

Merkblatt für Sichtbetonbauten

April 2012
cemsuisse-Merkblatt - MB 02

Merkblätter cemsuisse

Zur Erläuterung von speziellen Themen und zur Abgabe von Empfehlungen gibt cemsuisse Merkblätter heraus. Grundlage dieses Merkblattes bilden die Ergebnisse eines von cemsuisse finanzierten Projektes.

Die Verfasser haften nicht für Schäden, die durch Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können. Merkblätter sind nach ihrer Veröffentlichung fünf Jahre gültig. Die Gültigkeit kann wiederholt um jeweils fünf Jahre verlängert werden.

Verfasserin

cemsisuisse, Verband der Schweizerischen Cementindustrie,
Marktgasse 53, 3011 Bern, www.cemsuisse.ch

Herausgeberin

Betonsuisse Marketing AG, Marktgasse 53, 3011 Bern,
www.betonsuisse.ch

Abbildungen

Sämtliche Abbildungen haben informativen und illustrativen Charakter.

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	4
	Mitglieder der Arbeitsgruppe	5
0	Geltungsbereich	6
	0.1 Abgrenzungen	6
	0.2 Verweise	7
	0.3 Vertragliche Einbindung des Merkblattes	7
1	Begriffe	8
2	Grundlagen der Gestaltung	12
	2.1 Allgemeine Merkmale	12
	2.2 Gestaltung durch Schalhaut und Schalung	14
	2.3 Schalungstypen	20
3	Sichtbetonteam	21
4	Sichtbetonklassen	22
	4.1 Definition Sichtbetonklassen	22
	4.2 Geschalte Sichtbetonoberflächen	23
	4.3 Details der Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen	24
5	Planung	31
	5.1 Nutzungsvereinbarung	32
	5.2 Ausführbarkeit	32
	5.3 Verhütung von Betonmängeln in der Planung	32
	5.4 Projektbezogenes Qualitätsmanagement (PQM)	39
	5.5 Aufzeigen der Kostenwahrheit	39
	5.6 Bauzeit und Terminverschiebungen	39
6	Ausschreibung	40
	6.1 Allgemeine Grundlagen	40
	6.2 Musterflächen	41
	6.3 Referenzflächen	41
7	Ausführung	42
8	Beurteilung	43
	8.1 Gesamteindruck	43
	8.2 Einzelkriterien	44
9	Literaturverzeichnis/Bildnachweis	45
	Anhang	47

Vorwort

Beton ist mengenmässig der meistverwendete und gleichzeitig formbarste Baustoff der Welt. Beton hat sich in den vergangenen Jahren zum beliebten Material von Architekten auf der Suche nach purer Ästhetik entwickelt – sowohl aussen als auch innen. Beton ist ein Material mit Stil. Beton ist nicht nur Konstruktion und Raum, sondern zugleich auch sichtbare Oberfläche. Beton ist ein Abdruck seiner Form. Die fertige Oberfläche konserviert den Augenblick des Erstarrens. Der Vorgang des Bauens dreht sich hier um. Gebaut wird die Negativform, von der im Nachhinein nur noch die Innenseite der Schalung als Abdruck Bestand haben wird. Sichtbeton ist seit Jahren ein gestalterisches Element und schafft einen unverwechselbaren Charakter der Betonoberfläche. Aus diesem Grund gewinnt der Sichtbeton in der architektonischen Umsetzung von Bauten zunehmend an Bedeutung. Sichtbeton ist «in», Sichtbeton ist «trendy».

Unter Sichtbeton verstehen wir Betonoberflächen mit Ansprüchen an das Aussehen, die Ästhetik. Die Realisierung von hochwertigem und optisch ansprechendem Sichtbeton, welcher einen unverwechselbaren Charakter schafft, stellt hohe Ansprüche an alle Beteiligten: Sowohl Genauigkeit bei der Planung als auch handwerkliche Präzision der Ausführenden mit Liebe zum Detail werden gefordert und bedürfen einer optimalen Abstimmung.

In der Schweiz existieren im Gegensatz zu Deutschland und Österreich bis heute keine Normen, Empfehlungen und dergleichen für Sichtbetonbauten, die die Planung, die Ausschreibung und die Ausführung von Sichtbetonbauteilen bzw. -bauwerken unterstützen. Nur dank der guten Zusammenarbeit von Planern, Bauherren und Ausführenden sowie deren langjähriger Erfahrung konnten die teilweise hohen Ansprüche an Sichtbetonoberflächen bisher erfüllt werden. Des Weiteren liefern Publikationen wie die «Betonpraxis» von Holcim oder frühere Forschungsberichte der TFB Wildegg (Cementbulletin) eine nützliche Unterstützung für Einzelfragen bei der Herstellung von (Sicht-)Beton. Sie befassen sich indessen nicht ganzheitlich mit dem Prozess der Planung, der Herstellung und der Beurteilung von sichtbaren Betonoberflächen. Das nun vorliegende Merkblatt hat zum Ziel, diese Lücke zu schliessen. Es basiert auf dem heutigen Kenntnisstand und steht Bauherren, Planern und Ausführenden zur praxisgerechten Anwendung zur Verfügung.

Mit der Einführung der Sichtbetonklassen SBK 1 bis SBK 3 und der SBK S lassen sich die gewünschten Anforderungen sowohl in der Architektur als auch in der Technik genauer beschreiben und bewerten.

Dieses Merkblatt gibt wertvolle Hinweise für die Planung von sichtbaren Betonflächen.

Wesentliche Elemente dieses Merkblattes wurden dem im Jahr 2008 abgeschlossenen Forschungsprojekt der cemsuisse zum Thema Sichtbeton entnommen.

Bern, im Januar 2012

Stefan Bischof
Arbeitsgruppe Sichtbeton cemsuisse

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Bischof Stefan, dipl. Bau-Ing. ETH, Zürich
Holcim (Schweiz) AG

Lunk Peter, Dr.sc.techn. ETH, Zürich (Vorsitz)
Holcim (Schweiz) AG

Meyer Emmanuel, Wildegg
jura cement AG

Strahm Kurt, Péry
Ciments Vigier SA

Widmer Heiner, Dr.phil.nat., Bern
cemsuisse

Zbinden Olivia, Leiterin PR und Promotion, Bern
BETONSUISSE

Verdankung

Die Herausgeberin dankt den Autoren und den Vertretern der mitwirkenden Organisationen und Institutionen für ihre tatkräftige Mitarbeit. Ein besonderer Dank gilt dabei den Herren Dr. Peter Lunk und Stefan Bischof. Ohne das ausserordentliche und der Thematik verpflichtete Engagement dieser beiden Herren wäre die Herausgabe des vorliegenden Berichtes nicht möglich gewesen.

0 Geltungsbereich

0.1 Abgrenzungen

Das Merkblatt richtet sich in erster Linie an Planer (Architekten und Ingenieure), aber auch an Bauherren, Bauherrenvertreter, Investoren und Bauunternehmer, die sich mit dem Thema Sichtbeton auseinandersetzen.

Dieses Merkblatt enthält Hinweise, bei deren Beachtung die angestrebte Sichtbetonqualität erreicht werden kann. Es ergänzt die Normen SN EN 206-1, SIA 262, SIA 118/262 und SN EN 13670.

Das Merkblatt gilt für mit Schalhaut gestaltete Sichtbetonoberflächen.

Die Regelungen dieses Merkblatts sind hauptsächlich für Beton gemäss SN EN 206-1 wegweisend, können analog aber auch für Spritzbeton, Leichtbeton und Recyclingbeton angewendet werden, müssen aber gegebenenfalls spezifisch angepasst werden.

Das Merkblatt bezieht sich vor allem auf Ort betonbauteile, kann aber auch für Fertigbauteile angewendet werden.

Themen wie Brandschutz, Rezyklierbarkeit, Beständigkeit gegen chemische oder mikrobiologische Einwirkungen, Oberflächenschutz und Instandsetzung im Zusammenhang mit Sichtbeton werden nicht speziell beschrieben.

Sichtbare Betonflächen ohne ästhetische Anforderungen und Ansprüche sind kein Sichtbeton im Sinne dieses Merkblattes und werden nicht klassifiziert.

Einige Aspekte der Ausführung, die der Planer bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen hat, sind in diesem Merkblatt vermerkt. Bauausführung, Ausführungsdetails, Betonzusammensetzungen, Farbbetone, Trennmiteleinsetz, Einbringen und Verdichten des Sichtbetons etc. werden in diesem Merkblatt nicht behandelt.

Abb. 1: Beispiele für «sichtbare Flächen ohne Anforderungen»



0.2 Verweise

Im Text dieses Merkblattes wird auf die nachfolgend aufgeführten Normen und Empfehlungen verwiesen. Die Angabe bei der Publikation erfolgt ohne Nennung der Jahreszahl. Es gilt die letzte und aktuellste Ausgabe der jeweiligen Publikation.

Norm SIA 118/262	Allgemeine Bedingungen für den Betonbau
Norm SIA 262	Betonbau
Norm SIA 262/1	Ergänzende Festlegungen
Norm SIA 269/2	Erhaltung von Tragwerken – Betonbau
Norm SIA 414	Masstoleranzen im Bauwesen
Norm SN EN 197-1	Zement Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
Norm SN EN 206-1	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
Norm SN EN 934-2	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 2: Betonzusatzmittel – Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung
Norm SN EN 1008	Zugabewasser für Beton – Festlegung für Probenahme, Prüfung, Beurteilung der Eignung von Wasser, einschliesslich des bei der Betonherstellung anfallenden Wassers als Zugabewasser für Beton
Norm SN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton
Norm SN EN 13670	Ausführung von Tragwerken aus Beton (in Erarbeitung)
SIA Empfehlung V414/10 DIN 18202	Masstoleranzen im Hochbau Toleranzen im Hochbau – Bauwerke
Merkblatt SIA 2042	Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten

0.3 Vertragliche Einbindung des Merkblattes

Es wird empfohlen, dieses Merkblatt zusammen mit der SIA 118/262 als Vertragsbestandteil im Werkvertrag zu übernehmen.

Die Anforderungen an die geschalteten Sichtbetonoberflächen gehen in diesem Merkblatt weiter als die in den technischen Normen SIA 262 und SIA 118/262 festgelegten Anforderungen an Betonoberflächen. Demzufolge ist dieses Merkblatt in der Rangfolge der Vertragsbestandteile bei Sichtbetonflächen den technischen Normen SIA 262 und SIA 118/262 vorzuziehen.

Der Planer verpflichtet sich bei der Einbindung des Merkblattes in einen Vertrag, für die Ausführung fachgerechte und realisierbare Vorgaben zu wählen und diese positionsbezogen auszuschreiben.

1 Begriffe

In diesem Merkblatt werden die nachfolgenden Fachausdrücke sowie fachspezifische Begriffe für Sichtbeton verwendet und, wo sinnvoll, mit einer Bewertung ergänzt.

Äquivalenter Wasserzementwert w/z_{eq}	Massenverhältnis des wirksamen Wassergehaltes zur Summe aus Zementgehalt und k-fach anrechenbaren Anteilen von Zusatzstoffen.
Anker	Ein Anker ist im Bauwesen ein Bauteil, das eine zug sichere Verbindung (Verankerung) von zwei Sichtbetonbauteilen zur Aufnahme des Frischbetondrucks herstellt.
Ausschalfrist	Ausschalfrist ist die notwendige Zeitspanne zwischen dem Betonieren und dem Entfernen der Schalung. Der Ausschalzeitpunkt eines Sichtbetonbauteiles wird durch den Ingenieur festgelegt und ist abhängig von der Festigkeit des Betons, den Witterungsbedingungen, der Tragfunktion und den Beanspruchungen des Bauteils.
Beton nach Eigenschaften	Beton gemäss Norm SN EN 206-1, für den die geforderten Eigenschaften und zusätzlichen Anforderungen dem Hersteller gegenüber festgelegt sind. Der Hersteller ist für die Bereitstellung eines Betons verantwortlich, der den geforderten Eigenschaften und den zusätzlichen Anforderungen entspricht.
Beton nach Zusammensetzung	Beton gemäss SN EN 206-1, für den die Zusammensetzung und die Ausgangsstoffe, die verwendet werden müssen, dem Hersteller vorgegeben werden. Der Hersteller ist für die Lieferung eines Betons mit der festgelegten Zusammensetzung verantwortlich.
Betonierabschnitt	Vor der Ausführung festgelegte Betonieretappen von zu erstellenden Sichtbetonbauteilen, die in einem Arbeitsgang hergestellt werden.
Bewehrungsüberdeckung	Abstand der Oberfläche der Bewehrung von der Betonoberfläche. Die gewählte Bewehrungsüberdeckung c_{nom} ist auf den Plänen anzugeben und beinhaltet die zulässigen Abweichungen.
Bluten	Absondern von Wasser an der Sichtbetonoberfläche bei frisch in die Schalung eingebrachtem Beton. Bluten tritt während oder nach der Verarbeitung auf und dauert bis zum Beginn des Erstarrungsprozesses an.
Bojake	Feinmörtelaustritt (Zementleim) bei undichten Schalungsstössen.
Distanzhalter	Punktförmige, linienförmige oder flächenförmige Einbauteile aus zementgebundenem Mörtel (u.U. mit Faserzusatz), Kunststoff oder reaktionsharzgebundenem Mörtel, die das erforderliche Verlegemass vor und während des Betonierens zwischen den äusseren Bewehrungsstäben und der Schalung sichern und nach dem Betonieren die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit des Bauteils nicht beeinträchtigen.

Farbton	Der Farbton ist neben der Helligkeit und der Farbsättigung eine der drei vom Menschen als wichtig empfundenen Eigenschaften einer Farbe und spielt bei den Anforderungen an geschaltete Sichtbetonoberflächen eine grosse Rolle (vgl. auch Verfärbungen).
Fuge	Horizontale und vertikale Arbeits-, Bewegungs- oder Schalhautfugen.
Fugenbild	Als Fugenbild bezeichnet man Anordnung und Aussehen der Fugen auf einer bestimmten Sichtbetonoberfläche.
Grat	Ein bei Trenn- oder Formverfahren (z.B. zwischen zwei Schaltafeln) entstehender scharfkantig hervorstehender Rand eines Sichtbetonbauteiles zwischen zwei Flächen ($\neq$ Kante).
Kalkausblühungen/Kalkausscheidungen	Helle, schleierartige, fleckige Verfärbungen an der Betonoberfläche, verursacht durch wasserlösliche Alkalisalze (z.B. Calciumhydroxid), die meist in jungem Beton auftreten. Sie sind baustoffbedingt und stellen keinen Mangel in technischem Sinne bei Sichtbetonoberflächen dar.
Kalkaussinterungen/Kalkfahnen	Konzentrierte weisse bzw. gelbliche Kalkansammlungen und -verkrustungen, verursacht durch Fremdwasser im Zusammenhang mit Fehlstellen (z.B. wasserführende Risse oder unzureichend geplante Wasserhaltung), die an der Sichtbetonoberfläche auftreten.
Kiesnest	Offene, stark poröse Bereiche an der Sichtbetonoberfläche aufgrund einer lokalen Entmischung des Frischbetons. Anreicherung grober Gesteinskörner mit wenig Feinanteilen und Zement innerhalb des Betonquerschnittes.
Lunker	Kleinere Hohlräume, die bei der Erstarrung des Betons in der Schalung an der Betonoberfläche entstehen können. Sie stellen keine technische Beeinträchtigung von Sichtbetonoberflächen dar, solange sie die normalen Abmessungen von wenigen Millimetern nicht überschreiten, treten v.a. bei vertikalen Bauteilen auf und können für den optischen Gesamteindruck der Oberfläche prägend werden.
Mangel	Negative Abweichung von Sichtbetonoberflächen von dem vereinbarten Soll (z.B. Referenzfläche).
Marmorierung	Wolken- oder streifenförmige Farbtonunterschiede an Sichtbetonoberfläche.
Musterfläche	Gesamte Sichtbetonoberfläche eines gesondert hergestellten oder eines ausgewählten Bauteils, an das keine vertraglichen Anforderungen gestellt sind und an dem die am Bau Beteiligten die zur Entwicklung und Absicherung des technischen Vorgehens und/oder zur Abstimmung der geforderten Oberflächenbeschaffenheit notwendigen praktischen Versuche vornehmen.
Nachbehandlung	Die Nachbehandlung des frischen und jungen Betons ist zum Schutz der Betonoberfläche gegen äussere Einwirkungen und somit zur Sicherstellung einer geschlossenen, dichten und dauerhaften Sichtbetonoberfläche erforderlich. Nachbehandlungsmassnahmen sind so zu definieren, dass diese keine unerwünschten Auswirkungen auf das Erscheinungsbild der Sichtbetonoberfläche haben.

Nachbehandlungsklasse	Die Nachbehandlungsdauer ist in Abhängigkeit von der Festigkeitsentwicklung des Betons in der Betonrandzone festzulegen. Sie wird in der Norm SIA 262 durch die Nachbehandlungsklassen NBK 1 bis 4 beschrieben. Die Nachbehandlung von Sichtbetonoberflächen ist schwierig bis technisch heikel und die Dauer der Nachbehandlung ist sowohl für Innen- wie für bewitterte Aussenbauteile im Einzelfall festzulegen. Sofern genauere Angaben fehlen, gilt gemäss SIA 118/262 «Allgemeine Bedingungen für den Betonbau» eine Nachbehandlungszeit von 5 Tagen.
Poren	Kleinere Hohlräume, die sich beim Mischen und Einbringen des Frischbetons in die Schalung als natürliche Luft- und Wassereinschlüsse im Innern des Betons bilden.
Referenzfläche	Musterfläche, deren Oberflächenbeschaffenheit als verbindlicher Standard zur Abnahme und Beurteilung der vertraglichen Leistung von Sichtbetonbauten bzw. -teilen zwischen Bauherr und Ausführenden vereinbart werden kann.
Schalhaut	Betonberührende Fläche der Schalung. Das Saugverhalten der Schalhaut (saugend/nicht saugend) hat unter anderem Auswirkungen auf die Helligkeit, die Grautonunterschiede und das Abmehlen/Absanden an der Sichtbetonoberfläche und auf die Neigung zu Feinstanteilanreicherungen, die Anzahl Luft- und Wasserporen und den w/z-Wert der Betonrandzone.
Schalungen	Schalungen sind Hohlformen, in die Frischbeton eingebracht wird und die nach Erhärtung des Betons entfernt werden – Ausnahme: verlorene Schalungen. Eine Schalung besteht aus Schalhaut und Schalsystem. Die Art der Schalung wird nach der Funktion und der Art des Bauwerks gewählt. Die Schalung ist die Negativform zum fertigen Betonbauteil. Durch die Wahl einer bestimmten Schalhaut oder eines oberflächenabhängigen Schalsystems kann die sichtbare Oberfläche nach Gestaltungswunsch hergestellt werden.
Schalungsmusterplan	Planliche Gestaltungsgrundlage für die Ausschreibung (Leistungsverzeichnis) von Sichtbeton mit Angaben zu Schalungssystem, Schalungselementgrössen, Ankerstellen, Betonierabschnitte, Fugen etc.
Schalungstypen	Nach SIA 118/262 (Typ 1 bis 4) Typ 1: Normale Betonoberfläche Typ 2: Betonoberfläche mit einheitlicher Struktur Typ 3: Sichtbetonoberfläche mit Brettstruktur Typ 4: Sichtbetonoberfläche mit Tafelstruktur
Schalungssystem	Stützen-, Wand- und Deckenschalung von Sichtbetonbauteilen wie z.B. die Trägerschalung (Holz- oder Metallträger mit Stahlgurtungen) und die Rahmenschalung (Metallrahmen mit Aussteifungen, eingelegter Standard-schalhaut [i.d.R. Mehrschichtenplatten] und vorgegebenen Ankerstellen).
Schüttlage	Dicke des eingefüllten, unverdichteten Betons vor der Verdichtung.
Sichtbeton	Betonoberfläche mit definiertem Anspruch an das Aussehen. Die Ansichtsfläche ist nach der Fertigstellung der sichtbare Teil des Betons, der die Gestaltung und die Herstellung erkennen lässt.
Sichtbetonklassen	Die Sichtbetonklassen SBK 1 bis SBK 3 und SBK S ergeben sich aus den Ansprüchen, die an die geschalteten Ansichtsflächen gestellt werden. Die Sichtbetonklassen werden verknüpft mit entsprechenden Profilen des Anspruchs an die Oberfläche (Textur, Lunker, Farbton, Ebenheit, Fugen), den Schalungstyp und die Musterflächen.

Sichtbetonteam	Gruppe von Personen (Bauherr, Bauingenieur, Architekt, Bauleitung, Betonwerk, Baumeister, Polier, Bauarbeiter), die für die Koordination des Bauablaufes, die Steuerung des Informationsflusses etc. bei der Erstellung einer sichtbaren Betonfläche verantwortlich sind.
Textur	Textur ist die geometrische Gestalt der Betonoberfläche (rau, glatt, Struktur) als Abweichung der planen Ebene ($\neq$ Unebenheit). Überprüft werden Geschlossenheit der Betonoberfläche, Matrixverluste, Flächenversätze und Grate an Elementstössen der Schalung.
Trennmittel	Trennmittel gewährleisten ein sauberes Ausschalen der Betonflächen, ohne Schäden an empfindlichen Stellen, wie Kanten und Ecken, herbeizuführen.
Unebenheit	Abweichung in der Ebenheit der Sichtbetonoberflächen aufgrund übermäßiger Durchbiegungen der Schalung ($\neq$ Textur). Merkmale sind beulenartige Ausbuchtungen oder Versätze, Absätze oder Vorsprünge im Bereich von Schalungsstössen oder Arbeitsfugen.
Verfärbung	Hell-/Dunkelverfärbung, Rost- und Schmutzflecken auf der Betonoberfläche aufgrund der Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft im Beton, seiner Interaktion mit der Schalhaut sowie durch Witterungsbedingungen.
Wolkenbildung	Farbtonveränderung an der Sichtbetonoberfläche.

2 Grundlagen der Gestaltung

2.1 Allgemeine Merkmale

Die Gestaltung ist einer der wichtigsten Bestandteile der Sichtbetonbauweise. Die Gestaltung der sichtbar bleibenden Betonoberfläche ist durch den Planer gemeinsam mit dem Bauherrn festzulegen. Beton weist nach dem Ausschalen an seiner Ansichtsfläche eine aus Zementstein und Feinstsandanteil bestehende Mörtelschicht auf, die das Abbild der verwendeten Schalung wiedergibt. Eine Oberflächengestaltung kann beispielsweise mit folgenden herstellungstechnisch relevanten Massnahmen erzielt werden:

- Grösse und Anordnung der Schalelemente (Flächengliederung)
- Eigenschaften, Struktur und Gestaltung der Schalhaut (z.B. Brettschalung, glatte Schalung, Matrizen/Matrizenschalung, Filtervliese, OSB-Platten etc.)
- Gestaltung der Schalungseinlagen (Aufdoppelungen,

Leisten, Matrizen, Ornamente, Schnitzereien oder Ähnliches)

- Gestaltung durch nachträgliche mechanische (Sägen, Spalten, Schleifen, Polieren) und handwerkliche Bearbeitung (Bossieren, Spitzen, Stocken, Scharrieren), durch Waschen (Waschen mit speziellen Abbindeverzögerern, Feinwaschen und Säuern) und spezielle Bearbeitung (Strahlen, Flammstrahlen, Wasserhöchstdruckabtrag HDW, Fototechnik) von Betonoberflächen
- Anordnung von Anker, Ankerlöchern, Stössen, Fugen, Bindlöchern, Kantenausbildung etc.
- Gestaltung durch gezielte Farbtongebung (Zementart, Gesteinskörnungen, Steinmehl, Pigmente, Lasuren, Anstriche)

Abb. 2: Gestaltung durch mechanische Bearbeitung

Polieren



Schleifen



Spalten



Abb. 3: Gestaltung durch handwerkliche Bearbeitung

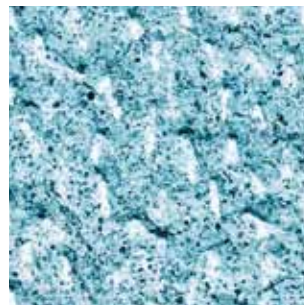
Bossieren



Scharrieren



Spitzen



Stocken



Abb. 4: Gestaltung durch Waschen und Säuern

Waschen (spez. Abbindeverzögerer)



Feinwaschen



Säuern



Abb. 5: Gestaltung durch spezielle Bearbeitung

Strahlen



Wasserhöchstdruckabtrag

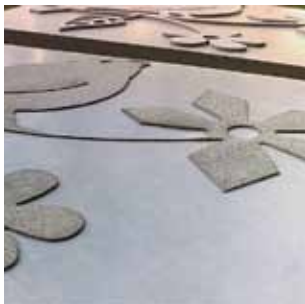


Fototechnik



Abb. 6: Gestaltung durch Einlagen

Reliefs



Ornamente/Schnitzereien



Industrieschalung als Einlage



Gemischte Anwendungen

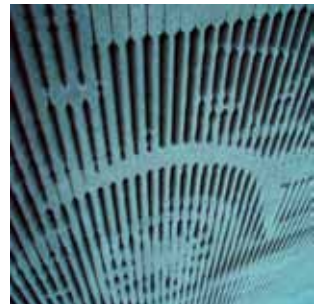
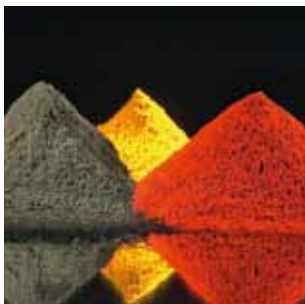


Abb. 7: Gestaltung durch Farbbeigabe

Farbpigmente
(pulverförmig, Slurry, Granulat)



farbige Gesteinskörnung



farbiges Steinmehl



2.2 Gestaltung durch Schalhaut und Schalung

Die Beschaffenheit der Schalung spielt eine wichtige Rolle für das Gelingen eines Sichtbetonbauwerkes. Einerseits verleiht sie dem Beton massgerechte Form und andererseits gibt sie der Betonoberfläche Form, Struktur und Farbtonintensität.

Die Schalung besteht aus der Schalhaut, die den Beton berührt, und aus der eigentlichen Tragkonstruktion (Schalungssystem: i.A. Rahmen- oder Trägerschalung), die die Lasten (z.B. Frischbetondruck) ableitet. Diese Lasten bewirken unvermeidliche Verformungen, welche durch entsprechende Steifigkeit der Schalungen so klein wie möglich zu halten sind.

Die Wahl der Schalung erfolgt in der Regel nach Kriterien wie:

- Angestrebte Qualität der Sichtbetonoberfläche
- Anzahl der möglichen Wiederverwendungen
- Aufwand für die Erstellung
- Einbringen und Verdichtungsart des Betons

Die Schalung ist im Gegensatz zur Sichtbetonoberfläche durch den Bauingenieur abzunehmen. Die Abnahme der Sichtbetonoberfläche erfolgt je nach vertraglicher Vereinbarung.

2.2.1 Schalungssystem

Bei der Planung von Sichtbeton sind möglichst marktgängige Schalungsraster zu berücksichtigen. Neben konventionell hergestellten Schalungen werden heute hauptsächlich Systemschalungen (Rahmen- oder Trägerschalung) eingesetzt, die von unterschiedlichen Schalungsherstellern angeboten werden. Deshalb hat eine genaue Masskoordination zu erfolgen. Es ist sinnvoll, bereits in der Planungsphase die Gestaltungsidee und die herstellungstechnischen Möglichkeiten aufeinander abzustimmen, wie z.B. das Schalungssystem. Es ist aber möglich, jede aus gestalterischen Gründen gewünschte Schalhaut auf die verschiedenen Systemschalungen zu montieren.

Abb. 8: Schalungssysteme

Konventionelle Schalung



Rahmenschalung



Trägerschalung



Rundschalung



Säulenschalung



2.2.2 Schalhaut

Die Schalhaut bestimmt die Textur der Betonoberfläche.
Die Gestaltung der Betonoberfläche erfolgt häufig mit Hilfe folgender Schalhauttypen:

- Rohe, ungehobelte Holzbretter
- Vorbehandelte Holzbrettschalungen
- Kunststoffbeschichtete Schalungen (Polyester, Polystyrol, Linoleum, Elastomere etc.)
- Stahlschalung
- Vollkunststoffplatten

Abb. 9: Bretter sägerau



Abb. 10: Bretter gehobelt



Abb. 11: Furniersperrholzplatten
Beschichtung: Phenolharzfilm

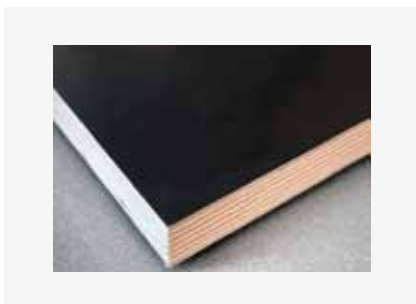


Abb. 12: 3-Schicht-Platten
Beschichtung: Melaminharz



Abb. 13: Vollkunststoffplatte (alkus)
Beschichtung: Polypropylen

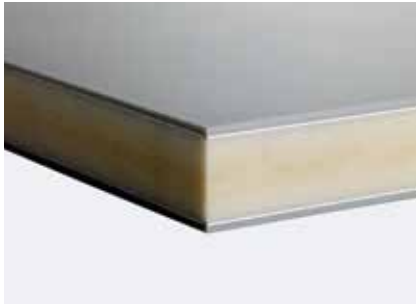


Abb. 14: Asiatisches Sperrholz
Beschichtung: Phenolharzfilm

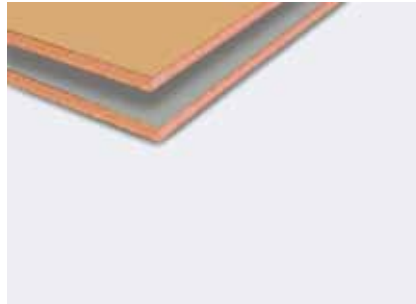


Abb. 15: Stahlschalung



Abb. 16: Rohverschnitt-Sperrholzplatte
Beschichtung: einmal geschliffen

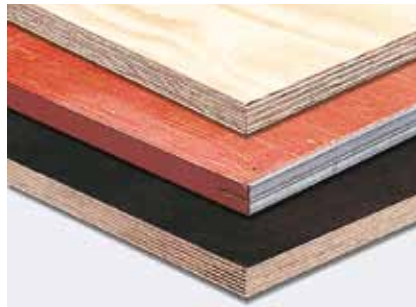


Abb. 17: OSB-Platten



Abb. 18: Drainvlies



Beschaffenheit der Schalhaut

Folgende Punkte, die es bei der Bestimmung der Anforderungen an die Sichtbetonoberflächen in Abhängigkeit der Sichtbetonklassen zu berücksichtigen gilt, können die Textur der Betonoberfläche stark beeinflussen:

- Bohrlöcher, z.B. Verschluss mit Kunststoffstöpsel
- Nagel- und Schraublöcher
- Beschädigung der Schalhaut durch Vibriernadel
- Kratzer
- Betonreste, z.B. in Vertiefungen (Nagellöcher, Kratzer etc.)
- Zementschleier
- Aufquellen der Schalhaut im Schraub- bzw. Nagelbereich und an Schnittkanten von Schaltafeln (rippings)
- Reparaturstellen (sach- und fachgerechte Ausführung nur durch qualifiziertes Personal)

2.2.3 Saugverhalten der Schalung

In der folgenden Tabelle sind die üblichen Schalhauttypen nach dem Saugverhalten (saugend bis nicht saugend), ihre Merkmale, ihre Auswirkungen auf die Betonoberfläche und die Anhaltswerte für ihre Einsatzhäufigkeit dargestellt.

Tab. 1: Merkmale und Auswirkungen verschiedener Schalhäute

	Art und Eigenschaft der Schalhaut		Merkmale der Betonoberfläche	Mögliche Auswirkungen
1	saugend	Bretter, sägerau	raue Brettstruktur (hohes Saugvermögen), dunkel	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, einzelne Hohlfasern in der Betonoberfläche, Absanden unter Holzzuckereinfluss, wenige Poren
2		Bretter, gehobelt	glatte Brettstruktur (geringes Saugvermögen), deutlich heller als 1	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Absanden unter Holzzuckereinfluss, stärkere Porenbildung als 1
3		Spanplatten, unbeschichtet	leicht rau, dunkel	starke Farbtonunterschiede (fleckig), wenige Poren
4		Drainvlies/Faservlies	Siebdruckstruktur, dunkler als 3	Faltenbildung (Vlies und Betonoberfläche), fast keine Poren, im Allgemeinen keine Sichtbetonanwendung
5	schwach saugend	3-Schicht-Platten, oberflächenvergütet, Holzstruktur, die sich durch Strahlen verstärkt	bei den ersten Einsätzen dunkel, bei weiteren Einsätzen heller	Poren (gehen mit zunehmender Einsatzhäufigkeit zurück)
6		Schalrohre aus Pappe	glatt, hell	kein Trennmittel erforderlich, nur für Stützen geeignet, sehr wenige Poren
7		Furniersperrholz mit saugender Filmbeschichtung	glatt	bisher wenig praktische Erfahrung
8		Sperrholzplatte	leicht raue Textur, Maserung teilweise erkennbar	Saugfähigkeit und Ausprägung der Textur bei mehrfachem Einsatz abnehmend, Absanden unter Holzzuckereinfluss
9	nicht bzw. sehr schwach saugend	Schaltafeln, oberflächenbehandelt, glatt oder nicht glatt	glatt, hell	Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung, verstärkte Porenbildung
10		Finnenplatten, kunstharzbeschichtet	Siebdruckrasterstruktur, etwas dunkler als 9	weniger ausgeprägte Auswirkungen als bei 9
11		Metallschalungen (Stahlblech)	glatt, hell	wie unter 9, unter Umständen Rostflecken an Betonoberfläche
12		Matrizen, filmbeschichtet	je nach Matrize glatt bis stark strukturiert, hell	starker Einfluss von Undichtigkeiten an Fugen, verstärkte Porenbildung
13		Rohre aus Metall oder Kunststoff	glatt, hell	wie 9, verstärkte Marmorierung

In folgender Abbildung sind die Auswirkungen unterschiedlicher Schalhäute aus Tabelle 1 (vgl. Nummern 1 bis 10) bildlich dargestellt. Farbliche Unterschiede an der Sichtbetonoberfläche sind klar erkennbar.

Abb. 19: Betonoberflächen mit unterschiedlichen Schalhäuten



Texturierte Schalungen

Bei texturierten Schalungen fallen die Lunker und Farbtonunterschiede weniger stark auf als bei untexturierten Schalhautoberflächen.

Glatte Schalungen

Glatte Schalungen können eine stärkere Neigung zu Farbtonungleichheiten haben und zur Bildung von Marmorierungen, Wolken und Lunker an Sichtbetonoberflächen beitragen.

Schalhautelemente bleiben durch die Stossfugen der Schalhaut im Betonabbild stets sichtbar und sind systembedingter Teil der Flächengestaltung, also planungsrelevant (Schalungsmusterplan).

Neue Schalungen

Neue Schalungen erzielen unabhängig vom Ausgangsmaterial ihrer jeweiligen Schalhaut in der Regel bessere Ergebnisse der Sichtbetonqualität als bereits verwendete Schalungen. Es wird empfohlen, einen maximalen Schalungsumlauf zu definieren. Neue Schalungen sind vor ihrem erstmaligen Einsatz vorzubehandeln (Zementschlämme).

Der Einfluss des Saugverhaltens der Schalhautoberfläche auf die Betonoberfläche ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2: Einfluss des Saugverhaltens der Schalhautoberfläche auf die Sichtbetonoberfläche

Einfluss der Schalhautoberfläche auf	saugend	nicht saugend
Farbe der Betonoberfläche	dunkler	heller
w/z-Wert der Betonrandzone	niedriger	höher
Anzahl Luft- und Wasserporen	geringer	höher
Neigung zum Abmehlen/Absanden	etwas höher	geringer
Grautonunterschiede	höher	geringer
Neigung zu Feinstanteilanreicherungen	geringer	höher
Quell- und Schwindneigung	höher	geringer

2.3 Schalungstypen

Das Schalungssystem ist als das Tragwerk der Schalung zu betrachten. Es ist ein geeignetes Schalungssystem zu finden, das den fach- und planungsgerechten Einbau der gewählten Schalhaut erlaubt.

Oberflächengestaltung und Oberflächenbeschaffenheit

Die Norm SIA 118/262 «Allgemeine Bedingungen für den Betonbau» definiert die Oberflächenbeschaffenheit von Schalungen mit folgenden Bezeichnungen:

Der Schalungstyp 1 ist nicht für die Sichtbetonklassen SBK 1 bis SBK 3 und SBK S gemäss der Definition in diesem Merkblatt zugelassen (vgl. Kapitel 4 ff.).

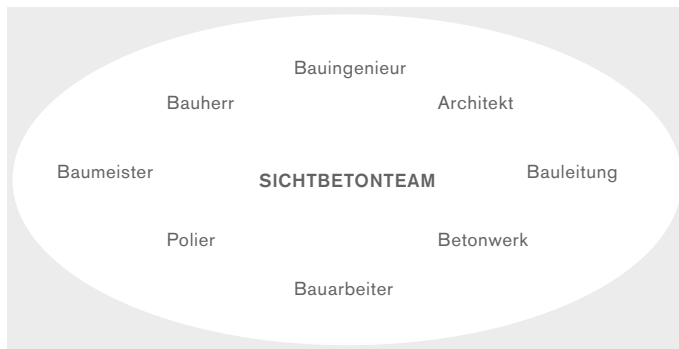
Abb. 20-23: Beton- und Sichtbetonoberflächen Typ 1 bis Typ 4

	Typ 1: Normale Betonoberfläche Flächen ohne besondere Anforderungen: – Mit beliebiger Flächenstruktur – Ohne Nachbearbeitung von Graten und Überzähnen Bemerkung: Typ 1 gilt nicht als Sichtbetonschalung in diesem Merkblatt!
	Typ 2: Betonoberfläche mit einheitlicher Struktur Flächen mit folgenden Anforderungen: – Einheitliche Flächenstruktur – Brett- bzw. Tafelgrösse nicht vorgeschrieben – Mit Nachbearbeitung von Graten und Überzähnen
	Typ 3: Sichtbetonoberfläche mit Brettstruktur Sichtbar bleibende Flächen mit folgenden Anforderungen: – Einheitliche Flächenstruktur ohne Überzähne, Grate und poröse Stellen – Durch Lufteinschlüsse verursachte Poren (Lunker) in mässiger Anzahl sind zulässig – Möglichst gleichmässige Farbtönung – Brettbreite konstant; Brettstösse nicht vorgeschrieben – Brettrichtung einheitlich und parallel zur grösseren Abmessung der Schalungsfläche – Glatte Schalbretter
	Typ 4: Sichtbetonoberfläche mit Tafelstruktur Sichtbar bleibende Flächen mit folgenden Anforderungen: – Einheitliche Flächenstruktur ohne Überzähne, Grate und poröse Stellen – Durch Lufteinschlüsse verursachte Poren (Lunker) in mässiger Anzahl sind zulässig – Möglichst gleichmässige Farbtönung – Tafelgrösse konstant; Tafelstösse nicht vorgeschrieben – Tafelrichtung einheitlich und parallel zur grösseren Abmessung der Schalungsfläche

3 Sichtbetonteam

Um qualitativ hochwertige und ästhetisch ansprechende Sichtbetonoberflächen zu erstellen, bedarf es des Einbezugs und der optimalen Abstimmung aller Beteiligten sowie des ungehinderten Informationsflusses untereinander sowohl bei der Planung wie auch bei der Ausführung. Die Bildung eines Sichtbetonteam ist hierbei von Vorteil. Die Koordination des Bauablaufes, die Steuerung des Informationsflusses und die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten sind vor Baubeginn und baubegleitend innerhalb des Sichtbetonteam sicherzustellen (siehe Abb. 24), um Missverständnisse, Kostenüberschreitungen, Terminverzögerungen und Konflikte bei der Abnahme und der Beurteilung von Sichtbetonoberflächen und -bauten möglichst zu vermeiden.

Abb. 24: Sichtbetonteam



4 Sichtbetonklassen

Mit der Einführung der Sichtbetonklassen SBK 1 bis SBK 3 und der Sonderklasse SBK S lassen sich die gewünschten Anforderungen an Sichtbetonbauten sowohl in Architektur als auch in der Technik genauer beschreiben und bewerten. In Kapitel 4.1 sind die Sichtbetonklassen definiert, in Kapitel 4.2 sind die Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen, Schalungstyp und Musterflächen festgelegt und in Kapitel 4.3 sind die Anforderungen an geschalte Oberflächen detailliert erläutert.

4.1 Definition Sichtbetonklassen

Die Anforderungen an den Sichtbeton sind eindeutig zu definieren. Für die Planung und die Ausschreibung von Sichtbetonoberflächen gelten die in folgender Tabelle definierten und erläuterten Sichtbetonklassen SBK 1 bis SBK 3 und SBK S und deren Sichtbetonansprüche.

Tab. 3: Sichtbetonklassen

Sichtbetonklasse	Sichtbetonansprüche	Erläuterung
SBK 1	geringe	«Geringe Ansprüche» an die Qualität der sichtbaren Fläche. Mindestqualität ohne ausgeprägte Gestaltungsabsicht.
SBK 2	normale	«Normale Ansprüche» an die Qualität der sichtbaren Fläche. Planung mit einer bestimmten Gestaltungsabsicht.
SBK 3	hohe	«Hohe Ansprüche» an die Qualität der sichtbaren Fläche. Planung mit besonders anspruchsvoller Gestaltungsabsicht und hoher Erwartung an die Übereinstimmung des Ergebnisses mit der gestalterischen Vorstellung.
SBK S	nach Angaben Planer	Sonderklasse mit besonderer/individueller Gestaltungsabsicht.

Abb. 25: Beispiele für Sichtbetonklassen SBK 1 bis SBK 3 und SBK S

SBK 1: geringe Ansprüche



SBK 2: normale Ansprüche



SBK 3: hohe Ansprüche



SBK S: besondere/individuelle Ansprüche



4.2 Geschalte Sichtbetonoberflächen

In folgender Tabelle sind die Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen, die Zuordnung der Schalungstypen und die Musterflächen aufgeführt und entsprechend ihrer Relevanz einer Sichtbetonklasse zugeordnet.

Tab. 4: Sichtbetonansprüche, Anforderungen an Sichtbetonoberflächen und weitere Anforderungen

Sichtbetonklasse	Sichtbetonansprüche	Anforderungen an geschalte Sichtbetonflächen					Weitere Anforderungen	
		Textur	Lunker	Farbton	Ebenheit	Fugen	Schalungstyp	Musterfläche
SBK 1	geringe	TX 1	LK 1	FB 1	EH 1	FG 1	Typ 2	keine
SBK 2	normale	TX 2	LK 2	FB 2	EH 1	FG 2	Typ 3 / Typ 4	empfohlen
SBK 3	hohe	TX 3	LK 2	FB 3	EH 2A / EH 2B	nach Angaben Planer	Typ 3 / Typ 4	sehr empfohlen
SBK S	nach Angaben Planer							

Weitere Anforderungen:

Schalungstyp

Die Anforderungen an den Schalungstyp werden gemäss Kapitel 2.3 dieses Merkblattes definiert. Detailinformationen sind Kapitel 2 «Grundlagen der Gestaltung» zu entnehmen. Der Schalungstyp 1 wird gemäss Anforderungen dieses Merkblattes nicht für die definierten Sichtbetonklassen SBK 1 bis 3 und SBK S zugelassen.

Der Schalungstyp für die Sichtbetonklasse SBK S ist durch den Planer festzulegen.

Die Anforderungen an die Beschaffenheit der Schalhaut (vgl. Kap. 2.2.2 «Schalhaut») gilt es in Abhängigkeit der Sichtbetonklasse zu berücksichtigen:

- Für die Sichtbetonklasse SBK 1 sind Bohr-, Nagel- und Schraublöcher, Kratzer, Betonreste, Zementschleier, Beschädigungen durch Vibriernadel, Aufquellen der Schalhaut (rippings) und Reparaturstellen zulässig.
- Für die Sichtbetonklasse SBK 2 sind das Aufquellen der Schalhaut (rippings) und Beschädigungen derselben durch die Vibriernadel sowie Betonreste (Vertiefungen von Nagellöchern, Kratzer etc.) nicht zulässig.

- Für die Sichtbetonklasse SBK 3 sind sämtliche in Kapitel 2.2.2 «Schalhaut» unter dem Punkt «Beschaffenheit der Schalung» aufgeführten Kriterien (Bohrlöcher, Nagel- und Schraublöcher, Zementschleier, Betonreste, Aufquellen der Schalung, Beschädigungen der Schalhaut durch Vibriernadel, Reparaturstellen) nicht zulässig.
- Für die Sichtbetonklasse SBK S gelten die durch den Planer angegebenen Anforderungen.

Musterfläche

Die Musterflächen dienen einerseits zur Abstimmung der vertraglich festgelegten Oberflächenbeschaffenheit mit dem Auftraggeber, zur Prüfung von Alternativen und zur praktischen Darstellung von Ausführungsdetails. Andererseits dienen sie der Vorbereitung der technischen Realisierbarkeit für den Unternehmer und zur verbindlichen Festlegung der Referenzfläche, die bei der Beurteilung von Sichtbetonoberflächen nach deren Erstellung herangezogen werden kann. Detailinformationen sind dem Kap. 6.2 «Musterflächen» zu entnehmen.

4.3 Details der Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen

In folgender Tabelle sind die Details der Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen zugehörig zu den Sichtbetonklassen aufgeführt und nachfolgend im Einzelnen für alle Sichtbetonklassen SBK 1 bis SBK 3 und SBK S erklärt.

Tab. 5: Details der Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen (Textur, Lunker, Farbton, Ebenheit, Fugen)

Geschalte Betonflächen		Sichtbetonklassen			
		SBK 1	SBK 2	SBK 3	SBK S
Textur	TX 1	Sichtbetonoberfläche mit einheitlicher Struktur Einheitliche Oberflächenstruktur. Brett- bzw. Tafelgrösse nicht mit Nachbearbeitung von Graten und Überzähnen.			
	TX 2		Sichtbetonoberfläche mit Brett-/Tafelstruktur Einheitliche Oberflächenstruktur ohne Überzähne, Grate und poröse Stellen. Brett- bzw. Tafelbreite konstant. Brett- und Tafelstösse nicht vorgeschrieben. Brett- bzw. Tafelrichtung einheitlich und parallel oder senkrecht zur grösseren Abmessung der Schalungsfläche. Glatte Schalbretter.		
	TX 3			Strukturbild gemäss Detailplan der geschalten Fläche (Schalungsmusterplan)	
	TX S				nach Angaben Planer
Lunker	LK 1	gering			
	LK 2		mässig	mässig	
	LK S				nach Angaben Planer
Farbton	FB 1	Hell-/Dunkelverfärbungen sind zulässig. Rost- und Schmutzflecken sind unzulässig.			
	FB 2		möglichst gleichmässige Farbtönung		
	FB 3			besondere Bestimmungen	
	FB S				nach Angaben Planer
Ebenheit	EH 1	Ebenheitsanforderungen der fertigen Betonoberfläche nach SIA V 414/10	Ebenheitsanforderungen der fertigen Betonoberfläche nach SIA V 414/10		
	EH 2A			Ebenheitsanforderungen der fertigen Betonoberfläche nach SN EN 13670	
	EH 2B			Ebenheitsanforderungen der fertigen Betonoberfläche nach DIN 18202, Tabelle 3 (Zelle 6)	
	EH S				nach Angaben Planer
Fugen	FG 1	Fugen abgedichtet. Kein Kantenschutz. Versatz zugelassen.			
	FG 2		Fugen abgedichtet. Kantenschutz. Mässiger Versatz zugelassen.		
	FG S			nach Angaben Planer	nach Angaben Planer

Textur (TX)

TX 1: Textur/Schalelementstoss

Anforderung an Sichtbetonoberfläche:

- Geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche

Der Planer legt folgende Anforderungen fest:

- In den Schalelementstössen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel (≤ 10 mm breit, ≤ 5 mm tief) zulässig
- Versatz der Elementstösse (≤ 5 mm) zulässig
- Grate und Überzähne (≤ 5 mm) zulässig
- Rahmenabdruck des Schalelementes zulässig

Es gibt keine Anforderungen an einen Schalungsmusterplan.

Abb. 26: Beispiele für geschlossene, weitgehend einheitliche Oberfläche mit Versatz, Graten und Rahmenabdruck der Schalung



TX 2: Textur/Schalelementstoss

Anforderung an Sichtbetonoberfläche:

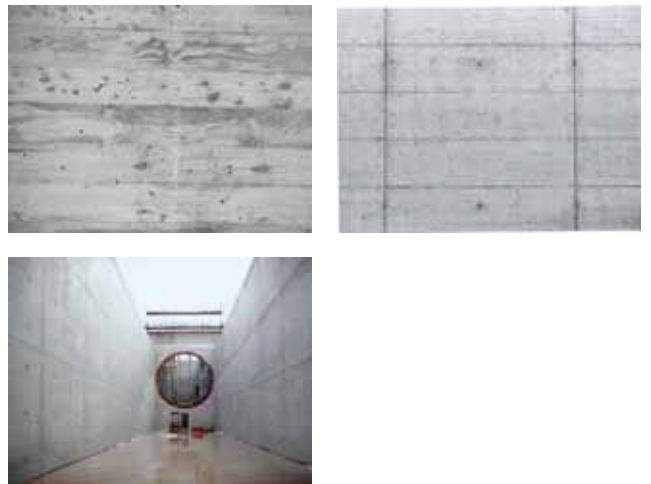
- Glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche

Der Planer legt folgende Anforderungen fest:

- In den Schalelementstössen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel nicht zulässig
- Feine, technisch unvermeidbare Grate (≤ 3 mm) zulässig
- Weitere Anforderungen (z.B. Schalungsstösse, Rahmenabdruck) sind detailliert festzulegen

Es gibt keine Anforderungen an einen Schalungsmusterplan.

Abb. 27: Beispiele für glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Oberfläche mit feinen Graten und vorgegebenen Schalungsstössen und Bindestellen

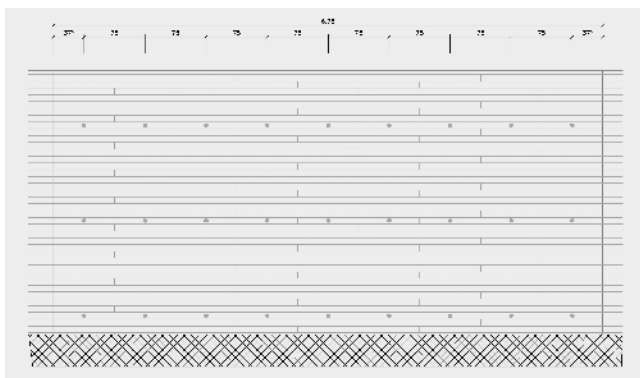


TX 3: Textur/Schalungsmusterplan

Die zu erwartende Struktur der verwendeten Schalung auf der Betonoberfläche kann im Schalungsmusterplan dargestellt werden. Hierbei sind ergänzend zur textlichen Beschreibung und zum Schalungsplan besondere Merkmale der Schalung bzw. der Ansichtsfläche vom Planer festzulegen.

Die Masse für Systemschalungen sind herstellerspezifisch und bei den Schalungsherstellern zu erfragen. Die Textur ist gemäss TX 1 und TX 2 festzulegen.

Abb. 28: Beispiele für Schalungsmusterplan



Wandansicht



TX S:

Die Anforderungen an die Textur sind durch den Planer festzulegen.

Lunker (LK)

Die Entstehung von Lunkern (offene Poren) an der Betonoberfläche wird massgeblich beeinflusst durch die Saugfähigkeit der Schalung.

LK 1: Anforderung an die Lunkerhäufigkeit und -grösse:

Gering: keine Vorgaben für Lunker von 1 bis 15 mm Durchmesser. Die Anzahl Lunker bezieht sich auf eine Fläche von 0,50 x 0,50 m.

Abb. 29: Beispiele für eine geringe Anforderung



LK 2: Anforderung an die Lunkerhäufigkeit und -grösse:
Mässig: Festlegung durch den Planer anhand einer Referenzfläche. Die Anzahl Lunker bezieht sich auf eine Fläche von $0,50 \times 0,50$ m.

Abb. 30: Beispiele für eine mässige Anforderung



LK S:
 Die Anforderung an die Lunkerhäufigkeit und -grösse ist durch den Planer festzulegen.

Farbton (FB)

Die Anforderungen an den Farbton eines Sichtbetons beziehen sich auf eine einheitliche Fläche, auf einen Bauteil (Stütze, Wand, Deckenuntersicht) oder auf die Betonieretappen zur Erstellung eines Bauwerkes. Auf was sich die Anforderungen beziehen, ist durch den Planer festzulegen.

FB 1: Anforderung:

- Hell-/Dunkelverfärbungen (Wolkenbildung) zulässig
- Rost- und Schmutzflecken unzulässig

FB 2: Anforderung: möglichst gleichmässige Farbtönung

- Gleichmässige, grossflächige Hell-/Dunkelverfärbungen (Wolkenbildung) zulässig
- Unterschiedliche Arten und Vorbehandlung der Schalhaut sowie der Ausgangsstoffe unzulässig

Abb. 31: Beispiele für glatte, geschlossene Oberfläche mit Hell-/Dunkelverfärbung (Wolkenbildung)



FB 3: Anforderung: besondere Bestimmungen

- Grossflächige Verfärbungen, verursacht durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schalhaut, ungeeignete Nachbehandlung des Betons unzulässig
- Geringe Hell-/Dunkelverfärbungen zulässig (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen)
- Rost- und Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen unzulässig

Abb. 32: Beispiele für einheitlichen Farbton**FB S:**

Die Anforderung an den Farbton ist durch den Planer festzulegen.

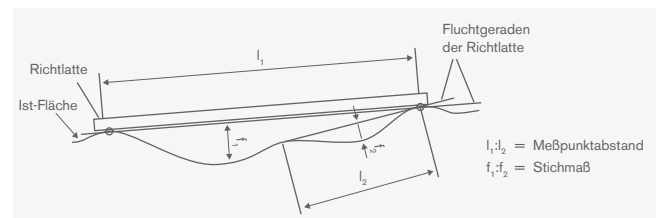
Ebenheit (EH)

EH 1: Die Ebenheitsanforderungen der fertigen Betonoberfläche sind nach der Norm SIA 414 «Masstoleranzen im Bauwesen» bzw. SIA V 414/10 «Masstoleranzen im Hochbau» festzulegen.

Die Ebenheit wird durch Einzelmessungen, z.B. durch Stichprobenprüfung, nach der Skizze gemäss Abb. 33 oder durch ein Flächennivellement eines Rasters geprüft; das Raster ist einzumessen.

Abb. 33: Graphische Darstellung der Ebenheitsmessung gemäss SIA V 414/10

Das Stichmass f_1 und f_2 entspricht dem Δ_{zul} in Tab. 6, S. 29.

**Abb. 34: Beispiele für Sichtbetonbauten mit hohen Anforderungen an die Ebenheit**

Die folgende Tabelle, Tabelle 34 aus der Norm SIA V 414/10, ist gültig für an Ort erstellte Bauwerke und Bauteile des Hochbaus, vorfabrizierte Bauteile des Hochbaus, angeführte Arbeitsgattungen gemäss BKP des CRB, normalen Genauigkeitsgrad (SIA 414, Ziffer 1 11) und normale Umwelt- und Belastungsbedingungen (SIA 414, Ziffer 4 4).

Die Tabelle gilt nicht für Baustoffe, Bauhalbzeug sowie Bauelemente und nicht für Abmessungen innerhalb von Bauteilen. Für diesbezügliche Toleranzen wird auf die speziellen Tragwerksnormen verwiesen (SIA 262 etc.).

Tab. 6: Geradlinigkeit, Ebenheit in Anlehnung an Tabelle 34/SIA Empfehlung V414/10 (vgl. Kapitel 0.2 «Verweise»)

Schalung	Messdistanz MD (frei) [m]	0,4	1	2	4	10	20	40
Typ 2	Δ_{zul} [mm]	8	: 10	: 12	: 16	: 20	: 30	: –
Typ 3 / Typ 4	Δ_{zul} [mm]	4	: 6	: 8	: 12	: 16	: 20	: 25

EH 2: Die Ebenheitsanforderungen der fertigen Betonoberfläche von mit Schalung hergestellten oder geglätteten Oberflächen und die Ebenheit der Kanten sind nach der Norm SN EN 13670 «Ausführung von Tragwerken aus Beton» und nach der DIN-Norm 18202 «Toleranzen im Hochbau – Bauwerke» festzulegen.

EH 2A: Festlegung der Toleranzen nach SN EN 13670

Die Norm SN EN 13670, Tabelle 7, ist zurzeit in der Schweiz in Vernehmlassung.

EH 2B: DIN 18202 «Toleranzen im Hochbau – Bauwerke»

Die in dieser Norm für die Ausführung von Bauwerken festgelegten Toleranzen gelten baustoffunabhängig. Für Sichtbetonoberflächen ist die DIN-Norm 18202 Tabelle 3, Zeile 6 massgebend.

Höhere Ebenheitsanforderungen als die Angaben in Tabelle 8 sind gesondert zu vereinbaren. Dafür erforderliche Aufwendungen und Massnahmen sind vom Auftraggeber detailliert festzulegen.

EH S: Die Anforderungen an die Ebenheit sind durch den Planer festzulegen.

Tab. 7: Ebenheit von Oberflächen und Kanten gemäss SN EN 13670

		Ebenheit	zulässige Abweichung
Mit Schalung hergestellte oder geglättete Oberfläche	global	Länge 2,0 m	9 mm
	lokal	Länge 0,2 m	4 mm
Ebenheit der Kanten		Länge $\leq$ 1,0 m	+/- 8 mm
		Länge > 1,0 m	+/- 8 mm/m', jedoch nicht mehr als +/- 20 mm/m'

Tab. 8: Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen gemäss DIN 18202

Diese Grenzwerte gelten für Flächen von Decken (Ober- und Unterseite) und Wänden unabhängig von ihrer Lage.

Zeile	Bezug	Stichmasse [mm]				
		0,1 m	1 m	4 m	10 m	15 m
DIN 18202, Tabelle 3 / Zeile 6	Flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken	3	5	10	20	25

Fugen (FG)

FG:

Anforderungen an Arbeitsfugen, Schalhautfugen, Kantenschutz

– Fugen abgedichtet

Feinmörtelaustritt auf dem vorhergehenden Betonierabschnitt ist rechtzeitig zu entfernen.

– Arbeits- und Schalhautfugen

Ausbildung von Arbeits- und Schalhautfugen ist detailliert festzulegen.

– Arbeitsfugen

Arbeitsfugen bleiben sichtbar.

– Schalhautfugen

Versatz der Flächen zwischen zwei Betonierabschnitten ist zulässig, ist aber im Falle von «mässiger Versatz ist zulässig» durch den Planer festzulegen.

– Kantenschutz

Kantenschutz (scharfe Kanten) während der Bauzeit.

In den folgenden Abbildungen sind Beispiele von verschiedenen Fugen und einem Kantenschutz dargestellt.

Abb. 35: Beispiel abgedichtete Fuge (kein Feinmörtelaustritt)



Abb. 36: Beispiel Schalhautfugen Tafelschalung



Abb. 37: Beispiel für gleichmässige Schalhautfugen an Decke und Wänden, Feinmörtelaustritt im Übergang (Arbeitsfuge) Decke/Wand



Abb. 38: Beispiel Arbeitsfuge (Wand)



Abb. 39: Kantenschutz Stützen (scharfe Kanten)



5 Planung

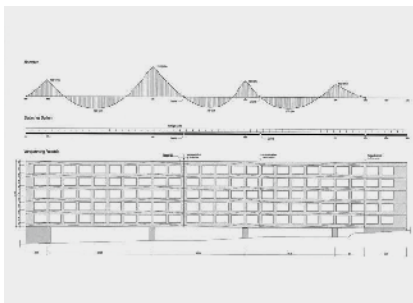
Der Planer beschreibt das «Ziel», d.h. den Sichtbeton, eindeutig. Er hat im Vorfeld genau zu definieren, wie die Sichtbetonoberfläche aussehen soll. Hierzu sind die wesentlichen gestalterischen und technischen Anforderungen für Sichtbeton wie z.B. Textur/Oberflächenstruktur, Flächengliederung, Farbton, Ebenheit, Fugen, Schalungstyp etc. zu erfassen und die Sichtbetonklasse und die damit verbundenen Anforderungen und Randbedingungen festzulegen. Es obliegt der Verantwortung des Planers, die Leistungen hinreichend genau zu beschreiben und gegebenenfalls mit Zeichnungen (Schalungsmusterplan, Ankerstellenanordnungen, Fugenausbildungen, Schalungs- und Elementstösse etc.) zu ergänzen.

Um den Ausführenden in der freien Wahl der Bauverfahren und -materialien sowie in seinem Innovationsbestreben nicht allzu sehr einzuschränken, sind die technischen Anforderungen durch den Planenden im Austausch mit dem Ausführenden zu definieren. Hierbei sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Festlegen der Kriterien für die Beurteilung
- Festlegen von Musterflächen und Referenzflächen
- Festlegen von Vorversuchen
- Aufzeigen der Kostenwahrheit gegenüber dem Bauherrn

Wichtig für Sichtbetonbauten ist die Erstellung eines Qualitätssicherungssystems «PQM Sichtbeton», das die Zuständigkeiten, Arbeitsabläufe aller Tätigkeiten (z.B. Schalungsvorgang, Lagerung von Schalungselementen auf der Baustelle etc.), Kontrollen (z.B. Schalungs- und Bewehrungsarbeiten, Betonarbeiten, Betonqualität, Einhaltung der vorgegebenen Ausschallfristen, Nachbehandlung, Bautoleranzen, provisorische Spriessungen, Haustechnikarbeiten, Vorfabrikation, Schutzmassnahmen fertig gestellter Sichtbetonoberflächen etc.), Abnahmen (z.B. Bewehrungsüberdeckung, Dichtigkeit der Schalung, Standfestigkeit der Schalung, Sauberkeit der Schalhaut direkt vor dem Betonieren, Prüfung der Ausführung von Einlagen und Aussparungen, Prüf- und Materialatteste verlangen und prüfen etc.) und die Dokumentationserstellung und -archivierung regelt. Die Ausschreibung von Sichtbetonbauten bzw. eines Sichtbetonbauteils ist ein wichtiger Bestandteil der Planung und wird in Kapitel 6 «Ausschreibung» separat behandelt. In Anhang A, B und C sind zusätzliche Informationen und Hilfestellungen für das Vorgehen der Erstellung einer Sichtbetonoberfläche zusammengestellt.

Abb. 40: Planung – Ausführung – Ziel



5.1 Nutzungsvereinbarung

Die Nutzungsanforderungen an die Sichtbetonoberflächen sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten, die im Dialog zwischen Bauherrschaft und Planer bzw. Projektverfassenden zu erstellen ist. Der inhaltliche Aufbau einer Nutzungsvereinbarung ist der Norm SIA 262 zu entnehmen. Änderungen und Ergänzungen der festgelegten Nutzungsvereinbarung während der Ausführung sind bei Sichtbetonbauten zu vermeiden.

5.2 Ausführbarkeit

Der Planer beurteilt in der Planungsphase, ob die Eigenschaften bzw. Anforderungen, die an eine Sichtbetonoberfläche gestellt werden, technisch zielsicher erfüllbar sind oder nicht, und dies abhängig von der Sichtbetonklasse:

- Farbtongleichheit bzw. gleichmässiger Farbton aller sichtbaren Betonflächen des Bauwerks (Wolkenbildung und Marmorierung, Farbtonunterschiede zweier Chargen, geringes Ausbluten an Stössen und Kalkfahnen etc.)
- Lunkerhäufigkeit und -grösse
- Kalkausblühungen
- Ausbildung der Fugen, Kanten, Ankerlöcher und Schalungsstösse
- Berücksichtigung der Oberflächenentwässerung
- Berücksichtigung der Massnahmen zur Verbesserung der Oberflächenoptik (Reparaturmörtel, Lasur, Erprobungsflächen etc.).
- Form und Abmessungen der Sichtbetonbauteile (z.B. fachgerechtes Einbringen und Verdichten von Beton muss möglich sein, auch bei Vorhandensein einer Bewehrung und von Einbauteilen) unter Berücksichtigung der Mindestabmessungen und Mindestabstände gemäss Norm SIA 262
- Betonierkonzept (Betonieretappen, Einbringstellen, Entlüftung des Betons immer gewährleistet etc.)
- Besondere Beachtung von Kanten und spitzwinkligen Wänden (Schalungs- und Betonkonzept)
- Ausreichende Bewehrungsüberdeckung bei nachträglicher Oberflächenbearbeitung (z.B. Scharrieren, Schleifen etc.)

Hierzu ist es hilfreich, bereits frühzeitig einen Bauunternehmer beizuziehen.

5.3 Verhütung von Betonmängeln in der Planung

Die Sichtbetonqualität und/oder die Ästhetik eines Bauwerks bzw. Bauteils hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab, die nicht nur die Beton- und Schalungstechnik sowie das Klima betreffen. Um Mängel zu minimieren, hat der Planer in der Planungsphase von Sichtbetonbauten und -bauteilen bereits auf mögliche Fehlerquellen, die aus der Ausführung resultieren können, Einfluss zu nehmen. Für den Planer ist die Kenntnis der folgenden Punkte bereits in der Planungsphase wichtig, und er hat diese für Sichtbetonoberflächen entsprechend der Sichtbetonklasse zu beachten und zu berücksichtigen.

Allgemeine Hinweise

- Farbtonunterschiede und Verfärbungen sind auch bei der Berücksichtigung aller Randbedingungen nicht gänzlich auszuschliessen.
- Eine Schalung, die zum Aufsaugen grösserer Mengen Wasser aus dem Beton neigt oder ein Verdunsten begünstigt, muss entsprechend behandelt werden (Vorbehandlung z.B. mit Zementschlämmen), um den Entzug von Wasser aus dem Beton gering zu halten.
- Schalungsflächen müssen sauber und so behandelt sein, dass die festgelegte Oberflächenbeschaffenheit erreicht werden kann.
- Temporäre Einbauteile zur Lagesicherung der Schalung, Ankerstäbe, Hüllrohre etc., die im Bauteil verbleiben, dürfen nicht zu Fehlstellen in der festgelegten Oberfläche führen.
- Anforderungen an das Erscheinungsbild der geschalteten Oberflächen sind, sofern festgelegt, in den bautechnischen Unterlagen (Technischer Bericht, Schalungsmusterplan etc.) bzw. besonderen Bestimmungen «Baumeister» durch den Planer anzugeben.
- Beschaffenheit der Schalhaut: Die Zulassung von Bohr-, Nagel- und Schraublöchern, Kratzern, Zementschleiern, Betonresten, Reparaturstellen, Aufquellen der Schalhaut, Beschädigungen der Schalhaut durch Vibriernadel etc. ist in Abhängigkeit der Sichtbetonklasse zu berücksichtigen (vgl. Kap. 4.2).
- Verwendete Trennmittel dürfen keine unbeabsichtigten Auswirkungen auf die Farbe und die Oberflächenbeschaffenheit des endgültigen Tragwerks oder auf nachträglich aufgetragene Beschichtungen haben.
- Ankerstellen, Verschluss der Ankerlöcher, Ausbildung von Aufhängestellen nur in Abstimmung mit dem Auftraggeber festlegen.
- Die Wahl des Schalungssystems (Rahmenschalung, Trägerschalung) und die Befestigung der Schalhaut sind Sache des Ausführenden.

Bauteilabmessungen

Die Wahl der Abmessungen der Bauteile ist auf die Bewehrungsmenge und die Bewehrungsführung sowie die Eigenschaften der Baustoffe abzustimmen. Die Bewehrungsführung muss ein qualitativ einwandfreies Einbringen und Verdichten des Betons ermöglichen.

Schalungen und Gerüste

Schalungen und Gerüste sind nach den Bestimmungen der massgebenden Normen zu projektieren, konstruktiv durchzubilden und auszuführen. Schalungen und Gerüste haben den Einwirkungen durch den Beton und die Baunutzlasten unter Berücksichtigung des Bauablaufs und des Betoniervorgangs standzuhalten.

Formänderungen von Schalungen und Gerüsten sind, soweit erforderlich, auszugleichen. Die zulässigen Verformungen sind von den Planern festzulegen.

Die planmässige Ausführung der Schalung und Gerüste ist vor Betonierbeginn durch den Planer zu kontrollieren.

Bewehrungsüberdeckung bei Sichtbeton

Korrosionserscheinungen an Sichtbetonoberflächen beeinträchtigen nicht nur die optische Wahrnehmung, sondern auch die Tragsicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit eines Bauteils.

Die Bewehrungsüberdeckung hat u.a. die Übertragung der Verbundkräfte zwischen Beton und Bewehrung sowie ein einwandfreies Einbringen des Betons zu gewährleisten, den Anforderungen bezüglich Feuerwiderstand zu genügen und der Gefährdung durch Bewehrungskorrosion zu begegnen. Der grösste Wert ist dabei massgebend. In Abhängigkeit der Expositionsklassen werden gemäss SIA 262 in der Regel folgende Bewehrungsüberdeckungen c_{nom} in Abhängigkeit der Expositionsklassen massgebend (vgl. Tab. 9).

Bei der Planung von Sichtbetonoberflächen ist der Überdeckung der Bewehrung besondere Beachtung zu schenken:

- Die gewählte Bewehrungsüberdeckung (c_{nom}) ist auf den Plänen anzugeben und beinhaltet die zulässigen Abweichungen.
- Bewitterte Sichtbetonbauteile:
In der Regel sind bei bewitterten Sichtbetonbauteilen im Minimum die Anforderungen gemäss Expositionsklasse XC4 (CH) einzuhalten.
- Geschützte Sichtbetonbauteile:
In der Regel sind bei geschützten Sichtbetoninnenbauteilen im Minimum die Anforderungen gemäss Expositionsklasse XC1 (CH) einzuhalten.
- Nachbearbeitete und strukturierte Oberflächen (Innenbauteile):
Bei nachbearbeiteten und strukturierten Oberflächen (vgl. Kap. 2.1 «Allgemeine Merkmale») ist in Abhängigkeit von der Abtragsart und der zu erwartenden Abtragstiefe entsprechend eine zusätzliche Bewehrungsüberdeckung zu c_{nom} zu berücksichtigen.

Tab. 9: Planmässige Bewehrungsüberdeckung in Abhängigkeit der Expositionsklassen

Bewehrungsüberdeckung c_{nom} [mm]	Expositionsklasse gemäss SN EN 206-1							
	Bewehrungskorrosion in karbonatisiertem Beton				Bewehrungskorrosion induziert durch Chloride			
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2a	XD2b	XD3
Betonstahl	20	35		40	40		55	
Spannstahl bzw. Spannglied	30	45		50	50		65	

Distanzhalter

Werden Distanzhalter in Sichtbetonbauteilen verwendet, so muss die Aufstandsfläche auf der Schalung möglichst klein sein. Die Distanzhalter dürfen sich nur geringfügig in die Schalung eindrücken bzw. an der Betonoberfläche abzeichnen.

Das Sichtbetonteam hat sich je nach Anforderungen (erhöhter Frost-Tau-Widerstand; Eignung für Bauteile, die Temperaturbeanspruchungen ausgesetzt sind; hoher Wassereindringwiderstand; hoher Widerstand gegen chemischen Angriff) darauf zu einigen, welcher Typ Distanzhalter einzusetzen ist.

- Zementgebundene Distanzhalter sind bezüglich Formstabilität bei Last- und Temperaturbeanspruchung sowie bezüglich Ästhetik der Betonoberfläche unempfindlicher als Kunststoffabstandhalter.
- Der Lieferant hat die Eignung der Distanzhalter nachzuweisen (z.B. Musterfläche).
- Distanzhalter unterscheiden sich in Form, Grösse, Werkstoff, Verwendungszweck, Art der Aufstandsfläche und ihren Eigenschaften im nicht einbetonierten und im betonierten Zustand.
- Für jeden Anwendungsfall sind geeignete Distanzhalter in genügender Anzahl vorzusehen und so einzubauen, dass diese sich nicht verschieben oder verdrehen und die während des Bauvorgangs auf sie wirkenden Kräfte in der geplanten Lage bei allen Temperaturen ohne nennenswerte Verformungen aufnehmen.
- Distanzhalter sind unvermeidliche Inhomogenitäten in der Bewehrungsüberdeckung, dürfen aber die Dichtheit der Bewehrungsüberdeckung im fertigen Bauteil nicht wesentlich beeinträchtigen.

– Distanzhalter müssen

- eine ausreichende Tragfähigkeit und Kippstabilität aufweisen,
- einen möglichst geringen Rückfederungseffekt haben, damit nach dem Ausschalen die oberflächen-nahe Betonschicht nicht abgesprengt wird,
- so gestaltet sein, dass der Beton den Distanzhalter vollständig umhüllt und sich nicht infolge des Distanzhalters entmischt,
- ausreichend widerstandsfähig sein gegen die Alkalität des Betons,
- aus einem Werkstoff sein, der die Korrosion der Bewehrung nicht fördert, aber selber auch nicht korrodiert,
- und die gleiche Farbe aufweisen wie der einzubringende Beton.

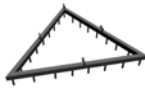
Oberflächenschutz von Sichtbeton

Die Sichtbetonoberfläche kann während des Baus bei einwirkender Feuchte durch Rostflecken und Rostfahnen der Anschlussbewehrung und nach der Fertigstellung des Bauwerkes durch äussere Einflussfaktoren wie Umwelteinflüsse (Feuchtigkeit, Russ, Feinstaub, Moose und Algen) oder Verschmutzungen (Vogelkot, Urin) sowie Farbschmierereien und Graffitis beeinträchtigt werden. Aber auch das Verwenden unterschiedlichster Materialien (z.B. Aluminium, Stahl, Glas etc.), die bei exponierten Stellen wie Fensterbrettern, Abdeckungen von Brüstungen etc. faktisch 1:1 mit dem Sichtbeton in Verbindung kommen, kann zu einer Beeinträchtigung der Sichtbetonoberfläche führen.

Abb. 41: Für Sichtbeton eher geeignete Distanzhalter

Radform	
Punktförmig, nicht befestigt	
Punktförmig, befestigt	

Abb. 42: Für Sichtbeton eher ungeeignete Distanzhalter

Linienförmig, nicht befestigt ¹⁾	
Linienförmig, befestigt ¹⁾	
Flächenförmig, nicht befestigt	
Flächenförmig, befestigt	

¹⁾ Mit Längenbegrenzung (350 mm bzw. $\leq 2 \times$ Bauteildicke oder $\leq 0,25 \times$ Bauteilbreite)

– **Schutz der Sichtbetonoberfläche während Bauphase**

Die Planer haben zu berücksichtigen, dass die Anschlussbewehrung bei Betonieretappen (Wände, Stützen, Platten) der Witterung ausgesetzt ist, rostet und es deshalb an der Betonoberfläche bei einwirkender Feuchtigkeit zu Rostflecken (Platten) und Rostfahnen (Wände, Stützen) kommen kann. Zudem sind die bereits erstellten Sichtbetonoberflächen und Kanten in der Bauphase zwingend vor mechanischen Beschädigungen, Beschriftungen auf derselben, unsachgemäss ausgeführten Bohrlöchern etc. zu schützen.

Das fachgerechte Einhausen bzw. der Schutz der bereits erstellten Sichtbetonoberflächen und Kanten und der Schutz der Bewehrungsstäbe mit Zementleim bei Anschlussbetappen sind durch den Planer auszuschreiben und die entsprechenden Stellen und Sichtbetonoberflächen sind in den Plänen zu kennzeichnen.

– **Schutz der Sichtbetonoberfläche nach Fertigstellung Bauteil bzw. Bauwerk**

Grundsätzlich gilt es durch den Planer in Absprache mit dem Bauherrn festzulegen, ob ein Oberflächenschutz zu gewährleisten ist oder nicht und wenn ja, auf welchen Sichtbetonoberflächen. Dies ist in der Nutzungsvereinbarung zu definieren.

Wenn ein Oberflächenschutzsystem verlangt wird, gilt es durch den Planer bereits in der Planungsphase folgende Punkte zu berücksichtigen und abzuklären:

- Unter Einbezug eines Oberflächenschutzfachmanns ist festzulegen, welche Art von Oberflächenschutz (z.B. Imprägnierung [Tiefenhydrophobierung], Versiegelung, Beschichtung [Graffitischutz] etc.)

aufzubringen ist, denn auf dem Markt gibt es unzählige Oberflächenschutzprodukte mit unterschiedlich langer Haltbarkeit.

- Handelt es sich bei einem Oberflächenschutz zur Unterstützung des mineralischen Erscheinungsbildes von Sichtbeton bei Innen- und bewitterten Aussenbauteilen um werterhaltende Massnahmen (Beton ist porös und altert) oder um optische Erhaltungsmassnahmen (Oberflächenveredelung durch farblose oder pigmentierte Produkte)?

Rissbildung

Ästhetisch betrachtet, sind Risse an Sichtbetonoberflächen unerwünscht. Risse sind bei monolithischen Oberflächen praktisch nicht zu vermeiden, sie sind aber auch nicht grundsätzlich schädlich. Im Normalfall aber, falls Risse nicht von Verschmutzungen, Verfärbungen und Kalkausblühungen begleitet sind, beeinträchtigen sie die optische Wahrnehmung einer Sichtbetonoberfläche nur unbedeutend. Bei glatten Oberflächen fallen sie in der Regel stärker auf als bei strukturierten Flächen.

Bezüglich Rissbildung wird in der Norm SIA 262 unterschieden zwischen normalen, erhöhten und hohen Anforderungen. Für Sichtbetonoberflächen gelten die Anforderungen bezüglich Rissbildung gemäss Tab. 10.

Tab. 10: Anforderungen bezüglich Rissbildung für Sichtbetonoberflächen

Sichtbetonklasse	Anforderungen bezüglich Rissbildung gemäss SIA 262	Erläuterungen
SBK 1	erhöhte	Besondere Ansprüche an die Ästhetik in Bezug auf die Rissbildung und gute Rissverteilung
SBK 2	erhöhte	Besondere Ansprüche an die Ästhetik in Bezug auf die Rissbildung und gute Rissverteilung
SBK 3	hohe	Hohe Ansprüche an die Ästhetik in Bezug auf die Rissbildung und Begrenzung der Rissbreiten
SBK S	erhöhte oder hohe	Besondere oder hohe Ansprüche an die Ästhetik in Bezug auf die Rissbildung, an die Rissverteilung und an die Rissbreite

Der Planer hat bei Sichtbetonoberflächen betreffend Risse folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Normale Anforderungen gemäss SIA 262 genügen für Sichtbetonoberflächen nicht.
- Für die Sichtbetonklasse SBK 1 bis SBK 3 hat der Planer die Anforderung bezüglich Rissbildung unter Einbezug des Bauherrn in der Nutzungsvereinbarung und der Projektbasis zu definieren und festzuhalten.
- Für die Sichtbetonklasse SBK S hat der Planer je nach Anforderungen an die Sichtbetonfläche entweder zwischen erhöhten oder hohen Anforderungen an die Rissbildung zu entscheiden und dies unter Einbezug des Bauherrn in der Nutzungsvereinbarung und der Projektbasis zu definieren und festzuhalten.
- Die Rissbreite muss auf ein unschädliches Mass beschränkt werden. Bei speziellen Anforderungen, wie z.B. für wasserdichten Beton, sind die zulässigen Rissbreiten zusätzlich mit einem Spezialisten (Materialtechnologen) festzulegen und zu vereinbaren.
- Massnahmen zur Begrenzung der Rissbreiten bei Sichtbetonoberflächen sind der Norm SIA 262 Ziffer 4.2.2.3 zu entnehmen, auf die Ursachen der Rissbildung wie Tragwerkskonzept, konstruktive Durchbildung, Eigenschaften des Betons und Nachbehandlung des Betons abzustimmen und in der Nutzungsvereinbarung und der Projektbasis festzuhalten.

- Mit dem Bauherrn ist in der Nutzungsvereinbarung zu vereinbaren, ob entstehende Risse störend oder als schädigend anzusehen sind und ob diese im letzten Fall unbedingt beseitigt werden müssen. Dem Bauherrn ist mitzuteilen, dass verfüllte Risse in der Regel auch bei sorgfältiger Instandstellung an der Sichtbetonoberfläche sichtbar bleiben.
- Zudem ist es wichtig, dass sich Planer und Ausführende frühzeitig über den bestmöglichen Weg zur Vermeidung nicht tolerierbarer Risse verständigen und die in der Nutzungsvereinbarung vorgegebenen Rahmenbedingungen erfüllen.

Nachbehandlung von Beton

Die Nachbehandlungsdauer ist in Abhängigkeit von der Festigkeitsentwicklung des Betons in der Betonrandzone festzulegen. Sie wird in der Norm SIA 262 durch die Nachbehandlungsklassen NBK 1 bis NBK 4 (gemäss Tabelle 11) beschrieben und richtet sich nach dem prozentualen Anteil der charakteristischen Druckfestigkeit nach 28 Tagen, der am Ende der Nachbehandlungsdauer in der Betonrandzone erreicht sein muss.

Tab. 11: Definition und Anwendung der Nachbehandlungsklassen (NBK)

Nachbehandlungsklasse (NBK)	1	2	3	4
Dauer (Stunden)	12 ¹	–	–	–
Prozentualer Anteil der charakteristischen Druckfestigkeit nach 28 Tagen	–	35%	50%	70%
Anforderungen		normal	erhöht	hoch

¹ Sofern das Abbinden nicht länger als 5 Stunden dauert und die Betontemperatur an der Oberfläche mindestens 5 °C beträgt.

Die Festigkeitsentwicklung des Betons bei 20 °C gemäss Norm SN EN 206-1 kann mit Berechnungen der Festigkeitsentwicklung durch den Planer gemäss der Norm SIA 262 genauer bestimmt werden.

Fehlen genaue Ergebnisse zum eingesetzten Beton und sind keine verlässlichen Schätzungen und Berechnungen der Festigkeitsentwicklung vorhanden und werden bei der Ausführung keine entsprechenden Prüfungen vorgenommen, gelten für die Mindestnachbehandlungsdauer für Beton die Richtwerte in Tabelle 12.

- ^a Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit (Zeitraum, während dem der Beton mit den vorgesehenen Geräten auf der Baustelle verdichtet ist) ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.
- ^b Die Festigkeitsentwicklung eines Betons wird mit r (Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 und 28 Tagen: $r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$) beschrieben.
- ^c Bei einer sehr langsamen Entwicklung der Betonfestigkeit sollten in der Projektbeschreibung besondere Anforderungen angegeben werden.
- ^d Anstelle der Messung der Oberflächentemperatur des Betons ist es auch möglich, am Morgen um zirka 7 Uhr im Schatten die Lufttemperatur zu messen.
- ^e Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeitspanne zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

Nachbehandlung von Sichtbeton

Bei Sichtbeton ist der Nachbehandlung besondere Beachtung zu schenken, denn die Nachbehandlung von Bauteilen mit Sichtbetonoberflächen ist im Einzelfall schwierig bis technisch heikel.

Mindestnachbehandlungsdauer für Sichtbeton

Die geforderte Nachbehandlungsklasse für Sichtbetonoberflächen ist für geschützte Innen- wie auch bewitterte Aussenbauteile projektspezifisch festzulegen.

A) Innenbauteile

Bei üblichen Innenbauteilen (Expositionsklasse XC1) werden normale Anforderungen an die Nachbehandlung der Sichtbetonoberfläche gestellt.

Es wird empfohlen, bei Innenbauteilen die Nachbehandlungsklasse NBK 2 zu wählen.

B) Aussenbauteile

Bei bewitterten Bauteilen (Expositionsklassen XC4, XF1) werden erhöhte Anforderungen an die Nachbehandlung der Sichtbetonoberfläche gestellt.

Es wird empfohlen, bei Sichtbetonbauten die Nachbehandlungsklasse NBK 3 zu wählen und die Richtwerte in Tabelle 12 um einen Tag zu erhöhen.

Bei stark belasteten Bauteilen mit einer langen Nutzungsdauer wie z.B. bei Stützmauern, Galerien etc. der Exposition XD3, XF4 werden hohe Anforderungen gestellt. Es wird empfohlen, bei Sichtbetonbauten die Nachbehandlungsklasse NBK 4 zu wählen.

Tab. 12: Richtwerte für die Mindestnachbehandlungsdauer von NBK 2 bis 4

		Mindestnachbehandlungsdauer [Tage] ^a								
Festigkeitsentwicklung des Betons bei 20 °C gemäss Norm SN EN 206-1 ^{b, c}		schnell			mittel			langsam		
		$r \geq 0,50$			$0,50 > r \geq 0,30$			$0,30 > r \geq 0,15$		
Nachbehandlungsklasse (NBK) [prozentualer Anteil von $f_{ck,28}$] ^e		2 [35]	3 [50]	4 [70]	2 [35]	3 [50]	4 [70]	2 [35]	3 [50]	4 [70]
Oberflächentemperatur des Betons [°C] ^d	$T \geq 25$	1,0	1,5	3,0	1,5	2,5	5,0	2,5	3,5	6,0
	$25 > T \geq 15$	1,0	2,0	5,0	2,5	4,0	9,0	5,0	7,0	12,0
	$15 > T \geq 10$	1,5	2,5	7,0	4,0	7,0	13,0	8,0	12,0	21,0
	$10 > T \geq 5^e$	2,0	3,5	9,0	5,0	9,0	18,0	11,0	18,0	30,0

Der Planer hat folgende Punkte in der Nachbehandlungsplanung von Sichtbeton zu berücksichtigen:

- Grundsätzlich sind bei Sichtbeton die Vorgaben gemäss der Norm SIA 262 Ziffer 6.4.6 einzuhalten.
- Die Art und die Dauer der Nachbehandlung sind durch den Planer auszuwählen und im Leistungsverzeichnis festzulegen. Die Art und die Dauer der Nachbehandlung sind dabei abhängig von den Witterungsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Wind), der Festigkeitsentwicklung des Sichtbetons und der Geometrie der Sichtbetonbauteile.
- Sofern hinsichtlich der Nachbehandlung von Sichtbeton genauere Angaben fehlen und keine Angaben in der Nutzungsvereinbarung getroffen wurden, gilt gemäss SIA 118/262 «Allgemeine Bedingungen für den Betonbau» generell eine Nachbehandlungszeit von 5 Tagen.
- Der wichtigste Job des Planers während der Planungsphase ist es, den Terminplan für die Ausführung des Bauteils bzw. Bauwerks unter Berücksichtigung möglicher äusserer Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit, Wind), der Betonieretappen und Bauetappen (Betonieren und Ausschalen unter Berücksichtigung der Verweildauer des Betons in der Schalung u.a. auch über Wochenenden etc.) inklusive der Kontrolle der Vorgänge auf der Baustelle so auszugestalten, dass die geforderten Nachbehandlungsdauern eingehalten werden können.
- Die Nachbehandlungsmassnahmen wie die Ausschallfrist, die Verweildauer des Betons in der Schalung, die Massnahmen direkt nach dem Ausschalen, Hilfskonstruktionen als Verdunstungsschutz und der Schutz der Sichtbetonflächen während der Bauphase sind ebenfalls durch den Planer im Leistungsverzeichnis festzulegen. Das Ziel ist es, möglichst keine unerwünschten Auswirkungen auf das Erscheinungsbild des Sichtbetons zu haben, die im Zusammenhang mit den festgelegten Nachbehandlungsmassnahmen stehen,

da diese über die gesamte Sichtbetonoberfläche wirken. Entsprechende Kontrollen auf der Baustelle sind einzuberechnen.

- Es darf kein Sichtbetonbauteil ausgeschalt werden, bevor der Beton nicht ausreichend erhärtet ist. Diese Massnahmen gelten auch für Ecken und Kanten, um Verfärbungen, Abrisse und dergleichen zu vermeiden.
- Eine zu lange Verweildauer des Betons in der Schalung (Verfärbung der Oberfläche) ist zu vermeiden. Die Sichtbetonoberflächen werden gleichmässiger und heller bei früher Entschalung. Trotzdem ist das frühe Entschalen durch eine genügend lange, gleichmässige und richtige Nachbehandlung zu kompensieren, damit die Betonoberfläche nicht austrocknet.
- Sichtbetonoberflächen dürfen nach dem Ausschalen nicht direkt starken Niederschlägen ausgesetzt sein, mit Wasser besprüht werden (Vermeidung von Kalkausblühungen bzw. Aussinterungen) oder in irgendeiner Form mit flüssigem Wasser in Berührung kommen.
- Sichtbetonoberflächen werden nach dem Ausschalen am besten geschützt durch das Einpacken oder Einhausen mit Folien, wobei ein direkter Kontakt der Folie mit der noch jungen Betonoberfläche zu vermeiden ist, um Kondensatbildung und dunkle Verfärbungen an der Betonoberfläche durch die intensivere Nachbehandlung zu verhindern. Herablaufendes Kondenswasser aufgrund des zu geringen Luftaustauschs hat ebenfalls eine störende ästhetische Auswirkung auf die Sichtbetonoberfläche. Deshalb ist ein geringer Luftschlitz (Achtung: Verhinderung einer Kaminwirkung bzw. Zugluft) offen zu lassen, um den Luftaustausch mit der Umgebung zu erhalten und um die Kondensatbildung zu vermeiden. Eine entsprechende Hilfskonstruktion als Verdunstungsschutz und die gespannte Folie mit einigen Zentimetern Abstand zur Sichtbetonoberfläche sowie deren regelmässige Prüfung und Instandhaltung aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegen äussere Einflüsse (Baubetrieb, Klima) sind in der Planung zu berücksichtigen.

Abb. 43: Beispiel einer Nachbehandlung



5.4 Projektbezogenes Qualitätsmanagement (PQM)

Nur durch das Zusammenwirken aller am Bau Beteiligten kann bei Sichtbetonoberflächen die Qualität erreicht werden, die vertraglich festgelegt wurde. Je früher alle technischen und vertragsrechtlichen Aspekte, Erkenntnisse und Erfahrungen einfließen, desto eher können Schwachstellen beseitigt und Mängel vermieden werden. Dies kann erreicht werden durch:

- Sicherstellung des Informationsflusses und Koordinierung des Bauablaufs zwischen allen am Bau Beteiligten
- Auftrag zur Erstellung von Sichtbetonoberflächen an qualifizierte und verantwortungsbewusste Personen und Unternehmen
- Benennung fester Ansprechpartner im Sichtbetonteam (Bauherr, Architekt, Bauingenieur, Betontechnologe, Bauunternehmer [Schalung, Bewehrung, Beton], Betonhersteller etc.).
- Erfassung und Dokumentation aller Vorkommnisse in den verschiedenen Projektphasen eines Sichtbetonbaus
- Fortlaufende Kontrolle der Massnahmen in allen Phasen des Projektlebensweges
- Regelung diverser Abnahmen (Kontrollplan für Schalung inkl. Spriessung, Kontrollplan für Bewehrung, Kontrollplan für Beton inkl. Nachbehandlung, Kontrollplan für Bauteilanforderungen etc.) zwischen allen am Bau Beteiligten
- Sicherstellung der vom Kunden geforderten Qualität in Bezug auf seine Bedürfnisse, Anforderungen und Zielsetzungen

5.5 Aufzeigen der Kostenwahrheit

Der Bauherr und der Planer haben die Konsequenzen für die Kosten bei ihrer Entscheidung zur Wahl der Sichtbetonklasse bzw. Oberflächenbeschaffenheit zu berücksichtigen und vertraglich zu vereinbaren, wobei der Bauherr die Kosten oder allfällige Kostenfolgen für Sichtbeton zu bewilligen hat.

Der Bauherr ist vom Planer möglichst früh über die Kostenfolgen für die Erstellung eines hochwertigen Sichtbetons zu orientieren. Diskussionen über zu hohe Kosten während der Ausführung sind unbedingt zu vermeiden.

Folgende Mehrkosten gegenüber Normalbeton können durch die Erstellung von Sichtbeton entstehen:

- Kosten für Gestaltung der Oberflächen/Verwendung der Schalhaut
- Kosten für die Betonrezeptur mit zusätzlichen Anforderungen (gemäss SN EN 206-1)
- Kosten für die längere Bauzeit (Terminverzögerungen)
- Kosten für die saubere Ausführung und die konstruktive Durchbildung
- Kosten für die Nachbehandlung und für den zusätzlichen Schutz von Kanten und Oberflächen
- Kosten für Spezialbewehrung
- Kosten für den Oberflächenschutz

5.6 Bauzeit und Terminverschiebungen

Die Bauzeit für die Erstellung von Sichtbetonoberflächen und -bauten wird immer wichtiger und zentraler für den Planer, da die Finanzierungsplanung direkt davon abhängt. Die Bauherrschaft gibt oft Bauzeitbeschränkungen vor wie Betriebszeiten, Öffnungszeiten, Schulbeginn, Mietbeginn, Lärmbelästigung, angrenzende Projekte etc. und erzeugt dadurch einen enormen Termindruck.

Um die Qualität von Sichtbetonbauten zu erreichen, ist die Bauherrschaft über folgende Punkte rechtzeitig zu informieren:

- Bauzeitverlängerung durch präzise Schalungsarbeit, sorgfältiges Betonieren und Schützen des Betons
- Höhere Finanzierungskosten durch die längere Bauzeit
- Erheblicher Einfluss auf das Terminprogramm und späterer Bezugstermin
- Bauzeit und Terminverschiebungen

6 Ausschreibung

6.1 Allgemeine Grundlagen

Der Planer beschreibt und definiert das gewünschte Flächenergebnis bzw. die Anforderungen an den Sichtbeton eindeutig (Aussehen der Sichtbetonoberfläche und Gestaltungsmerkmale) und nicht, wie es zu erreichen ist.

Die Ausschreibung bildet für den Bauunternehmer die Grundlage für das Offerieren seiner Leistungen. Die Ausschreibung von Sichtbeton ist mit Leistungsverzeichnissen nach Normenpositionenkatalog NPK 241 «Ortbetonbau» zu erstellen und die wesentlichen Positionen sind mit «Sichtbeton» zu kennzeichnen.

Die Planenden müssen sich sehr detailliert mit der architektonischen Idee und den gestalterischen Anforderungen auseinandersetzen. Zum Leistungsbeschrieb der geforderten Ansichtsfläche gehören insbesondere:

- Architektonische Beschreibung als Gesamtobjekt mit Bezug auf Sichtbeton:
 - Beschreibung der architektonischen und städtebaulichen Idee (z.B. Ansichtsfläche des Betons in Nagelfluh)
 - Darstellen der architektonischen Idee und der konstruktiven Umsetzung (Idee wird durch Bauingenieur konstruktiv umgesetzt)
 - Beschreiben von architektonischen und konstruktiven Vorstellungen (z.B. die Ecke ist stützenfrei auszuführen)
 - Beschreiben von komplizierten Detaillösungen (z.B. mit Fotos von ähnlichen Referenzen)
- Festlegung und Präzisierung der Sichtbetonklassen (SBK 1 bis SBK 3 und SBK S)
- Hinweis auf Referenzbauten und Vergleichsbauten, Muster, Oberflächen

Vergleiche mit ausgeführten Bauten können hilfreich sein, sind aber nur bei gleichen Ausgangsbedingungen wie Schalhaut, Betonzusammensetzung, Verarbeitung, Nachbehandlung und klimatische Bedingungen relevant. Gegebenenfalls Beschrieb Musterflächen und Referenzflächen.

- Beschrieb Schalung (Schalungs- und Schalhautsystem) Präzisierung des Schalungstyps (Typ 2 bis Typ 4), Kanten, Eckausbildungen (z.B. scharf, gebrochen), Fugen (Lage, Verlauf, Breite und Ausbildung), Oberflächentextur, Schalungsbild/Fugenbild, Abdichtung Schalung, Ausschalen und Schalungsfristen, Toleranzen, Trennmittel. Die mögliche Gestaltung und die herstelltechnischen Möglichkeiten (z.B. Schalungssystem) sind gemeinsam mit Planer/Bauunternehmer bzw. mit dem Sichtbetonteam abzustimmen.
- Beschrieb Beton (Betonzusammensetzung, Nachbehandlung, [nachträgliche] Oberflächenbearbeitung)
- Beschrieb Bewehrung
- Beschrieb PQM (Projektspezifisches/projektbezogenes Qualitätsmanagement wie Kontrollen, Abnahmen, Regelung Zuständigkeiten)
- Schutz der Sichtbetonoberflächen (Oberflächenschutz, mechanischer Schutz während der Bauphase etc.)

Hinweis zum Beschrieb Beton:

Der Beton kann gemäss der Norm SN EN 206-1 sowohl als Beton nach Eigenschaften wie auch als Beton nach Zusammensetzung festgelegt und ausgeschrieben werden. Der Verfasser der Festlegung des Betons muss dabei sicherstellen, dass alle relevanten Anforderungen an die Betoneigenschaften in der dem Hersteller zu übergebenden Festlegung enthalten sind.

Im Normalfall empfiehlt sich ein Beton nach Eigenschaften (z.B. NPK-Betone).

In Anhang C sind Punkte für die Erstellung eines Sichtbetons zusammengestellt, die der Planer im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen hat, und in Anhang E sind informativ Ausschreibungsbeispiele zusammengestellt.

6.2 Musterflächen

Das Erstellen von Musterflächen ist für die Sichtbetonklasse SBK 2 empfohlen und wird für die Sichtbetonklasse SBK 3 dringend empfohlen. Für die Sichtbetonklasse SBK S werden nur Musterflächen erstellt, falls dies der Planer vorgibt. Für die Sichtbetonklasse SBK 1 sind keine Muster notwendig.

Für erste Versuche eignen sich Handmuster (Betonprismen oder -platten) zur Bestimmung der gewünschten Farbgebung und evtl. Betonrezeptur.

Die Herstellung von Musterflächen kann unter den örtlichen Baustellenbedingungen folgenden Zwecken dienen:

- als Vorbereitung des ausführenden Unternehmers zur Entwicklung und Absicherung seines technischen Vorgehens (Festlegung und Optimierung des erforderlichen Aufwandes, Einweisung und Schulung des Personals)
- der Herstellung von Betonflächen unter gegebenen Bauwerks- und Baustellenbedingungen,
- der klaren, authentischen Darstellung von Farbe, Textur, Poren, Fugenbild, Ankerbild etc.,
- der Abstimmung der vertraglichen Oberflächenbeschaffenheit mit dem Auftraggeber,
- der Prüfung von Alternativen und zur praktischen Darstellung von Ausführungsdetails.

Die Musterflächen müssen die Bauteilgeometrien, Betondeckungen, Bewehrungsgrade und -verteilung, Einbauteile und die zum Einsatz kommende Betonzusammensetzung berücksichtigen.

Musterflächen sind durch den Planer im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen.

6.3 Referenzflächen

Referenzflächen werden aus den hergestellten Musterflächen (vgl. Kap. 6.2) vor Ausführungsbeginn ausgewählt. Es wird empfohlen, Referenzflächen verbindlich zu vereinbaren. Bei der ausgewählten Referenzfläche sollten die Forderungen an die Beschaffenheit der Sichtbetonflächen grundsätzlich erfüllt sein.

Das Heranziehen von Ansichtsflächen an bestehenden Bauwerken als vertraglich verbindliche Referenzflächen wird nicht empfohlen, 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 Vorhalten sowie Rückbau und Entsorgung von Referenzflächen sind durch den Planer im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen.

Abb. 44: Beispiel von Musterelementen mit 4 Musterflächen



Abb. 45: Beispiel einer Referenzfläche, die aus Abb. 44 ausgewählt und verbindlich vereinbart wurde.



7 Ausführung

Planende und Ausführende müssen sich im Vorfeld über die Gestaltungsmerkmale und die technischen Anforderungen an das Sichtbetonbauteil intensiv austauschen. Die Planenden müssen beim Entwurf des Tragwerks die Grenzen des herstellungstechnisch Machbaren kennen und beachten. Dem Ausführenden ist die zu erstellende Leistung vollumfänglich bekannt und er sichert die einwandfreie Erstellung der Sichtbetongestaltung durch die Berücksichtigung des neuesten Stands der Technik und des aktuellen Stands des Wissens (fachliche Qualifikation und Innovation).

Einige Aspekte der Ausführung, die der Planer bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen hat, sind in diesem Merkblatt vermerkt. Weitere Aspekte wie Bauausführung, Ausführungsdetails, Betonzusammensetzungen, Spezialbetone (Farbbetone), Trennmiteleinsetz, das Einbringen und Verdichten des Betons etc. werden in diesem Merkblatt nicht behandelt.

8 Beurteilung

Die Beurteilung von Sichtbetonoberflächen ist in erster Linie durch das Sichtbetonteam (vgl. Kap. 3) vorzunehmen. Der Massstab für die Beurteilung von Sichtbeton ist die Festlegung der Sichtbetonoberflächen gemäss der Ausschreibung.

Es ist wichtig, den Bauherrn bereits bei der Ausschreibung in den Beurteilungsprozess miteinzubinden und sämtliche Kriterien der Sichtbetonoberflächen wie z.B. das optische Erscheinungsbild, Toleranzen in der Oberflächenbeschaffenheit, Beurteilungsgrundlagen und Einzelheiten in der Nutzungsvereinbarung und in der Projektbasis festzuhalten. Referenzflächen sind, wenn sie vertraglich vereinbart wurden, in die Beurteilung miteinzubeziehen.

Die Beurteilung sollte in ausreichendem zeitlichem Abstand zum Ausschalungszeitpunkt stattfinden, da sich das Aussehen der jungen Betonoberfläche noch ändern kann. Aufgrund des Feuchteverlustes wird der Beton mit der Zeit heller.

Jedes Bauteil wird als Unikat hergestellt und ist auch so zu beurteilen. Oberflächen sind nicht toleranzfrei reproduzierbar, 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.

Geringe Unterschiede und Unregelmässigkeiten der Textur und des Farbtons lassen sich kaum vermeiden (Witterung,

Personalwechsel, Verzögerungen beim Einbringen, unsorgfältiges Arbeiten, Einlagen von Dritthandwerkern etc.).

Eine allfällige Mängelbeseitigung ist im Sichtbetonteam mit allen Vor- und Nachteilen zu diskutieren. Es ist im Konsens die wirtschaftlichste Variante und diejenige mit den grössten Vorteilen zu definieren.

Bei der Beurteilung steht der Gesamteindruck vor dem Einzeleindruck. Die Beurteilung ist Bestandteil der Ausschreibung und die anzuwendende Methode ist anzugeben.

8.1 Gesamteindruck

Der Gesamteindruck einer Sichtbetonoberfläche ist das grundlegende Abnahmekriterium für die vereinbarte Sichtbetonklasse. Die Beurteilungskriterien für den Gesamteindruck sind:

- Angemessene Entfernung des Nutzers vom Bauwerk und vom Bauteil (üblicher Betrachtungsabstand)
- Wesentliche Bauwerksmerkmale sind erfassbar (repräsentative Flächen)
- Die Gestaltungsmerkmale sind erkennbar
- «Normale» Tageslichtverhältnisse und «normaler» Lichteinfall
- Alter der beurteilten Fläche (mindestens 28 Tage zwischen Ausschalen und Beurteilung aufgrund der farblichen Veränderung der Sichtbetonoberfläche)
- Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse

Abb. 46: Gesamteindruck eines Mehrfamilienhauses aus eingefärbtem Sichtbeton



8.2 Einzelkriterien

Die Beurteilung von Einzelkriterien ist nur in jenen Fällen sinnvoll, in denen der Gesamteindruck nicht den Ansprüchen entspricht, und sie hat bauteilbezogen zu erfolgen.

Die Einzelkriterien lassen sich unterteilen in:

- **vermeidbare Kriterien** (Verdichtungsfehler, Kiesnester, Mörtelreste, Rostfahnen an vertikalen Flächen, willkürliche Anordnung von Ankern etc.),
- **eingeschränkt vermeidbare Kriterien** (leichte Farbunterschiede zwischen zwei Schüttilagen, Wolkenbildung und Marmorierungen, Rostspuren an Untersichten, übermässiges Bluten, Bildung von Lunkern im oberen Teil von Wänden),
- **nicht oder nicht zielsicher herstellbare Kriterien** (gleichmässiger Farbton aller Ansichtsflächen, gleichmässige Porenstruktur (Lunker), lunkerfreie Ansichtsflächen, ausblühungsfreie Ortsbetonbauteile).

Abb. 47: Ansicht eines anforderungsgerechten Sichtbetonbaus mit Detail (Bindloch)



9 Literaturverzeichnis

Sichtbeton	Publikation der Holcim (Schweiz) AG, 2006
Betonpraxis	Publikation der Holcim (Schweiz) AG, 2008
Sichtbeton-Forschungsprojekt	Empfehlungen für Sichtbeton Mängelfibel Wechselwirkung zwischen Beton, Trennmittel, Schalung und Verarbeitung Sedimentation und Bluten von Beton, cemsuisse 2008
Merkblatt Sichtbeton	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. Bundesverband der deutschen Zementindustrie E.V., 8/2004
Wegweiser Sichtbeton	Bau-Ing. (VBD) Hannes Fiala, Prof.Dr. Dieter Ogniwiek, Dipl.-Ing. (FH) Rainer Fuchs, Dipl.-Ing. Helmut Schuon alkus AG und Bauverlag BV GmbH, 2007
Opus C	Planen & Gestalten mit Beton, Architekturfachzeitschrift

Bildnachweis

	Abbildungen
BetonMarketing Deutschland GmbH	3 (Stocken)
Betonsuisse, aus: apb09, Dominique Marc Wehrli apb01, Hannes Henz Bauen in Beton 2010/11, Kim Zwarts Bauen in Beton 2010/11, Kim Zwarts	32, 34, 50 52 48 49
Batt / Huber	Titelseite
cemsuisse	7 (farbiges Steinmehl)
Creabeton Matériaux AG	2 (Spalten), 4 (Waschen), 4 (Feinwaschen)
Conzett Bronzini Gartmann AG	6 (Ornamente/Schnitzereien), 8 (Konventionelle Schalung), 9, 25 (SBK S), 34, 35, 36, 39, 40, 43, 44, 51
Dyckerhoff	2 (Schleifen), 3 (Scharrieren), 3 (Spitzen)
Holcim (Schweiz) AG	1, 7 (farbige Gesteinskörner), 19, 27, 29, 46, 47
Holcim (Süddeutschland) AG	2 (Polieren), 4 (Säuern)
Holzco-Doka Schalungstechnik AG	8 (Trägerschalung), 11 (Schalhaut), 14 (Schalhaut), 20, 21, 22, 25 (SBK 1), 26, 28, 30, 37, 38
HUSSOR	15
Lafarge Zement	5 (Strahlen), 5 (Wasserhöchstabtrag)
LANXESS	7 (Farbpigmente)
Max Frank Holding GmbH	18
MEVA Schalungs-Systeme AG	1, 8 (Säulenschalung), 11 (Resultat), 13, 23, 25 (SBK 2), 25 (SBK 3), 27, 30
NOE	6 (Industrieschalung als Einlage), 6 (Gemischte Anwendungen)
PERI AG	8 (Rahmenschalung), 8 (Rundschalung), 10, 12, 14 (Resultat), 16, 17, 32, 45, 47
Reckli GmbH	5 (Fototechnik)

Sämtliche Abbildungen haben informativen und illustrativen Charakter.

Anhang

Anhang A: Sichtbeton – Objektdaten

Allgemeine Angaben zum Objekt	
Objekt	
Baustellenadresse (Ort, Strasse)	
Ansprechpartner	
Bauherr (Name, Telefon, Mobil, E-Mail)	
Architekt	
Bauingenieur	
Bauleitung	
Bauunternehmer	
Betonlieferant	

Anhang B: Sichtbeton – Bauteildaten

Bauteil	
Bauteil-Nr.	
Geschoss	
Etappe	
Betonmenge in [m ³]	
Sichtbeton nach Merkblatt für Sichtbetonbauten (cemsuisse-Merkblatt – MB 2)	
Sichtbetonklasse (SBK 1, SBK 2, SBK 3, SBK S)	
Schalungstyp (Typ 2, Typ 3, Typ 4, Typ S)	
Lunker (LK 1, LK 2, LK S)	
Farbton (FB 1, FB 2, FB 3, FB S)	
Ebenheit (EH 1, EH 2A / EH 2B, EH S)	
Textur (TX 1, TX 2, TX 3, TX S)	
Fugen (FG 1, FG 2, FG S)	
Musterflächen	
Referenzfläche	
Beton	
Beton nach Eigenschaften (z.B. NPK)	
Beton nach Zusammensetzung	
Druckfestigkeitsklasse	
Expositionsklassen	
Grösstkorn D _{max}	
Chloridgehaltsklasse	
Konsistenzklasse	
Sonstiges	

Anhang C: Planer haben im Leistungsverzeichnis folgende Punkte für die Erstellung eines Sichtbetonbauteils zu berücksichtigen

Element	«To do»
Architektur	Architektonische Beschreibung als Gesamtobjekt mit Bezug auf Sichtbeton (Beschreibung und Darstellung der Idee und deren konstruktive Umsetzung, Beschreibung von komplizierten Detaillösungen)
PQM	Projektspezifisches/projektbezogenes Qualitätsmanagement wie Kontrollen, Abnahmen, Regelung Zuständigkeiten
Konstruktion	Sichtbetonklasse SBK 1, SBK 2, SBK 3 oder SBK S festlegen
	Schalungstyp (Typ 2 bis Typ 4) definieren
	Materialgerechte Auswahl von Form und Abmessungen der Bauteile (Beton muss sachgerecht eingebracht und verdichtet werden können)
	Mindestabmessungen der Bauteile und Mindestabstände der Bewehrung einhalten
	Ausreichende Bewehrungsüberdeckung sicherstellen, evtl. Spezialbewehrung
	Art der Distanzhalter (zementgebundene oder Kunststoff) festlegen
	Anforderungen bezüglich Rissbildung (hohe, erhöhte) inkl. max. zulässige Rissbreite festlegen
Gestaltung	Flächenaufteilung, Schalungsmusterplan, Schalelemente definieren
	Stoss- und Eckausbildung sowie Kantenausbildung planen
Textur	Art der Schalhaut festlegen (saugend, schwach saugend, nicht bzw. sehr schwach saugend), evtl. Schalungssystem
	Texturklasse (TX 1, TX 2, TX 3, TX S) festlegen
	Nachträgliche Bearbeitung festlegen (mechanische und handwerkliche Bearbeitung, Waschen, spezielle Bearbeitung wie Strahlen, Wasserhöchstdruck etc.)
Lunker	Anforderungen an die Lunkerhäufigkeit (LK 1, LK 2, LK S) festlegen
Farbton	Farbe festlegen (Musterfläche/Referenzfläche)
	Farbtongleichmässigkeit (FB 1, FB 2, FB 3, FB S) angeben
	Farbpigmente oder Flüssigfarben
	Farbmuster erstellen
Ebenheit	Ebenheitsanforderungen (EH 1, EH 2A/EH 2B, EH S) festlegen
Fugen	Fugenausbildung (FG 1, FG 2, FG S) definieren
Beurteilung	Muster- und Referenzflächen festlegen; deren Aufwand separat im LV festlegen
	Evtl. Referenzbauten und Vergleichsbauwerke heranziehen
	Beurteilungsabstand festlegen (z.B. üblicher Betrachtungsabstand)
Reparaturmassnahmen	Vorgehen bei Oberflächenmängeln («Betonkosmetik»)
	Schutzmassnahmen während der Bauphase definieren (Folie, Beschriftung, Kantenschutz etc.) Reparaturmörtel – Musterflächen anordnen (Farbtönung, Textur)
Schutz fertiger Bauteile	Nachbehandlungsklasse (NBK 2, NBK 3, NBK 4) sowie Art und Dauer der Nachbehandlung definieren
	Schutzmassnahmen während der Bauphase definieren (Folie, Beschriftung, Kantenschutz, Abdecken der Anschlussbewehrung etc.)
	Oberflächenschutz (Antigraffiti-schutz, Lasur, Imprägnierung, Tiefenhydrophobierung) oder -systeme für Nutzungsphase festlegen

Anhang D: Beispiele eines Devistextes für Sichtbeton gemäss NPK 241 «Ortbetonbau» (informativ)

Sichtbetonklasse SBK 1

062 Beton nach Eigenschaften (2)

Von vornherein definierte Eigenschaften des Betons sind mit dieser Position zu beschreiben.

- 062.100**
- 01 Beton nach Norm SN EN 206-1
 - 03 Typ NPK A
 - 04 Druckfestigkeitsklasse C25/30
 - 05 Expositionsklasse XC2 (CH), XC1 (CH)
 - 06 Nennwert Grösstkorn $D_{\max}$ 16
 - 07 Klasse des Chloridgehaltes Cl 0.10
 - 08 Konsistenzklasse C3
 - 09 Zusätzliche Anforderungen:
 - Sichtbeton mit Sichtbetonklasse SBK 1 gemäss cemsuisse-Merkblatt «Merkblatt für Sichtbetonbauten»
 - Nachbehandlungsklasse NBK 1
 - 10 Weiteres:
 - Innenwand Bibliothek

Sichtbetonklasse SBK 2

062 Beton nach Eigenschaften (2)

Von vornherein definierte Eigenschaften des Betons sind mit dieser Position zu beschreiben.

- 062.100**
- 01 Beton nach Norm SN EN 206-1
 - 03 Typ NPK C
 - 04 Druckfestigkeitsklasse C30/37
 - 05 Expositionsklasse XC4 (CH), XF1 (CH)
 - 06 Nennwert Grösstkorn $D_{\max}$ 32
 - 07 Klasse des Chloridgehaltes Cl 0.10
 - 08 Konsistenzklasse C3
 - 09 Zusätzliche Anforderungen:
 - Sichtbeton mit Sichtbetonklasse SBK 2 gemäss cemsuisse-Merkblatt «Merkblatt für Sichtbetonbauten»
 - Zement Typ CEM II/B-M (T-LL) 42,5 N oder gleichwertig
 - Nachbehandlungsklasse NBK 3
 - 10 Weiteres:
 - Bewitterte Aussenwand
 - Vorgängig Erstellen von Musterflächen in Absprache mit Bauherr, Architekt, Bauunternehmer
 - Oberflächenschutz: Tiefenhydrophobierung 4 Wochen nach Fertigstellung Wandetappe, nicht filmbildend

Abb. 48: Innenwand der Bibliothek (SBK 1)



Abb. 49: Bewitterte Sichtbetonaussenwand einer Stadtbibliothek (SBK 2)



Sichtbetonklasse SBK 3

062 Beton nach Eigenschaften (2)

Von vornherein definierte Eigenschaften des Betons sind mit dieser Position zu beschreiben.

- 062.100**
- 01 Beton nach Norm SN EN 206-1
 - 03 Typ NPK C
 - 04 Druckfestigkeitsklasse C30/37
 - 05 Expositionsklasse XC4 (CH), XF1 (CH)
 - 06 Nennwert Grösstkorn D_{max} 32
 - 07 Klasse des Chloridgehaltes Cl 0.10
 - 08 Konsistenzklasse C3
 - 09 Zusätzliche Anforderungen:
 - Sichtbeton mit Sichtbetonklasse SBK 3 gemäss cemsuisse-Merkblatt «Merkblatt für Sichtbetonbauten»
 - Weisszement Typ CEM I 52,5 R oder gleichwertig
 - Frischbetontemperatur bei Lieferung mindestens 20 °C
 - Nachbehandlungsklasse NBK 2
 - 10 Weiteres:
 - Sichtbetondecke mit Strukturbild der Schalung gemäss Detailplan Architekt
 - Fugen abgedichtet
 - Erstellen der Decke in einem Guss
 - Vorgängig Erstellen von Musterflächen in Absprache mit Bauherr, Architekt, Bauunternehmer inkl. Schalungseinlagen

Sichtbetonklasse SBK S

062 Beton nach Eigenschaften (2)

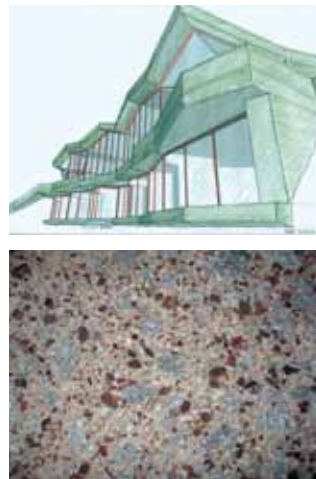
Von vornherein definierte Eigenschaften des Betons sind mit dieser Position zu beschreiben.

- 062.100**
- 01 Beton nach Norm SN EN 206-1
 - 03 Typ NPK C
 - 04 Druckfestigkeitsklasse C30/37
 - 05 Expositionsklasse XC4 (CH), XF1 (CH)
 - 06 Nennwert Grösstkorn D_{max} 32
 - 07 Klasse des Chloridgehaltes Cl 0.10
 - 08 Konsistenzklasse C3
 - 09 Zusätzliche Anforderungen:
 - Sichtbeton mit Sichtbetonklasse SBK S gemäss cemsuisse-Merkblatt «Merkblatt für Sichtbetonbauten»
 - Zement CEM III/B HS LH oder gleichwertig
 - Farbige Gesteinskörnung: Andeer Granit, Basalt und Rheinflusskies
 - Nachbehandlungsklasse NBK 3
 - 10 Weiteres:
 - Architektenbeschrieb berücksichtigen
 - Erstellen Wand EG inkl. Sturz und Brüstung, L=10,00 m, H=3,50 m in einem Guss
 - Vorgängig Erstellen von Musterflächen in Absprache mit Bauherr, Architekt, Bauunternehmer
 - Nachträgliche Oberflächenbearbeitung: Sandstrahlen

Abb. 50: Sichtbetondecke mit Einlagen für das Licht (SBK 3)
Haus K+N



Abb. 51: Sichtbetonfassade mit Planstudie und Musterfläche (SBK S)



Anhang E: Beispiel Sichtbetonklasse SBK S (informativ)

a) Architektonische Beschreibung

«Rostiger» Beton: Der Bau soll so in Erscheinung treten wie rostige Geleise. Die Fassadenhaut soll an Cortenstahlstücke erinnern, von denen sich der Flugrost gelöst und eine changierende Patinierung hinterlassen hat. Die vermeintlichen Stahlstücke sollen sich beim näheren Hinsehen als monolithischer Betonmantel zu erkennen geben, dessen Brettstruktur von der Schalhaut herrührt.

b) Festlegung und Präzisierung der Sichtbetonklasse, Beschrieb der Schalung und Referenzbauten Schalung

Die Sichtschalung erfolgt mit sägerohen Brettschalungen. Brettschalung generell horizontal liegend angeordnet. Genaue Einteilung, Fugenanordnung und Bretterstösse gemäss Schalungsmusterplan Architekt. Sichtschalung an Wänden, Brüstungen und Deckenstirnen.

Die Grundschalung erfolgt konventionell mit Schalungsaufdoppelung mittels sägeroher Brettschalung Typ Lärche mit B=10 cm, H=30 mm. Vorbehandlung der sägerohen Bretter mittels Zementschlämmen. Die Bretter können nur 1-mal verwendet werden und müssen anschliessend entsorgt werden. Stösse/Fugen der Bretter sind fachmännisch abzudichten.

Anforderung der Schalung gemäss Sichtbetonklasse SBK S.

Abb. 52: «Rostiger» Beton (Foto: Stellwerk Vorbahnhof Zürich, Gigon + Guyer Architekten Zürich)



SBK S: Sonderklasse

Textur

- Glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Oberfläche
- Ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis 3 mm Breite und 2 mm Tiefe zulässig
- Grate bis 3 mm zulässig
- Versatz der Elementstösse bis 3 mm zulässig
- Rahmenabdruck der Schalung nicht zulässig
- Sägerohe Brettschalung Typ Lärche mit B=10 cm (Vorbehandlung mit Zementschlämmen)

Lunker

- Geringe Anzahl zulässig

Farbton

- Geringe gleichmässige, grossflächige Hell-/Dunkelverfärbungen zulässig (z.B. leichte Wolkenbildung, Marmorierung)

Ebenheit

- Ebenheitsanforderungen nach DIN 18202, Tabelle 3 / Zeile 6

Fugen

- Fugen abgedichtet
- Kantenschutz
- Kein Versatz zwischen zwei Betonierabschnitten

Musterflächen/Erprobungsflächen

- Ermittlung der Referenz anhand von 3 Musterflächen mit Abmessungen 2,50 m × 1,50 m × 0,25 m
- Referenzbau: Stellwerk Vorbahnhof Zürich, Gigon + Guyer Architekten Zürich

Schalungstyp

- Typ 3-123 gemäss SIA 118/262

Schalhaut

- Bohrlöcher, Betonreste, Aufquellen der Schalhaut, Reparaturstellen und Beschädigungen durch Vibriernadel nicht zulässig
- Nagel- und Schraublöcher, Kratzer, Zementschleier und Reparaturstellen nicht zulässig

Arbeitsetappen und Arbeitsfugen

Die Einteilung der Arbeitsetappen und Arbeitsfugen erfolgt in Abstimmung mit dem Bauunternehmer, so dass keine zusätzlichen Fugen sichtbar werden.

Bindstellen/Schalungsanker

Die Anordnung der Bindstellen und Schalungsanker erfolgt nach dem Schalungssystem des Bauunternehmers in Absprache mit dem Architekten oder nach dem Schalungsmusterplan des Architekten. Der Architekt verlangt bei den Fassadenwänden regelmässige Abstände der Bindstellen

und Schalungsanker über die gesamte Sichtbetonoberfläche. Die Bindstellen sind nach dem Ausschalen sichtbar. Die Ausführungsanforderungen sind in den Musterflächen festzulegen.

Kanten/Ecken

Die Kanten bzw. Ecken sind immer scharfkantig auszubilden. Schalungen sind entsprechend abzudichten.

c) Bewehrung

Die Bewehrungsangaben (Bewehrungsgehalt, Stahlqualität, Bewehrungsüberdeckung etc.) erfolgen grundsätzlich nach Angaben des Ingenieurs.

Bei den Fassadenwänden sind punktuelle Distanzhalter in der gleichen Farbe wie die zu erstellende Sichtbetonoberfläche zu verwenden. Es wird empfohlen, geeignete Distanzhalter bei den Musterflächen einzubauen.

Es werden keine Rostflecken auf fertigen Sichtbetonwänden akzeptiert. Hierzu sind im Vorfeld geeignete Massnahmen zu treffen (Bindedrähte nach dem Binden der Bewehrung ablegen, Reinigen der Schalung vor dem Betonieren, fachmännisches Abdecken bzw. Einhausen der Anschlussbewehrung nach dem Betonieren).

d) Beton

Angaben Betonzusammensetzung durch Bauingenieur gemäss Anforderungen Exposition und Tragstruktur.

Ausgangsstoffe:

- Verwendung Weisszement und rote Pigmentierung gemäss Musterplatte «Baustoffproduzent/Bauunternehmer»
- Gesteinskörnungen normal Alluvialkies grau
- Die Betonoberfläche muss glatt sein und darf weder Lunken noch Kiesnester aufweisen. Leichte Wolkenbildungen und Marmorierungen im Farbton zulässig

e) Ausschalen und Nachbehandlung

Es sind die Vorgaben des Bauingenieurs einzuhalten.

Die ausgeschalteten Sichtbetonoberflächen sind direkt nach dem Ausschalen zu schützen. Dies gilt ebenso für Kanten und Ecken. Abdeckungen dürfen nicht in Kontakt mit der Sichtbetonoberfläche kommen, um Verfärbungen (Wolkenbildungen, Flecken etc.) durch Kondensate zu verhindern. Beschriftungen, Meterrisse, Klebestreifen etc. aller Art auf der Betonoberfläche sind zu unterlassen, denn diese können nicht mehr entfernt werden.

f) Oberflächenschutz

Vier Wochen nach Erstellung des fertigen Bauteils ist eine Tiefenhydrophobierung auf Silanbasis zu applizieren. Die Applikation hat nach den Angaben des Herstellers zu erfolgen und ist durch Fachspezialisten auszuführen. Es ist vor Beginn eine Musterfläche auf der Referenzfläche zu erstellen.

Herausgegeben durch:

BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53
3011 Bern

T 031 327 97 87
F 031 327 97 70

info@betonsuisse.ch
www.betonsuisse.ch
www.betonistnachhaltig.ch