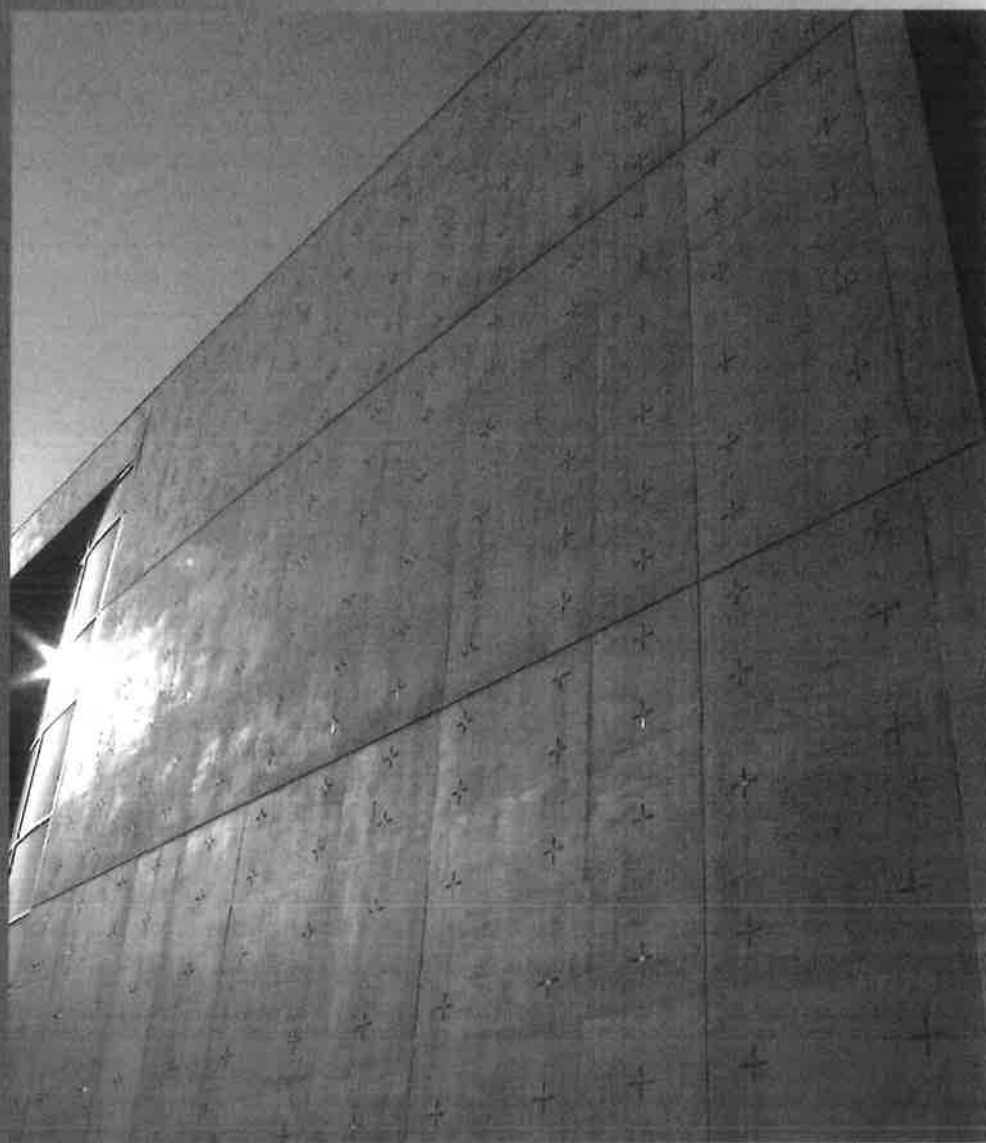


Merkblatt Sichtbeton



Merkblatt Sichtbeton

Fassung August 2004

**DEUTSCHER BETON- UND
BAUTECHNIK-VEREIN E.V.**

**BUNDESVERBAND DER
DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E.V.**



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	4
1 Allgemeines	6
2 Begriffe	7
3 Regelwerke und vertragliche Einbindung des Merkblatts	8
3.1 Regelwerke	8
3.2 Vertragliche Einbindung des Merkblatts	9
4 Sichtbetonklassen und deren Verknüpfung mit technischen Anforderungen	9
5 Planung und Ausschreibung	13
5.1 Grundlagen der Gestaltung	13
5.1.1 Allgemeine Merkmale	13
5.1.2 Ausführbarkeit	14
5.1.3 Bautechnische Grundsätze	15
5.1.4 Gestaltung durch Schalhaut und Schalung	16
5.1.5 Gestaltung durch Schalungseinlagen und Schalhauteinschnitte	19
5.1.6 Farbliche Gestaltung durch die Betonzusammensetzung	19
5.1.7 Bearbeitete Betonflächen	22
5.2 Ausschreibung (Entwurfsplanung und Leistungsbeschreibung)	23
5.2.1 Allgemeines	23
5.2.2 Gestaltungsmerkmale	23
5.2.3 Erprobungsflächen	24
5.2.4 Referenzflächen	25
6 Anforderungen an die Ausführung	25
6.1 Schalung	25
6.2 Bewehrung und Einbauteile	26
6.3 Beton	26
6.4 Bauausführung	28
6.5 Hinweise und Maßnahmen zur Qualitätssicherung	28
7 Beurteilung	29
7.1 Grundlagen	29
7.2 Gesamteindruck	29
7.3 Einzelkriterien	29
7.4 Vorgehen bei Abweichungen	30
7.4.1 Allgemeines	30
7.4.2 Mängelbeseitigung	30
7.4.3 Beurteilungsverfahren	32
Schrifttum	33
Anhang A: Anforderungen an die Ausführung	38
Anhang B: Ausbildung von Stößen und Fugen	44
B.1 Schalungs- und Schalhautstöße	44
B.2 Fugen	44
B.3 Ausführungsempfehlungen	45

Anhang C:	Schalungsanker	47
Anhang D:	Trennmittel	48
	D.1 Allgemeines	48
	D.2 Lösemittelhaltige Trennmittel	48
	D.3 Lösemittelfreie Trennmittel	48
	D.4 Wässrige Trennmittelemlusionen	49
	D.5 Sprühgeräte	49
Anhang E:	Verfärbungen der Betonoberfläche	50
	E.1 Allgemeines	50
	E.2 Blau- und Grünverfärbungen	50
	E.3 Dunkelverfärbungen	50
	E.4 Gelb- und Braunverfärbungen	50
Anhang F:	Erläuternde Bilder zum Textteil	52
Tabelle 1:	Sichtbetonklassen und deren Verknüpfung mit Anforderungen	10
Tabelle 2:	Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen	11
Tabelle 3:	Schalhautklassen	12
Tabelle 4:	Porigkeitsklassen	12
Tabelle 5:	Eigenschaften von verschiedenen Schalhäuten	20
Tabelle 6:	Beispiele für häufige Abweichungen und Mängelbeseitigungs- bzw. Ausbesserungsmethoden	31
Tabelle A.1:	Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von Textur und Stoß der Schalelemente	39
Tabelle A.2:	Anforderungen an der Ausführung in Abhängigkeit von der Porigkeitsklasse	40
Tabelle A.3:	Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von der Farbtongleichmäßigkeits-Klasse	41
Tabelle A.4:	Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von den Ebenheitsklassen	42
Tabelle A.5:	Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von Arbeits- und Schalhautfugen-Klassen	43
Tabelle A.6:	Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von Erprobungsflächen und der Schalhautklasse	43

Merkblatt Sichtbeton

(Fassung August 2004)

Vorwort

Neben der Leistungsfähigkeit des Betons in der Konstruktion wurde auch stets seine Qualität als „Sichtbeton“ gefordert. Daher hatten der damalige Deutsche Beton-Verein E.V. und der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. bereits 1977 ein gleichnamiges Merkblatt erarbeitet, in dem die wesentlichen Aspekte der Ausschreibung, Herstellung und Abnahme von Beton mit gestalteten Ansichtsflächen praxisgerecht behandelt waren. Es wurde 1997 in überarbeiteter Fassung herausgegeben.

Seit 1997 hat sich die Bautechnik weiterentwickelt. „Sichtbeton“ als gestalterisches Element gewinnt zunehmend an Bedeutung. Daher war es notwendig, das Merkblatt erneut zu überarbeiten. In diese Aktualisierung sind die Erfahrungen aus den bisherigen Anwendungen – insbesondere nach 1997 –, die entsprechenden Regelungen aus der neuen DIN 1045 [R1] bzw. der DIN EN 206-1 [R2] sowie Aspekte der Schuldrechtsreform von 2002 eingeflossen. Diese Aussage betrifft insbesondere die neuen Abschnitte der nun vorliegenden Fassung des Merkblatts, die Kriterien für die Klassifizierung und Bewertung von Sichtbetonbauteilen enthalten.

Das Merkblatt wurde wiederum von einem Arbeitskreis¹⁾ verfasst, dem namhafte Kollegen aus der Praxis angehören. Ihnen sei an dieser Stelle für das außerordentlich große Engagement gedankt. Unser besonderer Dank gilt dem

¹⁾ Dipl.-Ing. *Schulz* (Obmann), Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.; Dr.-Ing. *Beckhaus*, Technische Universität München; Dipl.-Geol. *Dziadek*, ehemals Woermann Bauchemie GmbH; Bauing. *Fiala*, Testconsult GmbH & Co. KG; Dr.-Ing. *Goldammer*, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.; Dipl.-Ing. *Heeß*, Dyckerhoff Weiss Marketing- und Vertriebs-GmbH & Co. KG; Univ.-Prof. Dr.-Ing. *Hillemeier*, Technische Universität Berlin; Dr.-Ing. *Kind-Barkauskas*, ehemals Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.; Dipl.-Ing. *von Laufenberg*, ehemals WALTER BAU-AG vereinigt mit DYWIDAG; Dipl.-Ing. *Meyer*, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.; Dipl.-Ing. *Obergfell*, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG; Prof. Dr.-Ing. *Ogniwek*, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.; Dipl.-Ing. *Peck*, ehemals Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.; Dipl.-Ing. *Pillar*, Schäfer-Bauten GmbH; Dr.-Ing. *Pisarsky*, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.; Dipl.-Ing. *Rhein*, ehemals Philipp Holzmann Ingenieurgesellschaft für Bautechnik GmbH; Dr.-Ing. *Ruhnau*, CRP Ingenieurgesellschaft GmbH; Dipl.-Ing. *Schneider*, ehemals DYWIDAG Systems International GmbH (i.m.b.); Dipl.-Ing. Arch. *Vollerthum*, Ing.-Büro Prof. Burkhardt GmbH & Co.; Dipl.-Ing. *Weber*, Müller-Altvatter GmbH & Co. KG

Obmann des Arbeitskreises, Herrn Dipl.-Ing. *Rolf-Dieter Schulz*, sowie Herrn Prof. Dr. jur. *Gerd Motzke*, der den Text unter juristischen Aspekten durchgesehen hat.

Der Fachwelt wird mit dieser Neufassung ein Merkblatt zur Verfügung gestellt, das nach Meinung der Herausgeber den derzeitigen Stand der Technik widerspiegelt. Sie ist daher gebeten, Erfahrungen den Herausgebern mitzuteilen.

Bei der Anwendung des vorliegenden Merkblatts bleibt zu beachten, dass die Qualität von Sichtbeton und damit eine erfolgreiche Umsetzung der hier zusammengetragenen Empfehlungen keine absolute Größe darstellen. Die Leistung ist vielmehr eindeutig zu spezifizieren, ordnungsgemäß auszuschreiben und von qualifizierten Unternehmen zu erbringen. Gemeinsam und im Team mit allen Beteiligten – das ist die Grundlage für den angestrebten Erfolg, auch beim Sichtbeton. Diesen Erfolg wünschen die Herausgeber der Fachwelt bei der Umsetzung dieses Merkblatts in der Praxis.

Berlin/Köln, im August 2004

Dr.-Ing. Hans-Ulrich Litzner
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.

Dr.-Ing. Lutz Wittmann
Bundesverband der
Deutschen Zementindustrie e.V.

1 Allgemeines

Für die Herstellung und Beurteilung von Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen – im Allgemeinen als „Sichtbeton“-Flächen bezeichnet – werden in der Literatur zahlreiche Hinweise gegeben (siehe auch [1] bis [5]). Jedoch gibt es für diese Bauweise derzeit keine verbindlichen Vorschriften oder Richtlinien. Eine objektive Beurteilung des fertigen Bauwerks erweist sich im Allgemeinen als schwierig. Die Praxis zeigt, dass bei Auftraggebern und Auftragnehmern ein dringender Bedarf nach Regelung besteht.

In diesem Merkblatt sollen deshalb Hinweise gegeben werden, bei deren Beachtung die angestrebte Sichtbetonqualität erreicht werden kann. Qualitativ hochwertige und dauerhafte Betonansichtsflächen 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.

Erfahrungen aus der Praxis zeigen darüber hinaus, dass selbst bei größtmöglicher Sorgfalt ein Ergebnis auftreten kann, das den Erwartungen, die dem Bauvertrag zugrunde liegen, nicht gerecht wird. Solche Unregelmäßigkeiten können vor allem bei der Herstellung in Ortbetonbauweise mit glatter, nichtsaugender Großflächenschalung auftreten und den Gesamteindruck beeinträchtigen. Unregelmäßigkeiten in den Ansichtsflächen lassen sich zudem auch bei höherem Aufwand sowie bei Anwendung hochtechnischer Systeme (z. B. für die Schalung) nicht vollständig ausschließen (siehe auch Abschn. 7.2 und 7.3).

Bei Bauteilen einer wasserundurchlässigen Konstruktion oder bei wasserundurchlässigen Bauwerken als Ganzes, bei denen eine Abdichtung von bei Stahlbetonbauteilen naturgemäß auftretenden Rissen erforderlich werden kann, kommt es hierdurch unter Umständen zu einer Beeinträchtigung der Ansichtsflächen, die bei der Wahl der Sichtbetonklasse und der Beurteilung der fertigen Bauteile zu berücksichtigen ist.

Die werkmäßige Herstellung von Betonbauteilen im Fertigteilwerk bietet gute Voraussetzungen für eine gleichmäßige Qualität der Oberfläche. Aufgrund weitgehend witterungsunabhängiger und gleichbleibender Herstellungsbedingungen sowie der in der Regel ortsfesten Lage der Schalung kann es vorteilhaft sein, Fertigteile einzusetzen. Hierfür gilt das „Merkblatt über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton“ [R3].

Betonflächen mit technischen Anforderungen im Sinne von DIN 18217, Abschn. 2.4 [R4], haben andere, dort definierte Kriterien zu erfüllen oder dienen Nachfolgewerken als Untergrund. Diese Betonflächen werden im vorliegenden Merkblatt nur insoweit angesprochen, als dies zum Verständnis erforderlich ist.

Eine abschließende Bemerkung betrifft den 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 Anforderungen bzw. dem dazu erforderlichen Leis-

tungsumfang aufgezeigt. Anforderungen und Leistungsumfang werden anschließend in den Abschnitten 5 und 6 näher erläutert. Abschnitt 7 schließlich gibt Hinweise auf die Beurteilung der fertigen Sichtbetonfläche. Die Anhänge A bis F enthalten weitere Informationen zu Vorgaben für die Bauausführung sowie zu Einzelaspekten.

Somit werden in diesem Merkblatt von der Planung und Ausschreibung über die Bauausführung einschließlich Betontechnologie bis hin zur Abnahme alle Phasen der Erstellung eines Sichtbetonbauteils aufgezeigt.

2 Begriffe

Im Rahmen dieses Merkblatts werden folgende Begriffe verwendet:

Sichtbeton

Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen (siehe DIN 18 217 [R4]) – kurz: Ansichtsflächen – werden allgemein als „Sichtbeton“ bezeichnet.

Die Ansichtsfläche ist der nach Fertigstellung sichtbare Teil des Betons, der die Merkmale der Gestaltung und der Herstellung erkennen lässt (Form, Textur, Farbe, Schalhaut, Fugen u. a.) und der die architektonische Wirkung eines Bauteils oder Bauwerks maßgebend bestimmt. Ansichtsflächen können durch den Einsatz von besonderer Schalung und gezielter Betonzusammensetzung bzw. Bearbeitung nach DIN 18 500 „Betonwerkstein. Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung“ [R5] vielfältig gestaltet werden (siehe Abschnitt 5.1.7).

Ansichtsflächen müssen in der Leistungsbeschreibung ausreichend beschrieben werden. Als Sammelbegriff oder als Ersatz für eine eindeutige Beschreibung der Ansichtsfläche reicht die alleinige Forderung nach „Sichtbeton“ nicht aus.

Sichtbeton mit geringen Anforderungen

Siehe **Tabelle 1**, Sichtbetonklasse SB 1.

Sichtbeton mit normalen oder besonderen Anforderungen

Siehe **Tabelle 1**, Sichtbetonklassen SB 2 bzw. SB 3 und SB 4.

Hinweis:

Eine schalungs- und betontechnische Betreuung durch Sonderfachleute wird ab Sichtbetonklasse SB 3 bei Planung, Ausschreibung und Ausführung empfohlen.

Schalhautklasse

Siehe **Tabelle 3** mit Anforderungen an die Schalhaut.

Erprobungsfläche

Gesamte Ansichtsfläche

- eines ausgewählten Bauteils des Bauwerks, an das keine vertragliche Sichtbetonanforderung gestellt ist, oder
- eines gesondert hergestellten Bauteils,
an der die am Bau Beteiligten
- zur Entwicklung und Absicherung des technischen Vorgehens oder
- zur Abstimmung der geforderten Oberflächenbeschaffenheit
praktische Versuche vornehmen.

Referenzfläche

Erprobungsfläche, deren Oberflächenbeschaffenheit als verbindlicher Standard zur Abnahme der vertraglichen Leistung vereinbart wird.

Textur

Textur ist die geometrische Gestalt der Betonoberfläche als Abweichung von der planen Ebene.

Schalungsmusterplan

Der Schalungsmusterplan ist Teil der Leistungsbeschreibung im Sinne von § 9 der VOB/A [R6] und – als ergänzende Projektbeschreibung – Teil der bautechnischen Unterlagen nach DIN 1045-3 [R1]. In diesem Plan sollen ergänzend zur textlichen Beschreibung und zum Schalplan besondere Merkmale der Schalung bzw. der Ansichtsfläche vom Planer festgelegt werden.

3 Regelwerke und vertragliche Einbindung des Merkblatts

3.1 Regelwerke

Für Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen gibt es keine eigenen und allgemeingültigen Normen oder Regelwerke, die Angaben zur Planung, zur Betonzusammensetzung oder zur Bauausführung enthalten.

Einzelne Hinweise sind z.B. in folgenden Regelwerken zu finden:

- DIN 1045 [R1],
- DIN 18 217 [R4],
- VOB/C: ATV DIN 18 331 [R7],
- ZTV-ING [R8].

Dieses Merkblatt gibt Hinweise für die Planung, Ausschreibung, Ausführung und Abnahme von Ansichtsflächen aus Beton.

3.2 Vertragliche Einbindung des Merkblatts

Bei der Einbindung des Merkblatts in Bauverträge muss bereits in den Ausschreibungsunterlagen für den Bieter nachvollziehbar beschrieben werden, welche Anforderungen des Merkblatts angesprochen sind.

Die vertragliche Einbindung dieses Merkblatts verpflichtet den Planer, für die Ausführung fachgerechte und realisierbare Vorgaben zu wählen und diese positionsbezogen auszuschreiben. Er hat dabei zu beachten, dass die aufgerufenen Regelungen, ggf. die des Merkblatts, im konkreten Fall aufeinander abgestimmt, d. h. in Kombination ausführbar sind.

4 Sichtbetonklassen und deren Verknüpfung mit technischen Anforderungen

In den **Tabellen 1 bis 4** werden Klassen zur Festlegung von Sichtbeton mit unterschiedlichen Anforderungen (Einzelkriterien) definiert. Die Sichtbetonklassen in **Tabelle 1** werden dabei mit entsprechenden Einzelanforderungen (**Tab. 2**), bzw. mit Anforderungen an die Schalhaut (**Tab. 3**) bzw. an die Porigkeit (**Tab. 4**) verknüpft. Die nachfolgenden Textabschnitte 5 bis 7 geben weitere Hinweise und Empfehlungen. Die Verfehlung von Einzelkriterien löst nur dann eine Pflicht zur Mängelbeseitigung aus, wenn die Gestaltungswirkung gestört ist (Störwirkung).

Die Sichtbetonklasse SB 4 stellt hohe Anforderungen an die Qualität der Ansichtsfläche. Die höchsten Anforderungen bzw. schärfsten Einzelkriterien nach den **Tabellen 2 bis 4** bzw. nach **Anhang A** sind daher nur in dieser Sichtbetonklasse zu erfüllen.

Hinsichtlich des mit der Wahl der Sichtbetonklasse verbundenen Aufwands bei Planung und Ausführung gibt **Anhang A** einen Überblick.

Tabelle 1: Sichtbetonklassen und deren Verknüpfung mit Anforderungen

Zeile	Spalte		Anforderung an gestrichelte Sichtbetonflächen ^{2,3} nach Klassen bezüglich											Kosten
	Sichtbetonklasse ¹	Beispiel	Textur		Porosität ⁴		Farbton- gleichmäßigkeit ⁵		Ebenheit	Arbeits- und Schweißnaht- fugen	Erprobungs- fläche ⁶	Weitere Anforderungen	Schichtablass ⁷	
			e	ns	s	ns								
1	SB 1 Anforderungen geringen	Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderun- gen, z. B.: Kellerwände oder Bereiche mit vorwie- gend gewerblicher Nutzung	T1	P1	FT1	FT1	E1	AF1	freigestellt	SHK1	niedrig			
2												SB 2 Anforderungen normalen	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderun- gen, z. B.: Treppen- hausräume; Stützwände	T2
3	SB 3 Anforderungen besonderen	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderun- gen, z. B.: Fassaden im Hochbau	T2	P2	FT2	FT2	E2	AF3	dringend empfohlen	SHK2	hoch			
4												SB 4 Anforderungen besonderen	Betonflächen mit beson- ders hoher gestalterischer Bedeutung, repräsentative Bauteile im Hochbau	T3

¹ Zur Erfüllung der Anforderungen an die Sichtbetonklassen sind die Hinweise dieses Merkblatts zu beachten.
² Die gestalterische Wirkung der Ansichtsfläche einer Sichtbetonklasse ist grundsätzlich nur in ihrer Gesamtwirkung angemessen beurteilbar, d. h. nicht nach Maßgabe absolut erklärter Einzelmerkmale. Die Verfehlung von vertraglich vereinbarten Einzelmerkmalen im Sinne dieses Merkblatts soll daher nicht zu einer Pflicht zur Mängelbeseitigung führen, wenn der Gesamteindruck des betroffenen Bauteils oder Bauwerks in seiner positiven Gestaltungswirkung nicht gestört ist.
³ Diese Anforderungen/Eigenschaften werden in **Tabelle 2** näher beschrieben.
⁴ Siehe **Tabelle 4**; Erläuterung: s = saugende bzw. ns = nichtsaugende Schalhaut
⁵ Der Gesamteindruck bei vorhandenen oder nicht vorhandenen Farbtonunterschieden ist i.d.R. erst nach längerer Standzeit (u.U. nach mehreren Wochen) beurteilbar. Die Farbtongleichmäßigkeit ist aus dem üblichen Betrachtungsabstand gemäß Abschnitt 7 zu beurteilen.
⁶ Gegebenenfalls sollten mehrere Erprobungsflächen angefertigt werden.
⁷ Siehe **Tabelle 3**

Tabelle 1: Sichtbetonklassen und deren Verknüpfung mit Anforderungen (Korrekturfassung Februar 2005)

Zelle	Spalte		Anforderung an geschälte Sichtbetonflächen ^{2,3} nach Klassen bezüglich											Kosten
	Sichtbetonklasse ¹	Beispiel	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
			Textur	Porosität ⁴		Farbtongleichmäßigkeit ⁵		Ebenheit	Arbeits- und Schalhaut-tugen	Eprobungs-fläche ⁶	Schalhautklasse ⁷			
1	SB 1 Anforderungen geringeren	Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderungen, z. B.: Kellerwände oder Bereiche mit vorwiegend gewerblicher Nutzung	T1	s	ns	FT1	s	ns	E1	AF1	freigestellt	SHK1	niedrig	
2			SB 2 Anforderungen normalen	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen, z. B.: Treppenhausräume; Stützwände	T2	P2	P1	FT2	FT1	E1	AF2	empfohlen	SHK2	mittel
3	SB 3 Anforderungen besonderen	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen, z. B.: Fassaden im Hochbau			T2	P3	P2	FT2	FT2	E2	AF3	dringend empfohlen	SHK2	hoch
4			SB 4 Anforderungen	Betonflächen mit besonders hoher gestalterischer Bedeutung, repräsentative Bauteile im Hochbau	T3	P4	P3	FT3	FT2	E3	AF4	erforderlich	SHK3	sehr hoch

¹ Zur Erfüllung der Anforderungen an die Sichtbetonklassen sind die Hinweise dieses Merkblatts zu beachten.

² Die gestalterische Wirkung der Ansichtsfläche einer Sichtbetonklasse ist grundsätzlich nur in ihrer Gesamtwirkung angemessen beurteilbar, d. h. nicht nach Maßgabe absolut erklärter Einzelmerkmale. Die Verfehlung von vertraglich vereinbarten Einzelmerkmalen im Sinne dieses Merkblattes soll daher dann nicht zu einer Pflicht zur Mängelbeseitigung führen, wenn der Gesamteindruck des betroffenen Bauteils oder Bauwerks in seiner positiven Gestaltungswirkung nicht gestört ist.

³ Diese Anforderungen/Eigenschaften werden in **Tabelle 2** näher beschrieben.

⁴ Siehe **Tabelle 4**; Erläuterung: s = saugende bzw. ns = nichtsaugende Schalhaut

⁵ Der Gesamteindruck bei vorhandenen oder nicht vorhandenen Farbtonunterschieden ist i.d.R. erst nach längerer Standzeit (u.U. nach mehreren Wochen) beurteilbar. Die Farbtongleichmäßigkeit ist aus dem üblichen Betrachtungsabstand gemäß Abschnitt 7 zu beurteilen.

⁶ Gegebenenfalls sollten mehrere Eprobungsflächen angefertigt werden.

⁷ Siehe **Tabelle 3**

Tabelle 2: Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen

Zeile	Spalte	1	2
	Kriterium	Kurzbezeichnung	Anforderung/Eigenschaft ²
1	Textur, Schalelementstoß	T1	- weitgehend geschlossene Zementleim- bzw. Mörteloberfläche - in den Schalelementstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 20 mm Breite und ca. 10 mm Tiefe zulässig - Rahmenabdruck des Schalelements zugelassen
		T2	- geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche - in den Schalelementstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 10 mm Breite und ca. 5 mm Tiefe zulässig - Versatz der Elementstöße bis ca. 5 mm zulässig - Höhe verbleibender Grate bis ca. 5 mm zulässig - Rahmenabdruck des Schalelements zugelassen
		T3	- glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche - in den Schalelementstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 3 mm Breite zulässig - feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca. 3 mm zulässig - weitere Anforderungen (z.B. an Schalungsstöße, Rahmenabdruck) sind detailliert festzulegen.
		P1-P4	- siehe Tabelle 4
2	Farbtongleichmäßigkeit	FT1	- Hell- / Dunkelverfärbungen sind zulässig. - Rost- und Schmutzflecken sind unzulässig.
		FT2	- Gleichmäßige, großflächige Hell-/Dunkelverfärbungen zulässig
		FT3	- Unterschiedliche Arten und Vorbehandlung der Schalhaut sowie Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft unzulässig - Großflächige Verfärbungen, verursacht durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schalhaut, ungeeignete Nachbehandlung des Betons sind unzulässig. - Zulässig sind geringe Hell- / Dunkelverfärbungen (z. B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen). - Unzulässig sind Rost- und Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen, verursacht durch Nichteinhaltung der Vorgaben aus Anhang A, Tabelle A.3.
			- Auswahl eines besonderen und geeigneten Trennmittels notwendig Hinweis: Farbtonunterschiede und Verfärbungen sind auch bei größter handwerklicher Sorgfalt und bei Einhaltung der Vorgaben aus Anhang A, Tabelle A.3 nicht gänzlich auszuschließen.
3	Ebenheit ¹	E1	- Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tabelle 3, Zeile 5 [R12]
		E2	- Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tabelle 3, Zeile 6 [R12]
		E3	- Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tabelle 3, Zeile 6 [R 12] - Höhere Ebenheitsanforderungen sind gesondert zu vereinbaren. Dafür erforderliche Aufwendungen und Maßnahmen sind vom Auftraggeber detailliert festzulegen. Hinweis: Höhere Ebenheitsanforderungen, z.B. nach DIN 18202, Tabelle 3, Zeile 7, sind technisch nicht zielsicher erfüllbar.
4	Arbeits- und Schalhautfugen ³	AF1	- Versatz der Flächen zwischen zwei Betonierabschnitten bis ca. 10 mm zulässig
		AF2	- Versatz der Flächen zwischen zwei Betonierabschnitten bis ca. 10 mm zulässig - Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt muss rechtzeitig entfernt werden.
		AF3	- Trapezleiste o.ä. empfohlen - Versatz der Flächen zwischen zwei Betonierabschnitten bis ca. 5 mm zulässig - Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt muss rechtzeitig entfernt werden.
		AF4	- Trapezleiste o.ä. empfohlen - Planung der Detailsführung erforderlich - Versatz der Flächen zwischen zwei Betonierabschnitten bis ca. 5 mm zulässig - Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt muss rechtzeitig entfernt werden. - Weitere Anforderungen (z.B. Ausbildung von Arbeits- und Schalhautfugen) sind detailliert festzulegen.
5			

¹ Ebenheitsanforderungen gelten nicht bei bearbeiteten oder strukturierten Flächen. ² Zu beachten sind auch die Abschnitte 5.1.2 und 7. ³ Arbeitsfugen bleiben sichtbar.

Tabelle 3: Schalhautklassen

Zeile	Spalte	1	2	3
	Kriterium	Schalhautklasse		
		SHK1	SHK2	SHK3 ²
1	Bohrlöcher	mit Kunststoffstöpsel zu verschließen	als Reparaturstellen ¹ zulässig	nicht zulässig
2	Nagel- und Schraublöcher	zulässig	ohne Absplitterungen zulässig	als Reparaturstellen ¹ in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig
3	Beschädigung der Schalhaut durch Innenrüttler	zulässig	nicht zulässig ³	nicht zulässig
4	Kratzer	zulässig	als Reparaturstellen ¹ zulässig	als Reparaturstellen ¹ in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig
5	Betonreste	in Vertiefungen (Nagellöchern, Kratern etc.) zulässig, keine flächigen Anhaftungen	nicht zulässig	nicht zulässig
6	Zementschleier	zulässig	zulässig	in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig
7	Aufquellen der Schalhaut im Schraub- bzw. Nagelbereich („Ripplings“)	zulässig	nicht zulässig ³	nicht zulässig
8	Reparaturstellen ¹	zulässig	zulässig	in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig

¹ Reparaturen an der Schalhaut sind sach- und fachgerecht durch qualifiziertes Personal vorzunehmen und vor jedem Einsatz auf ihren definierten Zustand hin zu überprüfen.

² Praxiserfahrungen haben gezeigt, dass ein mehrfacher Einsatz der Schalhaut damit ausgeschlossen sein kann.

³ nach Absprache mit dem Auftraggeber ggf. zulässig

Tabelle 4: Porigkeitsklassen

Zeile	Spalte	1	2	3	4
1	Porigkeitsklasse	P1	P2	P3	P4
2	maximaler Porenanteil ¹ in mm ²	ca. 3000	ca. 2250	ca. 1500	ca. 750 ²

¹ Porenanteil in mm² der Poren mit Durchmesser d in den Grenzen $2 \text{ mm} < d < 15 \text{ mm}$ (je Prüffläche $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$)

² 750 mm^2 entsprechen $0,30 \%$ der Prüffläche ($500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$)

5 Planung und Ausschreibung

5.1 Grundlagen der Gestaltung

5.1.1 Allgemeine Merkmale

Beton zeigt nach dem Entschalen auf seinen Ansichtsflächen eine aus Zementstein und dem Feinstsandanteil der Gesteinskörnung gebildete Mörtelschicht, deren Textur im Wesentlichen mit dem Abbild der verwendeten Schalung übereinstimmt. Deren zu erwartender Einfluss kann in Schalungsmusterplänen dargestellt werden.

Je nach gewünschter Wirkung bestehen, einzeln oder in Kombination, folgende Möglichkeiten der Gestaltung der Ansichtsflächen:

- Schalhaut (z.B. glatt oder texturiert),
- Betonzusammensetzung (z.B. farbiger Beton),
- Bearbeitung (z.B. Scharrieren, Waschen).

Beispiele für Schalungsmusterpläne zeigen **Bild 1** und **Bild 2** sowie **Bild F.6** in **Anhang F** (vgl. auch Abschnitt 5.1.4).

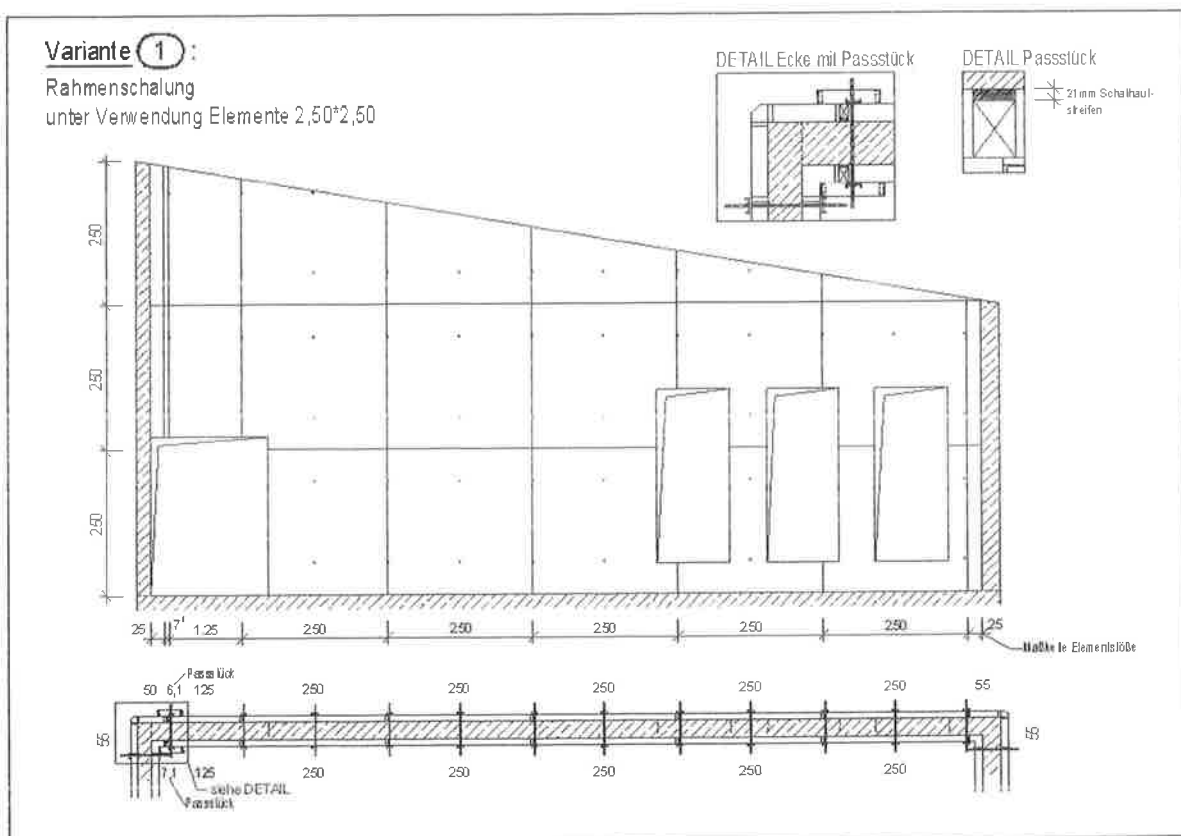


Bild 1. Rahmenschalung unter Verwendung von Elementen 2,50 m x 2,50 m

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

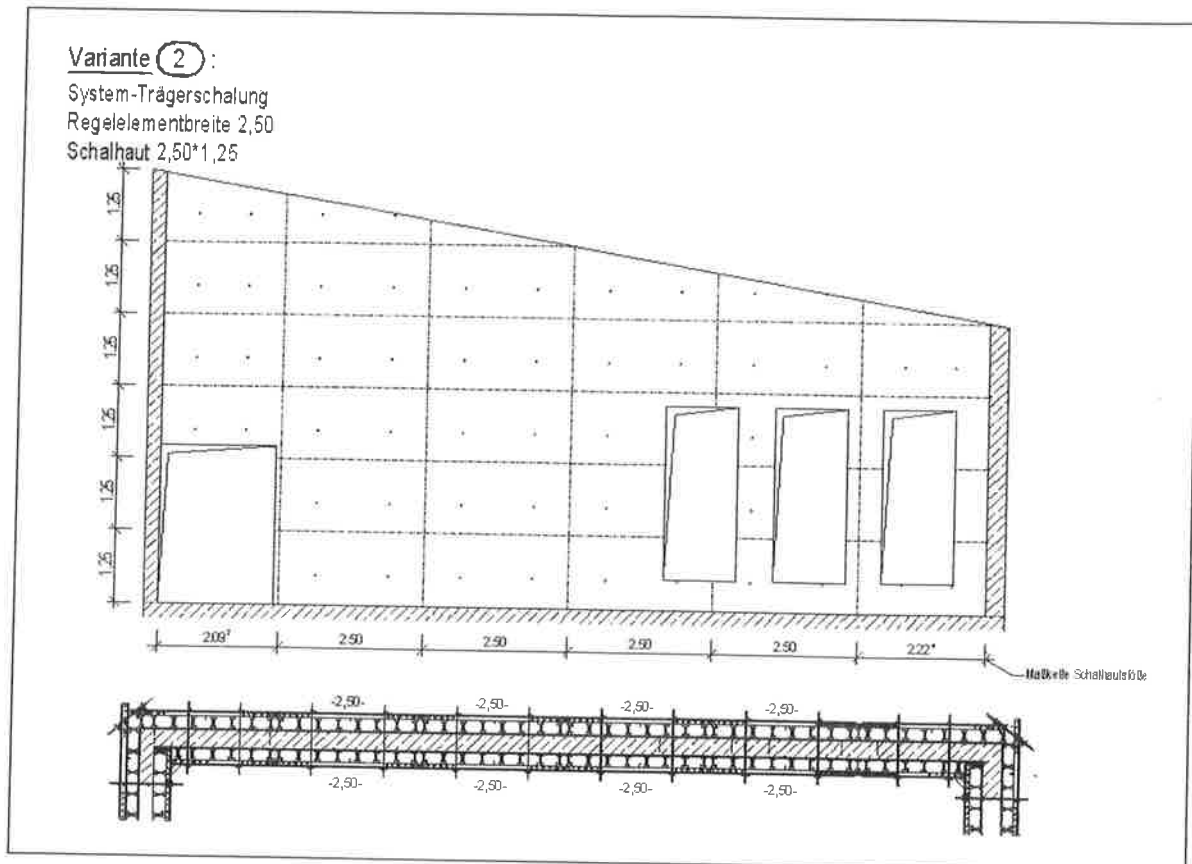


Bild 2. Trägerschalung mit Regелеlementbreite 2,50 m, Schalhaut 2,50 m x 1,25 m

Hinweis: Maße für Systemschalungen sind herstelleregebunden; Passstücke können in die Elemente durch überstehende Schalhaut eingearbeitet werden und sind damit nicht sichtbar.

5.1.2 Ausführbarkeit

Die folgenden Merkmale repräsentieren Eigenschaften bzw. Forderungen, die, ungeachtet der vereinbarten Sichtbetonklasse, **technisch nicht oder nicht zielsicher herstellbar** und deshalb nach der Art der Leistung nicht unbedingt zu erwarten sind (siehe VOB/B [R6], § 13, Absatz 1):

- gleichmäßiger Farbton aller Ansichtsflächen im Bauwerk,
- porenfreie Ansichtsflächen,
- gleichmäßige Porenstruktur (Porengröße u. -verteilung) in einer Einzelfläche sowie in allen Ansichtsflächen im Bauwerk,
- ausblühungsfreie Ansichtsflächen von Ortbetonbauteilen,
- ungefasste, scharfe Kanten ohne kleinere Abbrüche und Ausblutungen,
- Farbton- und Texturgleichheit im Bereich von Schalungsstößen.

Beschreibungen der geforderten Beschaffenheit von Ansichtsflächen, welche als bauvertragliche Forderungen die Merkmale der vereinbarten Sichtbetonklasse gemäß **Tabelle 1 ergänzen**, müssen den technischen Möglichkeiten der Bauweise angepasst und mit einem für die vereinbarte Sichtbetonklasse vertretbaren Aufwand herstellbar sein.

Folgende Abweichungen können nur **eingeschränkt** vermieden werden:

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

Die folgenden Abweichungen sind bei fachgerechter Ausführung und angemessener Sorgfalt im Allgemeinen **vermeidbar**:

- Fehler beim Einbringen und Verdichten des Betons („Kiesnester“, stark sichtbare Schüttilagen u.ä.),
- Häufung von Rostfahnen an vertikalen Bauteilen sowie von Rostspuren durch zurückgelassene Bewehrungsreste an den Untersichten horizontaler Bauteile,
- heruntergelaufene Mörtelreste („Nasen“) durch undichte Arbeitsfugen an vertikalen Bauteilen,
- willkürliche, ungeordnete Anordnung von Schalungsankern,
- unsaubere Kantenausbildung durch beschädigte, verrutschte oder ungeeignete Dreikant- bzw. Trapezleisten,
- Versätze über 10 mm zwischen Schalelementstößen und an Bauteilanschlüssen,
- starke Ausblutungen an Schalbrett- u. Schalelementstößen sowie an Bauteilanschlüssen und Ankerlöchern (z.B. freiliegende Kornstruktur nach Austreten von Zementleim),
- stark ausgeprägte Schleppwassereffekte,
- unterschiedliche Oberflächenqualitäten (Farbton/Textur) durch unsachgemäß gelagerte Schalung,
- unsauberer oder uneinheitlicher Verschluss von Ankerlöchern (falls gefordert).

5.1.3 Bautechnische Grundsätze

Die vereinbarten Anforderungen an Ansichtsflächen lassen sich nur dann erfüllen, wenn der Beton fachgerecht eingebaut und verdichtet werden kann. Daher sind bei der Anordnung der Bewehrung neben der Einhaltung von Mindeststababständen nach DIN 1045 [R1], Abschn. 12.2 und 12.10, folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Mindestabmessungen der Bauteile im Sinne von DIN 1045-1 [R1] einhalten,
- Öffnungen für das Einbringen und Verdichten des Betons ausreichend dimensionieren und gleichmäßig anordnen,
- geeignete Abstandhalter wählen,
- Einbauteile möglichst gleichmäßig verteilen.

Sichtbetonbauteile sind so zu dimensionieren und zu konstruieren, dass ein einfaches und zügiges Betonieren möglich ist. Weitere Hinweise zur Betonierbarkeit können dem DBV-Merkblatt „Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton“ [R9] entnommen werden. Bei Verwendung von Selbstverdichtendem Beton (SVB) sind zusätzlich [R10] und [R11] zu beachten.

Lassen die Formgebung und die Abmessungen der Bauteile aufgrund der erkennbaren Erschwernisse bei Einbau und Verdichtung des Betons eine erhebliche Beeinträchtigung der Oberflächenqualität erwarten, ist dies bei der Wahl der Sichtbetonklasse und Beurteilung der fertigen Oberfläche zu berücksichtigen.

Unterschnittene Schalungen und Deckelschalungen, aber auch horizontale Kanten von Leisten 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 materialgerecht sein 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 beim Ausschalen trotz großer Sorgfalt Kanten abbrechen können.

Bei Einschnürungen und Vertiefungen oder bei nachträglicher Bearbeitung der Sichtbetonflächen ist eine ausreichende Betondeckung zum Schutz der Bewehrung vor Korrosion zu berücksichtigen.

Bei bewitterten Ansichtsflächen muss eine kontrollierte Ableitung des Regenwassers geplant werden, um Schmutzfahnen auf der Betonoberfläche zu verhindern [6], [7].

Bei Anwendung der Regelungen von DIN 18 202 [R12] sind etwaige zusätzliche Toleranzen, die in Baustoffnormen definiert wurden, zu berücksichtigen.

5.1.4 Gestaltung durch Schalhaut 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 (**Bild F.1** in **Anhang F**) werden heute hauptsächlich Systemschalungen (Rahmen- oder Trägerschalungen) eingesetzt. Systemschalungen werden von unterschiedlichen Schalungsherstellern angeboten. Deshalb muss eine genaue Maßkoordination erfolgen. Die

Schalhaut muss in Abhängigkeit von der Schalhautklasse gemäß Tabelle 3 die nach dieser Tabelle vereinbarten Anforderungen erfüllen.

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.).

Für gekrümmte Schalungen und Sonderausführungen sind gesonderte Regelungen zu vereinbaren.

5.1.4.2 Rahmenschalung

a) Allgemeines

Rahmenschalungen (vgl. **Bild 1**) bestehen aus Metallrahmen mit Aussteifungen in vorgegebener Elementgröße, eingelegter Standardschalhaut (i. d. R. Mehrschichtenplatten) und vorgegebenen Ankerstellen. Für Eckausbildungen werden Eckelemente verwendet.

b) Abmessungen

Gängige Schalungsraster (bei Wandschalungen) sind:

Höhen: 2,5 m bis 3,3 m

Breiten: 1,2 / 1,25 / 1,35 m bis 2,4 / 2,5 / 2,7 m

Eckelemente: 0,25 / 0,30 m

Je nach Hersteller kann bei Breiten über 1,5 m ein Plattenstoß innerhalb eines Elementes vorhanden sein, der sich in der Betonoberfläche abzeichnet.

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 Rahmenschalung sind:

- hohe Einsatzhäufigkeit,
- kurze Schalzeiten,
- im Allgemeinen kurzfristige Verfügbarkeit.

Systembedingte Merkmale:

- Rahmen zeichnen sich auf der Ansichtsfläche erkennbar ab und sind Gestaltungsmerkmal,
- Einsatzhäufigkeit und Zustand der einzelnen Elemente wirken sich auf die Ansichtsfläche aus,
- Fertigungstoleranzen beeinflussen die Ansichtsflächen an den Elementstößen,

- Ankerstellen und Fugenraster sind aufgrund der Elementkonstruktion vorgegeben,
- das Alter der Schalhaut beeinflusst aufgrund unterschiedlicher Lagerbedingungen und Einsatzzahlen die Farbtongleichmäßigkeit (z. B. Grauton) des Betons,
- Passstücke sind erforderlich und sichtbar (siehe den Schalungsmusterplan in **Bild 1**).

5.1.4.3 Trägerschalung

a) Allgemeines

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

b) Abmessungen und Standardplattengrößen

- filmbeschichtete Sperrholzplatten: 2,5 m x 1,25 / 1,5 m; 3,0 m x 1,25 / 1,5 / 2,0 m; weitere Plattengrößen sind bis maximal 6,0 m x 2,65 m erhältlich.
- Dreischichtplatten: 2,0 / 2,5 m x 0,5 / 1,0 m bis maximal 6,0 m x 1,0 m

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

Üblich ist, die Träger vertikal anzuordnen. Die Schalhaut wird dabei von der Betonseite direkt auf die Trägerlage aufgeschraubt bzw. genagelt. Auf der Ansichtsfläche zeichnen sich die Befestigungsmittel (z. B. Nägel- oder Schraubenköpfe) ab.

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

Eine Versiegelung der Schnittkanten von Schalhautplatten verhindert das Quellen von Kanten und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Ansichtsflächen.

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,
- Elementstöße können bei besonderen Anforderungen abgedichtet werden (siehe Abschnitt 5.2.2).

Systembedingte Merkmale:

- Elementstöße zeichnen sich auf der Ansichtsfläche ab,
- Kanten der Schalungshaut sind empfindlicher, wenn kein Kantenschutz vorhanden ist,
- Elementstöße zeichnen sich stärker ab als Plattenstöße, Versätze ergeben sich herstellungsbedingt.

Bei saugenden Schalungen ist die Betonoberfläche tendenziell dunkler und weist weniger Poren auf als bei nichtsaugender Schalung. Je feiner und ausgeprägter die Textur ist, desto weniger fallen Poren und Farbunterschiede optisch auf. Bei saugender Schalung wird die Betonoberfläche zudem dunkler.

Farbton und Porenbildung hängen neben Schalung und Trennmittel auch von der Betonzusammensetzung, der Betonverarbeitung und Nachbehandlung sowie den Umgebungsbedingungen ab.

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

Die Häufigkeit des Einsatzes verändert das Verhalten der Schalungsoberfläche. Es ist deshalb vor jedem Einsatz zu prüfen, ob die Schalung den Anforderungen der jeweiligen Klasse nach **Tabelle 1** genügt, ob sie ggf. repariert werden kann oder ausgemustert werden muss.

Nichtsaugende Schalungen erzeugen hellere Betonoberflächen. Farbtonunterschiede, Marmorierungen und Wolkenbildungen zeichnen sich stärker ab.

Tabelle 5 dient als Übersicht und ersetzt nicht das erforderliche Fachwissen zur Auswahl und zum Umgang mit den Schalungsmaterialien.

5.1.5 Gestaltung durch Schalungseinlagen und Schalungseinschnitte

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

Durch das Einschneiden oder -fräsen von Profilierungen in die Schalung kann man besondere Gestaltungseffekte erzielen. Hierdurch können in die Ansichtsfläche beispielsweise Rispfen oder Kreuze integriert werden, die aus der Ansichtsfläche hervortreten.

5.1.6 Farbliche Gestaltung durch die Betonzusammensetzung

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

Tabelle 5: Eigenschaften von verschiedenen Schalhäuten

Spalte	1	2	3	4
Eigenschaft	Art der Schalhaut	Merkmale / Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	Mögliche Auswirkungen auf die Betonoberfläche bzw. Anwendungsbereiche	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²
1	Holzwerkstoffplatten, unbeschichtet (Spanplatten nach DIN 68 793)	leicht raue Textur der BO	starke Farbtonunterschiede, fleckig	ca. 2 bis 3 Einsätze (Entsorgung aufwändig)
2a	Bretter sägerau	raue Bretttextur, von Schnittverfahren abhängig, BO-Farbtönen dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckerreinfluß beachten (Absandung), einzelne Holzfasern in BO	bis ca. 3, bei SB 4 nur einmaliger Einsatz
2b	Bretter gehobelt	glatte Bretttextur, Maserung erkennbar, BO-Farbtönen dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckerreinfluß beachten (Absandung)	bis ca. 5 Einsätze
2c	Holzoberflächen geschliffen, unbeschichtet roh, z.B. 3-Schichtplatten, Bretter und Brettplatten	glatt, leichte Holzmaserung auf BO	saugend, mit steigender Einsatzzahl abfallend, Holzzuckerreinfluß beachten (Absandung)	Platten bis 10, Bretter 5 bis 10 Einsätze
2d	wie vor, Oberfläche gebürstet	ausgeprägte Holztextur, sonst wie vor	wie vor	wie vor
3a	Sperrholzplatte oder Seekieferplatte	leicht raue Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckerreinfluß beachten (Absandung)	ca. 3 Einsätze
3b	Nadelholz-/Brettplatte (oberflächenvergütet)	glatte Bretttextur, Maserung erkennbar, bei Ersteinsatz u.U. sehr dunkle BO	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Holzzuckerreinfluß beachten (Absandung)	ca. 10 bis 15 Einsätze
4	Furniersperrholz mit saugender Filmschichtung	glatt	bisher wenig praktische Erfahrungen	bisher wenig praktische Erfahrungen
5a	3-Schichtplatte (geschliffen, oberflächenvergütet, DIN 18 215)	glatt, leichte Holzmaserung auf BO sichtbar	Es liegen unterschiedliche Erfahrungen vor.	ca. 15 bis 20 Einsätze
5b	3-Schichtplatte (gebürstet, oberflächenvergütet, DIN 18 215)	glatt, ausgeprägte Holzmaserung auf BO sichtbar	Es liegen unterschiedliche Erfahrungen vor.	ca. 8 bis 15 Einsätze

Tabelle wird fortgesetzt...

Fortsetzung von Tabelle 5

Spalte		1	2	3	4
Zelle	Eigenschaft	Art der Schalhaut	Merkmale / Textur (Struktur) der Betonoberfläche (BO)	Mögliche Auswirkungen auf die Betonoberfläche bzw. Anwendungsbereiche	Anhaltswerte für die Einsatzhäufigkeit ²
6		Platten mit Filmbeschichtung ¹ , im Allg. Phenolharzfilm auf - Furniersperrholzplatten - Stab- und Stäbchensperrholzplatten	glatt, keine Textur	stärkere Neigung zu Unregelmäßigkeiten (Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung)	5 – 30 Einsätze, Einsatzzahl je nach Plattenaufbau und Filmbeschichtung
7		Kunststoff-Platten ³ Verbund-Konstruktion mit Alufolie oder Glasfaser verstärkt	glatte, sehr helle BO	derzeit nur als Rahmenschalung erhältlich	ca. 100 Einsätze
8	nichtsaugend	Kunststoff-Matrizen	Textur nach Herstellerangebot beliebig gestaltbar, BO hell	bisher wenig praktische Erfahrungen	je nach Erzeugnis; bei Matrizen große Einsatzzahlen erreichbar
9		runde Stützenschalungen (Kunststoffrohre, Folienverbundmaterialrohre)	glatt	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmorierung	1 Einsatz
10		Metallschalungen	glatt	Neigung zu erhöhter Porenbildung und Marmorierung, Rostflecken auf BO möglich	ca. 100 Einsätze
11	Sonderhäute	Drainvlies Sonderfall zur Ableitung von Überschußwasser aus der Betonoberfläche (BO)	Textur des Drainvlieses, siehe Herstellerangaben	dunkle, weitgehend porenfreie BO; im Allgemeinen keine Sichtbetonanwendung, Risiko der Faltenbildung	materialabhängig; 1 bis 2 Einsätze

¹ Filmbeschichtung, in der Regel Phenolharzpapier unterschiedlicher Beschichtungsdicke ab 120 g/m² bis 600 g/m²; je nach Trägerplatte; siehe Herstellerangaben

² Die angegebene Einsatzhäufigkeit gilt je nach Güte und Qualität der Schalhaut sowie in Abhängigkeit von den Sichtbetonklassen SB 1 bis SB 3 (s. Tab. 1). Für die Klasse SB 4 kann die Einsatzhäufigkeit erheblich abnehmen (s. Tab. 3).

³ Einsatz bisher vorrangig bei Rahmen- und Paneelschalungen, d.h. in Rahmen eingelegt

- Zemente mit besonderer Farbwirkung (z. B. Weißzement oder Portlandschieferzement, s. z. B. **Bild F.2**),
- Gesteinskörnungen mit besonderer Farbwirkung (z. B. roter Granit) oder
- Pigmente (z. B. Eisenoxidpigmente) [6].

Praxiserfahrungen bei der Verwendung von mit Pigmenten eingefärbtem Ortbeton haben gezeigt, dass ein einheitlicher Farbton nicht immer zielsicher erreicht wird.

Weitere Hinweise enthält z. B. [7].

5.1.7 Bearbeitete Betonflächen

DIN 18 500 [R5] beschreibt unter anderem die nachfolgend genannten Möglichkeiten zur Betonflächenbearbeitung:

- *Auswaschen*: eine Oberfläche, von der die oberste Feinmörtelschicht mit einer Tiefe von mehr als 2 mm durch Auswaschen entfernt wurde,
- *Feinwaschen*: eine Oberfläche, von der die oberste Feinmörtelschicht mit einer Tiefe von höchstens 2 mm durch Auswaschen entfernt wurde,
- *Strahlen*: eine Oberfläche, von der die oberste Feinmörtelschicht durch Strahlen mit festen Strahlmitteln oder einem Wasser-Sand-Gemisch entfernt wurde,
- *Flammstrahlen*: eine Oberfläche, von der die ursprüngliche Oberfläche durch thermische und mechanische Bearbeitung entfernt wurde,
- *Stocken, Spitzen, Scharrieren oder Bossieren*: Oberflächenbearbeitung von Hand oder maschinell (siehe **Bild F.2**),
- *Schleifen und Polieren*: zum Erzeugen terrazzoartiger Flächen (siehe z. B. [8]).

Betonflächen, die nachträglich bearbeitet werden, sollten mit möglichst großformatigen Schalungen bzw. Schalhäuten hergestellt werden, wobei die Stöße abzudichten sind.

Bei bearbeiteten Betonflächen kommen die Eigenfarben der Gesteinskörnung und des Zementsteins gemeinsam zur Wirkung. Durch gezielte Auswahl der Gesteinskörnung, z. B. Granit, Kalkstein, Porphyr oder Quarz, sowie der Kornform, z. B. Kies (rund) oder Splitt (eckig), kann Einfluss auf Farb- und Strukturwirkungen genommen werden [9], [10].

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 Sichtbetonflächen später aufweisen sollen und welche Gestaltungsmerkmale im Leistungsverzeichnis dafür vorgegeben werden müssen. In der Ausschreibung muss der Planverfasser daher aus **Tabelle 1** 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**).

Die Entwurfsplanung ist hinsichtlich der Ausführung eine vorvertragliche Leistungsphase und bietet noch die Möglichkeit, Änderungen zu berücksichtigen.

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

Bei der Festlegung der Gesamtbauzeit ist zu beachten, dass Sichtbetonarbeiten in höherem Maße von jahreszeitlichen und witterungsbedingten Einflüssen abhängig sind als Stahlbetonarbeiten ohne Anforderungen an die Ansichtsflächen.

Zur Verdeutlichung seiner Vorstellungen kann der Planer auf Ansichtsflächen an bestehenden Bauwerken verweisen; diese Bauwerke können jedoch nicht als Referenzfläche herangezogen werden (siehe Abschnitt 2).

5.2.2 Gestaltungsmerkmale

Die Leistungsbeschreibung soll die Ausführbarkeit (siehe Abschnitt 5.1.2) berücksichtigen und alle zu realisierenden und kostenrelevanten Anforderungen (siehe **Anhang A**) enthalten, die das gewünschte Aussehen der Betonoberfläche bestimmen.

Zur Beschreibung der geforderten Ansichtsfläche gehören insbesondere als Gestaltungsmerkmale:

- die Sichtbetonklasse entsprechend **Tabelle 1**,
- Schalungs- und Schalhautsystem,
- Oberflächentextur (Wahl der Schalhaut bzw. nachträgliche Oberflächenbearbeitung),

- Ausbildung von Schalungsstößen,
- Anker und Ankerlöcher (Lage, Ausbildung und Verschluss),
- Flächengliederung (Größe der Schalungselemente, Schalungstexturen, Fugenverlauf, Raster der Ankerlöcher etc.),
- Fugen (Lage, Verlauf, Breite und Ausbildung),
- Ausbildung der Kanten und Ecken (z. B. scharf, gebrochen),
- Farbtongebung (ausgewählte Zemente, Gesteinskörnungen, Pigmente, Lasuren, Anstriche),
- Oberflächenausbildung nicht geschalter Teilflächen (z. B. Oberseiten von Brüstungen).

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.

Sollen Rostflecken an der Untersicht von horizontalen Flächen vermieden werden (vgl. Abschnitt 5.1.2), so ist dies unter Berücksichtigung des Baustellenablaufes u. U. nur durch den Einsatz von verzinkter Bewehrung zu erreichen. Eine entsprechende Position ist in das Leistungsverzeichnis aufzunehmen.

5.2.3 Erprobungsflächen

Die Herstellung von Erprobungsflächen (siehe **Bild F.5**) unter den örtlichen Baustellenbedingungen kann u. a. folgenden Zwecken dienen:

- als Vorbereitung des ausführenden Unternehmens zur Entwicklung und Absicherung seines technischen Vorgehens:
 - zur Festlegung und Optimierung des erforderlichen Aufwands,
 - zur Einweisung und Schulung des Personals,
- zur Abstimmung der vertraglichen Oberflächenbeschaffenheit mit dem Auftraggeber,
- zur Prüfung von Alternativen und zur praktischen Darstellung von Ausführungsdetails.

Die Erprobungsflächen müssen die Bauteilgeometrien, Betondeckungen, Bewehrungsgrade und -verteilung, Einbauteile und die zum Einsatz kommende Betonzusammensetzung berücksichtigen. Dies ist zu dokumentieren.

Bei der vertraglichen Forderung nach einer Oberflächenbeschaffenheit der Ansichtsflächen entsprechend der Sichtbetonklasse SB 2 oder höher sollte zu jeder geforderten Sichtbetonklasse eine dem Schwierigkeitsgrad entsprechende Anzahl von Erprobungsflächen als gesonderte vertragliche Leistung gefordert und vergütet werden.

5.2.4 Referenzflächen

Referenzflächen werden aus den gemäß Abschnitt 5.2.3 hergestellten Erprobungsflächen im Sinne von VOB/B [R6], § 13, Nr. 1 und 2, vor Ausführungsbeginn ausgewählt und verbindlich vereinbart. Bei der ausgewählten Referenzfläche sollten die Forderungen des Bauvertrags an die Beschaffenheit der Ansichtsflächen grundsätzlich erfüllt sein. Bezüglich des Erreichens der Qualität ist beim Vergleich der vertraglichen Leistung mit der Referenzfläche zu beachten, dass Referenzflächen nicht toleranzfrei reproduzierbar sind, ein Beurteilungsspielraum zu gewähren ist und der Maßstab nach VOB/B [R6], § 3, Nr. 2, einschlägig ist, siehe auch Abschnitt 7 dieses Merkblatts.

Die Heranziehung von Ansichtsflächen an *bestehenden* Bauwerken als vertraglich verbindliche Referenzflächen ist abzulehnen, da der jeweilige Gesamteindruck durch die Größe, die Verhältnisse zum Zeitpunkt der Betrachtung, die Herstellungsbedingungen und den Einfluss der Alterung bestimmt wird und an den neu zu erstellenden Ansichtsflächen in der Regel nicht reproduziert werden kann.

Herstellung, Schutz und Vorhaltung sowie Rückbau und Entsorgung von Referenzflächen sind gesondert zu vergüten.

6 Anforderungen an die Ausführung

6.1 Schalung

Schalung, Schalhaut und deren Montage sind so zu wählen, dass die Anforderungen des Leistungsverzeichnisses und ggf. des Schalungsmusterplans an die Ansichtsflächen erfüllt werden können. Dies gilt auch für Schalungsstöße und Schalhautfugen. Dabei sind die bauvertraglich zutreffenden Forderungen nach Abschnitt 5 zu beachten.

Ausführungstechnisch müssen für die Schalung und Schalhaut zusätzlich folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- vor jedem Einsatz sind die Schalung und die Schalhaut auf Tauglichkeit (Verformungen und Beschädigung) zu prüfen,
- die Schalung ist fachgerecht zu lagern,
- bei Anwendung der Regelungen von DIN 18 202 [R12] sind Toleranzen aus Normen für Bauhilfsstoffe wie Schalungen zusätzlich zu berücksichtigen; geeignete Schalungssysteme sind zu verwenden,
- Schalungsanker müssen möglichst gleichmäßig festgezogen sein,
- bei geschnittenen Schalungsplatten müssen die nachgeschnittenen Kanten je nach Sichtbetonklasse gegebenenfalls versiegelt werden,
- Abdichtungen (Silikon oder komprimierbare, geschlossenzellige Fugeneinlagen) können die Dichtheit der Schalhaut- bzw. Schalungsstöße erhöhen (auch an Arbeitsfugen),

- saugende Schalhaut ist vorzunässen. Hierbei ist das Quell- und Schwindverhalten von Holzwerkstoffen mit zu berücksichtigen,
- neue und alte Schalhautplatten und auch solche verschiedener Hersteller sollten wegen des unterschiedlichen Einflusses auf die Textur und den Farbton der Ansichtsflächen nicht nebeneinander eingesetzt werden,
- vor Einsatz eines Trennmittels ist dessen Eignung zu beurteilen (s. a. DBV-Merkblatt „Trennmittel für Beton – Teil A: Hinweise zur Auswahl und Anwendung“ [R13]). Trennmittel sind nach den Angaben des Herstellers zu verwenden. Sie sind gleichmäßig dünn aufzubringen (siehe **Bild F.3** und **Bild F.4**).

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 planmäßige Anordnung (siehe auch DBV-Merkblatt „Abstandhalter“ [R14]).

Zu beachten ist:

- Die Auflagerungspunkte und -flächen der Abstandhalter sind im Allgemeinen an der Betonoberfläche erkennbar. Ein Probeeinsatz zur Vorlage und Abstimmung mit dem Auftraggeber wird empfohlen.
- Abstandhalter können sich in eine weiche Schalhaut eindrücken.
- Abstandhalterart und -anzahl hängen u. a. von der geometrischen Form der Bewehrung ab.
- Bei längeren Standzeiten besteht bei horizontalen Bauteilen die Gefahr, dass Rostpartikel vom Bewehrungsstahl auf die Schalung fallen und nicht entfernt werden können. Sie führen zu sichtbaren Rostverfärbungen an den Untersichten.
- Beim Einbau der Bewehrung ist im Hinblick auf die geforderte Sichtbetonklasse gegebenenfalls besondere Sorgfalt notwendig.

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 muss 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. Er muss 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 in den Ausgangsstoffen und in der Homogenität keine wesentlichen Änderungen im Aussehen der Oberfläche hervorrufen¹,
- Einsatz von Betonen mit ausreichendem Mehlkorngesamtgehalt, um Sedimentationsneigung und Wasserabsonderung möglichst gering zu halten,
- Einsatz von Betonen, die einen ausreichend hohen Mörtel- und Leimgehalt aufweisen,
- einen Wasserzementwert von $w/z = 0,55$ möglichst nicht zu überschreiten. Praxiserfahrungen haben gezeigt, dass Schwankungen des Wasserzementwertes von $\Delta w/z = \pm 0,02$ bereits zu deutlich erkennbaren Abweichungen im Farbton führen können,
- kein Einsatz von Restwasser und Restbeton,
- in Einzelfällen Einsatz einer Anschlussmischung mit verringertem Größtkorn. Hierbei können geringe Farbtenschwankungen auftreten;
- Wahl einer Einbaukonsistenz am Übergang vom plastischen zum weichen Konsistenzbereich (Ausbreitmaßklasse F2/F3). In Abhängigkeit von der Betonzusammensetzung, der Einbauart und den Bauteilabmessungen kann unter Umständen auch eine weichere Konsistenz erforderlich sein. Die Abweichung vom vereinbarten Ausbreitmaß a sollte bei der Übergabe nicht größer als $\Delta a = \pm 20$ mm sein,
- im Hinblick auf die Farbtongleichmäßigkeit Verzicht auf die in DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 ([R2] bzw. [R1]) zulässige Variation der Betonzusammensetzung.

Zusätzlich zu den geforderten Erstprüfungen sind für SB 4, gegebenenfalls auch für SB 3, weitere Prüfungen notwendig, z. B. zur Beurteilung des Wasserabsonderns und der Sedimentation [11].

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

Mit dem Betonhersteller sind folgende Abstimmungen erforderlich:

- Lieferabstände der einzelnen Mischfahrzeuge in Abhängigkeit von der Baustellenzufahrtsmöglichkeit, der Förderart und den Bauteilabmessungen,
- auch bei Mischern mit sehr guter Mischwirkung sollte die Mischdauer je Charge 60 Sekunden nicht unterschreiten,
- Bestellung und Anlieferung des Frischbetons nach Zielwert der Konsistenz. Die Einhaltung einer maximalen Schwankung des Ausbreitmaßes a von $\Delta a = \pm 20$ mm durch Kontrolle im Werk und auf der Baustelle (bei SB 4 jeweils jedes Fahrzeug),
- Vorgehen bei Ausfall des Lieferwerks (Ersatzlieferwerk etc.).

¹ Wird derzeit im Rahmen von DBV/VDZ-Forschungsvorhaben weiter entwickelt.

6.4 Bauausführung

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

- Die Zeitspanne zwischen Aufstellen der Schalung und dem Betoneinbau sollte möglichst kurz gehalten werden.
- Bei hohen Bauteilen ist die freie Fallhöhe des Frischbetons durch geeignete Maßnahmen auf maximal 1,0 m zu begrenzen (siehe DBV-Merkblatt „Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton“, [R9]).
- Der Beton ist zügig in gleich hohen Schüttilagen einzubauen und zu verdichten (empfohlene Schüttilagenhöhe 0,50 m).
- Vermeidung der Verschmutzung der Ansichtsflächen durch auslaufenden Zementleim oder -mörtel („Betonnasen“) bei nachfolgenden Betoniervorgängen. Aufgetretene Verschmutzungen sind im frischen Zustand mit Wasser zu entfernen.
- Eine gleichartige und gleichmäßige Nachbehandlung (siehe auch DIN 1045-3 [R1]) muss sichergestellt sein.
- Flüssige Nachbehandlungsmittel dürfen nur eingesetzt werden, wenn durch Vorversuche nachgewiesen wurde, dass deren Einsatz keine Beeinträchtigung der Sichtbetonflächen verursacht.
- Bei der Nachbehandlung durch Abdecken mit Folie dürfen sich keine Hilfsmittel wie Kanthölzer usw. auf den Flächen abzeichnen. Im Raum zwischen Betonfläche und Abdeckung darf keine Zugluft entstehen.
- Ein Schutz vor Witterungseinflüssen (Niederschläge) kann bei jungen Ansichtsflächen der Sichtbetonklassen SB 3 und SB 4 erforderlich sein.
- Die vertikalen Ansichtsflächen sind vor Rostverschmutzungen, z.B. durch die Anschlussbewehrung, zu schützen.

6.5 Hinweise und Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Die Koordinierung des Bauablaufes und die Steuerung des Informationsflusses sind vor Baubeginn und baubegleitend zwischen den am Bau beteiligten Parteien sicherzustellen. Es hat sich bewährt, ein „Sichtbetonteam“ zu bilden [12], [13], [14], um offene Detailfragen zu klären.

Die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten für die Teilprozesse der Bauausführung sind innerhalb des Sichtbetonteam festzulegen. Dies beinhaltet die Benennung fester Ansprechpartner sowie die Organisation der Schnittstellen.

Verantwortliche im Sichtbetonteam sind im Allgemeinen:

- Auftraggeber, Architekt, Tragwerksplaner, ggf. Sonderfachleute,
- Betoningenieur,
- Bauunternehmen mit Fachleuten für Schalung, Bewehren und Betonieren,
- Betonhersteller (Transportbetonwerk),
- Fertigteilhersteller.

Im Zuge der Qualitätssicherung wird für die Sichtbetonklassen SB 3 und SB 4 empfohlen, für einzelne oder zusammenhängende Gewerke und Abläufe Arbeitsanweisungen zu erstellen.

7 Beurteilung

7.1 Grundlagen

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

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 Oberflächenbeschaffenheit von Ansichtsflächen nicht toleranzfrei reproduzierbar ist, da die Schwankungen der natürlichen Ausgangsstoffe, die zulässigen Abweichungen in der Betonzusammensetzung und die Auswirkungen von Schalhaut, Trennmittel und Witterungsbedingungen keine vollkommen gleichmäßigen Oberflächenergebnisse zulassen.

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

7.2 Gesamteindruck

Der Gesamteindruck von Ansichtsflächen 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 erlaubt, das Bauwerk in seinen wesentlichen Teilen optisch zu erfassen. Dabei müssen 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, elementbezogen bei Fertigteilen).

7.4 Vorgehen bei Abweichungen

7.4.1 Allgemeines

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

- die bei einer Beurteilung gemäß Abschnitt 7.2 festgestellte Beeinträchtigung des Gesamteindrucks einer Ansichtsfläche,
- die festgestellte Überschreitung eines durch die geforderte Sichtbetonklasse begrenzten Einzelkriteriums bei einer Beurteilung gemäß Abschnitt 7.3,
- die festgestellte Beeinträchtigung der Ansichtsfläche durch andere Einwirkungen (z. B. durch Witterung, Ausbau oder technische Gebäudeausrüstung).

Zur Feststellung einer Abweichung ist eine Beurteilung des IST-Zustandes des Bauwerkes bzw. der Bauteile vorzunehmen und mit dem SOLL-Zustand zu vergleichen. Hierzu ist eine genaue Beschreibung von Ursache, Art und Ausprägung der Abweichung erforderlich. Die Beurteilung von Abweichungen sollte von Fachleuten vorgenommen werden, die Erfahrungen im Betonbau und im Bauvertragsrecht besitzen.

7.4.2 Mängelbeseitigung

Bei der Mängelbeseitigung einer Ansichtsfläche soll eine möglichst große Übereinstimmung des Gesamteindrucks mit der vertraglich vereinbarten Beschaffenheit oder mit dem Aussehen benachbarter Ansichtsflächen erreicht werden. Mängelbeseitigungen erfordern große Sorgfalt und bleiben in der Regel auch bei Ausführung mit größtem handwerklichen Geschick als solche erkennbar. Aus diesem Grunde ist im Einzelfall zu prüfen, ob der Aufwand gerechtfertigt ist. Die Mängelbeseitigung ist unter Beachtung der örtlichen Bedingungen (Witterungseinflüsse, Bauteilgeometrien, Bauvolumen, Bauabläufen etc.) festzulegen. Hierbei hat sich das folgende Vorgehen bewährt [15]:

- Die beteiligten Parteien legen die Technik zur Mängelbeseitigung nach der Herstellung und Beurteilung von Erprobungsflächen für die einzelnen Ansichtsflächen fest.
- Es soll eine Arbeitsanweisung erstellt werden.
- Es ist zu prüfen, ob Fertigprodukte, z. B. vorkonfektionierter Mörtel oder Spachtel, verwendet werden können oder ob die Reparaturmörtel oder -spachtel aus den Ausgangsstoffen des Betons des zu bearbeitenden Bauteils hergestellt werden sollten.

In **Bild 3** wird ein systematisches Vorgehen zur Durchführung von Mängelbeseitigungen/Ausbesserungen an Ansichtsflächen aus Beton dargestellt. **Tabelle 6** enthält ein Beispiel für die praktische Anwendung.

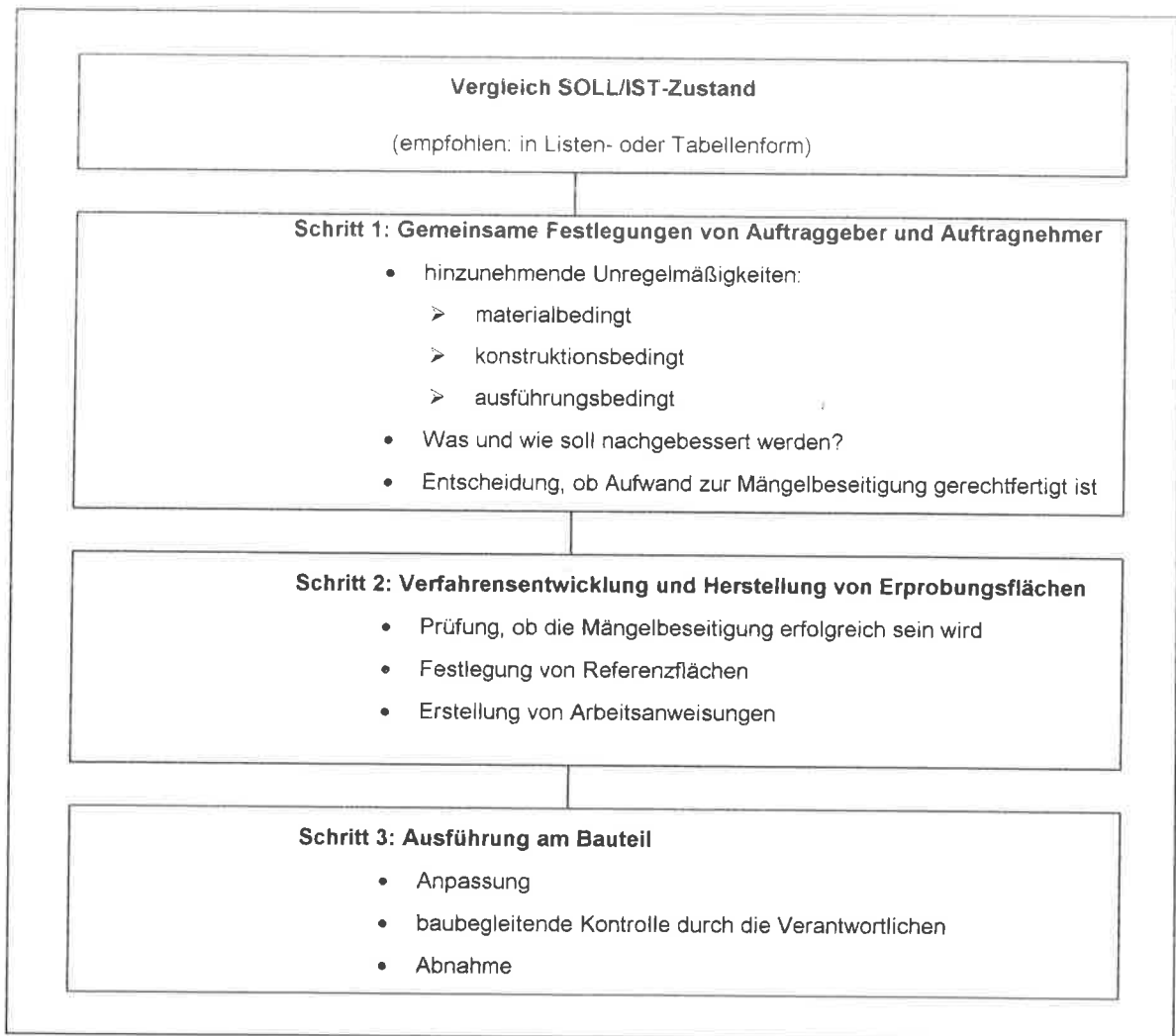


Bild 3. Systematisches Vorgehen zur Durchführung von Mängelbeseitigungen an Ansichtsflächen aus Beton

Tabelle 6: Beispiele für häufige Abweichungen und Mängelbeseitigungs- bzw. Ausbesserungsmethoden

Spalte	1	2
Zeile	Abweichung	Mängelbeseitigungs- bzw. Ausbesserungsmethode
1	Arbeitsfugen ausgelaufen und ausgesandet	1. reinigen (Entsanden der Fugen) 2. abkleben 3. spachteln 4. aushärten 5. nachbehandeln 6. schleifen 7. spachteln 8. Feinschliff
2	Kanten beschädigt (ausgebrochen, nicht scharfkantig)	1. reinigen 2. spachteln 3. nachbehandeln 4. schleifen
3	Ebenflächigkeitsausgleich von weniger als 10 mm	1. spachteln 2. nachbehandeln 3. schleifen
4	Flächenreinigung (Rost, Kalk etc.)	1. reinigen mit Rostentfernern/ Betonreinigungsmitteln 2. Feinschliff
5	starke Schüttagabenabzeichnung	1. Feinschliff 2. Feinspachtel 3. Feinschliff

7.4.3 Beurteilungsverfahren

Wenn die Mängelbeseitigung eher eine Verschlechterung des optischen Eindrucks der Sichtbetonfläche zur Folge hat, ist die verbleibende Abweichung zu bewerten.

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

- Verfahren von Aurnhammer [16],
- Verfahren von Oswald [17].

Diese Verfahren setzen jedoch Erfahrungen bei der Beurteilung von Sichtbetonflächen voraus.

Schrifttum

Normen und andere Regelwerke

- [R1] DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Ausgabe 07.2001.
Teil 1: Bemessung und Konstruktion.
Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1.
Teil 3: Bauausführung.
Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen.
- [R2] DIN EN 206-1: Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Ausgabe 07.2001.
- [R3] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.: Merkblatt über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton. Fassung 02.99.
- [R4] DIN 18 217: Betonflächen und Schalungshaut. Ausgabe 12.81.
- [R5] DIN 18 500: Betonwerkstein. Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung. Ausgabe 04.91.
- [R6] Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB). Teile A und B. Ausgabe 2002.
- [R7] DIN 18 331: VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Beton- und Stahlbetonarbeiten. Ausgabe 12.2002.
- [R8] Bundesanstalt für Straßenwesen: ZTV-ING – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. Dortmund: Verkehrsblatt-Verlag 2003.
- [R9] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: Merkblatt Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton. Fassung 2004.
- [R10] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton (DAfStb): Richtlinie Selbstverdichtender Beton. Ausgabe 11.2003.
- [R11] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: Merkblatt Selbstverdichtender Beton. (in Vorbereitung).
- [R12] DIN 18 202: Toleranzen im Hochbau. Bauwerke. Ausgabe 04.97.
- [R13] Deutscher Beton-Verein E.V.: Merkblatt Trennmittel für Beton – Teil A: Hinweise zur Auswahl und Anwendung. Fassung 03.97.
- [R14] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: Merkblatt Abstandhalter. Fassung 07.2002.
- [R15] DIN 18 216: Schalungsanker für Betonschalungen; Anforderungen, Prüfung, Verwendung. Ausgabe 12.86.

Weitere Literatur

- [1] *Heiermann, W.*: Ein schwieriges Kapitel: Gewährleistung bei sichtbaren Betonflächen. *Bauwirtschaft* 29 (1975), Heft 1-2, S. 16 – 20.
- [2] *Schmidt-Morsbach, J.*: Betonfläche – Integrierte Mängelrügen und ihre praxisbezogenen Konsequenzen. *Betonwerk + Fertigteil-Technik* 46 (1981), Heft 8, S. 452 – 461.
- [3] *Schmincke, P.*: Sichtbeton – gewußt wie. Praktische Tips für Ausschreibende und Ausführende. *beton* 40 (1990), Heft 7, S. 285 – 290.
- [4] *Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.*: Sichtbeton. Vorträge der DBV-Arbeitstagung am 19. September 2000 in München. Heft 1 der DBV-Schriftenreihe. Berlin: Selbstverlag 2000.
- [5] *Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.*: Sichtbeton. Vorträge der DBV-Arbeitstagung am 13. März 2002 in Duisburg. Heft 5 der DBV-Schriftenreihe. Berlin: Selbstverlag 2002.
- [6] *Bayer AG*: Einfärbung von Beton – Verarbeitungstechnische Hinweise. Leverkusen: Selbstverlag 1980.
- [7] *Kind-Barkauskas, F.* (Hrsg.): Beton und Farbe – Farbsysteme, Ausführung, Instandsetzung. Stuttgart/München: Deutsche Verlags-Anstalt 2003.
- [8] *Stroteich, H.-H.*: Geschliffene Architektur-Bauteile. *Betonwerk + Fertigteil-Technik* 61 (1995), Heft 5, S. 66 – 72.
- [9] *Heufers, H., u. Schulze, W.*: Neuartige Oberflächengestaltung mit farbigen Zuschlägen. *Betonwerk + Fertigteil-Technik* 46 (1980), Heft 9, S. 531 – 539.
- [10] *Huberty, J. M.*: Fassaden in der Witterung. Düsseldorf: Beton-Verlag 1983.
- [11] *Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.* (Hrsg.): Empfehlung des Arbeitskreises Prüfverfahren zur Beurteilung des Wasserabsonderns („Eimertest“). In Vorbereitung.
- [12] *Ebeling, K.*: Sichtbeton – Planungs- und Ausführungshinweise – Der Aufgabenbereich des Bauingenieurs. *beton* 48 (1998), Heft 4, S. 208 – 213.
- [13] *Goldammer, K.-R.*: Qualitätssicherung von Sichtbetonarbeiten als Aufgabe der Bauleistung. *Beton- und Stahlbetonbau* 96 (2001), Heft 11, S. 725 – 731.
- [14] *Kling, B., u. Peck, M.*: Sichtbeton im Kontext der neuen Betonnormen. *beton* 53 (2003), Heft 4, S. 170 – 176.
- [15] *Schulz, R.-D.*: Kosmetik von Sichtbeton. *Beton- und Stahlbetonbau* 97 (2002), Heft 12, S. 635 – 643.
- [16] *Aurnhammer, H. E.*: Verfahren zur Bestimmung von Wertminderungen bei Mängeln und Schäden. Aachener Bausachverständigentage. Stuttgart: Forum Verlag 1978.

- [17] *Oswald, R., u. Abel, R.*: *Hinzunehmende Unregelmäßigkeiten bei Gebäuden*. Wiesbaden/Berlin: Bauverlag GmbH 1998.
- [18] *ALSEN AG et al.* (Hrsg.): *Blauverfärbung von Betonoberflächen – Nur temporär! – Faltblatt der BetonMarketing Nord GmbH, Fassung November 2002*.
- [19] *Fiala, H., u. Raddatz, J.*: *Braune Verfärbung auf Sichtbetonflächen*. *Beton-Information* 43 (2003), Heft 2, S.27-33.
- [20] *Zillner, J.*: *Einfluss von Schalung, Schalungshaut, Trennmittel und Umwelt auf die Sichtbetonoberfläche*. In: *Vorträge zu den Regionaltagungen 2004*. Schriftenreihe des Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E.V. Heft 8. August 2004.
- [21] *Heinecke, W.*: *Schalungssysteme nach den Vorgaben des Architekten und des neuen Merkblatts „Sichtbeton“*. In: *Vorträge zu den Regionaltagungen 2004*. Schriftenreihe des Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E.V. Heft 8. August 2004.

Nicht zitierte Normen und Regelwerke

- [R16] DIN 1045: *Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung*. Ausgabe 07.88.
- [R17] DIN 1048: *Prüfverfahren für Beton*. Ausgabe 06.91.
Teil 1: *Frischbeton*.
Teil 5: *Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper*.
- [R18] DIN 1084: *Überwachung (Güteüberwachung) im Beton- und Stahlbetonbau*. Ausgabe 12.78.
Teil 1: *Beton B II auf Baustellen*.
Teil 3: *Transportbeton*.
- [R19] DIN 4070-Teil 1: *Nadelholz. Querschnittsmaße und statische Werte für Schnittholz, Vorratskantholz und Dachlatten*. Ausgabe 01.58.
- [R20] DIN 4071-Teil 1: *Ungehobelte Bretter und Bohlen aus Nadelholz. Maße*. Ausgabe 04.77.
- [R21] DIN 4073-Teil 1: *Gehobelte Bretter und Bohlen aus Nadelholz. Maße*. Ausgabe 04.77.
- [R22] DIN 4235: *Verdichten von Beton durch Rütteln*. Ausgabe 12.78.
Teil 1: *Rüttelgeräte und Rüttelmechanik*.
Teil 2: *Verdichten mit Innenrüttlern*.
Teil 3: *Verdichten bei der Herstellung von Fertigteilen mit Außenrüttlern*.
Teil 4: *Verdichten von Ortbeton mit Schalungsrüttlern*.
Teil 5: *Verdichten mit Oberflächenrüttlern*.
- [R23] DIN 18 215: *Schalungsplatten aus Holz für Beton- und Stahlbetonbauten. Standardmaße 0,50 m x 1,50 m, Dicke 21 mm*. Ausgabe 12.73.

- [R24] DIN 32 539: Flammstrahlen von Stahl- und Betonoberflächen. Ausgabe 07.98.
- [R25] DIN 68 763: Spanplatten. Flachpreßplatten für das Bauwesen; Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung. Ausgabe 09.90.
- [R26] DIN 68 791: Großflächen-Schalungsplatten aus Stab- oder Stäbchensperrholz für Beton und Stahlbeton. Ausgabe 03.79.
- [R27] DIN 68 792: Großflächen-Schalungsplatten aus Furniersperrholz für Beton und Stahlbeton. Ausgabe 03.79.
- [R28] ÖNORM B 2211: Beton- und Stahlbetonarbeiten; Werkvertragsnorm. Ausgabe 07.86.
- [R29] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Teil 2 - Bauplanung und Bauausführung. Ausgabe 08.90.
- [R30] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: Merkblatt Betonoberfläche – Betonrandzone. Fassung 2004.
- [R31] Deutscher Beton-Verein E.V.: Merkblatt Nicht geschalte Betonoberfläche. Fassung 08.96.
- [R32] Sachverständigen-Liste zur Schiedsgerichtsordnung für das Bauwesen. Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Baurecht und vom Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E.V. . Ausgabe Februar 2001.
- [R33] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik: Geschalte Betonflächen („Sichtbeton“). Ausgabe Juni 2002.

Weitere Literaturstellen

- [22] *Deichsel, T.*: Ausblühungen – Entstehung, Ursachen, Gegenmaßnahmen. *Betonwerk + Fertigteil-Technik* 48 (1982), Heft 10, S. 590 – 597.
- [23] *Deutscher Beton-Verein E.V.*: *Beton-Handbuch*, 3. Auflage. Wiesbaden/Berlin: Bauverlag GmbH 1995.
- [24] *Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. und Dyckerhoff Weiss Marketing und Vertriebs mbH & Co. KG; Arbeitskreis Fassaden*: *Betonfassaden – Ein Katalog für Planer*, 1993.
- [25] *Franke, H., u. Schaarschmidt, B.*: Sichtbeton, eine zugesicherte Eigenschaft? Ausschreibungs- und Vertragsaspekte. *beton* 50 (2000), Heft 4, S. 195 – 198.
- [26] *Fuchs, F.*: Lebendige Farbflächen – Plädoyer für einen neuen Weg, Farbe an Architektur zu binden. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar* 37 (1991), Nr. 5 – 6, S. 259 – 260.
- [27] *Grube, H., u. Kind-Barkauskas, F.*: Beschichtungen auf Beton – Ergebnis einer Diskussion. *beton* 41 (1991), Heft 12, S. 605 – 608.

- [28] *Heeß, S.:* Ausschreibungshinweise für farbigen Sichtbeton. Beton + Fertigteil-Technik 66 (2000), Heft 2, S. 28 – 40.
- [29] *Heufers, H.:* Wandbauteile aus eingefärbtem und profiliertem Beton. Betonwerk + Fertigteil-Technik 45 (1979), Heft 7, S. 385 – 394.
- [30] *Heufers, H., Pickel, U., u. Schulze W.:* Sichtbeton mit weißem Zement. Betonwerk + Fertigteil-Technik 47(1981) Heft 11, S. 663 – 672.
- [31] *Huber, F.:* *Sichtbeton.* Wien: Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 1995.
- [32] *Kind-Barkauskas, F., Kauhsen, B, Polonyi, S., u. Brandt, J.:* Beton Atlas. Düsseldorf: Beton-Verlag, 3. Ausgabe 1995.
- [33] *Lamprecht, H.-O., Kind-Barkauskas, F., Pickel, U., Otto, H., Schmincke, P., u. Schwara, H.:* Betonoberflächen – Gestaltung und Herstellung. Grafenau: Expert-Verlag 1984.
- [34] *Linder, R.:* Poren, Lunker und Holzeinschlüsse bei Sichtbeton-, Beschichtungs- und Nutzungsflächen. Betonwerk + Fertigteil-Technik 58 (1992), Heft 5, S. 67 – 74 und Heft 6, S. 70 – 76.
- [35] *Meyer, H.:* Weißer Wirbelwind an Fassaden – Reinigung von Gebäudefassaden aus mineralischen Baustoffen. Bausubstanz 3 (1987), Heft 8, S. 30 – 38, und Bausubstanz 4 (1988), Heft 2, S. 60 – 62.
- [36] *Meyer, L.:* Execution and Assessment of Architectural Concrete Structures – Design Requirements and Limits of Technology. – In: Proceedings of the fib-Symposium on Concrete and Environment, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (Hrsg.), Berlin 2001.
- [37] *Möllmann, M.:* Einfärben von Beton. Mitteilungsblatt der Bundesfachgruppe Betonfertigteile und Betonwerkstein im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes, Heft 5/1997.
- [38] *Möllmann, M., u. Nicolay, J.:* Gestaltungsmöglichkeiten von Betonoberflächen. Betonwerk + Fertigteiltechnik 63 (1997), Heft 7, S. 35 – 42.
- [39] *Rixner, S., Schindlbeck, H., u. Weissig, D.:* Grundlagen der Betonverdichtung. Wacker-Werke GmbH & Co KG, München 1995.
- [40] *Trüb, U.:* Die Betonoberfläche. Wiesbaden/Berlin: Bauverlag GmbH 1973.
- [41] *Volter, G.:* Messung der relativen Viskosität von Zementmörteln; Messprinzip und Anwendungsbeispiele. Betonwerk + Fertigteiltechnik 51 (1985), Heft 12, S. 816 – 824.
- [42] *Timm, G.:* Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton. Von der Planung bis zur Ausführung. Beton- und Stahlbetonbau 99 (2004), Heft 7, S. 514–519.

Anhang A: Anforderungen an die Ausführung

Die Anforderungen an die Ausführung sind in den nachfolgenden **Tabellen A.1 bis A.6** für die Kriterien

- Textur, Schalelementstoß,
- Porigkeit,
- Farbtongleichmäßigkeit,
- Ebenheit,
- Arbeits- und Schalhautfugen

sowie

- Erprobungsflächen

zusammengestellt. Sie ergänzen die Angaben in den **Tabellen 2 bis 5** im Abschnitt 4 des vorliegenden Merkblatts.

Tabelle A.1: Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von Textur und Stoß der Schalelemente

Anforderung bezüglich Eigenschaft	Texturklasse		
	T1	T2	T3
Textur	<ul style="list-style-type: none"> - Aufwand wie bei DIN 1045 [R1] üblich 	<p>wie Klasse T1, zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - gleiche Art und Vorbehandlung der Schalhaut sicherstellen - Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmässigen Trennmittelauftrag sicherstellen - Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen - Schalungssystem mit geringen Fertigungstoleranzen wählen - bei Trägerschalung ggf. Befestigung der Platten von Rückseite vereinbaren - Abdichtung der Schalhautstöße vereinbaren - Schalungseinlagen vereinbaren - Schalungsanker möglichst gleichmäßig fest anziehen - fachgerechte Lagerung der Schalung vorsehen - möglichst gleichalte Schalhautplatten verwenden - Erprobungsfläche empfohlen 	<p>wie Klasse T2, zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anforderungen bezüglich Schalungsstöße und Rahmenabdruck sind detailliert festzulegen - Detailplanung der Schalung (Abdichtungen, Stöße, Fußpunkt) notwendig - Schalung bei Lagerung vor Witterungseinflüssen schützen - Schalungssystem mit sehr kleinen Fertigungstoleranzen wählen (mögliche Einschränkungen bei der Wahl beachten) - Versiegelung/Abdichtung der Schnittkanten vereinbaren - Kantenschutz der Schalelemente vorsehen - Entwurfsplanung vereinbaren - kurze Zeitspanne zwischen Aufstellen der Schalung und dem Betoneinbau vereinbaren - Erstellung von Arbeitsanweisungen vorsehen - Vorgaben für die Ausbildung von Arbeitsfugen definieren (Trapezleiste, flächenbündige Fugen u.ä.) - Fußpunkt: Aufstellen der Schalung auf nichtsaugende Schaumstoffstreifen oder Abdichten der Schalung am Wandfuß - Kantenschutz der ausgeschalteten Bauteile vorsehen - mindestens 2 Erprobungsflächen vorsehen

Tabelle A.2: Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von der Porigkeitsklasse

Anforderung bez. Eigenschaft	Leistungsumfang bei Porigkeitsklasse			
	P1	P2	P3	P4
Porigkeit	<p>Aufwand wie bei DIN 1045 [R1] üblich</p> <ul style="list-style-type: none"> - 	<p>wie Klasse P1, zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betonsorte, Trennmittel und Schalhaut aufeinander abstimmen - gleiche Art und Vorbehandlung der Schalhaut sicherstellen - Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmässigen Trennmittelauftrag sicherstellen - Erprobungsfläche empfohlen 	<p>wie Klasse P2, zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von unterschrittenen Schalungen, Deckelschalungen, horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich - Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen - Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen - Nachverdichtung der obersten Betonierlage - mindestens 2 Erprobungsflächen vorsehen 	<p>wie Klasse P3, zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - besondere Sorgfalt beim Betonieren im Bereich von horizontalen Kanten von Leisten und Einbauteilen erforderlich - keine unterschrittenen Schalungen, Deckelschalungen vorsehen - mindestens 3 Erprobungsflächen vorsehen

Tabelle A.3: Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von der Farbtongleichmäßigkeits-Klasse

Anforderung bez. Eigenschaft	FT1	FT2	FT3
Farbtongleichmäßigkeit	<p>Aufwand wie bei DIN 1045 [R1] üblich</p>	<p>wie Klasse FT1, zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betonsorte, Trennmittel und Schalhaut aufeinander abstimmen - gleiche Art und Vorbehandlung der Schalhaut sicherstellen - Sauberkeit der Schalung und dünnen, gleichmässigen Trennmittelauftrag sicherstellen - Wechsel der Betonzusammensetzung bzw. der Betonausgangsstoffe ausschließen - Verwendung von Restwasser und Restbeton ausschließen - Mischdauer je Charge mindestens 60 Sekunden - Lieferung für zusammenhängende Bauteile jeweils nur aus einer Produktionsstätte (Lieferwerk) - ggf. mehrere Erprobungsflächen vorsehen 	<p>wie Klasse FT2, zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bauzeitplanung muss witterungsbedingte Einschränkungen/Verzögerungen berücksichtigen - Bauteilgeometrie und Bewehrungsführung müssen so geplant sein, dass eine einfache und zügige Betonage möglich ist. Schütt- und Rüttelöffnungen in gleichmässigen Abständen sind vom Planer vorzusehen. - Bewehrungsführung, Schütt- und Rüttelöffnungen sind so zu planen, dass das Berühren von Schalung und Bewehrung mit dem Innenrüttler weitgehend vermieden werden kann. - Schalungsstöße, Durchbindungen und Aufstandsflächen sind gegen das Auslaufen von Zementleim abzudichten. Die Art der Abdichtung ist vom Planer festzulegen. - Betondeckung c_{nom} von mindestens 30 mm vorsehen - komplizierte Bauteilgeometrien vermeiden, Schalungsanker müssen gleichmässig angezogen werden können. - Aufstellen eines Qualitätssicherungsplans mit Einzelheiten zu Material, Ausführung und Überwachung - kein Betonieren bei starken Regenfällen - Spülwasserkontrolle vor der Beladung eines jeden Fahrmit-schers durchführen - mehrere Erprobungsflächen vorsehen - Einhaltung des Wasserzementwerts auf $\pm 0,02$ genau, bzw. Einhaltung der Ausgangskonsistenz a_{10} auf ± 20 mm genau - Einhausung des Bauteils als Nachbehandlungsmaßnahme und zum Schutz vor Witterungseinflüssen vorsehen.

Tabelle A.4: Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von den Ebenheitsklassen

Anforderung bez. Eigenschaft	Ebenheitsklasse		
	E1	E2	E3
Ebeneheit der Sichtbetonflächen	<ul style="list-style-type: none"> - Ebenheitsanforderungen nach DIN 18 202, Tab. 3, Zeile 5, vereinbaren - Einmessen der Schalung erforderlich - zusätzliche Toleranzen aus anderen Normen berücksichtigen - Maßkoordination bei Verwendung von Schalungen von verschiedenen Herstellern vornehmen - auf steifes Bewehrungsgeflecht achten; ausreichende Anzahl von Abstandhaltern berücksichtigen - Schalungsanker möglichst gleichmäßig anziehen - Sicherung von Einbauteilen gegen Verschiebung berücksichtigen - ausreichende Abstützung des Schalungssystems berücksichtigen 	<p>wie Klasse E1, jedoch zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ebenheitsanforderungen nach DIN 18 202, Tab. 3, Zeile 6, vereinbaren - höhere Anforderungen an die Ebenfähigkeit sind im Vertrag als Leistungsposition zu berücksichtigen - sorgfältige Lagerung der Schalhaut erforderlich - besondere Regelungen für gekrümmte Schalungen und Sonderausführungen treffen - u.U. begrenzte Einsatzzahl der Schalung berücksichtigen - sorgfältige Reinigung der Schalung erforderlich - Fertigungstoleranzen des zum Einsatz kommenden Schalungssystems berücksichtigen 	<p>wie Klasse E2, jedoch zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ggf. über Zeile 6 von Tab. 3 in DIN 18 202 hinausgehende Ebenheitsanforderungen vertraglich vereinbaren - Planung und Festlegung der zum Erreichen von über Zeile 6 von Tab. 3 in DIN 18 202 hinausgehende Ebenheitsanforderungen durch den Auftraggeber - geodätisches Einmessen der Schalung erforderlich - Prüfung der Maßtoleranzen und der Ebenfähigkeit von Schalhaut und Befestigung vor Ort - ggf. Detailplanung notwendig - Herstellung von Erprobungsflächen vertraglich vereinbaren

Tabelle A.5: Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von Arbeits- und Schalhaftfugen-Klassen

Anforderung bez.		Arbeits- und Schalhaftfugen-Klasse			
Eigenschaft	AF1	AF2	AF3	AF4	
Arbeits-, Schalhaftfuge	<ul style="list-style-type: none"> - Aufwand wie bei DIN 1045 [R1] üblich 	wie Klasse AF1, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> - Feinmörtelaustritt aus dem vorgehenden Betonierabschnitt entfernen 	wie Klasse AF2, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> - Schalungssystem mit geringen Fertigungstoleranzen wählen - mindestens 2 Erprobungsflächen vorsehen 	wie Klasse AF3, zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> - detaillierte Festlegung aller Maßnahmen durch den Planer - Festlegung der Anzahl der Erprobungsflächen durch den Planer 	

Tabelle A.6: Anforderungen an die Ausführung in Abhängigkeit von Erprobungsflächen und der Schalhautklasse

Anforderung bez.		Sichtbetonklasse			
Eigenschaft	SB 1	SB 2	SB 3	SB 4	
Erprobungsfläche	in der Regel nicht erforderlich	Herstellung von Erprobungsflächen freigestellt	Herstellung von Erprobungsflächen wird empfohlen	Herstellung von Erprobungsflächen ist erforderlich	
Eigenschaften der Schalhaut	nach den Tabellen 1 und 3				

Anhang B: Ausbildung von Stößen und Fugen

B.1 Schalungs- und Schalhautstöße

Schalungs- und Schalhautstöße sind nicht völlig dicht herstellbar. Lokale Undichtigkeiten können eine Veränderung des Wasserzementwerts und damit eine ungleichmäßige Dunkelverfärbung zur Folge haben.

Für das Abdichten von Schalungsstößen ist im Leistungsverzeichnis eine gesonderte Leistungsposition vorzusehen.

B.2 Fugen

Es wird unterschieden in:

- konstruktive Fugen (Trennfugen, Dehnfugen, Blockfugen),
- Arbeitsfugen; in der Regel mit durchlaufender Bewehrung.

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; 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 B.1**).

b) Flächenbündige Arbeitsfuge

Zwischen Erstbeton und Anschlussbeton entsteht ein bündiger Übergang ohne Vertiefung (**Bild B.2**). Diese Arbeitsfugenausbildung birgt ein hohes Risiko bezüglich Ausführungsmängel. Insbesondere besteht die Gefahr von Ausblutungen und von sichtbaren Absätzen. Die flächenbündige Arbeitsfuge sollte daher nach Möglichkeit vermieden werden.

c) Lage der Arbeitsfugen

Arbeitsfugen (AF) werden in der Regel in folgenden Bereichen angeordnet:

Boden – Wand

Wand – Wand vertikal, horizontal (Kletterschalung)

Wand – Decke

Decke – Decke

Einzelheiten hierzu werden nachfolgend beschrieben.

B.3 Ausführungsempfehlungen

B.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 nichtsaugende Schaumstoffstreifen oder Abdichten der Schalung am Wandfuß mit Montageschaum erfolgen.

B.3.2 Arbeitsfuge zwischen zwei Wänden bei mehreren Wandabschnitten

B.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 muss vor dem Anschlussbeton wieder eingelegt werden (siehe auch **Bild B.1**).

Die Schalung für den Anschlussbeton muss an der Arbeitsfuge dicht anliegen und angespannt werden, um ein Ablösen der Schalung und damit Bildung eines Absatzes infolge Betondruck 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.

B.3.2.2 Flächenbündige Arbeitsfuge

Zur Vorbereitung des Betonierens wird eine scharfkantige Einlage (z.B. Streifen aus Mehrschichtplatte, siehe **Bild B.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 B.3.2.1 beschrieben angeschlagen.

Die entstehende Fuge zwischen Erstbeton und Schalung für den nachfolgenden Betonierabschnitt sollte durch geeignete Maßnahmen (Einlegen eines Moosgummistreifens oder nichtsaugender Schaumstoffstreifen) „abgedichtet“ 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).

B.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 beispielsweise mit Silikon abgedichtet werden. Die Fuge ist damit verdeckt und unsichtbar.

B.3.4 Arbeitsfuge zwischen zwei Decken

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

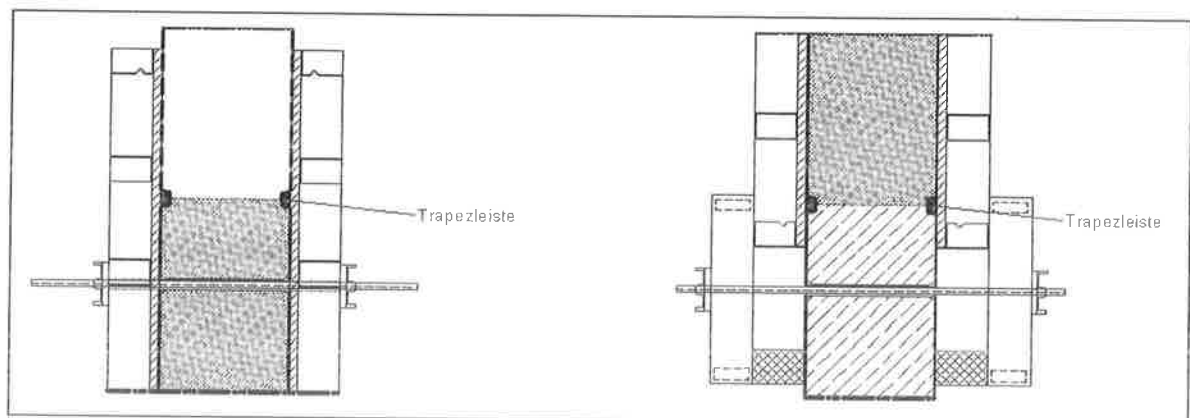


Bild B.1. Arbeitsfuge mit Trapezleiste; links: erster Betonierabschnitt; rechts: zweiter Betonierabschnitt

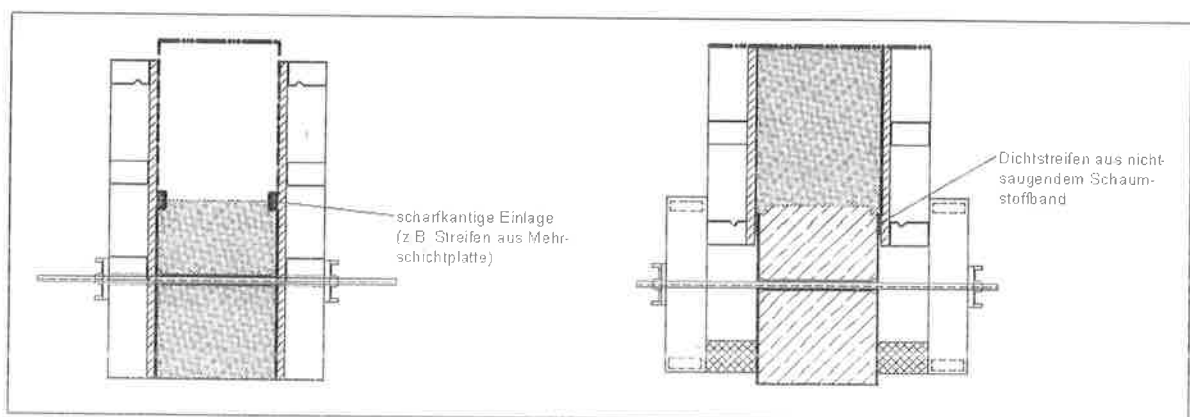


Bild B.2. Flächenbündige Arbeitsfuge; links: erster Betonierabschnitt; rechts: zweiter Betonierabschnitt

Anhang C: Schalungsanker

Die Anordnung und Ausbildung der Schalungsanker nach DIN 18 216 „Schalungsanker für Betonschalungen; Anforderungen, Prüfung, Verwendung“ [R15] ist auf den Gestaltungsentwurf abzustimmen.

Schalungsanker sollten systematisch oder nach Planung angeordnet werden (Festlegung z. B. im Schalungsmusterplan, siehe **Bild 1**).

Flächenbündiges Abspachteln oder Vermörteln von Ankerstellen führt in der Regel zu unbefriedigenden Ergebnissen (Farbunterschiede, unsaubere Ränder der Spachtelflächen).

Anhang D: Trennmittel

D.1 Allgemeines

Die richtige Auswahl und Anwendung des Trennmittels ist von großer Bedeutung, da die Grenzflächenreaktionen zwischen Schalhaut 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 Schalhaut ca. 10 g/m^2 betragen. Das Trennmittel sollte schnell trocknen, damit wenig Schmutz auf der Schalhaut kleben bleibt. Überdosierungen oder ungeeignete Trennmittel fördern die Porenbildung und führen zu Absandungen und Verfärbungen (siehe **Bild F.3** und **Bild F.4**).

D.2 Lösemittelhaltige Trennmittel

Diese Trennmittel weisen eine sehr niedrige Viskosität ($1\text{-}2 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$) auf, so dass eine feine Vernebelung zum Erreichen eines dünnen Auftrags möglich ist. Der Lösungsmittelanteil, der bei 50% bis 80% liegt, verdunstet, so dass 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 nichtsaugender Schalhaut sind diese Systeme für Ortbetonbauteile von Vorteil. Die Nachteile liegen im Bereich der Arbeitshygiene und der Umweltverträglichkeit.

D.3 Lösemittelfreie Trennmittel

Die meisten Produkte haben Viskositäten von etwa $20 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Sie lassen sich daher nicht so fein versprühen, so dass bei nichtsaugender Schalhaut der kaum vermeidbare Überschuss auf der Schalung sorgfältig durch Abziehen mit einer Moosgummileiste entfernt werden muss.

Einem Teil der auf dem Markt befindlichen Produkte wird eine schnelle Abbaubarkeit bescheinigt.

Trennmittel auf der Basis nachwachsender Rohstoffe sind biologisch schnell abbaubar, verwenden natürlich nachwachsende Rohstoffe und haben eine gute Trennwirkung.

Die Nachteile lösemittelfreier Trennmittel bei Sichtbetonarbeiten liegen in der erhöhten chemischen Reaktivität. Je nach Temperatur und Auftragsstärke sind intensives Abmehlen und Hydrophobie-Effekte auf der Betonoberfläche möglich. Bei Anwendung im Freien und bei längerer Sonneneinstrahlungswirkung kann ein Verharzen eintreten.

D.4 Wässrige Trennmittelemlusionen

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 Trennmittelemlusionen müssen frostgeschützt gelagert werden.

Aufgrund des hohen Emulgatoranteils werden die Emulsionen meist in die Wassergefährdungsklasse WGK 2 im Sinne des Wasserhaushaltgesetzes (WHG) eingestuft. Die biologische Abbaubarkeit ist gut.

D.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 Trennmitteleauftrag 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.

Weitere Hinweise enthalten die DBV-Merkblätter „Trennmittel für Beton – Teil A und Teil B“, s. u. a. [R13].

Anhang E: Verfärbungen der Betonoberfläche

E.1 Allgemeines

Der Farbton der Ansichtsfläche nach dem Ausschalen wird durch die Zusammensetzung des Betons, seine Wechselwirkungen mit der Schalhaut und die Witterungsbedingungen bestimmt. Er vergleichmäßig sich im Laufe der weiteren Erhärtung und Austrocknung. In dieser Phase können temporäre und bleibende Verfärbungen an der Betonoberfläche auftreten.

E.2 Blau- und Grünverfärbungen

Bei Verwendung von CEM III-Zementen (Hochofenzement) und nichtsaugender Schalung können nach dem Ausschalen Grün- bis Blauverfärbungen auftreten. Im Allgemeinen verblassen die Verfärbungen nach dem Ausschalen innerhalb von Stunden oder Tagen. Je nach Betonzusammensetzung, Luftaustausch und Witterungsbedingungen kann dieser Vorgang auch einige Monate in Anspruch nehmen [18].

E.3 Dunkelverfärbungen

Bei nichtsaugender Schalung und insbesondere bei langen Schalungsstandzeiten können ausgeprägte Dunkelverfärbungen auftreten. Je nach Bauteildicke und Betonsorte können solche Dunkelverfärbungen nach einiger Zeit zurückgehen.

Teilweise entstehen in der kalten Jahreszeit irreversible Dunkelverfärbungen in den unteren Betonierlagen. Diese Phänomene werden derzeit erforscht.

E.4 Gelb- und Braunverfärbungen

Eine Dokumentation der Erscheinungen und Hinweise zu den Ursachen enthält [19].

Die Ursachen solcher Verfärbungen können sein:

- Rostablagerungen der Bewehrung bei horizontalen oder geneigten Bauteilen,
- Rostablagerungen von Stahlgurtungen beim stapelförmigen Lagern von Schalungselementen,
- Verharzungen des Trennmittels,
- Blütenstaubablagerungen auf der Schalung,

- fehlerhafte Beschichtung der Schalhaut, z. B. bei einem unzureichend ausgehärteten Phenolharzfilm,
- nicht ausreichend resistente Phenolharze der Schalhaut, die bei kurzzeitiger UV-Bestrahlung, Wasser- oder Alkalieinwirkung empfindlicher werden,
- nicht farbechte Pigmente in der Deckbeschichtung der Schalungsplatte.

Darüber hinaus können auch Kombinationen aus diesen Einzeleinflüssen Ursache für Gelb- und Braunverfärbungen sein.

Anhang F: Erläuternde Bilder zum Textteil

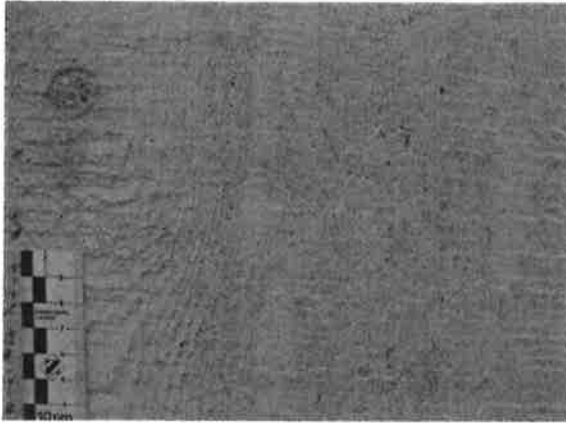


Bild F.1. Sägeraute Brettstruktur, ungehobelte Bretter, grauer Zement

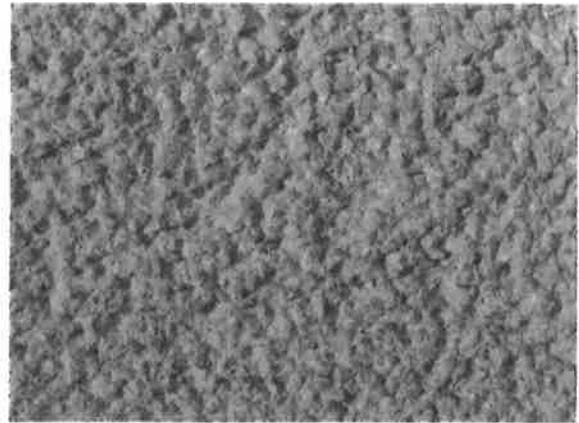


Bild F.2. Gespitzte Betonoberfläche, weißer Zement



Bild F.3. Schalungshaut mit unterschiedlichen Auftragsmengen, zu große Auftragsmenge (aus [20])



Bild F.4. Schalungshaut mit unterschiedlichen Auftragsmengen, richtige Auftragsmenge (aus [20])

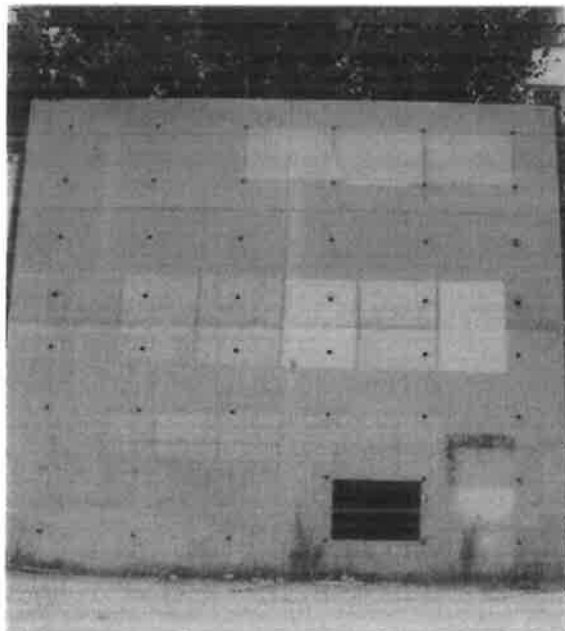


Bild F.5. Erprobungsfläche

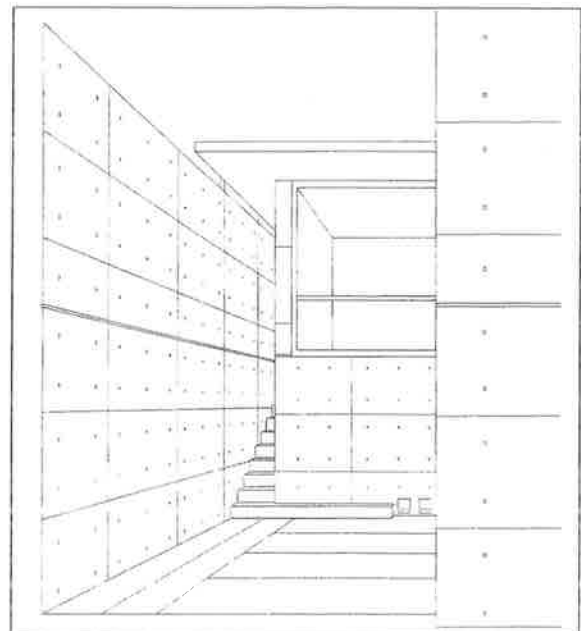


Bild F.6. Schalungsmusterplan von Tadao Ando (aus [21])

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV)

Kurfürstenstraße 129 – 10785 Berlin

www.betonverein.de – info@betonverein.de

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. (BDZ)

Tannenstraße 2 – 40476 Düsseldorf

www.BDZement.de – BDZ@BDZement.de

Merkblatt Sichtbeton, Fassung August 2004

© DBV und BDZ (Eigenverlag), 2004