

Merkblatt für Sichtbetonbauten

Dritte, vollständig überarbeitete Auflage, 2020
Merkblatt MB 02

Herausgegeben durch:

BETONSUISSE



Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	4
	Mitglieder der Arbeitsgruppe	5
1	Geltungsbereich	6
	1.1 Abgrenzungen	6
	1.2 Verweise	7
	1.3 Vertragliche Einbindung des Merkblatts	7
2	Begriffe	8
3	Grundlagen der Gestaltung	12
	3.1 Allgemeine Merkmale	12
	3.2 Gestaltung durch Schalhaut und Schalung	14
	3.3 Schalungstypen	20
4	Sichtbetonteam	21
5	Betonoberflächenklassen	22
	5.1 Definition Betonoberflächenklassen (BOK)	22
	5.2 Anforderungen an Betonoberflächen	23
6	Planung	31
	6.1 Allgemein	31
	6.2 Nutzungsvereinbarung	32
	6.3 Ausführbarkeit	32
	6.4 Verhütung von Betonmängeln in der Planung	32
	6.5 Projektbezogenes Qualitätsmanagement (PQM)	39
	6.6 Aufzeigen der Kostenwahrheit	39
	6.7 Bauzeit und Terminverschiebungen	39
7	Ausschreibung	40
	7.1 Allgemeine Grundlagen	40
	7.2 Referenzbauteile	41
8	Ausführung	42
9	Beurteilung	43
	9.1 Allgemein	43
	9.2 Gesamteindruck	43
	9.3 Einzelkriterien	43
	9.4 Abnahme	43
10	Instandstellung, Betonkosmetik	44
11	Literaturverzeichnis, Bildnachweis	45
	Anhang	47

Vorwort

Beton ist mengenmässig der meistverwendete und gleichzeitig formbarste Baustoff der Welt. Deshalb hat er sich in den vergangenen Jahrzehnten zum beliebten Material von Architekten, die auf der Suche nach purer Ästhetik sind, entwickelt.

Beton ist ein Material mit Stil. Beton ist nicht nur Konstruktion und Raum, sondern zugleich auch sichtbare Oberfläche, der Abdruck einer Form. Die fertige Oberfläche konserviert einerseits den Augenblick des Erstarrens, andererseits kann sie sowohl während des Bauens als auch während der Nutzung vielfältigen Veränderungen unterliegen. Der Vorgang des Bauens dreht sich hier um. Gebaut wird die Negativform (die Schalung wird gestellt), von der im Nachhinein nur noch die Innenseite als Abdruck Bestand hat. Sichtbeton ist seit Jahrzehnten ein gestalterisches Element und verleiht einer Oberfläche einen unverwechselbaren Charakter. Aus diesem Grund gewinnt der Sichtbeton in der architektonischen Umsetzung von Bauten zunehmend an Bedeutung. Sichtbeton ist «in» und «trendy».

Unter Sichtbeton wird die sichtbar bleibende Betonoberfläche mit definierten ästhetischen Ansprüchen verstanden. Das Realisieren 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. Nur dank der guten Zusammenarbeit von Planern, Bauherren und Ausführenden sowie deren langjähriger Erfahrung können die teilweise hohen Ansprüche an Sichtbetonoberflächen zielsicher erfüllt werden.

Diese dritte Auflage des in der Praxis sehr geschätzten Merkblatts für Sichtbetonbauten wurde vollständig überarbeitet und aktualisiert. Das Merkblatt enthält zusätzliche Hinweise und Ergänzungen für Sichtbeton zu den aktuell geltenden SIA-Normen. Die BETONSUISSE Marketing AG dankt dem Autor Dr. Frank Jacobs und den Mitgliedern der Begleitgruppe Ivo Haefeli, Cathleen Hoffmann und Emanuel Meyer sowie Olivia Zbinden, ohne deren grosses Engagement und tatkräftige Mitarbeit die Überarbeitung des Merkblatts nicht hätte realisiert werden können.

Wir hoffen, mit dem aktualisierten Merkblatt für Sichtbetonbauten Ihr Interesse am modernen Bauen mit Beton geweckt und Ihnen ein nützliches Hilfsmittel zur Verfügung gestellt zu haben. Im Übrigen sind wir für Hinweise und Tipps jederzeit dankbar.

Bern, im Januar 2020

Dr. Peter Lunk
Stellvertretender Geschäftsführer BETONSUISSE Marketing AG

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Autor

Jacobs Frank, Dr. sc. techn. ETH, Wildegg
TFB AG

Begleitgruppe

Haefeli Ivo, Péry
Ciments Vigier SA

Hoffmann Cathleen, Dipl.-Bauing. TU, Würenlingen
Holcim (Schweiz) AG

Meyer Emanuel, Wildegg
Jura-Cement-Fabriken AG

Zbinden Olivia, Leiterin PR und Promotion, Bern
BETONSUISSE Marketing AG

Verdankung

Die Herausgeberin dankt den Autoren und den Vertretern der mitwirkenden Organisationen und Institutionen für ihre tatkräftige Mitarbeit.

1 Geltungsbereich

1.1 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, SIA 262, SIA 118/262 und SN EN 13670.

Das Merkblatt gilt für geschalte Betonoberflächen (Betonoberflächenklassen 2, 3, S), die als Sichtbeton ausgeschrieben wurden. Sichtbare Betonflächen mit geringen ästhetischen Ansprüchen (BOK 1) sind kein Sichtbeton gemäss SIA 118/262, werden aber vollständigshalber und zum besseren Verständnis aufgeführt.

Bearbeitete Betonoberflächen, z. B. gestrahlt, gestockt, abgesäuert, sowie Oberflächenschutz und Instandsetzung werden nur am Rande betrachtet. Die Regelungen dieses Merkblatts sind hauptsächlich für Beton gemäss SN EN 206 gedacht. Beispielsweise bei Spritzbeton, Leichtbeton und Recyclingbeton müssen diese überprüft und eventuell objektspezifisch angepasst werden.

Dieses Merkblatt bezieht sich vor allem auf Ortbetonbauteile, kann aber auch für Fertigteile angewendet werden.

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

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



1.2 Verweise

Im Schweizer Normensystem regelt die SIA 118/262 u. a. Sichtbeton. Diese Norm wurde 2018 in einer neuen Version publiziert. Dabei wurden einerseits Regelungen aus der früheren Fassung, der SIA 118/262:2004, übernommen und andererseits auch neue Regelungen aus dem cemsuisse-Merkblatt für Sichtbetonbauten MB 02 integriert. Die wesentlichen Neuerungen in der SIA 118/262 betreffen:

- Trennung der Anforderungen an die Schalung bzw. Schalhaut und die Betonoberfläche
- Einführung von Betonoberflächenklassen (BOK)
- Aufteilung von Betonoberflächenklassen für Sichtbeton in «normale» und «hohe» Ansprüche
- genauere Definition von häufiger vorkommenden unzulässigen Abweichungen (Mängeln) bei Sichtbeton

Da die SIA 118/262 wie normenüblich sehr knapp gehalten ist, hat das überarbeitete Merkblatt MB 02 zum Ziel, die Regelungen in der SIA 118/262 zu erläutern und in den folgenden wenigen Details zu präzisieren:

- Struktur Betonoberflächenklasse BOK 0
- abgedichtete Fugen bei BOK 1
- Zulässigkeit einer Rahmenschalung bei BOK 2

Im Text dieses Merkblatts wird auf die nachfolgend aufgeführten Normen verwiesen. Die Angabe bei der Publikation erfolgt ohne Nennung der Jahreszahl. Es gilt die jeweils letzte (aktuellste) Ausgabe der jeweiligen Publikation.

Norm SIA 118/262	Allgemeine Bedingungen für den Betonbau
Norm SIA 262	Betonbau
Norm SIA 414/1	Masstoleranzen im Bauwesen – Begriffe, Grundsätze und Anwendungsregeln
Norm SIA 414/2	Masstoleranzen im Bauwesen
Norm SN EN 206	Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
Norm SN EN 13670	Ausführung von Tragwerken aus Beton

1.3 Vertragliche Einbindung des Merkblatts

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

Die Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen gehen in diesem Merkblatt in wenigen Punkten weiter als die in der SIA 118/262 festgelegten Anforderungen. Demzufolge ist dieses Merkblatt in der Rangfolge der Vertragsbestandteile bei Sichtbetonflächen der SIA 118/262 vorzuziehen.

Im Merkblatt sind Vorschläge für die Aufgaben der Beteiligten enthalten. Sollten diese Vorschläge den Vorgaben des SIA-Normenwerks, z.B. SIA 118, SIA 118/262, widersprechen, sind diese nur Vertragsbestandteil, sofern diese Vorschläge explizit vereinbart wurden.

2 Begriffe

In diesem Merkblatt werden die nachfolgenden Fachausdrücke sowie fachspezifischen Begriffe verwendet.

Anker	Siehe Schalungsbinder.
Ausschalfrist	Ausschalfrist ist die notwendige Zeitspanne zwischen dem Betonieren und dem Entfernen der Schalung. Der Ausschalzeitpunkt eines Sichtbetonbauteils 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 SN EN 206, für den die geforderten Eigenschaften und ggf. 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, für den die Zusammensetzung und die Ausgangsstoffe, die verwendet werden müssen, dem Hersteller vorgegeben werden. Der Hersteller ist für die Herstellung des 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} gemäss SIA 262 ist auf den Plänen anzugeben und beinhaltet die zulässigen Abweichungen gemäss Norm.
Bindstellen (Ankerlöcher)	Löcher von Schalungsbindern; inbegriffene Leistung gemäss SIA 118/262: Schliessen der Löcher von Schalungsbindern mit Kunststoffzapfen.
Bluten	Absondern von Wasser an der Betonoberfläche bei frisch in die Schalung eingebrachtem Beton. Bluten tritt während oder nach der Verarbeitung auf und kann bis zum Beginn des Erstarrungsprozesses andauern.
Bojake	Zementleim, ggf. mit Feinstsand, kann u. a. bei undichten Schalungsstössen austreten.
Betonoberflächenklasse	Bei sichtbar bleibenden Betonoberflächen werden die Ansprüche an das Aussehen und die Anforderungen an die geschalte Oberfläche durch Betonoberflächenklassen definiert.
Distanzhalter	Punkt-, linien- 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 geschalte Sichtbetonoberflächen eine grosse Rolle (vgl. auch Verfärbung).

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 Betonbauteils zwischen zwei Flächen (\neq Kante).
Kalkausblühungen/ Kalkausscheidungen	Helle, teilweise auch dunkle Verfärbungen an der Betonoberfläche, zumeist verursacht durch Kalk (Calciumcarbonat). Sie können einerseits bei der Austrocknung des jungen Betons und andererseits durch die Bewitterung (Regen, Schnee, hohe Luftfeuchtigkeit etc.) entstehen.
Kiesnest	Offene, stark poröse Bereiche im Beton aufgrund einer lokalen Entmischung des Frischbetons mit Anreicherung grober Gesteinskörner und Abreicherung an Mörtel.
Lunker	Kleinere Hohlräume mit zumeist unregelmässiger Form, die bei der Erstarrung des Betons in der Schalung an der Betonoberfläche entstehen können. Sie treten v. a. in den oberen Bereichen bei vertikalen Bauteilen auf und können den optischen Gesamteindruck der Oberfläche prägen.
Mangel	Negative Abweichung von einer vertraglich vereinbarten Anforderung.
Marmorierung	Wolken- oder streifenförmige Farbtonunterschiede an der Sichtbetonoberfläche.
Mehlkorn	Feinststoff im Beton, bestehend aus Zement, Gesteinskörnung bis 0,125 mm und ggf. Zusatzstoffen.
Muster (Handmuster)	Kleine Probekörper, z.B. im Gartenplattenformat, die zu einer ersten Beurteilung ausgewählter Aspekte wie Farbigkeit (z.B. Pigmentgehalt, Farbton Zement) und Oberflächenbearbeitung (z.B. Abtragtiefe, Rauigkeit) benutzt werden können. Es ist zu beachten, dass das Aussehen der Muster von den realen Bauteilen zumeist abweicht, da die Betonzusammensetzung, Verdichtung, Schalung etc. unterschiedlich sind.
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 Betonoberfläche erforderlich. Nachbehandlungsmassnahmen sind so zu definieren, dass diese keine unerwünschten Auswirkungen auf das Erscheinungsbild der Sichtbetonoberfläche haben. In der SIA 262 sind Anforderungen an die Nachbehandlung enthalten.
Nachbehandlungsklasse	Die Nachbehandlungsdauer ist in Abhängigkeit von der Festigkeitsentwicklung des Betons in der Betonrandzone oder anderweitig gemäss SIA 262 festzulegen. Die SIA 262 unterscheidet die Nachbehandlungsklassen NBK 1 bis NBK 4. Die Nachbehandlungsklasse ist sowohl für Innen- wie für bewitterte Aussenbauteile im Einzelfall festzulegen.
Poren (Luft-, Verdichtungsporen)	Kleinere Hohlräume, die sich beim Mischen und Einbringen des Frischbetons in die Schalung als natürliche Luft- und Wassereinschlüsse im Beton bilden.

Referenzbauteil	Bauteil, dessen Oberflächenbeschaffenheit als verbindlicher Standard zur Abnahme und Beurteilung der vertraglichen Leistung von Sichtbetonbauten bzw. -teilen zwischen Bauherr und Ausführenden vereinbart ist. In der SIA 118/262 ist geregelt, wann die Herstellung von Referenzbauteilen empfohlen oder zwingend ist und welche Anforderungen bei deren Herstellung zu beachten sind.
Reparaturstellen an Schalung	Sind je nach Betonoberflächenklasse gemäss SIA 118/262 zulässig; falls zulässig, muss eine fachgerechte Ausführung durch qualifiziertes Personal erfolgen.
Ripplings	Aufquellen der Schalhaut im Schraub- bzw. Nagelbereich und z.B. an Schnittkanten von Schaltafeln.
Rost	Siehe Verschmutzungen.
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 Feinstteilanreicherungen, die Anzahl sowie die Grösse von Poren 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: z.B. 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.
Schalungsbinder (Schalungsanker)	Bauteil, das eine zugsichere Verbindung (Verankerung) zweier Schalungen zur Aufnahme des Frischbetondrucks herstellt.
Schalungsmusterplan	Plan für die Ausschreibung (Leistungsverzeichnis, Werkvertrag) von Sichtbeton mit Angaben z.B. zu Schalungssystem, Schalungselementgrössen, Ankerstellen, Betonierabschnitten, 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 Standardschalhaut [i. d. R. Mehrschichtenplatten] und vorgegebenen Ankerstellen).
Schüttlage	Höhe einer Lage des eingebrachten und verdichteten Betons.
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.

Sichtbetonteam	Gruppe von Personen (Bauherr, Bauingenieur, Architekt, Bauleitung, Betonwerk, Baumeister, Polier, Bauarbeiter etc.), die für die Koordination des Bauablaufes, die Steuerung des Informationsflusses etc. bei der Erstellung einer sichtbaren Betonfläche verantwortlich sind.
Struktur	Struktur ist die Oberflächengestaltung der Betonoberfläche (rau, glatt, Holzstruktur etc.). Die Struktur wird auch beeinflusst durch die Geschlossenheit der Betonoberfläche, Flächenversätze, Erhebungen und Vertiefungen der Oberfläche etc. Die Struktur wird teilweise auch als Textur bezeichnet.
Textur	Im eigentlichen Sinne räumliche Anordnung der Bestandteile (Bretter, Tafeln, Fugen, Binstellen etc.) der Betonoberfläche; wird oft gleichwertig zum Begriff Struktur verwendet.
Trennmittel	Trennmittel (Schalöle) gewährleisten das Ausschalen der Betonflächen, ohne Schäden an empfindlichen Stellen, wie z. B. Kanten und Ecken, herbeizuführen.
Unebenheit	Abweichung in der Ebenheit der Sichtbetonoberflächen. Merkmale sind z. B. beulenartige Ausbuchtungen oder Versätze vor allem bei Schalungsstössen oder Arbeitsfugen.
Verfärbung	Hell-/Dunkelverfärbung auf der Betonoberfläche aufgrund der Ausgangsstoffe im Beton, Interaktion des Betons mit der Schalhaut, der Verdichtung, durch Witterungsbedingungen oder anderes.
Verschmutzung	<p>Verunreinigung durch z. B. Schmutz, Staub, Rost, störende Markierungen, störende Wasserläufe. Inbegriffene Leistung gemäss SIA 118/262:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Massnahmen zum Schutz vor Verschmutzung und mechanischer Beschädigung der fertigen und in Ausführung begriffenen Bauteile im Rahmen der Arbeiten des Unternehmers bis zur Abnahme des Bauteils, sofern erforderlich, inklusive Kantenschutz – Massnahmen zum Schutz vor Rostflecken, sofern für die betrachtete Betonoberflächenklasse gemäss SIA 118/262, Anhang C, Tabelle 7, eine entsprechende Anforderung besteht <p>Nicht inbegriffene Leistung gemäss SIA 118/262: besondere Massnahmen zum Schutz vor Verschmutzung durch Rostwasser, falls nicht in Tabelle 7 der SIA 118/262, Anhang C, gefordert.</p>
w/z-Wert	Massenverhältnis des wirksamen Wassergehalts zum Zementgehalt im Frischbeton; siehe SN EN 206.
Wolkenbildung	Grossflächige, fleckige, auch teilweise in Streifen angeordnete Farbtonveränderung an der Sichtbetonoberfläche.

3 Grundlagen der Gestaltung

3.1 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 Mehlkorn bestehende Mörtelschicht auf, die das Abbild der verwendeten Schalung wiedergibt. Eine Oberflächen-gestaltung kann beispielsweise mit folgenden herstellungs-technisch relevanten Massnahmen erzielt werden:

- Grösse und Anordnung der Schalelemente (Flächen-gliederung)
- Eigenschaften, Struktur und Gestaltung der Schalhaut (z. B. Brettschalung, glatte Schalung, Matrizenschalung, Filtervliese, OSB-Platten etc.)
- Gestaltung der Schalungseinlagen (Aufdoppelungen, Leisten, Matrizen, Ornamente, Schnitzereien oder Ähnliches)

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

Eine Fachperson sollte beigezogen werden, wenn keine Erfahrungen zur Gestaltung vorliegen.

Abb. 2: Beispiele für Gestaltung durch mechanische Bearbeitung

Polieren



Schleifen (Beton mit D_{max} 16)



Spalten



Abb. 3: Beispiele für Gestaltung durch handwerkliche Bearbeitung

Bossieren



Spitzen (Beton mit D_{max} 16)



Stocken



Abb. 4: Beispiele für Gestaltung durch Waschen und Säuern

Waschen (unter Verwendung eines Abbindeverzögerers)



Feinwaschen (unter Verwendung eines Abbindeverzögerers)



Säuern



Abb. 5: Beispiele für Gestaltung durch spezielle Bearbeitung

Strahlen



Wasserhöchstdruckabtrag (Beton mit D_{max} 16)



Fototechnik



Abb. 6: Beispiele für Gestaltung durch Einlagen

Relief



Ornament/Schnitzerei

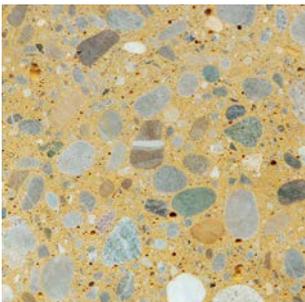


Kunststoffmatrize als Einlage

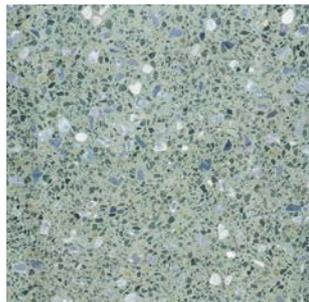


Abb. 7: Beispiele für Gestaltung durch Farbgebung, geschliffener Beton mit D_{max} 16 und D_{max} 32 (ganz rechts)

Mit gelben Farbpigmenten



Mit farbiger Gesteinskörnung



Mit grünem Steinmehl



Mit hellem Zement



3.2 Gestaltung durch Schalhaut und Schalung

3.2.1 Vorbemerkung

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: im Allgemeinen 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

3.2.2 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, wie z. B. das Schalungssystem, aufeinander abzustimmen. 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



3.2.3 Schalhaut

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

- rohe, ungehobelte Holzbretter; rohe, unbehandelte Bretter können ein Abmehlen und Aussanden der Betonoberfläche verursachen
- vorbehandelte Holzbrettschalungen
- mit z. B. Melamin- oder Phenolharz beschichtete Holzschalungen; bei phenolharzbeschichteten Schalungen können fleckige Gelb- bzw. Braunverfärbungen auf der Betonoberfläche entstehen
- Stahlschalung, sehr selten bei Sichtbeton benutzt
- Vollkunststoffplatten
- Matrizen aus Kunststoff; bei Verwendung auf Strukturverlauf und -richtung achten
- Drainvlies, sehr selten bei Sichtbeton benutzt
- etc.

Abb. 9: Bretter sägerau



Abb. 10: Bretter gehobelt



Abb. 11: Furniersperrholzplatten

Beschichtung: Phenolharzfilm

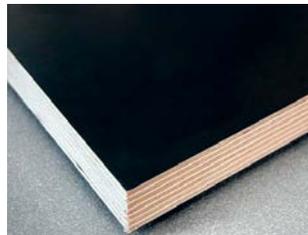


Abb. 12: Dreischichtplatten

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



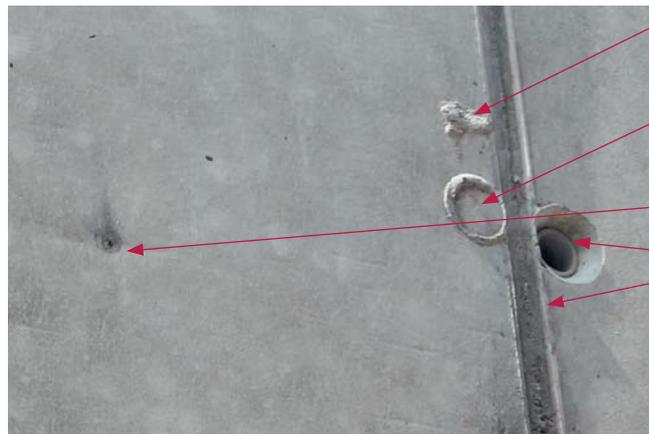
Beschaffenheit der Schalhaut

Folgende Punkte bei der Beschaffenheit der Schalhaut können die Struktur der Betonoberfläche stark beeinflussen:

- Bohrlöcher, z. B. Verschluss mit Kunststoffstöpsel
- Nagel- und Schraublöcher, Abb. 19 (oben)
- Abdruck von Kratzern, Absplitterungen der Schalung, Abb. 19 (oben)
- Astlöcher, Harzgallen
- Betonreste, z. B. in Vertiefungen (Nagellöcher, Kratzer)
- Zementschleier
- Aufquellen im Schraub- bzw. Nagelbereich und an Schnittkanten von Schaltafeln (Ripplings), Abb. 19 (oben)
- Reparaturstellen (falls zulässig, fachgerechte Ausführung nur durch qualifiziertes Personal), Abb. 19 (oben)
- Beschädigung durch Vibriernadel, Abb. 19 (unten)

In Tabelle 4 (Seite 23) sind die Anforderungen an die Beschaffenheit der Schalhaut in Abhängigkeit von der Betonoberflächenklasse geregelt.

Abb. 19 (oben):



- Abdruck einer beschädigten (abgesplitterten) Schalung
- Abdruck einer nicht fachgerechten Reparaturstelle für BOK 2
- Rippling bei Nagelstelle
- Bindstelle
- Abdruck Rahmenschalung

Abb. 19 (unten):



- Abdruck von durch Vibriernadel beschädigter Schalung

3.2.4 Saugverhalten der Schalhaut

Die folgende Tabelle zeigt übliche Schalhauttypen, geordnet nach dem Saugverhalten (saugend bis nicht saugend), ihren Merkmalen und möglichen Auswirkungen auf die Betonoberfläche. In der Ausschreibung ist vorzugeben, wie häufig die Schalhaut verwendet werden darf.

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	Dreischichtplatten, 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		Furnersperrholz 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 Abbildung 20 sind die Auswirkungen einer unterschiedlichen Schalhaut (Tabelle 1, vgl. Nummern 1 bis 10) dargestellt. Farbliche Unterschiede an der Sichtbetonoberfläche sind klar erkennbar.

Abb.20: Betonoberflächen mit unterschiedlicher Schalhaut

Glatte Schalhaut neigt stärker zu Farbtonungleichheiten und zur Bildung von Marmorierungen, Wolken und Lunkern.



Bei strukturierter (texturierter) Schalhaut fallen Lunker und Farbtonunterschiede weniger stark als bei nicht texturierten Schalhautoberflächen auf.

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

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

Der Einfluss des Saugverhaltens der Schalhaut 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 Feinstteilanreicherungen	geringer	höher
Quell- und Schwindneigung	höher	geringer

3.3 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 SIA 118/262 «Allgemeine Bedingungen für Betonbau» definiert die Oberflächenbeschaffenheit von Schalungen in Anhang B mit folgenden Bezeichnungen:

Typ 1 bis Typ 4 (Abb. 21–24); der Schalungstyp 1 ist gemäss SIA 118/262 nicht für die Betonoberflächenklassen BOK 1 bis BOK 3 zugelassen.

Abb. 21–24: Beton- und Sichtbetonoberflächen, hergestellt mit Schalungen des Typs 1 bis 4



Typ 1: Schalung für normale Betonoberfläche

Für Oberflächen ohne besondere Anforderungen:

- beliebige Flächenstruktur
- Brett- bzw. Tafelgrösse nicht vorgeschrieben
- ohne Nachbearbeitung von Graten und Überzähnen



Typ 2: Schalung für Betonoberfläche mit einheitlicher Struktur

Für Oberflächen mit folgenden Anforderungen:

- einheitliche Flächenstruktur
- Brett- bzw. Tafelgrösse nicht vorgeschrieben
- mit Nachbearbeitung von Graten und Überzähnen

Erhöhte Anforderungen können wie folgt angegeben werden:

1. Fugen und Stösse abgedichtet



Typ 3: Schalung für Sichtbetonoberfläche mit Brettstruktur

Für sichtbar bleibende Oberflächen mit folgenden Anforderungen:

- Brettbreite konstant; Brettstösse nicht vorgeschrieben
- Brettrichtung einheitlich und parallel zur grösseren Abmessung der Schalungsfläche
- glatte Schalbretter

Erhöhte Anforderungen können wie folgt angegeben werden:

1. Fugen und Stösse abgedichtet
2. Stösse versetzt
3. Brettrichtung einheitlich und senkrecht zur grösseren Abmessung der Schalungsfläche
4. Strukturbild gemäss Detailplan der geschalteten Oberfläche
5. Verwendung von sägerohren Brettern



Typ 4: Schalung für Sichtbetonoberfläche mit Tafelstruktur

Für sichtbar bleibende Oberflächen mit folgenden Anforderungen:

- Tafelgrösse konstant; Tafelstösse nicht vorgeschrieben
- Tafelrichtung einheitlich und parallel zur grösseren Abmessung der Schalungsfläche

Erhöhte Anforderungen können wie folgt angegeben werden:

1. Fugen und Stösse abgedichtet
2. Stösse versetzt
3. Tafelrichtung einheitlich und senkrecht zur grösseren Abmessung der Schalungsfläche
4. Strukturbild gemäss Detailplan der geschalteten Oberfläche

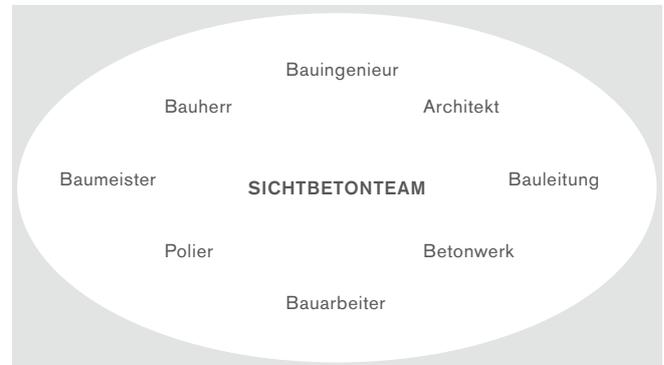
4 Sichtbetonteam

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 Sichtbetonteams ist deshalb von Vorteil.

Die Koordination des Bauablaufes, die Steuerung des Informationsflusses und die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten sind vor Baubeginn und baubegleitend innerhalb des Sichtbetonteams sicherzustellen (siehe Abb. 25), um Missverständnisse, Kostenüberschreitungen, Terminverzögerungen und Konflikte bei der Abnahme und der Beurteilung von Sichtbetonoberflächen und -bauten möglichst zu vermeiden. Es ist zu klären, ob und ggf. inwieweit Subunternehmer in das Sichtbetonteam aufzunehmen sind.

Sollte sich vor bzw. während der Ausführung von Sichtbetonbauteilen, insbesondere bei den Betonoberflächenklassen BOK 3 und BOK S, zeigen, dass das normale bzw. geplante Vorgehen zu einem unbefriedigenden Ergebnis führt bzw. führen könnte, ist dies im Sichtbetonteam zu besprechen. Unbefriedigende Ergebnisse können sich z. B. bei Betonagen gegen Konterschaltungen, Betonagen von schwierig zu verdichtenden Bauteilen und bei Versätzen, Aussparungen bzw. Öffnungen in Sichtbetonbauteilen ergeben. Beispielsweise bei Öffnungen in Wänden ist auch zu klären, ob die Schalung für die Leibung die gleiche Anforderung wie die Wandschalung zu erfüllen hat. Ziel der Besprechung sollte die schriftliche Festlegung sein, ob Änderungen bei der Ausführung vorzunehmen sind. Optimalerweise erfolgt dies im Konsens. Alternativ könnten auch zeitnah Fachexperten zugezogen werden.

Abb. 25: Sichtbetonteam



5 Betonoberflächenklassen

5.1 Definition Betonoberflächenklassen (BOK)

Mit der Einführung der Betonoberflächenklassen BOK 2 und BOK 3 sowie der Sonderklasse BOK S (Tabelle 3) lassen sich die gewünschten Anforderungen an Sichtbetonoberflächen sowohl in Architektur als auch in der Technik genauer beschreiben und bewerten. Nachfolgend werden die Betonoberflächenklassen (BOK) erläutert. In Abschnitt 5.2 sind die Anforderungen an geschalte Sichtbetonoberflächen beschrieben.

Die Anforderungen an den Sichtbeton sind eindeutig zu definieren. Für die Planung und die Ausschreibung von Sichtbetonoberflächen gelten die in Tabelle 3 definierten Betonoberflächenklassen und deren Sichtbetonansprüche, die nachfolgend erläutert werden.

Tab. 3: Betonoberflächenklassen (BOK) gemäss Tabelle 5 der SIA 118/262

Klasse	Ästhetische Ansprüche	Erläuterung, Ansprüche an die sichtbaren Flächen
BOK 0	keine	«keine Ansprüche», keine Gestaltungsabsicht
BOK 1	geringe	«geringe Ansprüche», ohne ausgeprägte Gestaltungsabsicht
BOK 2	normal	«normale Ansprüche», Planung mit einer bestimmten Gestaltungsabsicht
BOK 3	hoch	«hohe Ansprüche», Planung mit besonders anspruchsvoller Gestaltungsabsicht
BOK S	nach Angaben Planer	«Sonderklasse», mit besonderer/individueller Gestaltungsabsicht

Abb. 26: Beispiele für Betonoberflächenklassen BOK 1 bis BOK 3 und BOK S

BOK 1: geringe Ansprüche



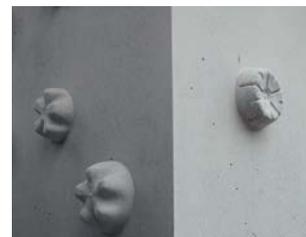
BOK 2: normale Ansprüche



BOK 3: hohe Ansprüche



BOK S: besondere/individuelle Ansprüche



5.2 Anforderungen an Betonoberflächen

In Tabelle 4 und Tabelle 5 sind die Anforderungen an geschalzte Betonoberflächen, die Zuordnung der Schalungstypen und die Notwendigkeit von Referenzbauteilen aufgeführt und entsprechend ihrer Relevanz einer Betonoberflächenklasse zugeordnet.

Tab.4: Betonoberflächenklassen, Anforderungen an die Schalhaut gemäss Tabelle 6 der SIA 118/262

Anforderungen an die Schalhaut	Betonoberflächenklasse				
	BOK 0 ³⁾	BOK 1 ³⁾	BOK 2 ²⁾	BOK 3	BOK S
Schalungstypen gemäss Anhang B der SIA 118/262	Typ 1 ¹⁾	Typ 2 ¹⁾	Typ 3.1 oder 4.1	Typ 3.1 oder 4.1	nach Vereinbarung
Beschaffenheit der Schalhaut	keine Anforderungen	keine Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Aufquellen der Schalhaut nicht zulässig – Beschädigung der Schalhaut durch Vibriernadel nicht zulässig – fachgerechte Reparaturstellen und Kratzer (max. ca. 1 mm breit und tief und maximal wenige cm lang) jeweils in geringer Zahl zulässig 	sämtliche Anforderungen wie BOK 2 und zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> – keine Bohr-, Nagel- und Schraubenlöcher – Reparaturstellen und Beschädigungen wie Kratzer nicht zulässig 	wie BOK 3 oder nach Angaben Planer

¹⁾ Für Sichtbeton der Betonoberflächenklassen BOK 2 und BOK 3 nicht zugelassen

²⁾ Rahmenschalung nur bei Vereinbarung zulässig

³⁾ Graue Schriftfarbe, da es sich nicht um Sichtbeton handelt

In der folgenden Tabelle sind die Details der Anforderungen an sichtbar bleibende Betonoberflächen aufgeführt. Bei BOK 1 mit dem Schalungstyp 2 gelten die Anforderungen in Tabelle 5 an ausgetretenen Zementleim ohne die erhöhte Anforderung «Fugen und Stösse abgedichtet». Falls die BOK 1 mit dem Schalungstyp 2 mit der erhöhten Anforderung «Fugen und Stösse abgedichtet» bestellt wird, wird empfohlen, an Fugen und Stössen ausgetretenen Zementleim bis ca. 5 mm Breite und ca. 2 mm Tiefe zu tolerieren.

Tab.5: Anforderungen an die Betonoberflächen gemäss Tabelle 7 der SIA 118/262

Anforderungen	Betonoberflächenklasse				
	BOK 0	BOK 1	BOK 2	BOK 3	BOK S
Struktur¹⁾	beliebige Flächenstruktur mit weitgehend geschlossener Betonoberfläche	<ul style="list-style-type: none"> – geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche – an Fugen und Stössen ausgetretener Zementleim bis ca. 10/5 mm Breite und ca. 5/2 mm Tiefe zulässig – Stösse, Grate und Überzähne bis ca. 5 mm zulässig – Rahmenabdruck des Schalelementes zugelassen 	<ul style="list-style-type: none"> – glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonoberfläche – an Fugen und Stössen ausgetretener Zementleim nicht zulässig – feine, technisch unvermeidbare Grate bis zu ca. 3 mm zulässig – weitere Anforderungen an Schalungsstösse und Rahmenabdruck sind detailliert festzulegen 	wie BOK 2; die zusätzlichen Anforderungen sind vom Planer in einem Schalungsmusterplan festzulegen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> – Grösse und Struktur der Schalelemente – Art und Anordnung der Fugen – Anordnung der Stösse – Profil, Breite und Verlauf der Kanten – Art, Lage und Verschlussart der Bindlöcher 	wie BOK 3 oder nach Angaben Planer
Lunker	keine Anforderung	keine Anforderung	in mässiger Zahl zulässig ²⁾	in mässiger Zahl zulässig ²⁾	wie BOK 3 oder nach Angaben Planer
Farbton	keine Anforderung	Hell-/Dunkelverfärbungen (Wolkenbildung) sind zulässig	möglichst gleichmässige Farbtonung	<ul style="list-style-type: none"> – möglichst gleichmässige Farbtonung – grossflächige Verfärbungen unzulässig – geringe Hell-/Dunkelverfärbungen zulässig 	wie BOK 3 oder nach Angaben Planer
Ebenheit, Fugenversatz	siehe SIA 414/2	siehe SIA 414/2	siehe SIA 414/2	wie BOK 2 oder nach Angaben Planer	wie BOK 2 oder nach Angaben Planer
Referenzbauteile³⁾	nicht erforderlich	nicht erforderlich	empfohlen	zwingend	zwingend
Weitere	Schmutzflecken in geringer Anzahl und Grösse zulässig	Schmutz- und Rostflecken in geringer Anzahl und Grösse zulässig	<ul style="list-style-type: none"> – Schutz Betonoberfläche vor herunterlaufendem Wasser – keine Schmutzflecken – keine Rostflecken 	wie BOK 2 und deutlich sichtbare Schüttlagen sowie Verfärbungen unzulässig oder nach Angabe Planer	wie BOK 3 oder nach Angaben Planer
Massnahmen zum Schutz vor Verschmutzungen und mechanischen Beschädigungen der fertigen und in Ausführung begriffenen Bauteile im Rahmen der Arbeiten des Unternehmers bis zur Abnahme des Bauteils, sofern erforderlich, inklusive Kantenschutz (SIA 118/262, Tabelle 3, Zeile Beton)					

¹⁾ Teilweise auch als Textur bezeichnet

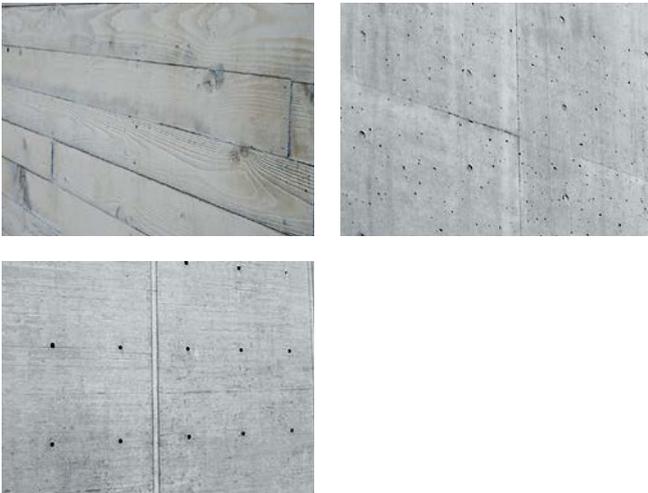
²⁾ Mit Referenzbauteil zu definieren

³⁾ Das Referenzbauteil soll betreffend alle relevanten Punkte wie z. B. Bauteilgeometrie und Bewehrungsgehalt, Betonsorte, Schalung, Einbringverfahren, Fugen repräsentativ sein

Referenzbauteil

Das Referenzbauteil dient einerseits zur Abstimmung der vertraglich festgelegten Oberflächenbeschaffenheit des Sichtbetons mit dem Auftraggeber, zur Prüfung von Alternativen und zur praktischen Darstellung von Ausführungsdetails. Andererseits dient es der Vorbereitung der technischen Realisierung für den Unternehmer und zur verbindlichen Festlegung der Referenzfläche, die bei der Beurteilung von Sichtbetonoberflächen nach deren Erstellung herangezogen werden kann. Detailinformationen sind dem Abschnitt 7.2 «Referenzbauteile» zu entnehmen.

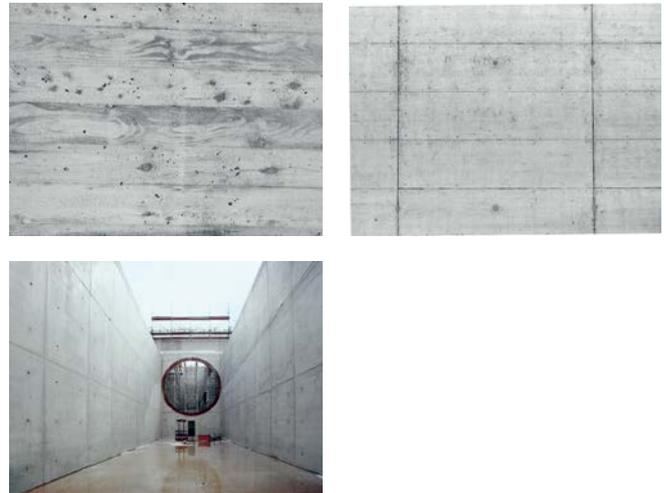
Abb. 27: Beispiele für geschlossene, weitgehend einheitliche Oberfläche mit Versatz, Graten und Rahmenabdruck der Schalung



Struktur (Textur)

Die Struktur wird durch gewollte Elemente wie beispielsweise Bindstellen, Schalungselemente und ungewollte Elemente wie beispielsweise Grate, Lunker geprägt und beeinflusst (Abb. 27, 28). In der SIA 118/262 wird der Begriff Textur als Synonym für Struktur verwendet.

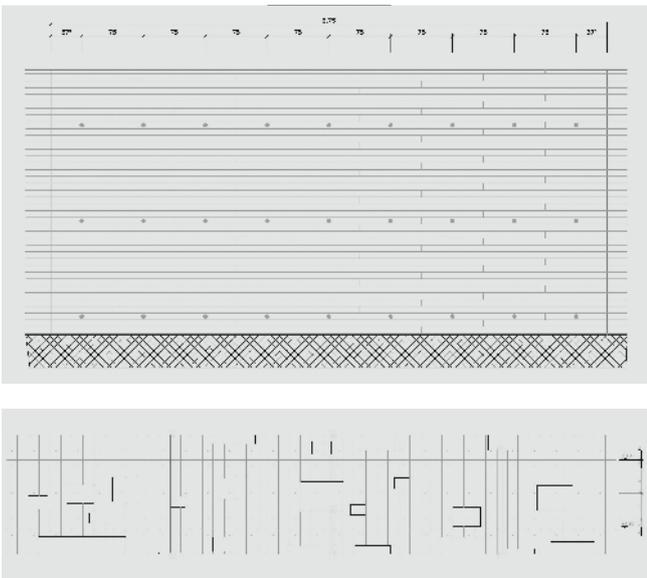
Abb. 28: Beispiele für glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Oberfläche mit feinen Graten und vorgegebenen Schalungsstößen und Bindstellen



Struktur/Schalungsmusterplan

Die zu erwartende Struktur der verwendeten Schalung auf der Betonoberfläche kann im Schalungsmusterplan (z. B. Abb. 29) 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 herstellerepezifisch und bei den Schalungsherstellern zu erfragen. Die Struktur ist bei Bedarf bei BOK 3 und BOK S festzulegen. Der Verschluss der Löcher von Schalungsbindern mit Kunststoffzapfen ist gemäss SIA 118/262 eine inbegriffene Leistung. Ist ein anderer Verschluss (z. B. Faserzement-, Edelstahlzapfen) vorgesehen, ist dieser im Detail festzulegen und auszuschreiben.

Abb. 29: Beispiele für Schalungsmusterplan Wandansicht



Lunker

Die Entstehung von Lunkern (offene Poren) an der Betonoberfläche wird massgeblich durch die Saugfähigkeit der Schalung und die Lage der Schalung im Raum beeinflusst (Abb. 30). Vertikal geschalte Flächen weisen im Regelfall weniger Lunker auf als gegen schräge Schalungen oder Konterschaltungen betonierte Flächen. Bei Wänden und Stützen treten Lunker vor allem im obersten Bereich des Bauteils auf. Durch die Betonzusammensetzung und die Wahl des Trennmittels kann die Lunkernbildung ebenfalls beeinflusst werden.

Es wird aus folgenden Gründen abgeraten, Lunkergerichte durch Auszählen zu bestimmen:

- Das Festlegen von kleinen Teilflächen von Bauteilen zum Lunkeraus zählen ist zumeist nicht repräsentativ für ein gesamtes Bauteil.
- Die Festlegung, welche Lunker zu erfassen (zählen) sind, ist einerseits schwierig, da die Grösse der zu erfassenden Lunker mit einem Durchmesser (z. B. \varnothing 2–15 mm), d. h. für in der Praxis nicht vorhandene, kreisförmige Lunker, spezifiziert wird. Andererseits werden teilweise zu grosse Lunker vom Erfassen ausgeschlossen, obwohl diese besonders stark auffallen.

Abb. 30: Beispiele für mässige Anzahl an Lunkern



Farbton

Die Anforderungen an den Farbton (Abb. 31, 32) hängen von der Betonoberflächenklasse ab (Tabelle 5, Seite 24).

Anforderungen an den Farbton: besondere Bestimmungen

Farbtonunterschiede können nicht vollständig vermieden werden (Abb. 31 und 32). Bei den Betonoberflächenklassen BOK 2, BOK 3 und BOK S wird dringend empfohlen bzw. ist es zwingend, dies mit Referenzbauteilen zu definieren. Farbtonunterschiede können vielfältige Ursachen haben wie beispielsweise:

Schalung

- Saugfähigkeit
- Anzahl an Einsätzen
- Trennmittel

Beton

- Zusammensetzung
- Verdichtung
- Nachbehandlung

Umgebungsbedingungen

- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit

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



Abb. 32: Beispiel für glatte, geschlossene Oberfläche mit gleichmässiger Farbtonung, z. B. bei BOK 2 (links); übliche Farbtonunterschiede bei OSB-Platten, z. B. bei BOK S (rechts)

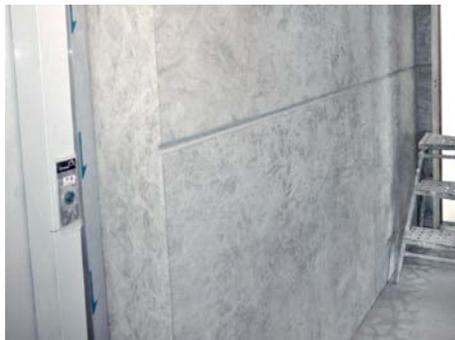


Abb.33: Beispiele für relativ einheitlichen Farbton

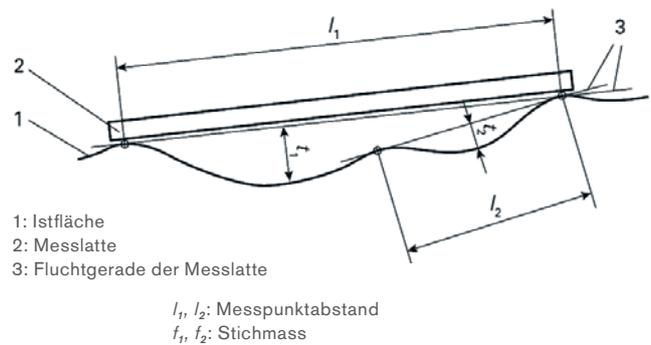


Ebenheit

Die Ebenheit wird durch Einzelmessungen, z.B. durch Stichprobenprüfung (siehe Skizze Abb. 34), bestimmt. Die Anforderungen an die Ebenheit sind in Tabelle 6 enthalten. Die Tabelle gilt nicht für Baustoffe, Bauhalbzug sowie Bauelemente und nicht für Abmessungen innerhalb von Bauteilen. In der Tabelle sind zeit-, last-, temperatur- und feuchteabhängige Verformungen nicht berücksichtigt.

Abb.34: Graphische Darstellung der Ebenheitsmessung gemäss SIA 414/2 (Messpunktabstand = Messdistanz MD)

Die gemessenen Stichmasse f_1 und f_2 sind mit den Werten in Tabelle 6 zu vergleichen.



Tab. 6: Zulässige Ebenheitsabweichungen für flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken, z.B. Sichtbeton; gemäss Zeile 5 von Tabelle 3 der SIA 414/2

Messdistanz MD (frei) [m]	≤0,4	≤1,0	≤2,0	≤4,0
maximale Stichmasse [mm]	4	: 6	: 8	: 12

Abb.35: Beispiele für Sichtbetonbauten mit hohen Anforderungen an die Ebenheit



Abb.36: Messung der Ebenheit mit einem Messkeil; Stichmass von ca. 18 mm (links) und ca. 14 mm (rechts)



Fugen

Unter Fugen sind die horizontalen und vertikalen Schalhautfugen sowie die Arbeitsfugen zu verstehen. Dabei wird in der SIA 118/262 zwischen normalen und erhöhten Anforderungen bei den Schalungstypen 2, 3 und 4 unterschieden (Abb. 21–24, Seite 20). Im Abschnitt 5.2 sind für Typ 2 und 2.1 Empfehlungen für die unterschiedlichen Anforderungen für Fugen und Stösse (abgedichtet bzw. nicht abgedichtet) bei der Betonoberfläche BOK 1 enthalten. Bei den Betonoberflächenklassen 2 und 3 sind, in Abweichung zur SIA 118/262, immer die Schalungstypen 3.1 oder 4.1 mit der erhöhten Anforderung «Fugen und Stösse abgedichtet» zu verwenden (Tabelle 4).

Mit Dreikantleisten können Arbeitsfugen «versteckt» und auch als gestalterisches Element übernommen werden (Abb. 42, oben). Hierbei ist zu beachten, dass die Bewehrungsführung entsprechend angepasst wird, um eine ausreichende Bewehrungsüberdeckung sicherzustellen (Abb. 42, unten).

In den folgenden Abbildungen sind Beispiele von verschiedenen Fugen (Abb. 37–40) dargestellt. Insbesondere bei scharfen Kanten ist ein Schutz vor Beschädigungen (z. B. Ausbruch) vorzunehmen (Abb. 41).

Abb. 37: Beispiel abgedichtete Fuge (kein Feinmörtelaustritt)



Abb. 38: Beispiel Schalhautfugen einer Tafelschalung



Abb. 39: Beispiel für gleichmässige Schalhautfugen an Decke und Wänden, Feinmörtelaustritt im Übergang (Arbeitsfuge) Decke/Wand



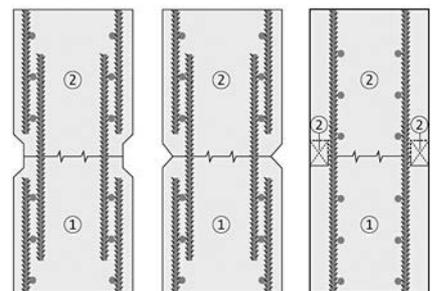
Abb. 40: Beispiel Arbeitsfuge (Wand)



Abb. 41: Kantenschutz Stützen (scharfe Kanten)



Abb. 42: Beispiel horizontale Fugen



1: Erster Betonierabschnitt
2: Zweiter Betonierabschnitt

6 Planung

6.1 Allgemein

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. Oberflächenstruktur, Flächen-gliederung, Farbton, Ebenheit, Fugen, Schalungstyp etc. zu erfassen sowie die Betonoberflächenklasse und die damit verbundenen Anforderungen und Randbedingungen festzulegen. Es ist in der Verantwortung des Planers, die Leistungen hinreichend genau zu beschreiben und ggf. 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, ggf. im Austausch mit einer Fachperson, zu definieren. Hierbei sind u. a. folgende Punkte zu berücksichtigen:

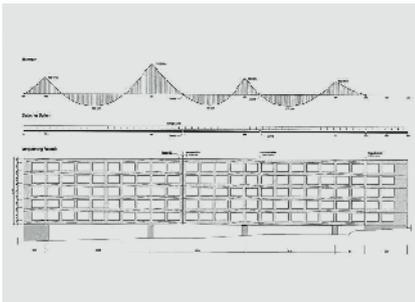
- Festlegen der Anforderungen, z. B. mit BOK
- Festlegen von Referenzbauteilen
- Festlegen von Vorversuchen
- Aufzeigen der Kostenwahrheit gegenüber dem Bauherrn

Wichtig für Sichtbetonbauten ist die Erstellung eines Qualitätssicherungssystems «PQM Sichtbeton», das folgende Punkte regelt:

- 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 Ausschalfristen, 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.)
- Dokumentationserstellung und -archivierung

Die Ausschreibung von Sichtbetonbauten bzw. eines Sichtbetonbauteils ist ein wichtiger Bestandteil der Planung und wird in Kapitel 7 «Ausschreibung» separat behandelt. In Anhang A, B und C sind zusätzliche Informationen und Hilfestellungen für das Vorgehen zur Erstellung einer Sichtbetonoberfläche zusammengestellt.

Abb. 43: Planung (links) – Ausführung (Mitte) – Ergebnis (rechts)



6.2 Nutzungsvereinbarung

Die Nutzungsanforderungen an die Sichtbetonoberflächen sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten, die im Dialog zwischen Bauherrschaft und Planer bzw. Projektverfassendem zu erstellen ist. Hinweise zur Nutzungsvereinbarung sind der SIA 260 und der SIA 262 zu entnehmen. Änderungen und Ergänzungen sind vom Planer in der Nutzungsvereinbarung nachzuführen.

6.3 Ausführbarkeit

Der Planer klärt in der Planungsphase, inwieweit die Eigenschaften bzw. Anforderungen, die an die Sichtbetonoberfläche gestellt werden, notwendig bzw. eventuell schwer zu erfüllen sind:

- Vermeidung, Verringerung von Kalkausblühungen
- Ausbildung der Fugen, Kanten, Bindstellen und Schalungsstösse
- Vorbehandlung, Einsatzhäufigkeit der Schalung
- Betonkosmetik zur Verbesserung der Oberflächenoptik (Reparaturmörtel, Lasur, Erprobungsflächen etc.)
- Abstützungen auf (frischen) Sichtbetonflächen
- Form und Abmessungen der Sichtbetonbauteile (z. B. fachgerechtes Einbringen und Verdichten von Beton muss möglich sein, auch bei Vorhandensein einer Bewehrung und von Einbauteilen oder Elektroden unter Berücksichtigung der Mindestabmessungen und Mindestabstände gemäss SIA 262)
- Betonierkonzept (Beton, Betonieretappen, Einbringstellen etc., siehe auch Kapitel 8 «Ausführung»)
- Ausführbarkeit und Schutz von Kanten und spitzwinkligen Wänden (Schalungs- und Betonkonzept)
- Ausreichende Bewehrungsüberdeckung bei nachträglicher Oberflächenbearbeitung (z. B. Scharrieren, Schleifen)
- Folgen witterungsbedingter Unterbrüche, Schutzmassnahmen

Hierzu ist es hilfreich, frühzeitig einen Bauunternehmer und ggf. einen Sichtbetonexperten beizuziehen.

6.4 Verhütung von Betonmängeln in der Planung

Die Sichtbetonqualität und/oder die Ästhetik eines Bauwerks bzw. Bauteils hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab, die 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 Sichtbetonflächen entsprechend der Betonoberflächenklasse 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 Zementschlämme), 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.
- 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 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 von der BOK definiert und ggf. weitergehend zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 5.2).
- Verwendete Trennmittel dürfen keine unbeabsichtigten Auswirkungen auf die Farbe und die Oberflächenbeschaffenheit des endgültigen Tragwerks oder auf nachträglich aufgebraute Beschichtungen haben.
- Ankerstellen, Verschluss der Ankerlöcher, Ausbildung von Aufhängestellen nur in Abstimmung mit dem Auftraggeber festlegen.
- Geeignete Distanzhalter (Art und Form) sind festzulegen.
- Die Wahl des Schalungssystems (Rahmenschalung, Trägerschalung) und die Befestigung der Schalhaut sind Sache des Ausführenden, jedoch unter Beachtung der Ausschreibung (siehe z. B. auch Tabelle 4).

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 Bau- nutzlasten 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 eventuell auch die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit 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 von den Expositionsklassen sind gemäss SIA 262 in der Regel folgende Bewehrungsüberdeckungen c_{nom} massgebend (vgl. Tabelle 7).

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

- Die gewählte Bewehrungsüberdeckung (c_{nom}) ist auf den Plänen anzugeben; die zulässigen Abweichungen sind im Anhang der SIA 262 aufgeführt (siehe Tabelle 7).
- Bewitterte Sichtbetonbauteile: In der Regel sind bei bewitterten Sichtbetonbauteilen im Minimum die Anforderungen gemäss Expositionsklasse XC4 (CH) einzuhalten.
- Sichtbetonbauteile in Gebäuden: In der Regel sind bei Sichtbetoninnenbauteilen im Minimum die Anforderungen gemäss Expositionsklasse XC1 (CH) einzuhalten.
- Nachbearbeitete und strukturierte Oberflächen (Innenbauteile): Bei nachbearbeiteten, strukturierten Oberflächen (vgl. Abschnitt 3.1 «Allgemeine Merkmale») ist in Abhängigkeit von der Abtragsart und der zu erwartenden Abtragstiefe eine zusätzliche Bewehrungsüberdeckung zu c_{nom} zu berücksichtigen. Dabei sollte auch beachtet werden, dass der verbleibende Beton durch den Abtrag mindestens in den obersten Millimetern geschädigt werden kann.

Installationen, Einlagen im Bauteil

Der Planer hat im Leistungsverzeichnis und bei Bausitzungen, ggf. unterstützt von der Bauleitung, die beteiligten Unternehmer auf spezielle Anforderungen bei ihren Arbeiten hinzuweisen. Dies kann z. B. das Einlegen und Fixieren von Rohren, Kabeln in Sichtbetonbauteilen oder die Befestigung von Elektrodoesen an der Sichtschalung betreffen.

Tab. 7: Planmässige Bewehrungsüberdeckung in Abhängigkeit der Expositionsklassen

Bewehrungsüberdeckung c_{nom} (mit Toleranzen) [mm]	Expositionsklasse gemäss SN EN 206							
	Bewehrungskorrosion in karbonatisiertem Beton				Bewehrungskorrosion induziert durch Chloride			
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2a	XD2b	XD3
Betonstahl	20 (+10/0)	35 (+10/-10)	40 (+10/-10)	40 (+10/-10)	40 (+10/-10)	55 (+10/-10)		
Spannstahl bzw. Spannglied	30 (+10/-10)	45 (+10/-10)	50 (+10/-10)	50 (+10/-10)	50 (+10/-10)	65 (+10/-10)		

Distanzhalter

Werden Distanzhalter in Sichtbetonbauteilen verwendet, so muss die Aufstandsfläche auf der Schalung möglichst klein sein. Die Distanzhalter dürfen sich nicht bzw. nur gering 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.

- Die Eignung der Distanzhalter ist am Referenzbauteil zu überprüfen.
- Distanzhalter unterscheiden sich in Form, Grösse, Werkstoff, Verwendungszweck, Art der Aufstandsfläche und ihren Eigenschaften im nicht einbetonierten und im betonierten Zustand (Abb. 44, 45).
- 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 einwirkenden 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.
- Zementgebundene Distanzhalter sind bezüglich Formstabilität bei Last- und Temperaturbeanspruchung sowie bezüglich Ästhetik der Betonoberfläche zumeist geeigneter als Kunststoffdistanzhalter.

Distanzhalter müssen:

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

Abb. 44: Für Sichtbeton eher geeignete Distanzhalter

Radform	
Punktförmig, nicht befestigt	
Punktförmig, befestigt	

Abb. 45: 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)

Oberflächenschutz von Sichtbeton

Die Sichtbetonoberfläche kann während des Baus bei einwirkender Feuchte durch Rostflecken und Rostfahnen der Anschlussbewehrung beeinträchtigt werden. Nach der Fertigstellung des Bauwerkes belasten äussere Einflussfaktoren wie Umwelteinflüsse (Feuchtigkeit, Russ, Feinstaub, Moose und Algen etc.) oder Verschmutzungen (Vogelkot, Urin) sowie Farbschmierereien und Graffiti den Sichtbeton.

– Schutz der Sichtbetonoberfläche während Bauphase

Die Unternehmer haben zu berücksichtigen, dass die Bewehrung vor der Betonage bzw. die Anschlussbewehrung 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 denselben sowie unsachgemäss ausgeführten Bohrlochern zu schützen.

Der Schutz der bereits erstellten Sichtbetonoberflächen und Kanten sowie der Schutz der Bewehrungsstäbe z. B. mit Zementleim bei Anschlussetappen sind gemäss den Anforderungen der BOK durch den Unternehmer vorzusehen.

– Schutz der Sichtbetonoberfläche nach Fertigstellung des Bauteils bzw. des Bauwerks

Grundsätzlich gilt es durch den Planer in Absprache mit dem Bauherrn festzulegen, ob ein Oberflächenschutz zu gewährleisten ist, 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 wie z. B. Tiefenhydrophobierung, Versiegelung, Beschichtung wie z. B. Graffitischutz) aufzubringen ist, denn auf dem Markt gibt es viele Oberflächenschutzprodukte mit unterschiedlicher Wirkung und/oder verschieden langer Wirkungsdauer.

- 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. Falls Risse nicht von Verschmutzungen, Verfärbungen und Kalkausblühungen begleitet sind, beeinträchtigen sie im Normalfall 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 SIA 262 zwischen normalen, erhöhten und hohen Anforderungen unterschieden.

Für Sichtbetonoberflächen sind in Tabelle 8 Empfehlungen zu Anforderungen bezüglich Rissbildung enthalten. Bei erhöhten bzw. hohen Anforderungen beträgt die nominelle rechnerische Rissweite etwa 0,5 bzw. 0,2 mm (SIA 262). Die tatsächliche Rissweite entspricht im Mittel in etwa diesen Werten.

Tab. 8: Empfohlene Anforderungen bezüglich Rissbildung gemäss SIA 262 für Sichtbetonoberflächen

Sichtbetonklasse	Anforderungen bezüglich Rissbildung gemäss SIA 262	Erläuterungen
BOK 1	normale	Normale Ansprüche an die Ästhetik in Bezug auf die Rissbildung und Rissverteilung
BOK 2	erhöhte	Erhöhte Ansprüche an die Ästhetik in Bezug auf die Rissbildung und Rissverteilung
BOK 3	hohe	Hohe Ansprüche an die Ästhetik in Bezug auf die Rissbildung, die Rissverteilung und die Rissbreite
BOK S	erhöhte oder hohe	Erhöhte oder hohe Ansprüche an die Ästhetik in Bezug auf die Rissbildung, die Rissverteilung und die Rissbreite

Ausblühungen, Ablagerungen von Kalk

Ausblühungen durch Kalk an Betonoberflächen treten dann auf, wenn im Beton enthaltenes Wasser an der Betonoberfläche verdunstet. Die Ausblühungen sind oft hell, können aber auch dunkel sein. Je länger ein Beton vor dem ersten Kontakt mit flüssigem Wasser trocknen kann, desto weniger entstehen Kalkausblühungen. Deshalb kommt es in der kühleren, feuchteren Jahreszeit zu vermehrten Ausblühungen. Bei Rissen finden Ausblühungen verstärkt statt. Durch eine Massenhydrophobierung (bei der Betonherstellung) und/oder eine Oberflächenhydrophobierung können Kalkausblühungen reduziert, aber nicht verhindert werden. Je grösser Risse sind, desto weniger verhindert eine Hydrophobierung Ausblühungen.

Der Planer hat bei Sichtbetonoberflächen bei der Rissbildung folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Normale Anforderungen gemäss SIA 262 genügen für BOK 2 und BOK 3 nicht.
- Für die Betonoberflächenklassen BOK 1 bis BOK 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 BOK S hat der Planer die Anforderungen bezüglich Rissbildung, je nach Anforderungen an die Sichtbetonfläche, festzulegen (üblicherweise erhöht oder hoch) und diese unter Einbezug des Bauherrn in der Nutzungsvereinbarung und der Projektbasis festzuhalten.
- Die Rissbreite muss auf ein unschädliches Mass beschränkt werden. Bei speziellen Anforderungen, wie z. B. bei wasserdichten Betonkonstruktionen, sind die zulässigen Rissbreiten zusätzlich mit einem Spezialisten festzulegen.
- Massnahmen zur Begrenzung der Rissbreiten bei Sichtbetonoberflächen sind der SIA 262, Ziffer 4.4.2.3, zu entnehmen, auf die Ursachen der Rissbildung wie Tragwerkskonzept, konstruktive Durchbildung, Eigenschaften des Betons und Nachbehandlung des Betons abzustimmen und schliesslich in der Nutzungsvereinbarung und der Projektbasis festzuhalten.

- Mit dem Bauherrn ist in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten, wie mit Rissen, welche die Anforderungen nicht einhalten, umgegangen wird. Dem Bauherrn ist mitzuteilen, dass verfüllte Risse in der Regel auch bei sorgfältiger Instandstellung an der Sichtbetonoberfläche sichtbar bleiben. Ist eine Instandstellung geplant, sollte dies an Musterflächen getestet werden.
- Zudem ist es wichtig, dass sich Planer und Ausführende frühzeitig über den bestmöglichen Weg zur Vermeidung nicht tolerierbarer Risse verständigen.

Nachbehandlung von Beton

Die Nachbehandlungsdauer ist in Abhängigkeit von der Festigkeitsentwicklung des Betons in der Betonrandzone oder anderweitig gemäss SIA 262 festzulegen. In der SIA 262 sind die Nachbehandlungsklassen NBK 1 bis NBK 4 (siehe z. B. Tabelle 9) beschrieben und richten sich dort nach dem prozentualen Anteil der charakteristischen Druckfestigkeit nach 28 Tagen, welche am Ende der Nachbehandlungsdauer in der Betonrandzone erreicht sein muss.

Die Festigkeitsentwicklung des Betons kann mit In-situ-Messungen oder Berechnungen durch den Planer gemäss der SIA 262 genauer bestimmt werden.

Tab. 9: Definition und Anwendung der Nachbehandlungsklassen (NBK) gemäss Tab. 22 der SIA 262

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				

Fehlen genaue Ergebnisse zum eingesetzten Beton oder 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 10 und 11. Bei sehr langsamer Entwicklung der Betonfestigkeit sollten in der Projektbeschreibung besondere Anforderungen angegeben werden.

Nachbehandlung von Sichtbeton

Bei Sichtbeton ist der Nachbehandlung besondere Beachtung zu schenken, denn die Nachbehandlung von Bauteilen mit Sichtbetonoberflächen hat so zu erfolgen, dass die Ästhetik nicht beeinträchtigt wird.

Bei Umgebungstemperaturen zwischen ca. 5 und 30°C ist ein Abdecken mit Folie (ohne Zugluft) zu empfehlen, wobei darauf zu achten ist, dass kein Kondenswasser von der Folie auf die Betonoberfläche gelangt.

Bei kühleren Umgebungstemperaturen ist eine geeignete Nachbehandlung («Winterbaumassnahmen») zu planen.

Mindestnachbehandlungsdauer für Sichtbeton

Die geforderte Nachbehandlungsklasse für Sichtbetonoberflächen ist projektspezifisch festzulegen.

Bei stark belasteten Bauteilen mit einer langen Nutzungsdauer wie z. B. bei Stützmauern, Galerien etc. der Exposition XD3, XF4 werden hohe Anforderungen (NBK 4) gestellt. Für die Betonsorten B bis G nach SN EN 206 und für erhöhte sowie hohe Anforderungen an die Nachbehandlung gilt Tabelle 11.

Tab. 10: Richtwerte für die Mindestnachbehandlungsdauer von NBK 2 bis 4 gemäss Tab. 23 der SIA 262

Die Festigkeitsentwicklung eines Betons wird mit r (Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 und 28 Tagen: $r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$) beschrieben

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

Tab. 11: Richtwerte für die Mindestnachbehandlungsdauer¹⁾ bei erhöhten (NBK 3) oder hohen (NBK 4) Anforderungen an die Nachbehandlung mit mittlerer oder schneller Festigkeitsentwicklung des Betons gemäss Tab. 23a der SIA 262

Betonsorten gemäss SN EN 206	Anforderungen gemäss 6.4.6.7 der SIA 262	Mindestnachbehandlungsdauer [Tage] in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur T des Betons ³⁾ [°C]		
		$T \geq 15$	$10 \leq T < 15$	$5 \leq T < 10$ ²⁾
B und C	erhöht	3	5	7
B und C, D bis G	hoch	5	7	9

Folgende Fussnoten gelten für Tab. 10 und 11:

- ¹⁾ Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit (Zeitraum, während dem der Beton mit den vorgesehenen Geräten auf der Baustelle verdichtbar ist) ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.
- ²⁾ Bei Temperaturen unter 5°C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeitspanne zu verlängern, während der die Temperatur unter 5°C lag.
- ³⁾ Anstelle der Messung der Oberflächentemperatur des Betons ist es auch möglich, am Morgen um ca. 7 Uhr im Schatten die Lufttemperatur zu messen.

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

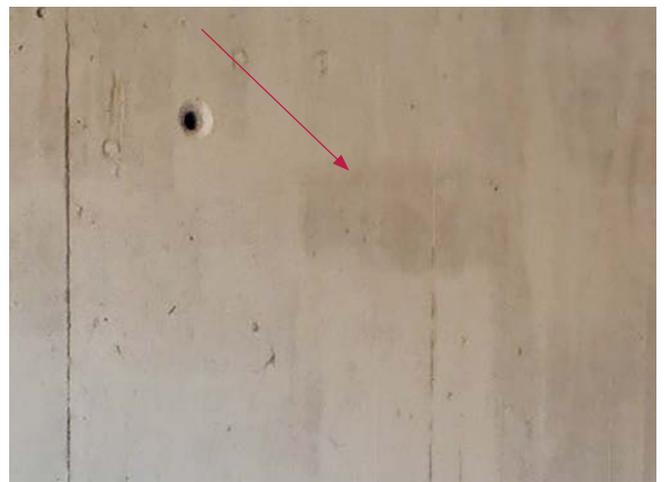
- Grundsätzlich sind bei Sichtbeton die Vorgaben gemäss der SIA 262, Ziffer 6.4.6, einzuhalten. Die Nachbehandlungsklasse und die Art der Nachbehandlung sind durch den Planer auszuwählen und festzulegen. Der Unternehmer hat dabei zu beachten, dass die Nachbehandlungsdauer von der Witterung (Temperatur, Feuchtigkeit, Wind), der Festigkeitsentwicklung des Sichtbetons und evtl. der Geometrie der Sichtbetonbauteile abhängt.
- Sofern zur Nachbehandlung von Sichtbeton genauere Angaben im Leistungsverzeichnis fehlen und keine Angaben in der Nutzungsvereinbarung enthalten sind, ist die Nachbehandlung durch das Sichtbetonteam festzulegen.
- Der Planer hat während der Planungsphase den Terminplan für die Ausführung des Bauteils bzw. Bauwerks so auszugestalten, dass die geforderten Nachbehandlungsdauern und die Termine eingehalten werden können. Dies unter Berücksichtigung möglicher äusserer Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit, Wind etc.), der Betonieretappen und Bautappen (Betonieren und Ausschalen unter Berücksichtigung der Verweilzeit des Betons in der Schalung u. a. auch über Wochenenden etc.) inklusive der Kontrolle der Vorgänge auf der Baustelle.
- Die Ausschallfrist und spezielle Nachbehandlungsmassnahmen oder spezielle Massnahmen nach dem Ausschalen wie z. B. Hilfskonstruktionen als Verdunstungsschutz oder spezielle Massnahmen zum Schutz der Sichtbetonflächen während der Bauphase (z. B. Holzverkleidungen) sind ebenfalls durch den Planer im Leistungsverzeichnis festzulegen. Entsprechende Kontrollen auf der Baustelle sind einzuberechnen.
- Auch ohne weitere Festlegungen im Leistungsverzeichnis gelten die Anforderungen der jeweiligen BOK.
- Es darf kein Sichtbetonbauteil ausgeschalt werden, bevor der Beton nicht ausreichend erhärtet ist; dies gilt auch für Ecken und Kanten. Damit sollen u. a. Abrisse vermieden werden.

- Ist der Beton zu lange in der Schalung, kann es zu Verfärbungen der Oberfläche kommen. Die Sichtbetonoberflächen werden gleichmässiger und heller bei früher Entschalung. Dennoch ist eine fachgerechte und gleichmässige Nachbehandlung vorzunehmen, um eine ausreichende Betonqualität (v. a. Korrosionsschutz der Bewehrung) zu erreichen.
- Sichtbetonoberflächen dürfen nach dem Ausschalen nicht Niederschlägen ausgesetzt sein oder 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 durch das Einpacken oder Einhausen mit Folien geschützt, wobei ein direkter Kontakt der Folie mit der noch jungen Betonoberfläche zu vermeiden ist, um Kondensatbildung und Verfärbungen an der Betonoberfläche zu verhindern. Herablaufendes Kondenswasser ist ebenfalls unbedingt zu vermeiden, da es sehr störende ästhetische Auswirkungen auf die Sichtbetonoberfläche hat. Deshalb ist ein Luftschlitz (Achtung: Verhinderung einer Kaminwirkung bzw. von Zugluft) offen zu lassen, um den Luftaustausch mit der Umgebung zu ermöglichen und um die Kondensatbildung zu vermeiden. Eine entsprechende Hilfskonstruktion als Verdunstungsschutz mit gespannter 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.
- Nach der Nachbehandlung kann ein Schutz vor Verschmutzungen notwendig sein (Abb. 46).
- Sind Abstütungen auf Sichtbetonflächen unvermeidbar, sollten diese jeden Tag oder alle paar Tage umgesetzt werden, um kaum Spuren zu hinterlassen (Abb. 47). Diese Leistung ist in der Ausschreibung zu fordern.

Abb.46: Schutz des Sichtbetons vor Verunreinigungen mit Plastikfolie



Abb.47: Abdruck einer Abstützung



6.5 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, Elektriker, HLK 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 Bautoleranzen etc.) zwischen allen am Bau Beteiligten
- Sicherstellung der vom Kunden geforderten Qualität in Bezug auf seine Bedürfnisse, Anforderungen und Zielsetzungen
- Bei Baustellensitzungen Traktandum zur «ausgeführten Sichtbetonqualität» aufnehmen, um eine umgehende Information der Beteiligten zu gewährleisten, falls nicht zufriedenstellende Ergebnisse erreicht wurden oder erreicht werden könnten, und um das weitere Vorgehen sowie mögliche Korrekturmassnahmen zu besprechen.

6.6 Aufzeigen der Kostenwahrheit

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

Der Bauherr ist vom Planer möglichst früh über die Kosten für die Erstellung eines hochwertigen Sichtbetons zu orientieren. Diskussionen über zu hohe Kosten während der Ausführung sind unbedingt zu vermeiden. Mehrkosten gegenüber Normalbeton können durch die Erstellung von Sichtbeton entstehen. Beispielsweise:

- Kosten für Gestaltung der Oberflächen/Verwendung der Schalhaut
- Kosten für die Betonrezeptur mit zusätzlichen Anforderungen (gemäss SN EN 206)
- Kosten für eine längere Bauzeit (Terminverzögerungen)
- Kosten für eine sorgfältigere Ausführung und die konstruktive Durchbildung
- Kosten für die Nachbehandlung und für den zusätzlichen Schutz von Kanten und Oberflächen
- Kosten für Spezialbewehrung
- Kosten für allfällige betonkosmetische Massnahmen
- Kosten für Oberflächenschutzmassnahmen

6.7 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 rechtzeitig zu informieren über z. B.:

- Bauzeitverlängerung durch präzise Schalungsarbeit, sorgfältiges Betonieren und Schützen des Betons
- höhere Finanzierungskosten durch längere Bauzeit
- mögliche Einflüsse auf das Terminprogramm z. B. infolge von Witterungseinflüssen

Bei Betonagen unterhalb einer Umgebungstemperatur von ca. 10°C nimmt das Risiko für Dunkelverfärbungen bei Betonoberflächen deutlich zu. Es ist deshalb vom Planer mit der Bauherrschaft abzuklären, wie bei niedrigen Umgebungstemperaturen vorzugehen ist; z. B. könnte ein Betonierstopp bei Sichtbetonflächen oder eine Einhausung ausgeschrieben werden.

Es sollte auch vermieden werden, dass im Sommer erstellte Sichtbetonflächen direkt an in der kühleren Jahreszeit erstellte Sichtbetonflächen angrenzen, da diese eine temperatur-(trocknungs-)bedingte unterschiedliche Farbtonung aufweisen können.

Bei hohen Umgebungstemperaturen (über ca. 30°C, je nach Beton) steift der Beton schnell an und ist dadurch schwieriger zu verdichten. Dies kann das Erscheinungsbild von Sichtbeton beeinträchtigen.

7 Ausschreibung

7.1 Allgemeine Grundlagen

Der Planer beschreibt die gewünschte Betonoberflächenklasse, ggf. mit Ergänzungen und Korrekturen, eindeutig und nicht, wie das Ergebnis zu erreichen ist.

Die Ausschreibung bildet für den Bauunternehmer die Grundlage für das Offerieren seiner Leistungen. Die Ausschreibung von Sichtbeton ist mit Leistungsverzeichnissen nach Normpositionenkatalog 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 Leistungsbeschreibung der geforderten Ansichtsfläche gehören insbesondere:

- Architektonische Beschreibung als Gesamtobjekt in 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, Gehrungsschnitte bei Türleibungen)
 - Beschreiben von komplizierten Detaillösungen (z. B. mit Fotos von ähnlichen Referenzen)
- Festlegung der Betonoberflächenklassen (BOK 2 bis BOK 3, BOK S)
- Bei BOK 2, 3 und S Referenzbauteile und, falls notwendig, zusätzlich (Hand-)Muster ausschreiben.
- Sind Oberflächenbearbeitungen wie Absäuern oder Schleifen geplant, sind diese im Detail festzulegen. Das Aussehen von bearbeiteten Betonoberflächen hängt u. a. von der Betonzusammensetzung und dem Zeitpunkt der Bearbeitung ab. Deshalb kann es zu einem unbefriedigenden Ergebnis kommen, wenn z. B. nur die Anzahl Schleifgänge ausgeschrieben wird. Oberflächenbearbeitungen sollten immer vor der Ausschreibung ausreichend überprüft werden.
- Beschrieb Schalung (Schalungs- und Schalhautsystem), ggf. Präzisierung des Schalungstyps (Typ 2 bis Typ 4), Kanten, Eckausbildungen (z. B. scharf, gebrochen), Fugen (Lage, Verlauf, abgedichtet), Oberflächentextur, Schalungsbild/Fugenbild, Abdichtung Schalung, Ausschalen und Schalungsfristen, Toleranzen, Trennmittel.
- Die mögliche Gestaltung und die herstelltechnischen Möglichkeiten (z. B. Schalungssystem) sind gemeinsam mit dem Planer/Bauunternehmer bzw. mit dem Sichtbetonteam abzustimmen.
- Beschrieb Beton: Beton nach Eigenschaften, Nachbehandlung mit Nachbehandlungsklasse und ggf. Art, ggf. nachträgliche Oberflächenbearbeitung
- Beschrieb Bewehrung
- Beschrieb PQM: projektspezifisches/projektbezogenes Qualitätsmanagement wie Kontrollen, Abnahmen, Regelung der Zuständigkeiten
- ggf. Schutz der Sichtbetonoberflächen: Oberflächen-, mechanischer Schutz während der Bauphase etc.

Hinweis zum Beschrieb Beton

Der Beton kann gemäss der SN EN 206 sowohl als Beton nach Eigenschaften wie auch als Beton nach Zusammensetzung festgelegt und ausgeschrieben werden.

Der Verfasser der Festlegung des Betons hat den Unternehmer darauf hinzuweisen, dass dem Betonhersteller alle relevanten Anforderungen bekanntzugeben sind. Im Normalfall empfiehlt sich ein Beton nach Eigenschaften.

Die Betonzusammensetzung muss gewährleisten, dass der Beton ohne grössere Entmischungen fachgerecht eingebaut und verdichtet werden kann. Es sind «robuste» Betonmischungen mit gleichbleibenden Ausgangsstoffen (Art, Menge, Herkunft) zu wählen. Je höher der w/z-Wert und je niedriger der Mehlkorngelalt (Zement, Zusatzstoffe, feine Gesteinskörnungsbestandteile) ist, desto weniger robust ist der Beton. Auch sollte eine Mischdauer von mindestens 60s bei der Betonherstellung gewählt werden. Während des Betontransportes und vor dem Entladen ist die Betontrommel zu drehen. Das Ausbreitmass des Betons sollte F3 oder F4 sein und regelmässig überprüft werden. Der Beton ist in Lagen von ca. 0,5 m Höhe einzufüllen und zu verdichten. Bei BOK 3 und BOK S werden Vorversuche auf der Baustelle empfohlen, um u. a. festzulegen, ob der Beton geeignet ist oder modifiziert werden muss. Der Beton soll so auf die Baustelle geliefert werden, dass er jeweils ohne grosse Verzögerung eingebaut werden kann. Wassergaben auf der Baustelle beeinflussen den Farbton des Betons und sind zu unterlassen.

In Anhang C sind Punkte für die Erstellung und Prüfung eines Sichtbetons zusammengestellt, die der Planer im Leistungsverzeichnis berücksichtigen sollte. In Anhang E sind zudem Ausschreibungsbeispiele zusammengestellt.

7.2 Referenzbauteile

Das Erstellen von Referenzbauteilen ist für die Betonoberflächenklasse BOK 2 empfohlen und für die Betonoberflächenklassen BOK 3 und BOK S zwingend (Tabelle 4, Seite 23).

Nur für erste Versuche eignen sich Handmuster (z. B. Gartenplattenformat) oder Musterwände, die z. B. ohne Bindstellen, Fugen (Abb. 48) hergestellt wurden, zur Bestimmung der gewünschten Farbgebung und evtl. Betonrezeptur.

Die Erstellung von Referenzbauteilen (Abb. 49) dient unter den örtlichen Baustellenbedingungen folgenden Zwecken:

- Vorbereitung des ausführenden Unternehmers zur Entwicklung und Absicherung seines technischen Vorgehens (Festlegung und Optimierung des erforderlichen Aufwandes, Einweisung und Schulung des Personals)
- Herstellung von Betonflächen unter gegebenen Bauwerks- und Baustellenbedingungen z. B. bezüglich Farbe, Struktur, Lunkern, Fugenbild, Ankerbild, Fugen etc.
- Abstimmung der vertraglichen Oberflächenbeschaffenheit mit dem Auftraggeber
- Prüfung von Alternativen
- Praktische Darstellung von Ausführungsdetails

Die Referenzbauteile müssen die Bauteilgeometrien, Betondeckungen, Bewehrungsgrade und -verteilung, Einbauteile und die zum Einsatz kommende Betonzusammensetzung berücksichtigen. Referenzbauteile sind durch den Planer im Leistungsverzeichnis auszuschreiben.

Das Heranziehen von Ansichtsflächen bei bestehenden Bauwerken als vertraglich verbindliche Referenzbauteile 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 bei den neu zu erstellenden Ansichtsflächen in der Regel nicht reproduziert werden kann.

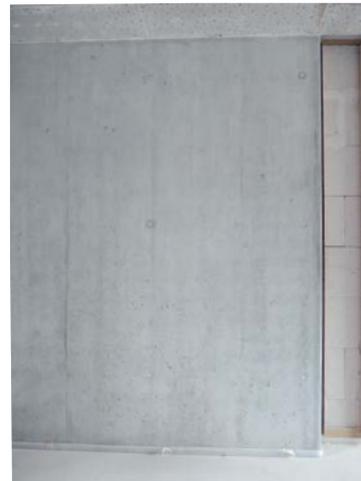
Herstellung, Schutz und Vorhalten sowie Rückbau und ggf. Entsorgung von Referenzbauteilen sind durch den Planer im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen. Referenzbauteile sollten bis zur Abnahme der Sichtbetonflächen aufbewahrt und nicht verändert werden.

Wird eine **Oberflächenbearbeitung** z. B. mit Waschen, Säuern, Stocken oder Strahlen gefordert, ist diese detailliert auszuschreiben. Dies kann z. B. durch eine geforderte Abtragstiefe, ein Abtragsbild oder beim Säuern durch die Anzahl Bearbeitungsgänge erfolgen. Die Auswirkungen der Oberflächenbearbeitung werden aber u. a. auch durch die Betonfestigkeit zum Zeitpunkt der Bearbeitung massgeblich beeinflusst, welche wiederum von der Betonzusammensetzung und den Umgebungstemperaturen abhängt. Bei nicht ausreichender Erfahrung sind aussagekräftige Vorversuche durchzuführen und/oder Fachpersonen beizuziehen.

Abb.48: Beispiel von vier Musterelementen (Ansichtsflächen) für Betonauswahl



Abb.49: Beispiel für ein vereinbartes Referenzbauteil



8 Ausführung

Planende und Ausführende müssen sich im Vorfeld über die Gestaltungsmerkmale und die technischen Anforderungen an das Sichtbetonbauteil intensiv austauschen.

Dem Ausführenden ist die zu erstellende Leistung vollumfänglich bekannt zu geben und er sichert die einwandfreie Erstellung der Sichtbetongestaltung zu.

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 (z. B. Farbbetone), Trennmittleinsatz, das Einbringen und Verdichten des Betons etc. werden in diesem Merkblatt nicht behandelt.

Die Beteiligten (Bauherr, Bauleitung, Planer, Unternehmer) sollen während der Ausführung im Rahmen der Baustellensitzungen laufend die Qualität des ausgeführten Sichtbetons besprechen. Sollte sich zeigen, dass diese ungenügend ist oder sein könnte, ist mit dem Unternehmer das Gespräch zu suchen, um das weitere Vorgehen zu vereinbaren. Kann dabei keine Einigung z. B. über notwendige Nachbesserungen, einen Nachtrag im Vertrag zwischen dem Planer/Bauherr und dem Unternehmer gefunden werden, sollte ein Experte beigezogen werden.

9 Beurteilung

9.1 Allgemein

Der Massstab für die Beurteilung von Sichtbeton ist die Festlegung der Sichtbetonoberflächen gemäss der Ausschreibung und das oder die Referenzbauteile.

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. Referenzbauteile sind, wenn sie vertraglich vereinbart wurden, zwingend in die Beurteilung miteinzubeziehen.

Nur durch zweckmässige Referenzbauteile können die Anforderungen und das Machbare zuverlässig definiert werden.

Die Beurteilung sollte in ausreichendem zeitlichem Abstand zum Ausschaltungszeitpunkt stattfinden, da sich das Aussehen der jungen Betonoberfläche noch ändert. 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 durch die Schwankungen der natürlichen Ausgangsstoffe, die zulässigen Abweichungen in der Betonzusammensetzung und die Auswirkungen von Schalhaut, Trennmittel- und Witterungsbedingungen.

Instandstellungen sind im Sichtbetonteam mit allen Vor- und Nachteilen zu diskutieren, immer zuerst an Musterflächen auszuführen und sollten erst nach mehreren Wochen, ggf. erst nach Bewitterung, beurteilt werden. Bei der Beurteilung steht zuerst der Gesamteindruck vor dem Einzeleindruck. Ist der Gesamteindruck ungenügend, werden Einzelmerkmale betrachtet.

9.2 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, -teil, d. h. üblicher Betrachtungsabstand des späteren Nutzers
- Die Bauteil- bzw. Bauwerksflächen sind vollständig erfassbar, d. h., das Gerüst ist evtl. zu entfernen
- Die Betrachtungsdauer entspricht derjenigen der üblichen Nutzer
- «Normale» Tageslichtverhältnisse und «normaler» Lichteinfall bzw., wenn möglich, geplante Beleuchtung
- Alter der beurteilten Fläche:
Aufgrund der farblichen Veränderung der Sichtbetonoberfläche durch Austrocknung sollten Sichtbetonflächen erst nach mehrwöchigem Austrocknen beurteilt werden
- Sichtbetonflächen sollten nicht im nassen Zustand (z. B. bei Regen) beurteilt werden.

9.3 Einzelkriterien

Die Beurteilung von Einzelkriterien ist nur in jenen Fällen sinnvoll, in denen der Gesamteindruck nicht den Ansprüchen entspricht, und hat bauteilbezogen zu erfolgen. Auf diverse Einzelkriterien wird in Tabelle 4 und Tabelle 5 eingegangen. Zudem ist bei der Beurteilung von Einzelkriterien das Referenzbauteil miteinzubeziehen

9.4 Abnahme

Bei der Abnahme der Bauteile sollten die obengenannten Punkte beachtet werden.

Abb. 50: Gesamteindruck eines Mehrfamilienhauses aus eingefärbtem Sichtbeton



10 Instandstellung, Betonkosmetik

Nur selten gelingt es, die Anforderungen der Betonoberflächenklassen BOK 2 und 3 auf Anhieb vollständig zu erreichen. Deshalb sind nicht selten Instandstellungen (Betonkosmetik) notwendig. Vor einer Instandstellung sollte zuerst immer geprüft werden, ob diese zielführend ist. Wäre z. B. geplant, Absätze zwischen Schalungen abzuschleifen, wird die Zementhaut entfernt und die Gesteinskörnung freigelegt (Abb. 51). Werden Lunker oder Kiesnester nur gespachtelt, weichen eventuell der Farbton und die Struktur der Spachtelung vom Beton ab (Abb. 52, 53). Durch betonkosmetische Behandlungen kann dies noch verbessert werden.

Instandstellungen sind von Fachpersonen auszuführen. Sind nicht ausreichende Kenntnisse für betonkosmetische Instandstellungen bei den beteiligten Unternehmern vorhanden, führt dies zumeist zu einer ungenügenden Qualität. Auch kann dadurch die spätere betonkosmetische Instandstellung durch eine Fachperson zusätzlich erschwert werden. Für betonkosmetische Instandstellungen sind zuerst immer zweckmässige Musterflächen anzulegen und diese sollten erst nach einer ausreichenden Trocknungszeit beurteilt werden. Sind Instandstellungen an bewitterten Bauteilen geplant, wird empfohlen, bei der Beurteilung das Aussehen der Instandstellung auch während bzw. nach einer Bewitterung (z. B. Regen) miteinzubeziehen.

Abb. 51: Abgeschliffener Versatz



Abb. 52: Gespachtelte Lunker



Abb. 53: Gespachteltes Kiesnest bei Schalungsstoss



11 Literaturverzeichnis, Bildnachweis

Sichtbeton	Publikation der Holcim (Schweiz) AG
Betonpraxis	Publikation der Holcim (Schweiz) AG
Sichtbeton cemsuisse-Forschungsprojekt (interne Berichte, nicht publiziert)	Empfehlungen für Sichtbeton Mängelfibel Wechselwirkung zwischen Beton, Trennmittel, Schalung und Verarbeitung Sedimentation und Bluten von Beton, cemsuisse 2007
Merkblatt Sichtbeton	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. Bundesverband der deutschen Zementindustrie E.V.
Sachstandsbericht Sichtbetonkosmetik	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. Bundesverband der deutschen Zementindustrie E.V.
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
Cementbulletin TFB	https://www.e-periodica.ch/digbib/volumes?UID=cem-001

Bildnachweis

	Abbildungen
BetonMarketing Deutschland GmbH	3 (Bossieren, 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
Creabeton Matériaux AG	2 (Spalten), 4 (Waschen), 4 (Feinwaschen)
Conzett Bronzini Gartmann AG	6 (Ornamente/Schnitzereien), 8 (konventionelle Schalung), 9, 35, 37, 38, 41, 43, 48, 57
Holcim (Schweiz) AG	1, 2 (Schleifen), 3 (Spitzen), 5 (Fototechnik), 6 (Matrize), 20, 26 (BOK S), 27, 31, 42 (Skizze), 44, 45, 50
Holcim (Süddeutschland) AG	2 (Polieren), 4 (Säuern)
Holzco-Doka Schalungstechnik AG	8 (Trägerschalung), 11 (Schalhaut), 14 (Schalhaut), 21, 22, 23, 26 (BOK 1), 27, 29, 30, 39, 40
HUSSOR	15
Lafarge Zement	5 (Strahlen)
Max Frank Holding GmbH	18
MEVA Schalungs-Systeme AG	1, 8 (Säulenschalung), 11 (Resultat), 13, 24, 26 (BOK 2, BOK 3), 28, 30
PERI AG	8 (Rahmenschalung, Rundschalung), 10, 12, 14 (Resultat), 16, 17, 33
SIA 414/2	34
TFB AG	5 (Wasserhöchstdruckabtrag), 6 (Relief), 7, 19, 26 (BOK S), 30, 32, 36, 42 (Foto), 46, 47, 49, 51, 52, 53, 56

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 [m ³]	
Sichtbeton nach Merkblatt für Sichtbetonbauten (cemsuisse-Merkblatt MB 02)	
Betonoberflächenklasse: BOK 2, BOK 3, BOK S	
Schalungstyp: Typ 2, Typ 3, Typ 4, Typ S ggf. mit erhöhten Anforderungen	
Referenzbauteile	
Nachbehandlung: Nachbehandlungsklasse, ggf. Art der Nachbehandlung	
Beton	
Beton nach SN EN 206	
Beton nach Eigenschaften, z. B. Betonsorte (evtl. Beton nach Zusammensetzung)	
Druckfestigkeitsklasse	
Expositionsklasse(n)	
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 in Bezug auf Sichtbeton (Beschreibung und Darstellung der Idee und deren konstruktiver Umsetzung, Beschreibung von komplizierten Detaillösungen)
PQM	Projektspezifisches/projektbezogenes Qualitätsmanagement wie Kontrollen, Abnahmen, Regelung Zuständigkeiten
Konstruktion	Betonoberflächenklasse BOK 2, BOK 3 oder BOK S festlegen
	Schalungstyp (Typ 2 bis Typ 4, ggf. mit erhöhten Anforderungen) 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. zulässiger Rissbreite festlegen
Nachbehandlung	Nachbehandlungsklasse (NBK 2, NBK 3, NBK 4) sowie Art und Dauer der Nachbehandlung definieren
Gestaltung	Flächenaufteilung, Schalungsmusterplan, Schalelemente definieren
	Stoss- und Eckausbildung sowie Kantenausbildung planen
Struktur	Art der Schalhaut festlegen (saugend, schwach saugend, nicht bzw. sehr schwach saugend), evtl. Schalungssystem
	Rahmenschalungen sind bei BOK 2 und 3 nicht zulässig, wenn nicht speziell vereinbart
	Nachträgliche Bearbeitung festlegen (mechanische und handwerkliche Bearbeitung, Waschen, spezielle Bearbeitung wie Strahlen, Wasserhöchstdruck etc.)
Prüfungen	Regelmässige Frisch- und ggf. Festbetonprüfungen mit zugehörigen Anforderungen ausschreiben, insbesondere bei BOK 2, 3 und S
Farbton	Pulverförmige oder flüssige Pigmente (Beton mit Pigmenten umfassend prüfen)
Referenzbauteil	Farbmuster und Referenzbauteil erstellen; deren Herstellung separat im Leistungsverzeichnis ausschreiben
Ebenheit	Ebenheitsanforderungen gemäss SIA 414/2 oder projektspezifisch festlegen
Fugen	Bei BOK 1 ggf. erhöhte Anforderung «Fugen und Stösse abgedichtet» definieren
Beurteilung	Referenzbauteile festlegen
Reparaturmassnahmen	Vorgehen bei Oberflächenmängeln («Betonkosmetik») Schutzmassnahmen während der Bauphase definieren (Folie, Beschriftung, Kantenschutz etc.) Reparaturmörtel: Musterflächen anordnen (Farbtönung, Textur)
Schutz fertiger Bauteile	Spezielle Schutzmassnahmen während der Bauphase definieren (z. B. Einhausung, Kantenschutz etc.)
	Oberflächenschutz (Antigriffitschutz, Lasur, Imprägnierung, Tiefenhydrophobierung) oder -systeme für Nutzungsphase festlegen

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

Sichtbetonklasse BOK 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
- 03 Betonsorte 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 F4
- 11 Zusätzliche Anforderungen:
 - Sichtbeton Betonoberflächenklasse BOK 2 gemäss cemsuisse-Merkblatt «Merkblatt für Sichtbetonbauten»
 - Nachbehandlungsklasse NBK 1

Sichtbetonklasse BOK 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
- 03 Betonsorte 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 F4
- 11 Zusätzliche Anforderungen:
 - Sichtbeton Betonoberflächenklasse BOK 3 gemäss cemsuisse-Merkblatt «Merkblatt für Sichtbetonbauten»
 - Weisszement Typ CEM I 52.5 N
 - Nachbehandlungsklasse NBK 3
- 12 Weiteres:
 - Vorgängig Erstellen von Musterplatten in Absprache mit Bauherr, Architekt, Bauunternehmer
 - Referenzbauteil erstellen in Absprache mit Bauherr, Architekt, Bauunternehmer
 - Oberflächenschutz: Tiefenhydrophobierung 4 Wochen nach Fertigstellung Wandetappe

Abb.54: Beispiel für BOK 1 (kein Sichtbeton)



Abb.55: Beispiel für BOK 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
 - 03 Betonsorte 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 F4
 - 10 Weisszement CEM I 52,5 R
 - 11 Zusätzliche Anforderungen:
 - Sichtbeton mit Sichtbetonklasse BOK 3 gemäss cemsuisse-Merkblatt «Merkblatt für Sichtbetonbauten»
 - Frischbetontemperatur bei Lieferung mindestens 20 °C
 - Nachbehandlungsklasse NBK 2
 - 12 Weiteres:
 - Sichtbetondecke mit Strukturbild der Schalung gemäss Detailplan Architekt
 - Erstellen der Decke in einem Guss
 - Vorgängig Erstellen von Musterplatten in Absprache mit Bauherr, Architekt, Bauunternehmer inkl. Schalungseinlagen
 - Referenzbauteil erstellen in Absprache mit Bauherr, Architekt, Bauunternehmer
 - Prüfungen: Bestimmung des Ausbreitmasses an jeder Betonlieferung

Abb.56: Beispiel für BOK 3



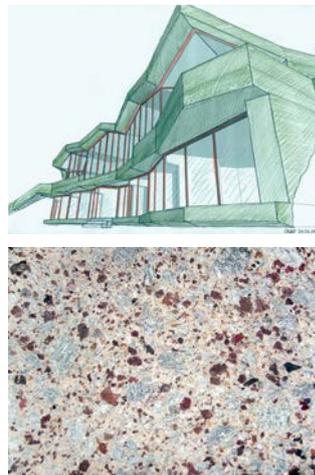
Sichtbetonklasse SBK S

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
 - 03 Betonsorte 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 F4
 - 10 heller Zement CEM III/B
 - 11 Zusätzliche Anforderungen:
 - Sichtbeton mit Sichtbetonklasse BOK S gemäss cemsuisse-Merkblatt «Merkblatt für Sichtbetonbauten»
 - Farbige Gesteinskörnung: Andeer-Granit (4/32), Basalt und Rheinflussskies (0/4)
 - Nachbehandlungsklasse NBK 3
 - 12 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
 - Referenzbauteil erstellen in Absprache mit Bauherr, Architekt, Bauunternehmer

Abb.57: Beispiel für BOK S, Planstudie und Musterfläche



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. Der Flugrost hat sich gelöst und eine changierende Patinierung hinterlassen. Die vermeintlichen Stahlstücke sollen sich beim näheren Hinsehen als monolithischer Betonmantel zu erkennen geben, dessen Brettstruktur von der Schalhaut herrührt.

b) Präzisierung der Sichtbetonklasse, Beschrieb der Schalung und Referenzbauten

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 einmal verwendet werden und müssen anschliessend entsorgt werden. Stösse/Fugen der Bretter sind fachmännisch abzudichten.

Anforderung an die Schalung gemäss Sichtbetonklasse BOK S.

Abb. 58: «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 Zementschlämme)

Lunker

- Geringe Anzahl zulässig, siehe Referenzbauteil

Farbton

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

Ebenheit

- Ebenheitsanforderungen nach SIA 414/2

Fugen

- Fugen abgedichtet
- Kantenschutz
- Kein Versatz zwischen zwei Betonierabschnitten

Musterflächen/Referenzbauteile

- 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 inklusive Verschluss sind mit den Referenzbauteilen 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»
- Gesteinskörnung: normaler, grauer Alluvialkies
- Die Betonoberfläche muss glatt sein und darf keine Kiesnester und maximal wenige kleine Lunker aufweisen; leichte Wolkenbildungen und Marmorierungen im Farbton zulässig (siehe Referenzbauteil)
- Bestimmung des Ausbreitmasses an jeder Betonlieferung

e) Ausschalen und Nachbehandlung

Es sind die Vorgaben des Bauingenieurs einzuhalten.

Die ausgeschalten 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.) und Kondensatabläufe auf der Betonoberfläche zu verhindern. Beschriftungen, Meterrisse, Klebestreifen etc. aller Art auf der Betonoberfläche sind zu unterlassen, denn diese können nicht mehr vollständig 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 dem Referenzbauteil zu erstellen.

Merkblätter cemsuisse

Zur Erläuterung von speziellen Themen und zur Abgabe von Empfehlungen erarbeitet cemsuisse Merkblätter. Grundlage dieses Merkblatts 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

cemsuisse, 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, illustrativen Charakter.

Design

Crafft AG, Zürich



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