

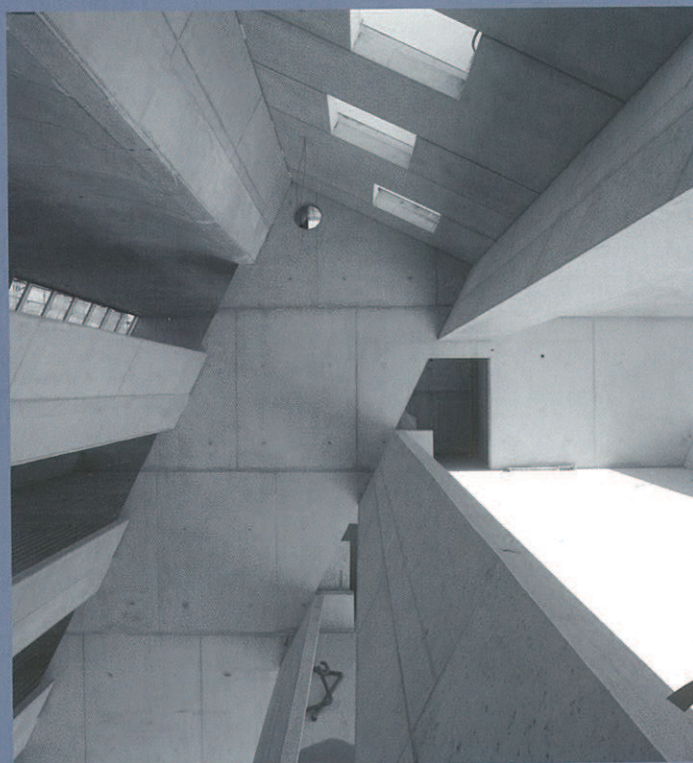
Merkblätter

DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.

Bauausführung

Sichtbeton
Exposed Concrete

Fassung Juni 2015



vdz.

Bau
Kompetenz
im Dialog

DEUTSCHER BETON- UND
BAUTECHNIK-VEREIN E.V.

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 Schalungshautabschnitte	23
5.1.6 Farbliche Gestaltung von Sichtbetonflächen	23
5.2 Ausschreibung (Entwurfsplanung und Leistungsbeschreibung)	23
5.2.1 Allgemeines	23
5.2.2 Gestaltungsmerkmale	26
5.2.3 Erprobungen	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, Erprobung 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 Schalungshautstoffe	41
C.2 Fugen	41
C.3 Ausführungsempfehlungen	42
C.3.1 Arbeitsfugen zwischen Boden und Wand	42

DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“
Fassung Juni 2015

© Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin 2015
© Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf 2015

Redaktion: Dr.-Ing. Klaus-R. Goldammer (DBV)

Deutscher Beton- und
Bautechnik-Verein E.V.
Kurfürstenstraße 129
10785 Berlin
info@betonverein.de
www.betonverein.de

Verein Deutscher
Zementwerke e.V.
Tannenstraße 2
40476 Düsseldorf
vdz@vdz-online.de
www.vdz-online.de

Verlag: Eigenverlag
Druck: Druckerei Chmielorz GmbH, 65205 Wiesbaden

Titelbild: EON Zolling
Quelle: © BetonBild/Henning Koepke

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 jedermann frei 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.

C.3.2 Arbeitsfuge zwischen zwei Wänden bei mehreren Wandabschnitten . . .	42
C.3.3 Arbeitsfuge zwischen Wand und Decke.	43
C.3.4 Arbeitsfuge zwischen zwei Decken.	43
Anhang D: Schalungsanker	44
Anhang E: Trennmittel.	44
E.1 Allgemeines	44
E.2 Lösemittelhaltige Trennmittel	44
E.3 Lösemittelfreie Trennmittel	44
E.4 Wässrige Trennmittlemulsionen	45
E.5 Sprüngeräte	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 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. Schlussendlich 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 Baufahrzeugslieferanten, 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 formale 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 präzisiert 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 Merkblattes 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 auszusprechen 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 Arbeitskreismitglieder 2011–2015: Dipl.-Ing. Beetz, LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG; Ing. Fiala, Krißel; Dr.-Ing. Goldammer (Obmann), Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. (DBV); Dipl.-Ing. Heuß, Dyckerhoff AG; Dr.-Ing. Kiltz, DBV; Prof. Dr.-Ing. Lohaus, Leibniz Universität Hannover; Prof. Dr.-Ing. Matzko, Technische Universität Darmstadt; Dipl.-Ing. Obergefell, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG; Dipl.-Ing. Peck, Beton Marketing Süd GmbH; Dr.-Ing. Pisarsky, DBV; Dipl.-Ing. Reichertz, Bilfinger SE; Dr.-Ing. Reinisch, Österreichische Doka Schalungstechnik GmbH; Dr.-Ing. Rufnau, CRP Ingenieurgemeinschaft; Dr.-Ing. Strehlein, Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat GmbH.

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, Spitzen, Polieren, Beschichten etc.) sind die Regelungen des Merkblattes 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 Fertigteilwerk 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 Betonfertigteilbau e.V. angewendet werden.

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.

Somit werden in diesem Merkblatt alle Phasen – von der Planung und Ausarbeitung 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 Erprobungen 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, Schalungshaut, 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 Forderung nach Sichtbeton nicht aus. Aus diesem Grund werden in diesem Merkblatt Sichtbetonklassen mit geringen und normalen Anforderungen (Sichtbetonklassen SB 1 und SB 2) und mit besonderen 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 Schalungslatten 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 Schalungslatten. Der Schalungshautstoß zeichnet sich weniger stark ab als der Schalungsstoß, da z. B. kein Versatz innerhalb eines Schalungselementes entsteht.

Arbeitsfuge

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

Erprobungen, Erprobungsflächen

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 Schalungshautfugen, 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 geschalteter 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:

- 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 Qualitätssicherung 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	Z	Sichtbetonklasse	Beispiele	Anforderungen an geschaltete Sichtbetonflächen nach Klassen bezüglich										Herstellkosten			
				Textur			Porigkeit ¹		Farbtongleich- mäßigkeit ²		Ebenheit	Arbeits- stoffe	Erfordernisse ³		Schal- ungshaut ⁴		
				s	ns	s	ns	s	ns								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	Wollere Anforderungen								
				Anforderungen an geschaltete Sichtbetonflächen nach Klassen bezüglich										Wollere Anforderungen			
Beispiele				Textur	s	ns	Porigkeit ¹	s	ns	Farbtongleich- mäßigkeit ²	Ebenheit	Arbeits- stoffe	Erfordernisse ³	Schal- ungshaut ⁴	Herstellkosten		
															niedrig		
															mittel		
															hoch		
4		3		2		1		Sichtbeton mit									
besonderen Anforderungen		normalen Anforderungen		geringen Anforderungen		SB 1											
SB 4		SB 3		SB 2		SB 1		SB 4									
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile		Bauteile			
Bauteile		Bauteile		Bauteile		Ba											

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

S	1	Merkmal	Anforderungs- klasse	Anforderungen	3	
2	1	Textur	T1	- weitgehend geschlossene Zementleim- bzw. Mörteloberfläche - in der Schalungsgusslösen ausgeleitener Zementleim/Foamdrötel bis ca. 20 mm Breite und ca. 10 mm Tiefe zulässig - Rahmenabdruck des Schalungselementes zugelassen		
2	2		T2	- geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche - in der Schalungsgusslösen ausgeleitener Zementleim/Foamdrötel bis ca. 10 mm Breite und ca. 5 mm Tiefe zulässig - Höhen verbleibender Grate bis ca. 5 mm zulässig - Rahmenabdruck des Schalungselementes zugelassen		
3	3		T3	- glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche - in der Schalungsgusslösen ausgeleitener Zementleim/Foamdrötel bis ca. 3 mm Breite zulässig - feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca. 3 mm zulässig - weitere Anforderungen (z. B. an Ankerabschlüsse, Schalungshautstöße, Korneverschlüsse) sind detailliert festzulegen		
4	4	Porigkei	Porenanteil mit Porendurchmesser d in den Grenzen 2 mm < d ≤ 15 mm gemessen an einer repräsentativen Prüffläche von 500 mm x 500 mm			
5	5		P1	≤ ca. 3 000 mm² maximaler Porenanteil (ca. 1,2 % der Prüffläche)		
6	6		P2	≤ ca. 2 250 mm² maximaler Porenanteil (ca. 0,9 % der Prüffläche)		
7	7		P3	≤ ca. 1 500 mm² maximaler Porenanteil (ca. 0,6 % der Prüffläche)		
8	8		P4	≤ ca. 750 mm² maximaler Porenanteil (ca. 0,3 % der Prüffläche)		
9	9		FT1	Heil-/Dunkelverfärbungen sind zulässig, Schmutzflecken sind unzulässig.		
10	10		FT2	Gleichmäßige, großflächige Heil-/Dunkelverfärbungen in der Flächenabtönung sind zulässig, Schmutzflecken sind unzulässig. Unterschiedliche Arten und Vorbehandlungen der Schalungshaut sowie Betonangangsstoffe verschiedener Art und Herkunft sind unzulässig.		
11	11	Farbtongleich- mäßigkeit	FT3	Bei saugender Schalungshaut sind großflächige Verfärbungen, verursacht z. B. durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut und ungeeignete nachgegebene Flächenabtönung, verursacht durch die Nichteinhaltung der Vorgaben aus Anhang A, Tabelle A 3.		

S	1	2	3	4
Z	Merkmale	SHK1	SHK2	SHK3
1	Bohrlöcher	mit Kunststoff- oder Holzstöpsel oder mit geeignetem Reparaturverfahren verschießen	als Reparaturstellen zulässig ²	nicht zulässig ³
2	Nagel- und Schraublöcher	zulässig	ohne Absplitterungen zulässig	nicht zulässig ³
3	Beschädigung der Schalungshaut durch Innerrüttler	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 Anhaltungen	nicht zulässig	nicht zulässig
6	Zementstreier	zulässig	zulässig	nicht zulässig ⁴
7	Aufquellen der Schalungshaut in Schraub- bzw. Nagelbereichen oder Welligkeiten an Kantenflächen („Rippings“)	zulässig	in SB 2 zulässig, in SB 3 nicht zulässig ^{4, 5}	nicht zulässig ⁴
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 Reparaturstellen ² in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig				
⁴ nach Absprache mit dem Auftraggeber zulässig				
⁵ zu tolerieren sind werkstoffbedingte Dicken toleranzen im Kantenbereich				
⁶ siehe auch GSV-Merkblatt Miet Schalung, Güteschutzverband Betonschalungen 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 Merkmale einer Schalungshaut zulassen. Soweit von den Fußnoten 3 und 4 dieser Tabelle Gebrauch gemacht wird, ist eine Absprache oder Abstimmung mit dem Auftraggeber erforderlich. Diese sollte spätestens im Angebotsstadium getroffen werden bzw. erfolgen.				

Fortsetzung von Tabelle 2. Merkmale der Anforderungen gemäß Tabelle 1

Continuation of Table 2. Attributes for requirements relating to table 1

Die Wahl der Schalung ist für ein Sichtbetonbauvorhaben von besonderer Bedeutung. Dies gilt sowohl aus gestalterischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht. Bedeutsam in diesem Zusammenhang ist jedoch nicht allein eine Schalungsklassifizierung nach Tabelle 3, sondern auch der gewählte Schalungshauttyp und dessen voraussichtliche Einsatzhäufigkeit.

Tabelle 3. Schalungshautklassen
Table 3. Classification of formwork sheet

S	1	2	3	4
Z	Merkmale	SHK1	SHK2	SHK3
1	Bohrlöcher	mit Kunststoff- oder Holzstöpsel oder mit geeignetem Reparaturverfahren verschießen	als Reparaturstellen zulässig ²	nicht zulässig ³
2	Nagel- und Schraublöcher	zulässig	ohne Absplitterungen zulässig	nicht zulässig ³
3	Beschädigung der Schalungshaut durch Innerrüttler	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 Anhaltungen	nicht zulässig	nicht zulässig
6	Zementstreier	zulässig	zulässig	nicht zulässig ⁴
7	Aufquellen der Schalungshaut in Schraub- bzw. Nagelbereichen oder Welligkeiten an Kantenflächen („Rippings“)	zulässig	in SB 2 zulässig, in SB 3 nicht zulässig ^{4, 5}	nicht zulässig ⁴
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 Reparaturstellen ² in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig				
⁴ nach Absprache mit dem Auftraggeber zulässig				
⁵ zu tolerieren sind werkstoffbedingte Dicken toleranzen im Kantenbereich				
⁶ siehe auch GSV-Merkblatt Miet Schalung, Güteschutzverband Betonschalungen 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 Merkmale einer Schalungshaut zulassen. Soweit von den Fußnoten 3 und 4 dieser Tabelle Gebrauch gemacht wird, ist eine Absprache oder Abstimmung mit dem Auftraggeber erforderlich. Diese sollte spätestens im Angebotsstadium getroffen werden bzw. erfolgen.				

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.

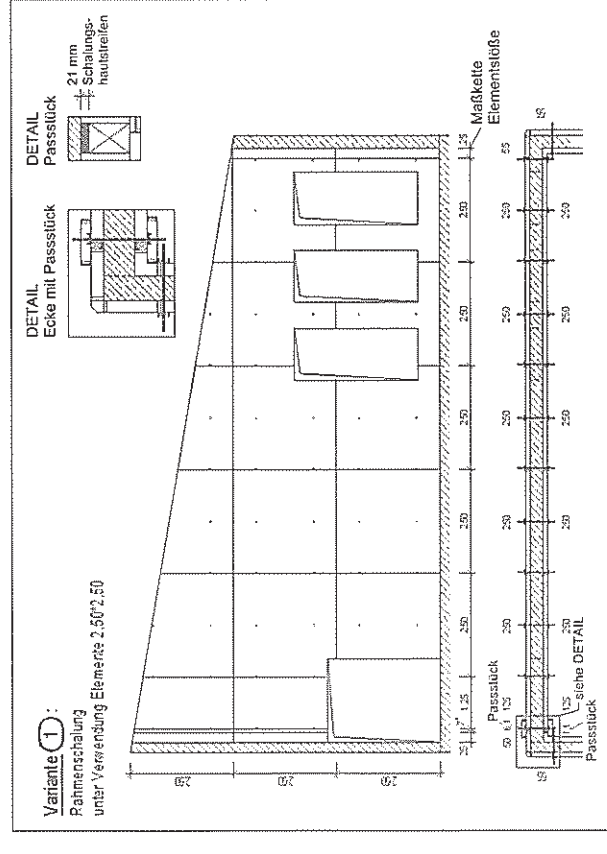


Bild 1. Beispiel Rahmenschalung unter Verwendung von Elementen 2,50 m x 2,50 m

Hinweis: Maße für Systemschalungen sind herstellergebunden. Passstücke mit filmbeschichteter Mehrschichtplatte sind erforderlich (bleiben sichtbar).

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

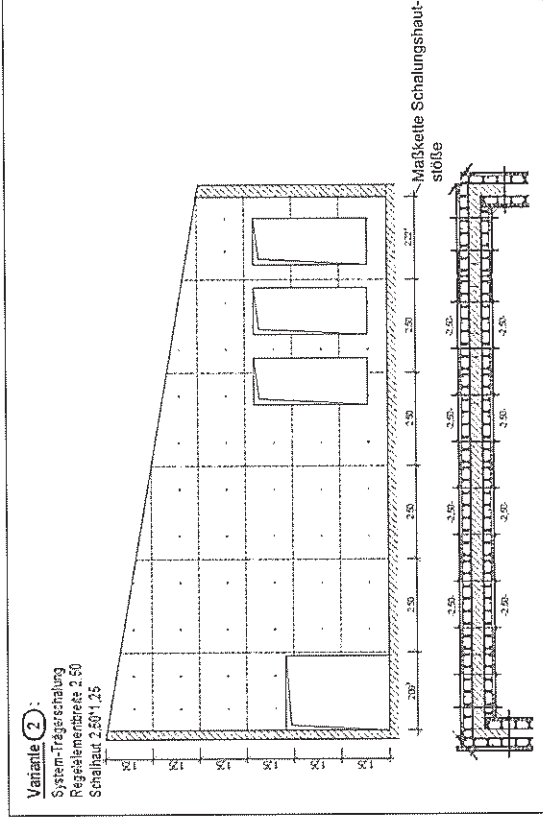


Bild 2. Trägerschalung mit Regelelementbreite 2,50 m, Schalungshaut 2,50 m x 1,25 m

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,
- rostfleckenfreie Bauteiluntersichten,

- ungefaste, scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche und Ausblutungen,
 - Farbton- und Texturgleichheit im Bereich von Arbeitsfugen, Ankerlöchern, Schalungs- und Schalungshautstößen.
- Folgende Abweichungen können nur eingeschränkt vermieden werden:
- 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.

Die folgenden Abweichungen sind bei fachgerechter Ausführung und angemessener Sorgfalt i. Allg. vermeidbar:

- Fehler beim Einbringen und Verdichten des Betons („Kiesnester“, stark sichtbare Schüttlagen u. ä.),
- Rostflecken an den Untersichten horizontaler Bauteile durch zurückgelassene Bewehrungsreste,
- heruntergelaufene Mörtelreste („Nasen“) durch undichte Arbeitsfugen an vertikalen Bauteilen,
- willkürliche, ungeordnete Anordnung von Schalungsankern,
- 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 Kornstruktur nach Austreten von Zementleim),
- stark ausgeprägte Schleppwassereffekte,
- unterschiedliche Oberflächenqualitäten (Farbton/Textur) durch unsachgemäß gelagerte oder unsachgemäß vorbereitete Schalung,
- unsauberer oder uneinheitlicher Verschluss von Ankerlöchern (falls gefordert).

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:

- 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.

Weitere Hinweise zur Betonierbarkeit können [R9] entnommen werden.

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.

Bei Verwendung von selbstverdichtendem Beton (SVB) sind zusätzlich [R10] und [R11] zu beachten.

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.

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 Ausschreibung von spitzwinklig zulaufenden Wänden, scharfen Ecken, Kanten u. ä. ist zu beachten, dass trotz größter Sorgfalt bei der Festlegung des Ausschaltzeitpunkts und beim Ausschalen Kanten abbrechen können. Je nach Anforderung an das Sichtbetonbauteil ist im Einzelfall zu hinterfragen, ob eine scharfkantige Eckausführung zwingend notwendig ist.

Auch an Einschnürungen und Vertiefungen oder bei nachträglichem Abtrag der Sichtbetonflächen ist eine ausreichende Betondeckung zu gewährleisten.

Rostflecken an Bauteilunterseiten lassen sich nur durch besondere Maßnahmen (z. B. Planung und Errichtung von Einhausungen oder durch den Einsatz von nicht rostender Bewehrung) vermeiden.

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 (Rahmen- oder Trägerschalungen, siehe z. B. Bilder G.1 bis G.3) eingesetzt. Systemschalungen werden von unterschiedlichen Schalungsherstellern 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 (Rahmen- 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 Schalungshauteinsatz“ ist sehr aufwendig aber mit Blick auf die Sichtbetonqualität meist unzweckmäßig. Bewährt hat es sich dagegen, eine Schalungshautart zu wählen, die nach Erprobung (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 enthält z. B. [R17].

5.1.4.2 Rahmenschalung

a) Allgemeines

Rahmenschalungen (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) Oberflächenqualität an Schalungsstößen

Die Oberflächenqualität an Schalungshaut- und Schalungsstößen 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 Farbungleichmäßigkeit (z. B. Grauton) des Betons,
- Passstücke 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 Plattendicke ist abhängig vom Hersteller und von den Transportmöglichkeiten sowie der Handhabung auf der Baustelle. Das Tragen 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 anzuordnen. 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 Schraubenköpfe) 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 Schalungsstößen ergeben sich herstellungsbedingt, sind jedoch ggf. durch Fugenjustierlaschen begrenzt.

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 Einschnitten oder -fräsen von Profilierungen in die Schalungshaut kann man besondere Gestaltungseffekte erzielen. Hierdurch können in die Sichtbetonfläche bspw. Rippen 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 Ort-beton haben gezeigt, dass ein einheitlicher Farbton 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

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

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

[illegible]

Sichtbeton

24

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

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

S	Z	Eigen- schaft	saugend ⁴										schwach saugend ^{3,4}								
1	2	Art der Schalungshaut	Holzwerkstoffplatten, unbeschichtet (Spanplatten)	Breiten sägerau, unbehandelt	raue Brettlextur, von Schnitverfahren abhängig, BO-Farbtön dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung), einzelne Holzfa- sern in BO	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	unbeschichtet Sperholzplatte oder Seekieferplatte, sonst wie vor	leicht raue Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}	
1	2	Merkmal(e)/Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	leicht raue Textur der BO	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	unbeschichtet Sperholzplatte oder Seekieferplatte, sonst wie vor	leicht raue Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}		
1	2	mögliche Auswirkungen auf die Betonober- fläche bzw. Anwendungsbereiche	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}	
1	2	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}		
1	2	Art der Schalungshaut	Holzwerkstoffplatten, unbeschichtet (Spanplatten)	Breiten sägerau, unbehandelt	raue Brettlextur, von Schnitverfahren abhängig, BO-Farbtön dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung), einzelne Holzfa- sern in BO	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	unbeschichtet Sperholzplatte oder Seekieferplatte, sonst wie vor	leicht raue Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}	
1	2	Merkmal(e)/Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	leicht raue Textur der BO	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}
1	2	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}		
1	2	mögliche Auswirkungen auf die Betonober- fläche bzw. Anwendungsbereiche	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}	
1	2	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}		
1	2	Art der Schalungshaut	Holzwerkstoffplatten, unbeschichtet (Spanplatten)	Breiten sägerau, unbehandelt	raue Brettlextur, von Schnitverfahren abhängig, BO-Farbtön dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung), einzelne Holzfa- sern in BO	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	unbeschichtet Sperholzplatte oder Seekieferplatte, sonst wie vor	leicht raue Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}	
1	2	Merkmal(e)/Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	leicht raue Textur der BO	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}
1	2	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}		
1	2	mögliche Auswirkungen auf die Betonober- fläche bzw. Anwendungsbereiche	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}	
1	2	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²	ca. 2 bis 3 Einsätze	bis ca. 5 Einsätze	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckereinfluss beachten (Absandung)	Platten bis 10, Breiter 5 bis 10 Einsätze	wie vor	ca. 3 bis 5 Einsätze	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzucker- einfluss beachten (Absandung)	glatte Brettlextur, Maserung sehr dunkle BO	glatt	Furniersperrholz mit saugender Filmbe- schichtung	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenver- gütet) 3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenver- gütet)	Platten mit Filmbeschichtung, ca. 80 bis ca. 200 g/m ² ; A-Phenolharzfilm, auf Furnier- sperrholzplatten oder Stab- und Stübben-	schwach saugend ^{3,4}		

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 eine 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 Oberflächen-ausbildungen oder die vorherige Festlegung von Betonierabschnitten zur Vermeidung von Arbeitsfugen in optisch besonders auffälligen Bauwerksbereichen sein.

Bei der Festlegung der Gesamtbauteilzeit 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, Farbtonunterschieden 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 verringert oder durch den Einsatz nicht rostender 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 Schalungsstößen,
- 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),
- Oberflächenausbildung nicht geschalteter Teilflächen (abgeriebene oder geglättete Oberseiten 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 Erprobungsflächen (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, Schalungshaut, Trennmitteltyp und -auftrag, Beton, Betoneinbau und -verdichtung, Anker-, Fugen- und Kantenausbildung).

Die Erprobungsflächen sollten die Bauteilgeometrie, 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 Erprobungsflächen 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 bauteilentechnische Probebetonagen 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 kleinformatige 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 Schalungsmusterplans 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,
- Schalungsanker 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 Kantenversiegelung vor dem Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen,
- Abdichtungen (z. B. durch komprimierbare, geschlossenzellige Einlagen) können die Dichtheit von Schalungshaut und Schalungsstößen, Arbeitsfugen und Ankerkonen 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 Bauteiloberflächen (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 anzuordnen. Insbesondere bei Wänden und Stützen sind die Schüttöffnungen so zu dimensionieren, dass Schüttrohre eingeführt werden können und die Bewehrung beim Verdichten möglichst nicht durch Innenrüttler berührt wird.

6.3 Beton

Der Beton soll so zusammengesetzt sein, dass die Konsistenz und das Größtkorn dem Einbauverfahren und der Bauteilgeometrie angepasst sind, er sich beim Einbau und Verdichten nicht entmischt und kein Wasser absondert [R16]. Die Eignung des Betons kann z. B. an Prüfuschalungen getestet werden (siehe 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“ Betonsorten, 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 Mehlikorngesamt, 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 Wasserzementwert 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 Farbtonschwankungen 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 Erprobungsflächen oder Prüfuschalungen 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.

- Auch bei Mischern mit sehr guter Mischwirkung sollte die Mischdauer im Werk je Charge 60 Sekunden nicht unterschreiten.
- Für den Frischbeton sollte ein Zielwert der Konsistenz vereinbart sein. Die Einhaltung einer maximalen Schwankung des Ausbreitmaßes von $\Delta a = \pm 20$ mm sollte durch Kontrolle im Werk und auf der Baustelle (bei SB 4 jeweils jedes Fahrzeug) erfolgen.
- Das Vorgehen bei Ausfall des Lieferwerks (Ersatzlieferwerk etc.) ist zu vereinbaren.

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 Lufteinlässen 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 Zementleim 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 Kanthölzer 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 von 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 Anhangs 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 Ungelmäßigkeiten, wie z. B. der Textur und des Farbtons, sind in allen Sichtbetonklassen charakteristisch.

Frisch ausgeschaltete Betonoberflächen sind zur Endbeurteilung der Farbtonung meist ungeeignet. Den Oberflächen ist ausreichend Zeit zur Abtrocknung und Vergleichsmäßigung 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.

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.

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.

Bauteile: 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,

- 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 vereinbartem 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:

- Zielbaumethode 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,
- Farbtongleichmäßigkeit,
- Ebenheit,
- Arbeitsfugen und Schalungsstöße sowie
- Erprobungen

zusammengestellt. Sie ergänzen die Angaben in den Tabellen 1 bis 3 im Abschnitt 4 des vorliegenden Merkblatts.

Anforderung	Merkmal	T1	T2	T3
Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Texturklassen	Textur	- Aufwand wie bei 1045-3 [R5] üblich DIN EN 13670/DIN 1045-3 [R5] üblich	wie Klasse T1, zusätzlich: - 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 gleichartige Schalungshauten verwenden - bauseits geschliffene Kanten der Schalungspalten sind zu verstegeln	wie Klasse T2, zusätzlich: - Anforderungen bezüglich Schalungsstöße und Rahmenabdruck sind detailliert festzulegen - Detailplanung der Schalung (Abdichtungen, Stöße, Fußpunkt) notwendig - Schaltung 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 (Trapezbleiste, flächenbündige Fugen u. ä.) - Fußpunkt: Aufstellen der Schalung auf nicht saugenden Schaumstoffstreifen oder Abdichten der Schalung am Wandfuß - Kantenschutz der ausgeschalteten Bauteile vorsehen
			Texturklasse	

Table A.1. Requirements for the planning and execution process relating to the classes of texture

Tabelle A.2. Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Porositätsklassen

Anforderung	Merkmal	Leistungsumfang bei Porositätsklasse		
P1	auch anzuwenden auf den Fall P1 bei SB 2 mit nicht saugender Schalhaut	P1	Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 [R5] üblich	Pongkeit
P2	auch anzuwenden auf den Fall P1 bei SB 3 mit nicht saugender Schalhaut	P2	wie Klasse P1, zusätzlich: - Betonsorte, Trennmittel und Schalungshaut aufeinander abstimmen - gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen - Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen	
P3	auch anzuwenden auf den Fall P2 bei SB 4 mit nicht saugender Schalhaut	P3	wie Klasse P2, zusätzlich: - besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von unterschrittenen Schalungen, Deckenschalungen und Einbauteilen erforderlich - Wechsellagerung der Betonzusammensetzung und Verfüllung der Schalung mit Betonzusammensetzung - Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen - Nachverdichtung der obersten Betonlage	
P4	auch anzuwenden auf den Fall P3 bei SB 4 mit nicht saugender Schalhaut	P4	wie Klasse P3, zusätzlich: - besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von horizontalen und vertikalen Einbauteilen erforderlich - keine unterschrittenen Schalungen, Deckenschalungen vorsehen	

Tabelle A.3. Anforderungen an die Planung und Ausführung in Abhängigkeit von den Farbtongleichmäßigkeitsklassen

Anforderung	Merkmal	Farbtongleichmäßigkeitsklasse		
FT1		FT1	Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 [R5] üblich	Farbtongleichmäßigkeit
FT2		FT2	wie Klasse FT1, zusätzlich: - Betonsorte, Trennmittel und Schalungshaut aufeinander abstimmen - gleiche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut sicherstellen - Bei nebeneinanderliegenden Bauteilen Schalung mit gleicher Einsatzhöhe verwenden - Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmäßigen Trennmittelauftrag sicherstellen - Schalung fachgerecht lagern, dabei UV-Einwirkung vermeiden - Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonzusammensetzung ausschließen - Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen - Mischdauer des Betons im Werk je Charge mindestens 60 Sekunden - Lieferung in zusammenhängende Bauteile jeweils nur aus einer Produktionslinie (Lieferwerk)	
FT3	auch anzuwenden auf den Fall FT2 bei SB 4 mit nicht saugender Schalhaut	FT3	wie Klasse FT2, zusätzlich: - Bauteilplanung hat weiterungsbedingte Einschränkungen/Verzerrungen zu berücksichtigen - Bauteilgeometrie und Bewehrungsplanung sind so zu planen, dass eine einfache und zügige Betonage möglich ist, Schütt- und Rüttelöffnungen in gleichmäßigen Abständen sind vom Planer vorzusehen - Bewehrungsstützung, Schütt- und Rüttelöffnungen sind so zu planen, dass das Berühren von Schalung und Bewehrung mit dem Innenrüttler weitgehend vermieden werden kann. - Schalungsstäbe, Durchbindungen, Aufstandsflächen sind gegen das Austreten von Zementmilch abzusichern. Die Art der Abdichtung ist vom Planer festzulegen. - Saugverhalten von Leisten etc. dem der Schalungshaut anpassen - Betondeckung c_p (Vertiegemass) von mindestens 30 mm vorsehen - komplizierte Bauteilgeometrien vermeiden, damit Schalungsanker gleichmäßig angezogen werden können - kein Betonieren bei starken Regenfällen - Spülwasserkontrolle vor der Beladung eines jeden Fahrmischers durchführen - Einhaltung des Wasserzementwerts auf $\pm 0,02$ genau, bzw. Einhaltung der Ausgangskonsistenz auf ± 20 mm genau - Wahl geeigneter Verfahren zur Vermeidung von Kaltausblühungen an pigmentiertem Beton	

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	Merkmale	E1	E2	E3
Ebenheitsklasse	Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tab. 3, Zeile 5, ver-einbaren	-	-	-
	Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tab. 3, Zeile 6, vereinbaren	-	-	-
wie Klasse E1, jedoch zusätzlich:	-	-	-	-
	-	-	-	-
wie Klasse E2, jedoch zusätzlich:	-	-	-	-
	-	-	-	-
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 hinausgehenden Ebenheitsanforderungen durch den Auftraggeber	-	-	-	-
	-	-	-	-
geodätisches Einmessen der Schalung erforderlich	-	-	-	-
	-	-	-	-
Prüfung der Maßtoleranzen und der Ebenfähigkeit von Schalungshaut und Befestigung vor Ort überprüfen	-	-	-	-
	-	-	-	-
ggf. Detailplanung notwendig	-	-	-	-
	-	-	-	-

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	Merkmale	Arbeitsfugen und Schalungstolerklassen
Arbeitsfugen und Schalungstoleranzen	1045-3 [R5] üblich	-
	Aufwand wie bei DIN EN 13670/DIN 1045-3 [R5] üblich	-
Arbeitsfugen und Schalungstoleranzen	-	-
	-	-
wie Klasse AF1, zusätzlich:	-	-
	-	-
wie Klasse AF2, zusätzlich:	-	-
	-	-
wie Klasse AF3, zusätzlich:	-	-
	-	-
detaillierte Festlegung aller Maß-nahmen 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	Merkmale	Sichtbetonklasse
Erprobungen	Erprobungsflächen sind freigestell-	-
	-	-
SB 1	-	-
	-	-
SB 2	-	-
	-	-
SB 3	-	-
	-	-
SB 4	-	-
	-	-

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			
2	Gegenstand	Empfehlungen	SB 1	SB 2	SB 3	SB 4
1	Abstimmung im Planungsprozess	gemäß [R7]	x			
		zusätzlich Sichtbetonsteam nach Abschnitt 6.5 zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und der Einbauteile auf die Betonierbarkeit		x		
2	Gliederung der Oberfläche (Planung)	zusätzlich Sichtbetonsteam nach Abschnitt 6.5 zur planerischen Abstimmung der Haustechnik, der Bewehrung und Einbauteile auf die Betonierbarkeit und Festlegung der schalungstechnischen Details für Fugen, Kanäle etc.			x	x
		gemäß DIN 18331 [R7], mit geordnetem Schalungsbild	x	x		
		Gliederung nach Skizzen des Planers			x	
3	Ausführung und Qualitätssicherung	Gliederung nach Schalungsmusterplan des Planers				x
		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, sichtbetontechnischer Überwachung der Ausführung durch eine Fachkraft des Unternehmers und mit sichtbetontechnischem Qualitätssicherungsplan				x

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

Anhang C: Ausbildung von Stößen und Fugen

C.1 Schalungs- und Schalungshautstöße

Schalungs- und Schalungshautstöße sind nicht völlig dicht herstellbar. Lokale Undichtigkeiten können eine Veränderung des Wasserzementwerts und damit eine ungleichmäßige Dunkelverfärbung zur Folge haben. Insbesondere bei einhäufiger 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, Dehnfugen, Blockfugen) und
- Arbeitsfugen.

Hier werden nur die ausführungsbedingten Arbeitsfugen behandelt.

Unnötige Arbeitsfugen sollten vermieden werden. Notwendige Arbeitsfugen sind nach Möglichkeit in weniger sichtbare Randbereiche, z. B. in Schattenzonen oder Gebäudeecken, 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

Unebenheiten in Boden- oder Deckenoberflächen (im Rahmen zulässiger Toleranzen und von Gefälleausbildungen etc.) führen bei Wand- und Stützenschalungen u. U. zu Undichtheiten. 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 Verankerungsteile 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 Moosgummiestreifens 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 Moosgummiestreifen oder nicht saugenden Schaumstoffstreifen abgedichtet werden. Die Fuge ist damit verdeckt und unsichtbar.

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

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/Anklemmen der Deckenschalung am Erstbeton zu achten, um Absätze infolge Schalungsdurchbiegungen durch die Eigenlast des Anschlussbetons zu vermeiden.

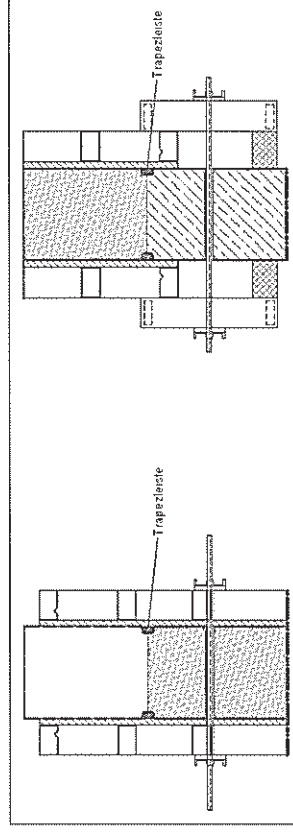


Bild C.1. Arbeitsfuge mit Trapezleiste; links: erster Betonierabschnitt; rechts: zweiter Betonierabschnitt

Figure C.1. Construction joint with trapezoidal ledge; left: first cast in part; right: second cast in part

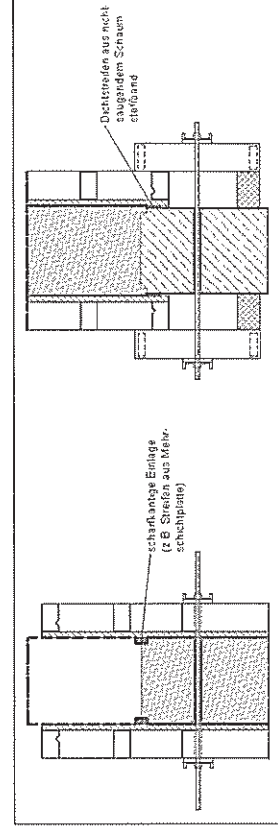


Bild C.2. Flächenbündige Arbeitsfuge; links: erster Betonierabschnitt; rechts: zweiter Betonierabschnitt

Figure C.2. Construction joint without trapezoidal ledge; left: first cast in part; right: second cast in part

Anhang D: Schalungsanker

Die Anordnung und Ausbildung der Schalungsanker nach [R15] ist auf den Gestaltungsentwurf abzustimmen.

Schalungsanker 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/m^2 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 Farbtonunterschiede enthält z. B. [12].

E.2 Lösemittelhaltige Trennmittel

Diese Trennmittel weisen eine sehr niedrige Viskosität ($1 - 2 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei 20°C) auf, sodass eine feine Vernebelung zum Erreichen eines dünnen Auftrags möglich ist. Der Lösungsmittelanteil, 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 Abwischen der Schalung nach dem Auftrag ist nur bei einer unbeabsichtigten Überdosierung erforderlich.

Insbesondere bei senkrechten Schalungsflächen 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 $20 \text{ mm}^2/\text{s}$ 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 Abmehlen und Hydrophobieeffekte auf der Betonoberfläche möglich. Bei Anwendung im Freien und bei längerer Sonneneinstrahlung kann ein Verharzen eintreten.

E.4 Wässrige Trennmittlemulsionen

Diese Systeme wurden als Alternative zu lösemittelhaltigen Trennmitteln entwickelt. Der Lösemittelanteil 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 Trennmittlemulsionen 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 Trenmittelauftrag 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 Farbton der Sichtbetonfläche nach dem Ausschalen wird durch die Zusammensetzung des Betons, seine Wechselwirkungen mit der Schalungshaut und die Witterungsbedingungen bestimmt. Der Farbton gleichmäßig 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 (Hochofenzement) und nicht saugen- der Schalung können nach dem Ausschalen Grün- bis Blauverfärbungen auf- treten. Im Allgemeinen verblassen die Verfärbungen nach dem Ausschalen innerhalb von Stunden oder Tagen. Je nach Betonzusammensetzung, Luft- austausch 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 auf- treten. Die Dunkelverfärbungen bestehen meist in einer Ansammlung lokal begrenzter, nur wenige mm² großen, dunklen Verfärbungen auf einer ursprüng- lich gleichmäßig hellen Sichtbetonoberfläche, siehe Bild F.1.

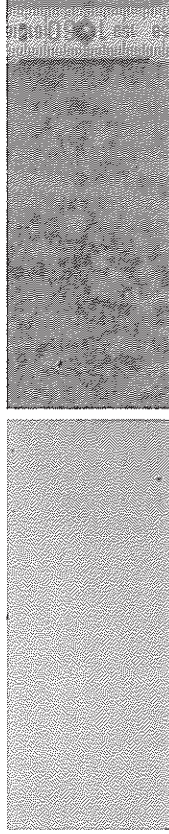


Bild F.1. Unverfärbte (links) und fleckig verfärbte (rechts) Sichtbetonoberfläche

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 ver- mehrte Ablagerung von Calciumhydroxid im oberflächennahen Gefüge. Die Porenlösung des Betons ist in Bezug auf Calciumhydroxid stets gesättigt. Bei einem Transport der Porenlösung aus dem Bauteilinneren nach außen und einer anschließenden Verdunstung der Porenlösung fällt an der Trocknungs- front festes Calciumhydroxid (später durch Carbonatisierung: Calciumcarbo- nat CaCO₃) aus, welches sich in den Kapillarporen abgelagert und dort eine Ver- dichtung des Gefüges hervorruft. Die Porosität in diesen Bereichen wird deut- lich geringer und das Gefüge feinporener.

Sofern sich die Trocknungsfront nach dem Ausschalen des Betons infolge geringer Verdunstungsraten, z. B. bei geringen Temperaturen und hohen rela- tiven Luftfeuchten, lange an der Betonoberfläche befindet, finden diese Ab- lagerungsprozesse vermehrt im oberflächennahen Gefüge statt und können Dunkelverfärbungen hervorrufen. Verlagert sich die Verdunstungsfront nach dem Ausschalen rasch ins Betoninnere, z. B. bei hohen Temperaturen, gerin- gen relativen Luftfeuchten und/oder hohen Windgeschwindigkeiten, wird die Entstehung von Dunkelverfärbungen verhindert.

Der Transport der Porenlösung von innen nach außen wird durch die ober- flächennahen Gesteinskörner behindert. Die für die Dunkelverfärbung ursäch- liche Ablagerung von Calciumhydroxid findet also nur im Zementstein zwi- schen 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 Winterbetonagen,
- bei winterlichen Bedingungen: Wahl eines geeigneten Ausschalzeitpunkts mit einer vergleichsweise hohen Verdunstungsrate an der Betonoberfläche, z. B. Abwarten der maximalen Tagestemperatur, Vermeidung des Ausscha- lens bei Niederschlag oder Nebel,
- vollflächige Entfernung der Schalung unmittelbar nach dem Lösen der Scha- lungsanker,
- Erhöhung der Verdunstungsrate an der Betonoberfläche durch spezielle Nach- behandlungsmaßnahmen, z. B. durch Anbringen einer vorgehängten Folie mit zirkulierender Warmluft im Spalt zwischen der Folie und der Betonoberfläche,
- Erhöhung des Hydratationsgrades zum Ausschalzeitpunkt, z. B. durch Erhöhung der Frischbetontemperatur, Erwärmung der Schalung, Verlänge- rung der Schalfristen.

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

- Dauerhafte Trocknung der Oberfläche: Der dunklere Farbton wird u. a. durch einen erhöhten Wassergehalt in den verfärbten Bereichen hervorgerufen. Bei Bauteilen, welche während der gesamten Nutzungsphase geringen rela- tiven 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 tem- poräre 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.

Anhang G: Erläuternde Bilder zum Textteil



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

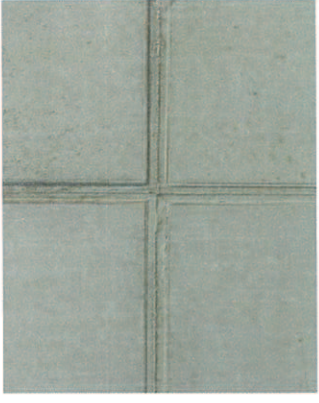


Bild G.2. Abdruck Schalungssstoß Rahmenschalung
Figure G.2. Imprint element joint framed formwork



Bild G.3. Abdruck Schalungssstoß Träger-schalung
Figure G.3 Imprint element joint timber beam formwork



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

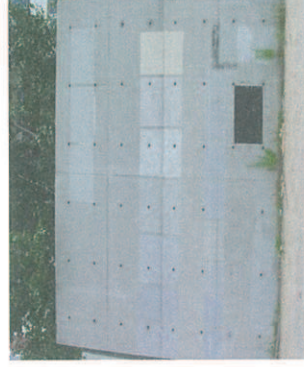


Bild G.5. Erprobungsfläche
Figure G.5. Mock tests of execution

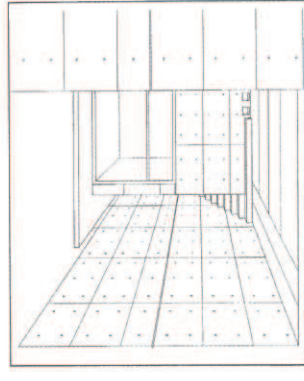


Bild G.6. Schalungsmusterplan von Tadao Ando (aus [23])
Figure G.6. High detailed planning of the surface structure [23]

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 Bauleistungen (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: Schalungsanker 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 Sichtbetontechnik – 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 Centrum Baustoffe und Materialprüfung (CBM) der Technischen Universität München zum AIF-Forschungsvorhaben „Vermeidung von Farbunterschieden in Sichtbetonoberflächen: Mischungsstabilität und Transportvorgänge“, 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 Sichtbeton 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: Bauverlag 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 Gebäuden. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag GmbH 1998.
- [21] ALSEN AG et al. (Hrsg.): Blauverfärbung von Betonoberflächen – Nur temporär! – Faltblatt der BetonMarketing Nord GmbH, Fassung November 2002.
- [22] Fiala, H.; Raddatz, J.: Braune Verfärbung auf Sichtbetonflächen. – In: Beton-Information 43 (2003), Heft 2, S. 27–33.
- [23] Heinecke, 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 Regelelementbreite 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-Verein E.V.
- Bild C.2 Flächenbündige Arbeitsfuge: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
- Bild F.1 unverfärbte (links) und fleckig verfärbte (rechts) Sichtbetonoberfläche [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]