Hinweise zu den Ursachen enthält z. B. [22]. Die Ursachen solcher Verfärbungen können im Einzelnen oder in Kombination basieren auf:

- Rostablagerungen der Bewehrung bei horizontalen oder geneigten Bauteilen,
- Rostablagerungen von Stahlgurtungen beim stapelförmigen Lagern von Schalungselementen,
- Verharzungen des Trennmittels,
- Staubablagerungen auf der Schalungshaut,
- fehlerhafte Beschichtung der Schalungshaut, z. B. bei einem unzureichend ausgehärteten Phenolharzfilm,
- nicht ausreichend resistente Phenolharze der Schalungshaut, die bei kurzzeitiger UV-Bestrahlung, Wasser- oder Alkalieinwirkung empfindlicher werden und
- nicht farbechte Pigmente in der Deckbeschichtung der Schalungsplatten.



Bild G.1: Schalungselement
Figure G.1: Formwork element

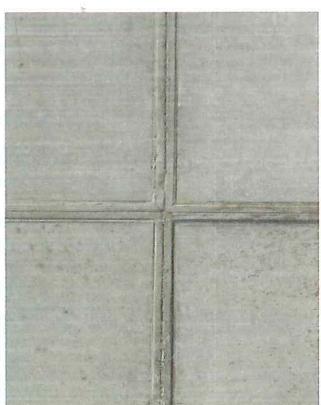


Bild G.2: Abdruck Schalungsstoß Rahmenbildung
Figure G.2: Imprint element joint framed formwork

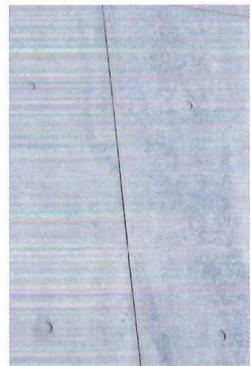


Bild G.3: Abdruck Schalungsstoß Träger-schalung
Figure G.3: Imprint element joint timber formwork

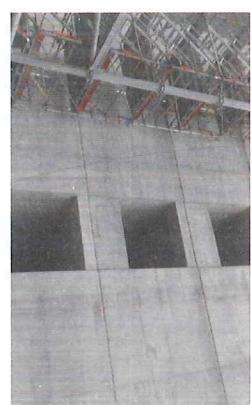


Bild G.4: Abdrücke Arbeitsstufen mit Trapezleisten
Figure G.4: Imprints construction joints with ledges

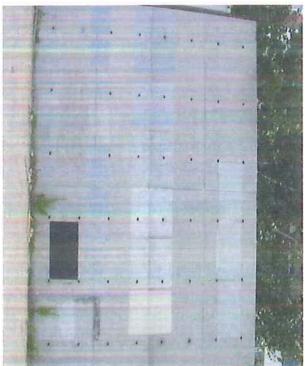


Bild G.5: Erprobungsfläche
Figure G.5: Mock tests of execution

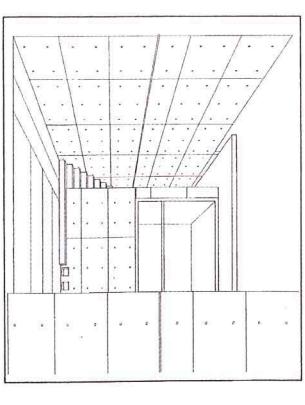


Bild G.6: Schalungsmusterplan von Tadao Ando (aus [23])
Figure G.6: High detailed planning of the surface structure [23]

Anhang G: Erläuternde Bilder zum Textteil

Schrifttum

Normen und Regelwerke

- [R1] DIN EN 1992-1-1:2011-01 – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, Ausgabe 01. 2011 – Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1992-1-1.
- [R2] DIN EN 206-1:2001-07: Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; in Verbindung mit DIN 1045-2:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1.
- [R3] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.: Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton. – Fassung Juni 2015.
- [R4] DIN 18217:1981-12: Betonflächen und Schalungshaut.
- [R5] DIN EN 13670:2011-03: Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung EN 13760:2009 in Verbindung mit DIN 1045-3:2012-03: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung; Anwendungsregeln zu DIN EN 13670.
- [R6] Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A (DIN 1960), Teil B (DIN 1961), Teil C (ATV) (VOB). Gesamtausgabe, Ausgabe Oktober 2012.
- [R7] DIN 18331:2012-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauarbeiten (ATV); Betonarbeiten.
- [R8] Bundesanstalt für Straßenwesen: ZTV-ING – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. Stand Dezember 2014.
- [R9] DBV-Merkblatt Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton. – Fassung Januar 2014.
- [R10] DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton. – Ausgabe November 2003.
- [R11] DBV-Merkblatt Selbstverdichtender Beton. – Fassung Dezember 2004.
- [R12] DIN 18202:2013-04: Toleranzen im Hochbau – Bauwerke.
- [R13] DBV-Sachstandbericht Betonkosmetik. – In Vorbereitung.
- [R14] DBV-Merkblatt Abstandhalter nach Eurocode 2. – Fassung Januar 2011.
- [R15] DIN 18216:1986-12: Schalungssanker für Betonschalungen; Anforderungen, Prüfung, Verwendung.
- [R16] DBV-Merkblatt Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton. – Fassung Januar 2014.

[R17] GSV Merkblatt Mietschalung, Ausgabe Dezember 2012, Güteschutzverband Betonschalungen e.V. – Fassung Dezember 2011.

Weitere Literatur

- [1] Motzke, G.: Vertragsrechtliche Fragestellungen zu Sichtbeton und Probleme der Gewährleistung. – In: Digitalmoderne in Sichtbeton. Tagungsband. – Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2007.
- [2] Schmidt-Morsbach, J.: Betonfläche – Integrierte Mängelrügen und ihre praxisbezogenen Konsequenzen. – In: BFT International Betonwerk + Fertigteil-Technik 46 (1981), Heft 8, S. 452-461.
- [3] Ebeling, K.: Sichtbeton – Planungs- und Ausführungshinweise – Der Aufgabenbereich des Bauingenieurs. – In: beton 48 (1998), Heft 4, S. 208-213.
- [4] DBV-Heft 1 Sichtbeton – Vorträge der DBV-Arbeitstagung am 19. September 2000 in München. – Fassung 2000.
- [5] DBV-Heft 5 Sichtbeton – Vorträge der DBV-Arbeitstagung am 13. März 2002 in Duisburg. – Fassung 2002.
- [6] Peck, M.; Bose, T.; Bosold D.: Technik des Sichtbetons – Praktische Hinweise zur Planung und Ausführung glatter Sichtbetonflächen. – Düsseldorf: Verlag Bau+Technik, 2007.
- [7] Peck, M.: Sichtbeton – Techniken der Flächengestaltung. – In: Detail 48 (2008), Heft 1/2.
- [8] DBV-Heft 26 Sichtbeton im Team – Vom architektonischen Entwurf bis zur Abnahme. – Fassung 2014.
- [9] Bayer AG: Einfärbung von Beton – Verarbeitungstechnische Hinweise. Leverkusen: Selbstverlag 1980.
- [10] Heufers, H.; Schulze, W.: Neuartige Oberflächengestaltung mit farbigen Zuschlägen. – In: BFT International Betonwerk + Fertigteil-Technik 46 (1980), Heft 9, S. 531-539.
- [11] Kind-Barkauskas, F. (Hrsg.): Beton und Farbe – Farbsysteme, Ausführung, Instandsetzung. – Stuttgart/München: Deutsche Verlags-Anstalt 2003.
- [12] Schlussbericht der Leibniz Universität Hannover, Institut für Baustoffkunde, der Hochschule Karlsruhe für Technik und Wirtschaft, Institut für Angewandte Forschung und der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Baubetrieb, zum AiF-Forschungsvorhaben „Neue Sichtbetonteknik – Integration der Erkenntnisse zu Wechselwirkungen zwischen Schalungshaut, Trennmittel und Betonoberfläche in die Prozesskette bei Sichtbeton“, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V., AiF Forschungsvorhaben 15873 N, 2008-2011.

- [13] Schlussbericht des Forschungsinstituts der Zementindustrie, Düsseldorf, und des Lehrstuhls Baustoffkunde und Werkstoffprüfung am Cen- trum Baustoffe und Materialprüfung (CBM) der Technischen Universität München zum AIF-Forschungsvorhaben „Vermeidung von Farbunter- schieden in Sichtbetonoberflächen: Mischungsstabilität und Transport- vorgänge“, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V., AIF-Forschungsvorhaben 15876 N, 2008– 2011.
- [14] Goldammer, Klaus-R.: Umsetzung des Bauvertrages im Sichtbeton- team – Organisation, Konflikte, Streitlösungen. – In: DBV-Heft 29 Sicht- beton im Team – Vom architektonischen Entwurf bis zur Abnahme. – Fassung 2014, S. 5–10.
- [15] Kling, B.; Peck, M.: Sichtbeton im Kontext der neuen Betonnormen. – In: beton 53 (2003), Heft 4, S. 170–176.
- [16] Goldammer, Klaus-R.: Chancen und Grenzen der Betonkosmetik. – In: DBV-Rundschreiben 232, März 2012, S. 6–7.
- [17] Peck, M.: Professionelle Betonkosmetik. – In: Jahrbuch „Beton Bauteile – Entwerfen Planen Ausführen 2012“, S. 96–102. – Gütersloh: Bau- verlag BV GmbH, 2011.
- [18] Kiltz, D.: Sichtbetonmängel während der Bauausführung – baubegleitende Instandsetzung der Betonkosmetik? – In: DBV-Rundschreiben 245, Juni 2015, S. 7–11.
- [19] Aurnhammer, H. E.: Verfahren zur Bestimmung von Wertminderungen bei Mängeln und Schäden. Aachener Bausachverständigentage. – Stuttgart: Forum Verlag 1978.
- [20] Oswald, R.; Abel, R.: Hinzunehmende Unregelmäßigkeiten bei Gebäu- den. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag GmbH 1998.
- [21] ALSEN AG et al. (Hrsg.): Blauverfärbung von Betonoberflächen – Nur temporär! – Faltblatt der BetonMarketing Nord GmbH, Fassung Novem- ber 2002.
- [22] Flata, H.; Raddatz, J.: Braune Verfärbung auf Sichtbetonflächen. – In: Beton-Information 43 (2003), Heft 2, S. 27–33.
- [23] Heincke, W.: Schalungssysteme nach den Vorgaben des Architekten und des neuen Merkblatts „Sichtbeton“. – In: DBV-Heft 8 Vorträge zu den Regionaltagungen 2004. – Fassung 2004, S. 5–2 – 5–21.

Bildnachweis

Bild 1 Beispiel Rahmenschalung unter Verwendung von Elementen 2,50 m x 2,50 m: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG

Bild 2 Trägerschalung mit Regelementbreite 2,50 m, Schalungshaut 2,50 m x 1,25 m: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG

Bild C.1 Arbeitsfuge mit Trapezleiste: Deutscher Beton- und Bautechnik-Ver- ein E.V.

Bild C.2 Flächenbündige Arbeitsfuge: Deutscher Beton- und Bautechnik-Ver- ein E.V.

Bild F.1 unverfärbte (links) und fleckig verfärbte (rechts) Sichtbetonober- fläche [13]

Bild G.1 Schalungselement: Doka GmbH

Bild G.2 Abdruck Schalungsstoß Rahmenschalung: Doka GmbH

Bild G.3 Abdruck Schalungsstoß Trägerschalung: Doka GmbH

Bild G.4 Abdrücke von Arbeitsfugen mit Trapezleisten: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.

Bild G.5 Erprobungsfläche: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.

Bild G.6 Schalungsmusterplan von Tadao Ando [23]