

Titelbild/Titelbilder

ENTWURF

Merkblatt

Sichtbetonfertigteile

Stand 25.03.2022

ENTWURF

Merkblatt Sichtbetonfertigteile

Stand 25.03.2022

Herausgeber:

Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e. V. (VBF Nord)
Raiffeisenstraße 8
30938 Großburgwedel
info@vbf-nord.de
www.vbf-nord.de

Unternehmerverband Mineralische Baustoffe (UVMB) e.V.
Paradiesstraße 208
12526 Berlin
berlin@uvmb.de
www.uvmb.de

Bayrischer Industrieverband Baustoffe, Steine und Erden e. V.
Beethovenstraße 8
80336 München
info@biv.bayern
www.biv.bayern

Redaktion:
Dr.-Ing. Jens Uwe Pott (VBF Nord)

Verlag: Eigenverlag

Druck: xxxxx

© Copyright 2022 – Alle Inhalte, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung, bleiben vorbehalten. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, beim Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e. V.

Inhalt

1. Vorwort / Einleitung	5
2. Hinweise zur Anwendung	7
3. Begriffe.....	8
4. Grundlagen für das Bauen mit Sichtbetonfertigteilen	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Ungeschalte Oberflächen (Einfüllseiten)	15
4.3 Entwurfsplanung	21
4.4 Kommunikation	21
5. Sichtbetonklassen und Oberflächenfestlegungen	22
5.1 Allgemeines	22
5.2 Sichtbetonklassen für Betonfertigteile	23
5.2.1. Geschalte Seite	23
5.2.2 Ungeschalte Seite	23
5.3 Anforderungen aus den Sichtbetonklassen	26
5.3.1 Textur	26
5.3.3 Porigkeit	27
5.3.4 Farbtongleichmäßigkeit	28
5.3.5 Ebenheit	29
5.3.6 Arbeitsfugen und Schalungsstöße	29
5.3.7 Schalungshautklasse.....	30
5.3.8 Lagerung	30
5.3.9 Transport.....	31
5.3.10 Erprobungsbauteile	31
5.4 Ergänzende Anforderungen an die Sichtbetonbauteile.....	32
5.4.1 Flächengestaltung, Elementgrößen und Fugenplan.....	32
5.4.2 Elementfugen	33
5.4.3 Transport- und Schalungsanker.....	35
5.4.4 Abstandhalter	35
5.4.5 Risse	36
5.4.6 Wasserableitung.....	36
5.5 Erweiterte Gestaltungsmöglichkeiten	36
5.5.1 Farbliche Gestaltung	37
5.5.2 Schalungshaut und Matrizen	38

5.5.3 Oberflächenbearbeitung	40
5.5.4 Oberflächenschutz.....	44
6. Ausschreibung.....	47
6.1 Leistungsbeschreibung	47
6.2 Erprobungsbauteile und Referenzflächen	48
7. Herstellung von Betonfertigteilen	49
7.1 Materialien und Ausgangsstoffe	49
7.1.1 Schalung	49
7.1.2 Trennmittel	50
7.1.3 Bewehrung und Einbauteile	50
7.1.4 Abstandhalter	50
7.1.5 Beton.....	51
7.2 Ausführung	51
7.2.1 Produktion	51
7.2.2 Nachbehandlung	52
7.2.3 Oberflächenbearbeitung	52
7.2.4 Oberflächenschutz.....	53
8 Lagerung, Transport und Montage	53
8.1 Allgemeines	53
8.2 Schutz der Fertigteile nach der Montage.....	54
9. Beurteilung der Sichtbetonqualität von Fertigteilen	55
9.1 Grundlagen und Beurteilungssystematik	55
9.2 Gesamteindruck.....	56
9.3 Einzelkriterien	56
10. Vorgehen bei Abweichungen.....	57
10.1 Allgemeines	57
10.2 Korrekturmaßnahmen	57
Anhang A: Zuordnung der Verantwortlichkeiten.....	58
Literatur	59
Bildnachweis	61
Ansprechpartner.....	62

1. Vorwort / Einleitung

Sichtbetonflächen von Betonfertigteilen sind Betonoberflächen mit besonderen Ansprüchen an das Aussehen und die Ästhetik. Zu unterscheiden sind generell Sichtbetonflächen mit oder ohne nachträgliche Bearbeitung. Die Herstellung von Sichtbetonflächen stellt immer einen zusätzlichen Aufwand gegenüber normalen Betonoberflächen dar. In der Praxis muss jedoch nicht jede Sichtbetonfläche aller höchsten Ansprüchen genügen. Vielmehr bestimmt oft die Lage im Bauwerk und die Charakteristik der Nutzung das Anforderungsniveau. Mit steigenden Anforderungen ist in der Regel auch ein erhöhter Aufwand verbunden, der Einfluss auf die Preisgestaltung hat. Daher ist es sinnvoll, sich bereits im Planungsprozess Gedanken darüber zu machen, auf welchem Anforderungsniveau eine Sichtbetonfläche zu erstellen ist. Im Ortbetonbau hat sich dabei seit über 15 Jahren das System von Sichtbetonklassen aus dem DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton [1] bewährt. Die dort genannten technischen Kriterien für die Beschreibung der Sichtbetonklassen können jedoch nur zum Teil auf Betonfertigteile angewendet werden, andere für Betonfertigteile relevante Kriterien fehlen. Dieser Umstand führt häufig zu Missverständnissen zwischen Architekten, Planern, ausschreibenden Stellen, den Baufirmen und den Herstellern von Fertigteilen.

Dieses Merkblatt dient zur Klassifizierung von Sichtbetonflächen bei Fertigteilen während der Planung und Ausführung sowie bei der Beurteilung der Sichtbetonflächen im fertiggestellten Bauwerk in Analogie zum DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton [1] bei Ortbetonbauteilen.

Ziel dieses Merkblatts ist es, eine einheitliche Grundlage zu schaffen, die Architekten, Ingenieuren, Planern, Herstellern und allen anderen am Bau Beteiligten hilft, Betonfertigteile mit Sichtbetonflächen anforderungsgerecht zu planen, auszuschreiben, herzustellen, zu lagern, zu transportieren und deren Qualität zu bewerten.

Von entscheidender Bedeutung ist, dass

- klare und eindeutige Spezifikationen für das gewünschte Ergebnis festgelegt werden,
- diese Spezifikationen in der Praxis auch ausgeführt werden können,
- die Festlegungen und Anforderungen an die Oberflächen für alle Beteiligten verständlich sind,
- gemeinsame Regeln bestehen, die eine Überprüfung des Ergebnisses mit den festgelegten Anforderungen ermöglichen.

Die Herstellung von Betonfertigteilen im Fertigteilwerk bietet gute Rahmenbedingungen für eine gleichmäßige Qualität von Sichtbetonflächen, die in der Praxis den Bau von ästhetisch hochwertigen, maßhaltigen Bauwerken aus Sichtbeton ermöglichen. Genauigkeit bei der Planung und handwerkliche Präzision bei der Ausführung bedürfen dabei eines optimalen Zusammenwirkens aller Beteiligten.

Dieses Merkblatt wurde in den Jahren 2018 bis 2022 auf Einladung der herausgebenden Verbände von einem Arbeitskreis erarbeitet, dem zahlreiche Vertreter aus der Praxis angehörten.¹⁾

¹⁾ Arbeitskreismitglieder: Wolfgang Braun, Ingenieurbüro Wolfgang Braun; Christian Drössler, Benno Drössler GmbH & Co. KG; Peter Hafensteiner, Rinn Beton- und Naturstein GmbH & Co. KG; Jan Heuchert, Oskar Heuchert GmbH & Co. KG; Diana Krüger, Bayerischer Industrieverband Baustoffe, Steine und Erden e.V.; Klaus-Peter Krüger, GP Papenburg Betonfertigteilewerk GmbH; Jörg Oeser, GBJ Geithner Betonmanufaktur Joachimsthal GmbH; Martin Peck, Ingenieurbüro Martin Peck; Dr.-Ing. Jens Uwe Pott, Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e. V.; Ulrich Rekers, Rekers Betonwerk GmbH & Co. KG; Stefan Reinhardt, Heidelberger Betonelemente GmbH & Co. KG; Stefan Reischl, RBW Rohrdorfer Betonwerke GmbH & Co. KG; Thomas Schneider, nbw Neustädter Betonwerk GmbH; Dr.-Ing. Stefan Seyffert, Unternehmerverband Mineralische Baustoffe e.V.; Kai-Uwe Tautz, Rekers Betonwerk GmbH & Co. KG; Hendrik Varnhorn, KLEBL GmbH

2. Hinweise zur Anwendung

Dieses Merkblatt dient der Planung, Ausschreibung, Ausführung und Beurteilung von Sichtbetonflächen bei Betonfertigteilen. Es baut auf dem in der Praxis bekannten und verbreitet angewendeten DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton [1] auf, übernimmt die dort für den Ortbeton eingeführten Sichtbetonklassen und spezifiziert diese inhaltlich für Betonfertigteile.

Die Anforderungen an die Sichtbetonflächen von Fertigteilen sind je nach Ausführungswunsch in die Sichtbetonklassen gering, mittel, hoch oder sehr hoch (projektspezifisch) einzuordnen. Bei Auswahl einer höheren Sichtbetonklasse bedeutet dies steigende Anforderungen an Planung, Herstellung, Transport und Montage und somit auch steigende Gesamtkosten. Zudem steigen die Anforderungen an die Homogenität des Erscheinungsbildes hinsichtlich der Ebenheit, der Farbtongleichmäßigkeit, der Porigkeit, der Textur und anderer optischer Merkmale.

Es werden zahlreichen Maßnahmen zur nachträglichen Oberflächenbearbeitung und Oberflächenbehandlung angesprochen. Für eine umfassende Beschreibung und Durchführung der Oberflächenbehandlungen und werkseitigen Oberflächenbearbeitungen sind die entsprechenden Regeln, Normen und Produktinformationen zu beachten, auf die zum Teil verwiesen wird.

Die Ausrichtung der Fertigteile bei der Herstellung unterscheidet sich häufig von der späteren Ausrichtung im Bauwerk. So werden beispielsweise Wände oftmals liegend hergestellt. Dadurch ist eine Seite der Wand ungeschalt. Dieser Umstand muss bei der Planung zwingend berücksichtigt werden. Es ist zwischen geschalteten Flächen und der Einfüllseite (ungeschaltete Oberfläche) zu unterscheiden. Soll die ungeschaltete Oberfläche im eingebauten Zustand sichtbar bleiben, also eine Sichtbetonfläche sein, müssen bei der Ausschreibung, Planung und Ausführung besondere zusätzliche Hinweise beachtet werden. Je nach Herstell- und Einbaurichtung sowie Anforderungen aus der Nutzung können bei einem Fertigteile auch unterschiedliche Sichtbetonklassen zur Anwendung kommen.

Die Auswahl des Trennmittels, der Betonausgangsstoffe, der Betonzusammensetzung sowie die Herstellung und Nachbehandlung liegt im Rahmen der geltenden Regelwerke in der Verantwortung des Herstellers. Dieser hat entsprechende Festlegungen unter Berücksichtigung der vereinbarten Sichtbetonanforderungen zu treffen.

Die technischen Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit im Sinne der DIN EN 13369 [4] in Verbindung mit DIN V 20000-120 [5] und der gültigen Produktnormen müssen neben den Anforderungen aus diesem Merkblatt ebenfalls eingehalten werden.

Dieses Merkblatt enthält keine Spezifikationen für Betonoberflächen, die aus Betonen hergestellt werden, die nicht EN 206-1 [6] bzw. DIN 1045-2 [7] entsprechen. Zu diesen besonderen Betonen kann zum Beispiel Betonwerkstein im Sinne der DIN 18500-1 [8] oder Vergussbeton nach DAfStb Richtlinie Vergussbeton, Vergussmörtel [9] gehören.

Werden Halbfertigteile, z. B. Elementdecken nach DIN EN 13747 [10] oder Elementwände nach DIN EN 14992 [11] auf der Baustelle mit Ortbeton ergänzt, gilt dieses Merkblatt nicht für etwaige in Ortbeton hergestellte Sichtbetonflächen. Dieses Merkblatt regelt ausschließlich die im Werk gefertigten Sichtbetonflächen von Betonfertigteilen.

Es wird empfohlen, das vorliegende Merkblatt als Grundlage für Ausschreibungen und Werk-/Kaufverträge zur Herstellung, Beurteilung und Nachbesserung von Betonfertigteilen mit Sichtbetonflächen zu nutzen und vertraglich festzuschreiben.

3. Begriffe

Bei der Verwendung dieses Merkblatts gelten die nachfolgenden Begriffsdefinitionen und Begriffserläuterungen.

Abstandhalter

Abstandhalter dienen zur Sicherstellung der Betonüberdeckung. Zum Einsatz kommen üblicherweise punkt-, linien- oder flächenförmige Einbauteile aus Beton, Faserbeton, Kunststoff etc.

Anker

Transportanker

Transportanker sind technische Einbauteile zur Lastaufnahme bei Transport und Montage.

Schalungsanker

Schalungsanker stellen insbesondere bei großflächigen Elementen sicher, dass der beim Betonieren entstehende Frischbetondruck zielsicher durch die Schalelemente aufgenommen werden kann. In Fertigteilen kommen sie selten zur Anwendung.

Ansichtsfläche

Die Ansichtsfläche ist nach der Fertigstellung und dem Einbau des Fertigteils sichtbar. Zu beachten ist, ob nach der Montage noch Bekleidungen (Fassadenverkleidungen im Außenbereich, Tapeten/Fliesen im Innenbereich) angebracht oder Decken abgehängt werden. Nur bei solchen Ansichtsflächen, bei denen die Betonoberflächen in der Nutzungsphase sichtbar sind, handelt es sich um Sichtbetonflächen.

Ausschalfrist

Die Ausschalfrist ist die Zeitspanne zwischen dem Betonieren und dem Entfernen der Schalung. Der Ausschalzeitpunkt wird durch den Hersteller festgelegt und richtet sich nach der angestrebten Betondruckfestigkeit zum Ausschalzeitpunkt und den Lagerungsbedingungen.

Bauteil

Aus mindestens einem oder mehreren Elementen zusammengesetzter, von einem Standpunkt sichtbarer Teil eines Bauwerks, z.B. eine Wand (Bewertungsabschnitt).

Als Bauteil bezeichnet man einen tragenden oder nichttragenden, raumumschließenden oder einzelstehenden Teil eines Bauwerkes im Bezug zu einem Raum. Im Falle eines Gebäudes sind dies zum Beispiel jede Art von Wänden, Stützen, Bodenplatten und Decken. Eine Geschossdecke besteht somit aus einer Vielzahl von Bauteilen. Über jedem Raum des Geschosses befindet sich jeweils ein Bauteil.

Betonüberdeckung

Kürzester Abstand von der Oberfläche der Bewehrung zur Betonoberfläche. Der Nominalwert der Betonüberdeckung c_{nom} ist auf den Plänen anzugeben und setzt sich aus Mindestwert c_{min} und dem Vorhaltemaß Δc_{dev} zusammen.

Ebenheit

Höhenunterschiede innerhalb einer definierten Fläche.

Einfüllseite

Geschalte und im Fertigteilwerk hergestellte Fertigteile haben eine Einfüllseite, die für den Einbau des Betons in die Schalung notwendig ist. Am Betonfertigteil ergibt sich daraus eine ungeschalte Oberfläche. Auch diese kann eine Sichtbetonfläche sein. Zwischen geschalten Flächen und ungeschalten Flächen bestehen fertigungsbedingt optische Unterschiede.

Elemente

Ein Element oder mehrere Elemente können Bestandteil eines Bauteils sein, so kann sich z. B. eine Wand aus einem oder mehreren Wandelementen zusammensetzen.

Erprobungsbauteil

Großformatige gesondert hergestellte Bauteile, aus denen ggf. eine Referenzfläche festzulegen ist. Die Herstellung von Erprobungsbauteilen ist eine besondere Leistung nach DIN 18331 [12] und zu vergüten.

Erprobungsplatte

Gesondert hergestellte kleinformatige Platten zur ersten Visualisierung der zu vereinbarenden Oberflächenbeschaffenheit. Vertragliche Festlegungen für die herzustellende Oberflächenbeschaffenheit des Sichtbeton-Fertigteils nur auf Grundlage von kleinformatigen Erprobungsplatten wird nicht empfohlen.

Fertigteil, Betonfertigteil

Werkmäßig, an einem anderen Ort als dem endgültigen Verwendungsort hergestellte Betonbauteile.

Fugen

Fugen ergeben sich zwingend, wo Elemente aneinanderstoßen oder verbunden werden. Sie sind in der Regel dauerhaft sichtbar und sollten daher bereits in der Planung bei der Flächengestaltung berücksichtigt werden. Die Ausführung von Fugen unterliegt primär technischen Notwendigkeiten, kann aber auch unter gestalterischen Gesichtspunkten variiert werden. Mehrere Fugenarten sind zu unterscheiden:

Elementfuge

Fugen zwischen den einzelnen Betonfertigteilelementen im eingebauten Zustand. Je nach Funktion der Betonfertigteilelemente (statisch/ bauphysikalisch) werden die Fugen vergossen, nachträglich abgedichtet oder können auch offenbleiben.

Bauwerksfuge

Fuge zwischen Bauwerksabschnitten. Sie gleicht eventuell auftretende Setzungen aus und verhindert Schallbrücken zwischen den Gebäudeteilen.

Bewegungsfuge (Dehnfuge)

Eine Bewegungsfuge soll Spannungsrissen vorbeugen. Wird eine zu große zusammenhängende Fläche erzeugt, können z. B. durch den Einfluss von Verformungen oder Temperaturunterschieden Risse auftreten. Bei mehrschichtigen Bauteilen ist es wichtig, dass die Bewegung in allen Schichten ermöglicht wird.

Trennfuge

Fuge zwischen Bauteilen, die gezielt vorgesehen wird, um eine Trennung zwischen den Bauteilen zu erreichen, z. B. zur akustischen Entkopplung.

Scheinfuge

Scheinfugen sind in der Regel keine Fugen im vorgenannten Sinn. Sie stellen keine Verbindung zwischen zwei Elementen, Bauteilen oder Bauwerken dar, sondern werden in einem Element angeordnet. Bei Sichtbetonbauwerken erfolgt dieses oftmals aus optischen Gründen, um eine ästhetisch ansprechende Gliederung einer Fläche durch Fugen auch dort zu erreichen, wo aus technischer Sicht eine Fuge nicht erforderlich ist.

Fugenplan

Plan in dem die Fugen ganzheitlich zur Planung und zur Beschreibung der späteren Ansicht dargestellt werden. Der Fugenplan muss sowohl die technischen als auch die ästhetischen Anforderungen berücksichtigen und vereinen. Nach Abschluss der Planung sollte der Fugenplan sowohl die Lage und Breite der Fugen als auch ihre Art und Ausführung beinhalten.

Grat

Langgestreckte Erhebung auf einer sonst glatten und ebenen Fläche, ggf. auch mit unregelmäßigem Verlauf.

Kiesnest

Lokal auftretende Fehlstelle durch einen Mangel an Feinanteilen und Zement bzw. Zementleim.

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung des jungen Betons dient zur Sicherstellung einer ausreichenden Festigkeitsentwicklung, zur Ausbildung einer dichten sowie dauerhaften Betonoberfläche und zum Schutz der Betonoberfläche vor schädigenden äußeren Einwirkungen. Je nach vereinbarten Anforderungen an die Sichtbetonfläche und den vorliegenden witterungsbedingten Einflüssen sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

Oberfläche, Betonoberfläche

Geschalte Oberfläche

Oberfläche eines Betonfertigteils, die im Produktionsprozess gegen eine Schalung betoniert wurde. Die Textur der geschalten Oberfläche ergibt sich als Negativ der Schalung.

Ungeschalte Oberfläche

Oberfläche eines Betonfertigteils, die im Produktionsprozess als Einfüllseite genutzt wurde. Die Textur der ungeschalten Oberfläche ergibt sich durch die Oberflächenbearbeitung des Frischbetons, z. B. durch händisches oder maschinelles Glätten.

Oberflächenbearbeitung

Oberflächenbearbeitung ist die Möglichkeit zur Gestaltung der Oberflächen durch eine gesonderte Bearbeitung. Zu unterscheiden ist die Bearbeitung der Frischbetonoberfläche an ungeschalteten Oberflächen und die Oberflächenbearbeitung am erhärteten Beton.

Übliche Oberflächenbearbeitungen am Frischbeton der ungeschalteten Oberfläche sind zum Beispiel:

- händisches oder
- maschinelles Glätten

Übliche Oberflächenbearbeitungen am erhärteten Beton sind zum Beispiel:

- Säuern
- Waschen
- Strahlen
- Steinmetzmäßige Bearbeitung

Weitere seltener verwendete Möglichkeiten der Oberflächenbearbeitung können auch DIN 18500-1 [8] entnommen werden.

Oberflächenbehandlung

Oberflächenbehandlung ist das nachträgliche Auftragen oder Vergüten der Sichtflächen durch oder mit z. B.

- Wachsen, Ölen;
- Versiegeln;
- Imprägnieren;
- Hydrophobieren / Graffitischutz;
- Lasieren;
- Nanokompositen.

Poren

Kleine Hohlräume, die beim Mischen des Frischbetons und Einbringen in die Schalung entstehen und anschließend nicht, beziehungsweise nur unzureichend durch Verdichtungsenergie oder Entlüften ausgetragen werden. Poren können insbesondere bei vertikal betonierten und bei ungeschalteten Oberflächen sichtbar werden. Poren können nicht vollständig vermieden werden. Ob eine Beeinträchtigung der Qualität der Sichtbetonfläche vorliegt, hängt hierbei auch von der vereinbarten Sichtbetonklasse ab. Poren sind charakteristisch für Betonoberflächen und stellen nicht generell eine Beeinträchtigung der Sichtbetonfläche dar.

Referenzfläche

Die aus den Erprobungsbauteilen gewählte Referenzfläche gilt später als Bewertungsgrundlage zur Abnahme und Beurteilung der Sichtbetonfläche des fertig gestellten Bauwerks. Dabei ist zu beachten, dass das Aussehen von Referenzflächen nicht toleranzfrei reproduzierbar ist.

Risse

Risse sind im Betonbau nicht vollständig zu vermeiden. Technisch stellen sie nur dann einen Mangel dar, wenn bestimmte Rissbreiten überschritten sind. Ob eine Beeinträchtigung der

Qualität der Sichtbetonfläche vorliegt, hängt von der Ausprägung des Risses/der Risse und den Anforderungen an die Sichtbetonfläche ab.

Schalung

Die Schalung für Betonfertigteile besteht üblicherweise aus einer Unterkonstruktion und der Schalungshaut. Die Schalung ist die Negativform zum Betonfertigteil.

Schalungshaut

Betonberührende Fläche der Schalung. Die Schalungshaut hat den größten Einfluss auf die spätere Sichtbetonfläche, da diese ein direktes Abbild der Schalungshaut darstellt. Das Saugverhalten des Schalungshautmaterials hat einen großen Einfluss auf die Helligkeit, Farbtonunterschiede und das Absanden der Oberfläche.

Schalungsstoß

Stoßstelle von miteinander verbundenen Schalungselementen. Schalungsstöße zeichnen sich oftmals auf der Betonoberfläche ab.

Schalungshautstoß

Stoßstelle von auf einer Unterkonstruktion montierten Schalungshäuten. Der Schalungshautstoß zeichnet sich in der Regel weniger stark ab als der Schalungsstoß.

Schalboden

Meist horizontale Schalung an der während des Betoniervorgangs unteren Seite des Fertigteils.

Seitenschalung / Randschalung

Seitliche Schalung während des Betoniervorgangs, die den Frischbetondruck während des Einbringens des Betons ohne Verformungen sicher aufnehmen muss.

Sichtbetonflächen

Betonoberfläche mit festgelegten Eigenschaften in Bezug auf das Aussehen, vgl. Ansichtsfläche.

Sichtbetonklassen

Die vier Sichtbetonklassen stellen aufeinander abgestimmte Anforderungsniveaus bestimmter relevanter Parameter, wie z. B. Textur, Poren, Farbtongleichmäßigkeit, Ebenheit, Fugen etc. dar. Die auszuwählende Sichtbetonklasse resultiert aus den Ansprüchen, die der Planer bzw. Auftraggeber vorgibt. Die Wahl der Sichtbetonklasse hat auch einen erheblichen Einfluss auf den Aufwand für Planung und Herstellung und die sich daraus ergebenden Kosten.

Sichtbetonteam

Gruppe von Personen (z. B. Auftraggeber, Architekten, Planer, Fertigteilhersteller, Bauunternehmen, usw.) die maßgeblich für den Projekterfolg der geplanten Sichtbetonflächen verantwortlich sind.

Textur

Geometrische Gestalt einer Betonoberfläche (rau, glatt, strukturiert, eben). Die Textur wird von der Schalungshaut, der Geschlossenheit der Betonoberfläche (Poren), Fehlstellen (Lunker, Kiesnester) sowie herstellbedingt durch Gitter an Schalungshautstößen oder

Ankerstellen beeinflusst. Die Textur der ungeschalteten Oberfläche eines Betonfertigteils unterscheidet sich herstellbedingt von der Textur der geschalteten Oberflächen des Betonfertigteils.

Verfärbungen

Farbabweichungen, die eine Vielzahl unterschiedlicher Ursachen haben können. Manche können mit wenig Aufwand vermieden werden, andere lassen sich nur mit hohem Aufwand begrenzen. Zu unterscheiden sind

Hell-/Dunkelverfärbungen / Wolkenbildung

Hell-/Dunkelverfärbungen verursacht durch Ausgangsstoffe, Schalungshaut, Trennmiteleinsetzung, Verdichtung, Nachbehandlung und Witterung.

Blauverfärbungen

Bei Verwendung von Hüttensand als Zementbestandteil oder Zusatzstoff können Blauverfärbungen auftreten. Diese sind jedoch meist temporär und gehen mit der Zeit zurück.

Rost- und Schmutzflecken

Rost und Schmutzflecken können z. B. durch eine schadhafte oder verschmutzte Schalungshaut oder durch Flugrost von der Bewehrung entstehen.

Marmorierungen

Fleckige Verfärbungen an der Betonoberfläche, die zwischen randnahen, großen Gesteinskörnern und der Schalung entstehen können.

Bewehrungsschatten

Meist gitterförmige Verfärbungen an der Betonoberfläche, die während der Verdichtung zwischen der Bewehrung und der Schalung entstehen können.

w/z-Wert

Massenverhältnis des wirksamen Wassergehaltes zum Zementgehalt im Frischbeton.

4. Grundlagen für das Bauen mit Sichtbetonfertigteilen

4.1 Allgemeines

Bauen mit Sichtbetonfertigteilen erfordert eine vorlaufende Planung und eine Zusammenarbeit von Planer, Bauherr und Fertigteilhersteller, um die in der Planung festgelegten Eigenschaften zu erhalten.

Bei Fertigteilen unterscheidet sich oftmals die Ausrichtung des Fertigteils bei der Herstellung von der späteren Ausrichtung im Bauwerk. So werden beispielsweise Wände oftmals liegend hergestellt. Dadurch ist eine Seite der Wand ungeschalt, vgl. **Abbildung 4.1**. Dieser Umstand muss bei der Planung zwingend berücksichtigt werden.



Abbildung 4.1: Händisches Glätten einer ungeschalteten Einfüllseite

Bei Elementwänden aus separat hergestellten Betonschalen **[ggf. Bild ergänzen]** sind in der Regel beide Wandflächen schalungsglatt.

Nach dem Erhärten und Ausschalen zeigt sich an den Oberflächen des Bauteils eine Schicht aus Zementstein und Feinanteilen, die das Abbild der verwendeten Schalung bzw. bei der Einfüllseite das Ergebnis der ausgewählten Oberflächenbearbeitung des Frischbetons widerspiegelt.

Die Gestaltung der Oberfläche kann durch folgende Maßnahmen erfolgen:

Für geschaltete Oberflächen:

- Eigenschaften, Struktur und Gestaltung der Schalungshaut (raue oder glatte Schalung, Matrizen etc.)
- Größe und Anordnung von Schalelementen (bei großflächigen Fertigteilen)

Für die ungeschalteten Oberflächen:

- maschinelle oder händische Oberflächenbearbeitung (z. B. Glätten)

Für geschaltete und ungeschaltete Flächen:

- Gestaltung durch Elementgrößen

- Einlagen in der Schalung (Eckleisten, etc.)
- Farbe (abhängig von Zement, Gesteinskörnung, Pigmenten etc.)
- Anordnung von Ankern (z. B. Transportanker)
- Gestaltung durch nachträgliche Bearbeitung des Festbetons nach DIN 18500-1 [8]

Allgemeine Hinweise

- Anforderungen an das Aussehen der Sichtbetonflächen sind in den bautechnischen Unterlagen (Leistungsbeschreibung, Element- und Fugenplan etc.) bzw. besonderen Vereinbarungen durch den Planer anzugeben.
- Das verwendete Schalmaterial und die Art der Oberfläche haben einen Einfluss auf das Erscheinungsbild der Betonoberflächen.
- Bei der Schalungshaut ist die Zulässigkeit von Bohr-, Nagel- und Schraublöchern, Kratzern, Zementschleiern, Betonresten, Reparaturstellen, lokales Aufquellen sowie leichte Beschädigungen etc. in Abhängigkeit der Sichtbetonklasse zu berücksichtigen.
- Verwendete Trennmittel können Auswirkungen auf die Farbe und die Oberflächenbeschaffenheit der Sichtbetonflächen des Fertigteils und/oder auf nachträglich aufgebraute Beschichtungen haben.
- Ankerstellen (Schalungsanker, Transportanker, Montagehilfen) und/oder Verschluss der Ankerlöcher sind zwischen Auftraggeber und Hersteller abzustimmen
- Die Wahl des Schalungssystems und die Befestigung der Schalungshaut sind Sache des Ausführenden. Wird eine auf der Betonoberfläche nicht sichtbare rückwärtige Befestigung der Schalungshaut gewünscht, ist dieses in der technischen Beschreibung anzugeben.
- Einflüsse auf die Sichtbetonflächen durch Umgebungstemperatur, Ausschallfristen, Lagerung, Bewitterung, Transport und Montage der Fertigteile sollen entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Sichtbetonklasse begrenzt werden. Eine weitergehende Vermeidung solcher Einflüsse über die Vorgaben der Sichtbetonklasse hinaus, kann einen erheblichen Mehraufwand erfordern.
- Farbtonunterschiede sind auch bei Berücksichtigung aller Vorgaben nicht gänzlich auszuschließen, da es sich bei den verwendeten Ausgangsstoffen nahezu ausschließlich um Naturprodukte handelt, die natürlichen Farbschwankungen unterliegen.

4.2 Ungeschalte Oberflächen (Einfüllseiten)

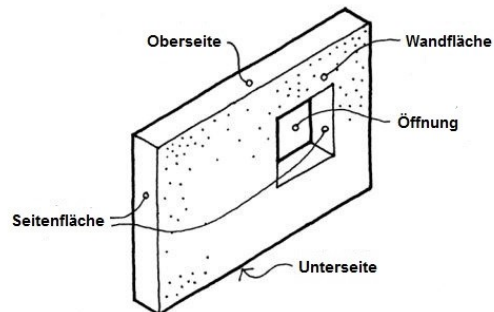
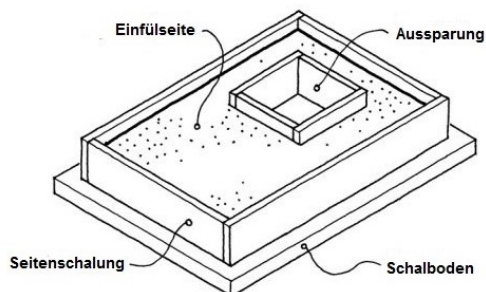
Einer der zentralen Vorteile bei der Herstellung von Betonfertigteilen liegt darin, dass diese nicht in der gleichen Ausrichtung betoniert werden müssen, in der sie im Bauwerk eingebaut werden. Dadurch können z. B. die Betonierhöhe reduziert und Betonier- oder Verdichtungsfehler vermieden werden. Um diese Vorteile nutzen zu können, werden Fertigteile, insbesondere Stützen oder Wandelemente, vorwiegend liegend betoniert. Daraus ergibt sich, dass der Beton über eine Seitenfläche in die Schalung eingefüllt wird. Diese Seitenfläche wird als ungeschalte Oberfläche ausgeführt.

Besonders zu beachten ist, dass bei der ungeschalteten Oberfläche nicht die gleichen Oberflächeneigenschaften hergestellt werden können, wie bei den geschalteten Seiten des Fertigteils. Bereits in der Planungsphase sollte deshalb festgelegt werden, welche Flächen des Fertigteils später welche Sichtbetonanforderungen erfüllen und welche Flächen folglich

gegen eine Schalung betoniert oder als ungeschalte Oberflächen ausgeführt werden sollen. Wenn es die Positionierung von Fertigteilen im Bauwerk zulässt, sollte daher bei der Planung versucht werden, Sichtflächen, die gemeinsam sichtbar sind, einheitlich als geschalte oder ungeschalte Sichtflächen auszuführen. Das ist zum Beispiel bei Außen- und Eckstützen der Fall, wenn zwei oder drei Seiten der Stützen nach innen sichtbar sind, die andere(n) jedoch außen durch eine vorgesetzte Fassade verdeckt werden. Auch die verschiedenen Seiten von Wänden sind oftmals nicht gleichzeitig sichtbar. Bei nebeneinander liegenden Räumen bietet es sich aber für ein gleichmäßiges Erscheinungsbild an, die raumumschließenden Wände eines Raumes möglichst einheitlich als geschalte oder ungeschalte Oberflächen auszubilden. Ist im Bauwerk generell nur ein Teil der Oberflächen eines Fertigteils als Sichtbetonflächen sichtbar, z. B. bei nachträglich aufgetragenen Bekleidungen, wie Wärmedämmverbundsystemen, Vorsatzschalen, Fassadenplatten oder Putzen, sollten für diese nicht sichtbar bleibenden Fertigteiloberflächen auch keine Sichtbetonanforderungen festgelegt werden. Sofern keine produktionsbedingten Gründe dagegensprechen, bietet es sich regelmäßig an, für diese Flächen ohne Sichtbetonanforderungen die ungeschalteten Oberflächen vorzusehen.

Im Folgenden eine exemplarische Übersicht zur Ausrichtung von Fertigteilen während der Betonage und den resultierenden geschalteten und ungeschalteten Flächen (ungeschaltete Einfüllseiten bzw. ungeschaltete Oberflächen sind punktiert dargestellt):

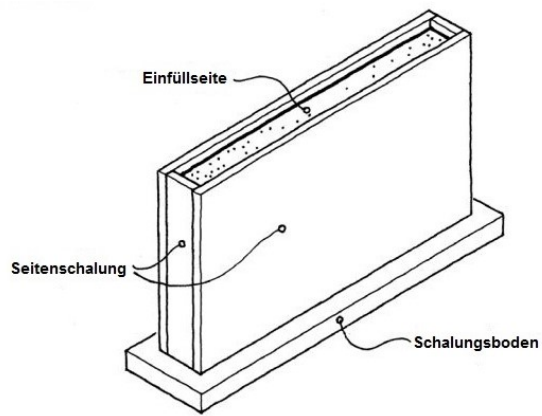
Wände



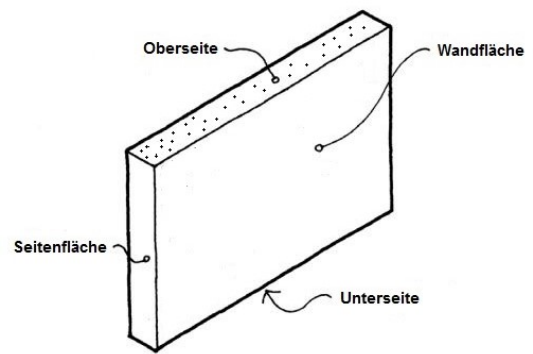
Herstellung

Fertigteil

Abbildung 4.2: Wandelement, liegend betoniert (Regelbauweise)



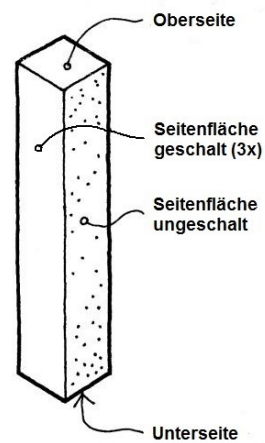
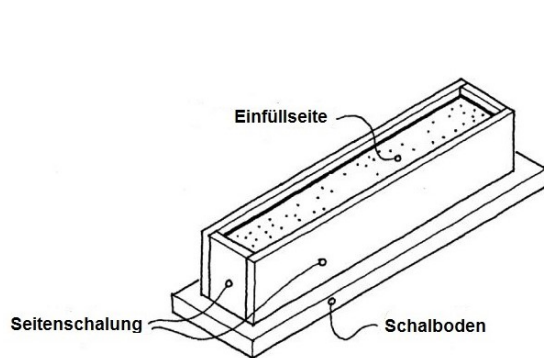
Herstellung



Fertigteil

Abbildung 4.3: Wandelement, stehend betoniert (Sonderbauweise)

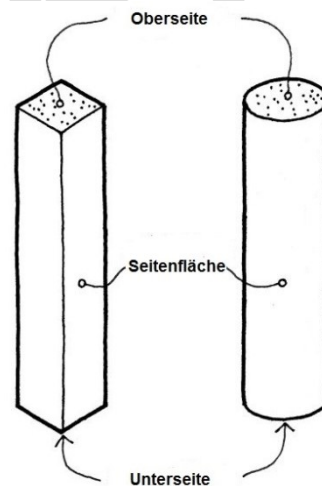
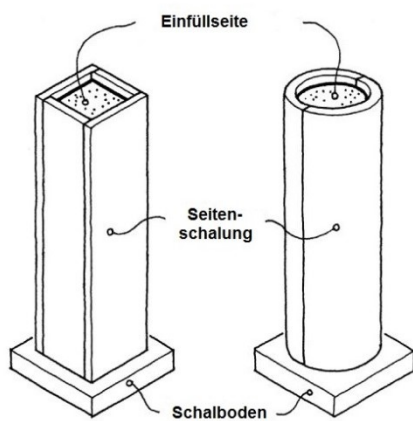
Stützen



Herstellung

Fertigteil

Abbildung 4.4: Stütze, liegend betonierte (Regelbauweise)

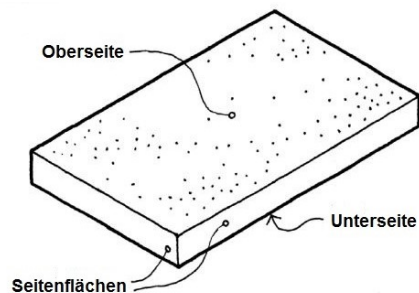
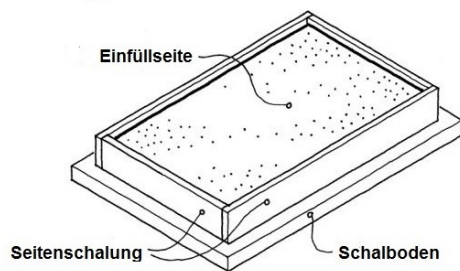


Herstellung

Fertigteil

Abbildung 4.5: Stütze, senkrecht betonierte (Sonderbauweise)

Decken



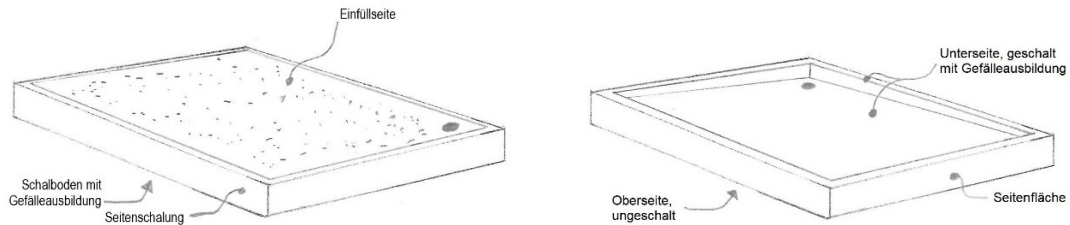
Herstellung

Fertigteil

Abbildung 4.6: Decke, liegend betonierte

Bei Decken (Vollplatten, TT-Platten, Spannbetonhohldecken, Elementdecken) sind in der Regel nur die Unterseiten Ansichtsflächen.

Balkonplatten



Herstellung

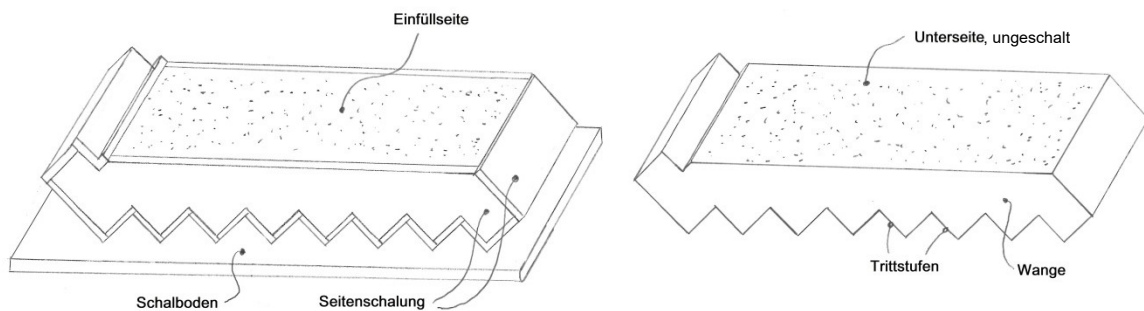
Fertigteil

Abbildung 4.7: Balkonplatte, im Negativverfahren betoniert

Treppen und Podeste

Herstellung

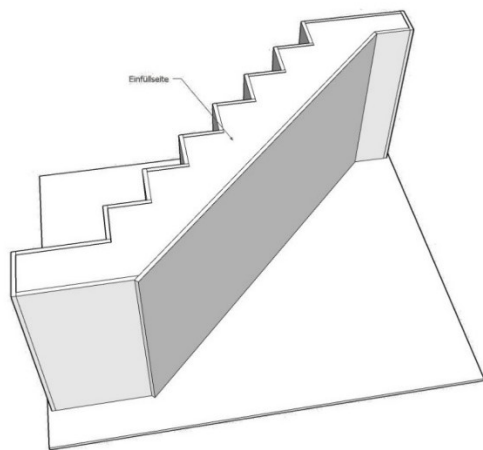
Fertigteil



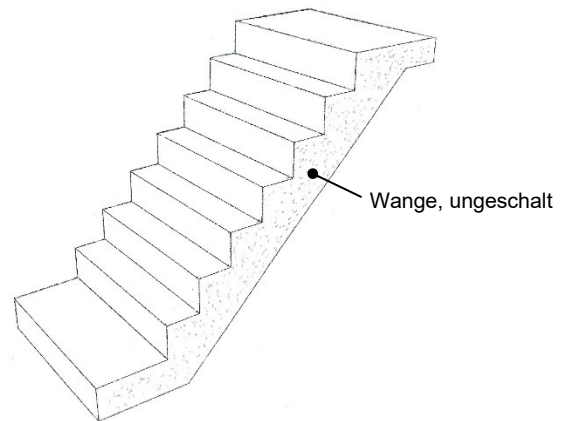
Herstellung

Fertigteil

Abbildung 4.8: Treppe im Negativverfahren betoniert

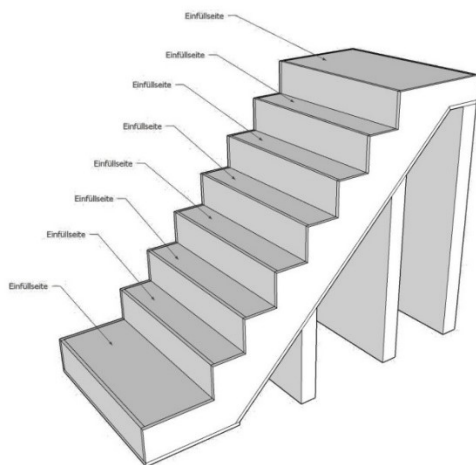


Herstellung

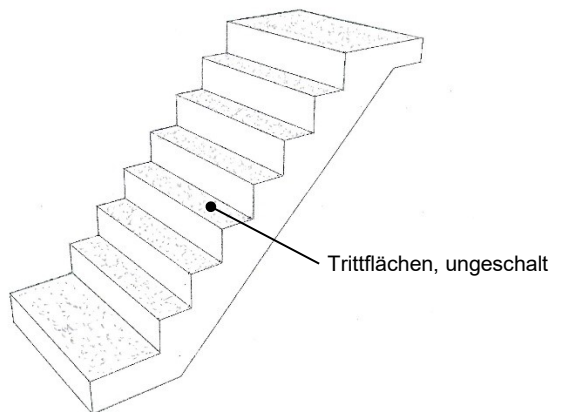


Fertigteil

Abbildung 4.9: Treppe, auf der Wange stehend betoniert (Sonderbauweise)



Herstellung



Fertigteil

Abbildung 4.10: Treppe, im Positivverfahren betoniert

Zum Transport der Treppen und insbesondere zur Montage auf der Baustelle müssen in der Regel Transportanker eingebaut werden. Diese sind dann im eingebauten Zustand im Normalfall an der späteren Oberseite der Treppe sichtbar vorhanden.

Podeste werden in der Regel wie Deckenplatten hergestellt. Bei Podesten ist daher meistens eine Sichtfläche eine ungeschaltete Oberfläche.

4.3 Entwurfsplanung

Der Planer sollte bereits beim Entwurf die sich aus Herstellung und Transport ergebenden Randbedingungen kennen und beachten. Eine Aufgabe der Planung ist die umfassende und eindeutige Beschreibung der Sichtbetonflächen der Fertigteile. In der Planungsphase ist hierbei zu definieren, wie die einzelnen Sichtbetonflächen (geschalte und ungeschalte Oberflächen) aussehen sollen. Hierzu können wesentliche gestalterische Anforderungen (Textur, Farbton, Ebenheit etc.) aber auch Anforderungen zu Lagerung und Transport gemäß **Kapitel 5** dieses Merkblatts durch die Festlegung einer Sichtbetonklasse beschrieben werden. Die Gliederung von Sichtbetonflächen durch die Größe der einzelnen Betonfertigteile, die Fugenausbildung und z. B. die Positionierung von Ankern (auch Transport- und Montageanker) ist im Rahmen der Planung ebenfalls zu berücksichtigen. Besondere gestalterische Vorgaben sind gegebenenfalls zu beschreiben.

Festlegungen hinsichtlich Zusammensetzung, Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons liegen in der Verantwortung des Herstellers. In einer Ausschreibung für Sichtbetonflächen sind solche Festlegungen nur in Ausnahmefällen zu berücksichtigen, z. B. bei einer nachträglichen Oberflächenbearbeitung.

4.4 Kommunikation

Zur Herstellung hochwertiger Sichtbetonflächen sind ein optimaler Kommunikationsprozess und ein ungehinderter Informationsaustausch zwischen allen am Bau Beteiligten erforderlich.

Im Vergleich zur Ortbetonbauweise ist bei Betonfertigteilen die Zahl der an der Bauausführung Beteiligten in der Regel geringer, da Beton, Schalung, Bewehrung und Betoniervorgang in einer Hand liegen. Daher bestehen hier weniger Schnittstellen.

Bei der Organisation der Abläufe ist die gesamte Qualitätskette von der Herstellung über die Lagerung, den Transport, eine etwaige Zwischenlagerung bis zur Montage der Fertigteile zu betrachten.

Von besonderer Bedeutung ist auch der Schutz von Sichtbetonflächen gegen Einflüsse aus dem weiteren Bauablauf und nachfolgenden Gewerken. Hier ist eine entsprechende Sensibilisierung aller Beteiligten anzustreben.

Zielsetzung des Kommunikationsprozesses ist die Erarbeitung von Festlegungen für die Planung, Werkplanung, Herstellung und Montage von Sichtbetonfertigteilen unter Einbeziehung der projektspezifischen Randbedingungen.

Aufgaben und Zuständigkeiten innerhalb des Kommunikationsprozesses können Anhang A entnommen werden.

In einigen Fällen empfiehlt es sich, weitere Beteiligte, z. B. Hersteller von Einbauteilen, von Bewehrungen oder von Transportankern, in den Kommunikationsprozess einzubinden.

ANMERKUNG:

Der aufgabenbezogene Abstimmungs- bzw. Kommunikationsprozess wird von der Person gestartet, die in Tabelle A.1, Spalte 3 bis 12 als verantwortlich („V“) gekennzeichnet ist. Diese Person soll den Kommunikationsprozess auch koordinieren oder einen Verantwortlichen hierfür benennen.

5. Sichtbetonklassen und Oberflächenfestlegungen

5.1 Allgemeines

Mit den Sichtbetonklassen SB 1-FT bis SB 4-FT sollen die Anforderungen an geschalte und ungeschalte Sichtbetonflächen verschiedener Qualitätsstufen sowohl für ausschreibende Stellen und Architekten als auch für den Ausführenden bzw. den Hersteller umfassend beschreibbar und bewertbar sein. Zunächst werden hierfür die Ansprüche an die Oberflächen und Merkmale der einzelnen Sichtbetonklassen definiert. Der Ausschreibende sollte die gewählte Sichtbetonklasse hinsichtlich ihrer erforderlichen Qualität kritisch hinterfragen. Die Wahl einer hohen Sichtbetonklasse hat aufgrund der hohen Qualitätsansprüchen zwangsläufig höhere Kosten zur Folge. Werden die Fertigteile noch bekleidet oder abgehängt, sind Sichtbetonanforderungen in der Regel entbehrlich.

Bei einer gewünschten nachträglichen Bearbeitung oder einem gewünschten individuellen Erscheinungsbild der Betonoberfläche sind zusätzliche und deutlich spezifischere Festlegungen erforderlich. Diese können von einer Klassensystematik nicht hinreichend erfasst werden. Stattdessen sind zur Erreichung des angestrebten Erscheinungsbildes der Betonoberflächen umfassende Absprachen zwischen Planer/Bauherr und Hersteller sowie sich daraus ergebende individuelle Festlegungen erforderlich.

In der Praxis können an einem Fertigteile auch verschiedene Sichtbetonklassen relevant werden. Beispiele hierfür sind Wände oder Decken, bei denen oft nur auf einer Seite Anforderungen an die Sichtbetonqualität der Oberfläche zu stellen sind. Auch bei Stützen sind oft nicht alle Seiten im Einbauszustand sichtbar. Daher sollte bereits in der Planungsphase für jede Seite festgelegt werden, ob eine Sichtbetonanforderung besteht und wenn ja welche, also z. B. welche Sichtbetonklasse.

Bei unterschiedlichen Anforderungen an die Sichtbetonqualität sollten diese auch im Planungs- und Herstellprozess bei der Wahl der Einfüllseite berücksichtigt werden. Die Einfüllseite weist als ungeschalte Oberfläche abweichende Oberflächeneigenschaften auf.

In den folgenden Abschnitten werden die Anforderungen an Sichtbetonflächen erläutert, Maßnahmen für die zielgerichtete Herstellung aufgezeigt und Kriterien für die abschließende Bewertung genannt. Die Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Sichtbetonklassen mit einer kurzen Erläuterung und Beispielen.

Tabelle 1: Übersicht der Sichtbetonklassen für Fertigteile (in Anlehnung an [1])

Sichtbetonklasse	Sichtbetonansprüche	Erläuterung	Beispiele:
SB 1-FT	gering	Geringe Ansprüche an die Qualität der sichtbaren Fläche. Mindestqualität ohne ausgeprägte Gestaltungsabsicht.	Gewerbliche Kellerwände, Gebäude/Räume mit vorwiegend gewerblicher/funktionaler Nutzung
SB 2-FT	normal	Normale Ansprüche an die Qualität der sichtbaren Fläche. Planung mit einer bestimmten Gestaltungsabsicht.	Wohnkeller, Treppenhäuser, Stützwände
SB 3-FT	hoch	Hohe Ansprüche an die Qualität der sichtbaren Fläche. Planung mit grundlegender Gestaltungsabsicht und hoher Erwartung an die Übereinstimmung des Ergebnisses mit der gestalterischen Vorstellung.	Wohnräume, Fassaden, Aufenthaltsräume
SB 4-FT	sehr hoch (projektspezifisch)	Sehr hohe Ansprüche mit besonders anspruchsvoller Gestaltungsabsicht und detaillierter projektspezifischer Beschreibung des angestrebten	Besonders repräsentative Bereiche, hohe gestalterische Anforderung

	Erscheinungsbildes.	
--	---------------------	--

Je höher die Sichtbetonklasse gewählt wird, umso höher sind die damit verbundenen Kosten. Dazu tragen nicht nur höhere Herstellkosten, sondern auch ein erhöhter Aufwand bei Planung, Transport und Montage bei.

Die Sichtbetonklassen dienen der Beschreibung der gestalterischen Eigenschaften einer sichtbar bleibenden Fertigteiloberfläche. Sie beschreiben keine technischen Voraussetzungen für Folgegewerke, wie z. B. tapezierfertig, malerfertig.

5.2 Sichtbetonklassen für Betonfertigteile

Die in den Tabellen 2 und 3 aufgeführten Anforderungen beziehen sich auf alle als Sichtbetonoberflächen ausgewiesenen Flächen eines Fertigteils. Im Zuge der Planung kann zwischen den Beteiligten abgestimmt werden, ob bei Teilflächen, die im eingebauten Zustand nicht sichtbar sind, Abweichungen von der Sichtbetonqualität zulässig sind.

Von der individuellen Zusammenstellung von Einzelkriterien aus unterschiedlichen Sichtbetonklassen sollte abgesehen werden. Diese führen meist zu einem Mehraufwand, vergleichbar dem der höheren Sichtbetonklasse.

Hinweis:

Für die Beurteilung des Erreichens einer vereinbarten Sichtbetonklasse ist stets der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche das maßgebende Kriterium, nicht die Einzelmerkmale. Nur wenn der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche gestört ist, soll durch die Überprüfung der Einhaltung von vereinbarten Einzelmerkmalen festgestellt werden, ob eine Nachbesserungspflicht durch den Hersteller besteht.

5.2.1. Geschalte Seite

Klassifizierung und Beurteilung von geschalten Flächen bei Fertigteilen nach diesem Merkblatt orientieren sich am DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton [1]. Nachfolgend werden in Tabelle 2 die Anforderungen und Eigenschaften aus dem DBV/VDZ-Merkblatt mit den Ergänzungen für Fertigteile aufgeführt.

5.2.2 Ungeschalte Seite

Zur Einteilung und Bewertung der ungeschalten Oberflächen (Einfüllseite) von Betonfertigteilen gelten die Anforderungen und Eigenschaften der nachstehenden Tabelle 3.

Tabelle 2: Sichtbetonanforderungen an die geschalteten Oberflächen von Betonfertigteilen (in Anlehnung an [1])

Sp	1		2	3		4		5	6	7	8	9	10	11	
Z	Sichtbeton- klasse	Beispiele	Anforderungen an die geschaltete Sichtbetonfläche nach Klassen bezüglich						Weitere Anforderungen			Erprobungs- bauteile	Herstellkosten		
			Textur	Porigkeit ²⁾		Farbtongleichmäßig- keit innerhalb der FT- Fläche ²⁾		Ebenheit	Arbeitsfugen und Schalungsstöße	Schalungs- haut	Lagerung			Transport	
				s	ns	s	ns								
1	Geringen Anforderung	SB 1- FT	Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderungen	T1	P1	P1	FT1	FT1	E1	AF1	SHK1	L1	TP1	Freigestellt	Niedrig
2		Sichtbeton mit Normalen Anforderung	SB 2- FT	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen	T2	P2	P1	FT2	FT2	E1	AF2	SHK2	L1	TP1	Empfohlen
3	Sichtbeton mit Besonderen Anforderungen		SB 3- FT	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen	T2	P3	P2	FT2	FT2	E2	AF3	SHK2	L2	TP2	Dringend empfohlen
4		SB 4- FT	Betonflächen mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen	T3	P4	P3	FT3	FT2	E3	AF4	SHK3	L2 ¹⁾	TP2 ¹⁾	erforderlich	Sehr hoch
¹⁾ Bei SB 4-FT kann L3 und/oder TP3 projektspezifisch mit dem Hersteller vereinbart werden. Der Mehraufwand ist zu vergüten. ²⁾ Saugende Schalung (s) oder nicht saugende Schalung (ns) nach Wahl des Herstellers.															

Tabelle 3: Sichtbetonanforderungen an die ungeschalte Seite von Betonfertigteilen

Sp			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z	Sichtbeton- klasse		Beispiele	Anforderungen an die ungeschaltete Sichtbetonfläche nach Klassen bezüglich				Weitere Anforderungen		Erprobungsbaut eile	Herstellkosten
				Textur ungeschaltete Oberfläche	Porigkeit	Farbtongleichmäßi- gkeit innerhalb der FT- Fläche	Ebenheit	Lagerung	Transport		
1	Sichtbeton mit Normalen Anforderung	SB 1- FT	Betonflächen mit geringen gestalterischen Anforderungen	TE1	P2	FT1	E1	L1	TP1	Freigestellt	Niedrig
2		SB 2- FT	Betonflächen mit normalen gestalterischen Anforderungen	TE2	P3	FT1	E1	L1	TP1	Empfohlen	Mittel
3		SB 3- FT	Betonflächen mit hohen gestalterischen Anforderungen	TE2	P4	FT2	E2	L2	TP2	Dringend empfohlen	Hoch
4		SB 4- FT	Betonflächen mit besonders hohen gestalterischen Anforderungen	TE3	P4	FT2	E3	L2 ¹⁾	TP2 ¹⁾	Erforderlich	Sehr hoch
¹⁾ Bei SB 4-FT kann L3 und/oder TP3 projektspezifisch mit dem Hersteller vereinbart werden. Der Mehraufwand ist zu vergüten.											

5.3 Anforderungen aus den Sichtbetonklassen

5.3.1 Textur

Die Textur beschreibt die geometrische Gestalt der Betonoberfläche. Diese kann durch verschiedene Einflüsse, z. B. von der Schalung oder aus dem Betonier- und Verdichtungsvorgang, lokal von der angestrebten Ausführung abweichen.

Die nachfolgenden Anforderungen gelten für geschalte Oberflächen:

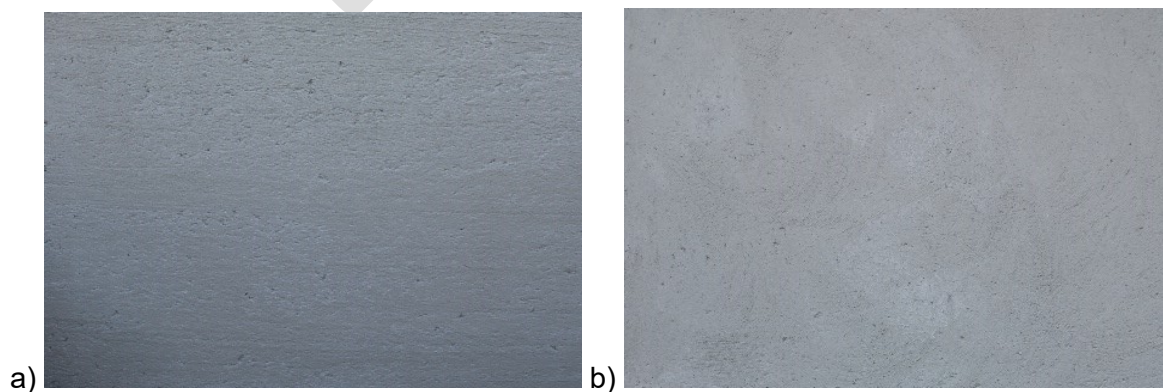
Tabelle 4: Texturanforderungen geschalte Oberflächen (aus [1])

Anforderungsklasse	Anforderungen
T1	- weitgehend geschlossene Zementleim- bzw. Mörteloberfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 20 mm Breite und ca. 10 mm Tiefe zulässig - Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen
T2	- geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 10 mm Breite und ca. 5 mm Tiefe zulässig - Höhe verbleibender Grate bis ca. 5 mm zulässig - Rahmenabdruck des Schalungselements zugelassen
T3	- glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Betonfläche - in den Schalungsstößen ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis ca. 3 mm Breite zulässig - feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca. 3 mm zulässig - weitere Anforderungen (z. B. an Anker Ausbildung, Schalungshautstöße, Kantenverschlüsse) sind detailliert festzulegen

Ungeschalte Oberflächen können nach dem Betonieren bearbeitet und ggf. gestaltet werden. Für ungeschalte Sichtbetonoberflächen gelten daher die Texturanforderungen nach **Tabelle 5**.

Das Bearbeiten und Gestalten von ungeschalten Oberflächen kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Das Erscheinungsbild wird maßgeblich vom Aufwand beeinflusst, der in den Prozess investiert wird. Durch Störstellen und in Randbereichen kann es lokal zu optischen Abweichungen kommen. Folgende Verfahren sind üblich und bauen oftmals aufeinander auf:

- Abziehen
- Abreiben
- Glätten
- Feinglätten, auch zwei- oder dreifaches Glätten genannt
- Flügelglätten (maschinell)
- Rollen (z. B. Lammfellrolle)
- Besenstrich



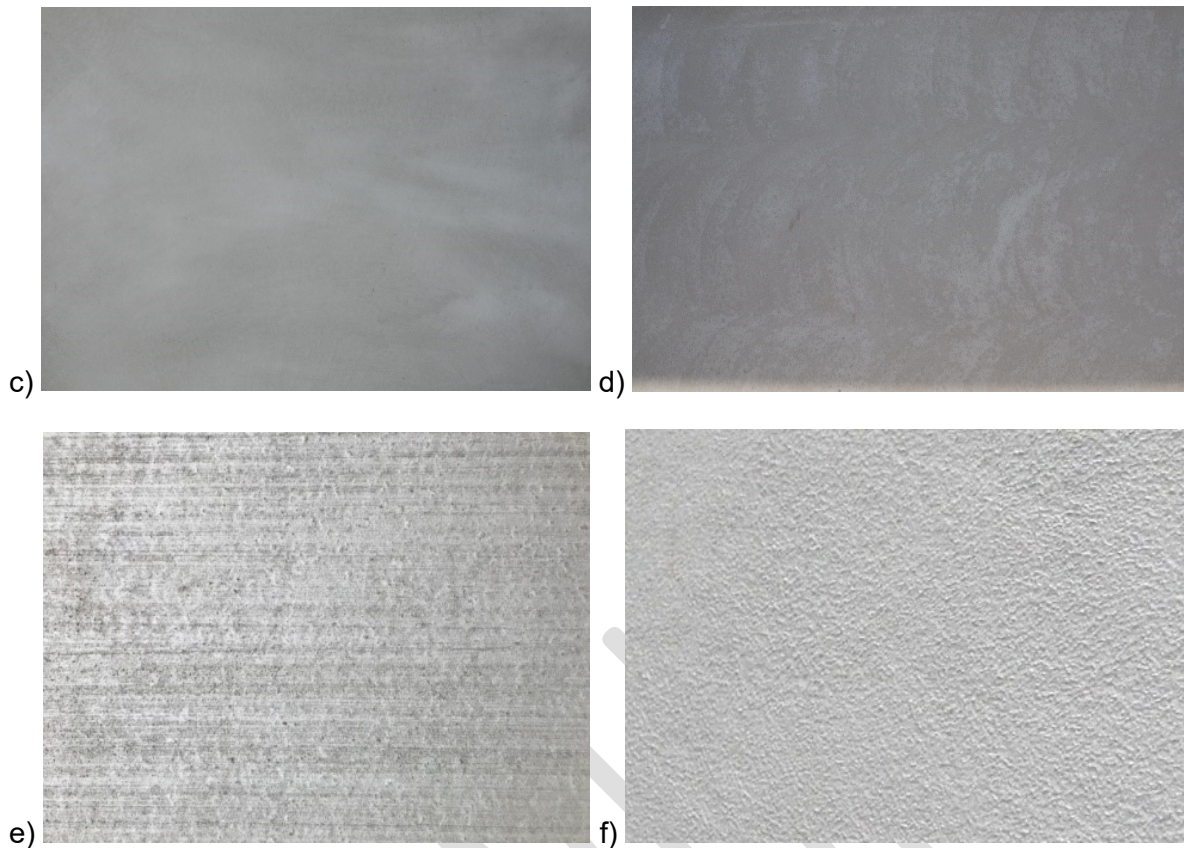


Abbildung 5.1: Beispiele zum Erscheinungsbild ungeschalteter Oberflächen – a) abgezogen – b) abgerieben – c) feingeglättet – d) flügelgeglättet – e) Besenstrich – f) gerollt

Die Darstellungen in **Abbildung 5.1** sind beispielhaft. Das tatsächliche Erscheinungsbild variiert in Abhängigkeit z. B. von der Betonzusammensetzung, der Ausführung, dem Betrachtungswinkel und dem Lichteinfall.

Die nachfolgenden Anforderungen gelten für ungeschaltete Oberflächen (Einfüllseiten):

Tabelle 5: Texturanforderungen ungeschaltete Oberflächen

Anforderungsklasse	Anforderungen
TE1	- die Oberfläche zeigt Spuren der Abziehlatte - Ansätze und Übergänge der Reibebewegung mit dem Reibebrett sind sichtbar - die Oberflächenstruktur ist nicht einheitlich („Apfelsinenhaut“)
TE2	- sorgfältig geglättete Oberflächen - Ansätze der Glättbewegungen sind sichtbar - eine leichte Apfelsinenhautstruktur der Oberfläche ist zulässig - Höhe verbleibender Grate bis ca. 5 mm zulässig
TE3	- glatte, geschlossene, weitgehend gleichmäßige und einheitlich bearbeitete Betonoberflächen - feine, technisch unvermeidbare Grate bis ca. 3 mm an den Kanten und Fasen zulässig - die Beseitigung von Abweichungen durch den Hersteller ist zulässig, vgl. Abschnitt 10.2

5.3.3 Porigkeit

Die Anforderungen hinsichtlich der Porigkeit ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle 6. An der ungeschalteten Oberfläche ist, bedingt durch die übliche Nachbearbeitung, von einer geringeren Porigkeit auszugehen. In der Regel werden auch am Schalboden geringere Flächenanteile mit Poren belegt sein als an den aufgehenden Seitenschalungen. Bei zum Betonfertigteil geeigneten Randschalungen (vgl. **Abbildung 5.2**) kann hingegen ein erhöhter Porenanteil nicht sicher ausgeschlossen werden.

Tabelle 6: Anforderungen an die Porigkeit (aus [1])

Anforderungsklasse	Anforderungen
	Porenanteil mit Porendurchmesser d in den Grenzen $2\text{ mm} < d < 15\text{ mm}$ gemessen an einer repräsentativen Prüffläche von $500\text{ mm} \times 500\text{ mm}$
P1	$\leq \text{ca. } 3000\text{ mm}^2$ maximaler Porenanteil (ca. 1,2 % der Prüffläche)
P2	$\leq \text{ca. } 2250\text{ mm}^2$ maximaler Porenanteil (ca. 0,9 % der Prüffläche)
P3	$\leq \text{ca. } 1500\text{ mm}^2$ maximaler Porenanteil (ca. 0,6 % der Prüffläche)
P4	$\leq \text{ca. } 750\text{ mm}^2$ maximaler Porenanteil (ca. 0,3 % der Prüffläche)



Abbildung 5.2: Zum Betonfertigteilelement geeignete Randschalung (links) kann zu Poren/Lunkern an der Oberfläche führen (rechts)

5.3.4 Farbtongleichmäßigkeit

Die Kriterien für die Farbtongleichmäßigkeit innerhalb einer Fertigteilansichtsfläche richten sich nach Tabelle 7.

Tabelle 7: Anforderungen an die Farbtongleichmäßigkeit (aus [1])

Anforderungsklasse	Anforderungen
FT1	Hell-/Dunkelverfärbungen sind zulässig, Schmutzflecken sind unzulässig
FT2	Gleichmäßige, großflächige Hell-/Dunkelverfärbungen in der Flächenfärbung sind zulässig. Schmutzflecken sind unzulässig. Unterschiedliche Betonausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft sind unzulässig. Bei geschalteten Oberflächen sind auch unterschiedliche Arten der Vorbehandlungen der Schalungshaut unzulässig.
FT3	Zulässig sind geringe Hell-/Dunkelverfärbungen (z.B. leichte Wolkenbildung, geringe Farbtonabweichungen). Unzulässig sind Schmutzflecken, deutlich sichtbare Schüttlagen, sowie Verfärbungen, verursacht z.B. durch Ausgangsstoffe verschiedener Art und Herkunft, unterschiedliche Art und Vorbehandlung der Schalungshaut und ungeeignete Nachbehandlung des Betons.

Selbst bei höchster Sorgfalt kann herstellungsbedingt eine Farbtongleichmäßigkeit auf der ungeschalteten Oberfläche nicht garantiert werden.

Entsprechend der Klasse sind Hell-/Dunkelverfärbungen (Wolkenbildung, Marmorierungen, Bewehrungsschatten) in unterschiedlichem Umfang zulässig. Eine Vereinheitlichung der Farbe kann durch geeignete Maßnahmen zur Nachbearbeitung von Beton (z. B. Säuern, Feinwachen, Feinstrahlen, vgl. **Abschnitt 5.5.3**) erreicht werden, die allerdings weitere Einflüsse auf das Erscheinungsbild haben. Daher ist die Nachbearbeitung von Betonoberflächen ggf. von vornherein durch den Planer festzulegen und gesondert zu vergüten. Eine Farbtongleichmäßigkeit lässt sich bei hellen Betonen einfacher herstellen als bei dunklen Betonen.

Sofern ein Bauteil aus mehreren Fertigteilen erstellt wird, können Farbtonunterschiede zwischen den einzelnen Fertigteilen auftreten, da das Erscheinungsbild nicht toleranzfrei reproduzierbar ist. Schwankungen in den Eigenschaften der Ausgangsstoffe und zulässige Abweichungen in der Betonzusammensetzung sind unvermeidbar.

Setzt sich ein Bauteil aus mehreren Fertigteilen der Sichtbetonklasse SB 4-FT zusammen und soll es eine möglichst einheitliche Farbgebung aufweisen, müssen besondere Maßnahmen ergriffen werden, z. B. Bevorratung von Ausgangsstoffen oder besondere Festlegungen für die Arbeitsabläufe. Hier ist zwischen Auftraggeber und Hersteller abzustimmen, welche Maßnahmen erforderlich sind und mit welchen zusätzlichen Kosten diese verbunden sind.

5.3.5 Ebenheit

Die Angaben zur Ebenheit aus der Tabelle 8 gelten bei Betonfertigteilen nur für das einzelne Betonfertigteil. Ist ein Bauteil aus mehreren Betonfertigteilen zusammengesetzt, sind die Ebenheitsanforderungen nicht für Versätze zwischen den Betonfertigteilen anzuwenden. Hier gilt **Abschnitt 5.4.2** Elementfugen.

Tabelle 8: Anforderungen an die Ebenheit von Oberflächen (in Anlehnung an [1])

Anforderungsklasse	Anforderungen
E1	gemäß DIN 18202 [16] Tabelle 3 Zeile 5
E2	gemäß DIN 18202 [16] Tabelle 3 Zeile 6
E3	gemäß DIN 18202 [16] Tabelle 3 Zeile 6 Höhere Ebenheitsanforderungen sind gesondert zu vereinbaren, dafür erforderliche Aufwendungen und Maßnahmen sind detailliert festzulegen.

Insbesondere bei sehr schlanken Betonfertigteilen können im Lagerzustand temporär größere Verformungen als in den vorgenannten Klassen E1- E3 auftreten. Maßgeblich ist die Ebenheit im eingebauten Zustand.

Wenn bei einem Bauteil Sichtbetonflächen planmäßig nicht eben sind (z. B. Überhöhungen) gelten die Ebenheitsanforderungen für diese Bauteile nicht.

5.3.6 Arbeitsfugen und Schalungsstöße

Arbeitsfugen innerhalb von einzelnen Betonfertigteilen, z. B. bei mehreren Betonierabschnitten, können bei bestimmten Geometrien nicht oder nicht wirtschaftlich vermieden werden. Arbeitsfugen und Schalungsstöße an einem Fertigteil werden wie in Tabelle 9 beschrieben behandelt. Werden zwei oder mehrere Fertigteile zu einem Bauteil zusammengefügt, handelt es sich nicht um Arbeitsfugen. Stattdessen gilt für diese Verbindung der Fertigteile der **Abschnitt 5.4.2** Elementfugen.

Tabelle 9: Anforderungen an Arbeitsfugen und Schalungshautstöße innerhalb eines Fertigteils (aus [1])

Anforderungsklasse	Anforderungen
	Arbeitsfugen und Schalungshautstöße bleiben in AF 1 bis AF4 sichtbar
AF1	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 10 mm zulässig.
AF2	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 10 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorherigen Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o. ä. empfohlen.
AF3	Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 5 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorherigen Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden. In Arbeitsfugen werden Trapezleisten o. ä. empfohlen.
AF4	Planung der Detailausführung erforderlich. Versatz der Flächen im Fugen- bzw. Stoßbereich bis ca. 3 mm zulässig. Feinmörtelaustritt auf dem vorherigen Betonierabschnitt sollte rechtzeitig entfernt werden.

	Weitere Anforderungen (z. B. Ausbildung von Arbeitsfugen und Schalungshautstößen) sind detailliert festzulegen.
--	---

5.3.7 Schalungshautklasse

Die Schalungshaut ist für das Erscheinungsbild einer Sichtbetonfläche von besonderer Bedeutung. Dies gilt sowohl aus gestalterischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht. Da sie das Negativ der späteren Sichtbetonoberfläche darstellt, zeichnen sich Veränderungen der Schalungshautoberfläche auf der Sichtbetonoberfläche ab. Schalungen werden in der Regel mehrfach verwendet, weshalb sich bestimmte Veränderungen, z. B. der Farbe oder der Struktur der Oberfläche des Sichtbetons, nicht oder nur bedingt vermeiden lassen. Übliche Anforderungen an die Schalungshaut können nach **Tabelle 10** definiert werden.

Tabelle 10: Anforderungen an die Schalungshaut (nach [1])

	1	2	3	4
	Merkmal	Schalungshautklasse ¹⁾		
		SHK1	SHK2	SHK3
1	Bohrlöcher	mit Kunststoff- oder Holzstöpseln oder mit geeignetem Reparaturverfahren verschließen	als Reparaturstellen zulässig ²⁾	nicht zulässig ³⁾
2	Nagel- und Schraublöcher	zulässig	ohne Absplitterungen zulässig	nicht zulässig ³⁾
3	Beschädigung der Schalungshaut durch Innenrüttler	zulässig	nicht zulässig ³⁾	nicht zulässig
4	Kratzer	zulässig	in SB 2-FT leichte Kratzer bis 1 mm Tiefe zulässig, sonst als Reparaturstellen zulässig ²⁾	nicht zulässig ³⁾
5	Beton- und Mörtelreste ⁶⁾	keine flächigen Anhaftungen	nicht zulässig	nicht zulässig
6	Zementschleier	zulässig	zulässig	nicht zulässig ⁴⁾
7	Aufquellen der Schalungshaut in Schraub- bzw. Nagelbereichen oder Welligkeit an Kantenflächen („Ripplings“)	zulässig	in SB 2-FT zulässig, in SB 3-FT nicht zulässig ⁴⁾⁵⁾	nicht zulässig ⁵⁾

¹⁾ Die Schalungshaut ist vor jedem Einsatz auf ihren definierten Zustand hin zu überprüfen
²⁾ Reparaturen an der Schalungshaut sind sach- und fachgerecht durch qualifiziertes Personal vorzunehmen.
³⁾ als Reparaturstellen²⁾ in Abstimmung mit dem Auftraggeber zulässig
⁴⁾ nach Absprache mit dem Auftraggeber zulässig
⁵⁾ zu tolerieren sind werkstoffbedingte Dickentoleranzen im Kantenbereich
⁶⁾ Beton- oder Mörtelreste in Nagellöchern und zwischen Schalungshaut und Elementkante sind zulässig
Erfahrungen zeigen, dass Auftraggeber häufig größere Toleranzen der Merkmale einer Schalungshaut zulassen. Soweit von den Fußnoten ³⁾ und ⁴⁾ dieser Tabelle Gebrauch gemacht wird, ist eine Absprache oder Abstimmung mit dem Auftraggeber erforderlich. Diese sollte spätestens im Angebotsstadium getroffen werden bzw. erfolgen.

5.3.8 Lagerung

Die im Werk vorgefertigten Elemente werden dort üblicherweise zwischengelagert. Der Hersteller hat dafür Sorge zu tragen, dass die Anforderungen nach **Tabelle 11** eingehalten werden.

Obwohl mit Fertigteilen eine just-in-time Lieferung auf die Baustelle möglich ist, kann es durch bauseitige Verzögerungen oder Zwischenfälle dazu kommen, dass angelieferte Fertigteile nicht direkt eingebaut werden können, sondern auf der Baustelle zwischengelagert werden müssen. Auch hierbei müssen je nach Sichtbetonklasse Maßnahmen ergriffen werden, um die Anforderungen nach **Tabelle 11** einzuhalten.

Tabelle 11: Anforderung an die Lagerung

Anforderungskategorie	Anforderungen
-----------------------	---------------

L 1	Verfärbungen, Verformungen und Abzeichnungen durch z. B. Lagerhölzer, Noppen, Wasserläufer usw. sind zulässig
L 2	Leichte Verfärbungen und leichte Abzeichnungen sind zulässig
L 3	Keine Verfärbungen, keine Abzeichnungen an den Sichtflächen

Wird eine vor Witterung geschützte Lagerung gewünscht, ist dieses zwischen Auftraggeber und Hersteller abzustimmen und zu vergüten.

5.3.9 Transport

Bei Transporten können neben witterungsbedingten Einflüssen auch mechanische Einflüsse die Qualität des Sichtbetons beeinflussen. Das gilt für betriebsinterne Transporte, den Weg zur Baustelle oder Transporte auf der Baustelle. Beim Transport sind die Fertigteile so zu sichern, dass alle zu berücksichtigenden Kräfte sicher aufgenommen werden können und die Ladung nicht verrutscht oder beschädigt wird. Hierdurch können an den Kontaktstellen des Fertigteils mit den Mitteln zur Ladungssicherung, dem Fahrzeugaufbau oder Transporteinrichtungen leichte Verfärbungen entstehen. Hinweise zur Ladungssicherung können auch der Empfehlung zur Ladungssicherung von Betonprodukten auf Straßenfahrzeugen [14] entnommen werden. Die Anforderungen hinsichtlich Beeinträchtigungen durch den Transport können **Tabelle 12** entnommen werden.

Tabelle 12: Anforderungen an den Transport

Anforderungsklasse	Anforderungen
TP1	Verfärbungen, Verformungen und Abzeichnungen von z. B. Lagerhölzer, Noppen, Antirutschmatten, Kantenschutz usw. sind zulässig
TP2	Leichte Verfärbungen und leichte Abzeichnungen sind zulässig
TP3	Individuell festzulegende Anforderungen und Maßnahmen, die über TP1 und TP2 hinausgehen. TP3 sollte nur in gesonderten Vereinbarungen geregelt werden

Wird ein vor Witterung geschützter Transport gewünscht, ist dieses zwischen Auftraggeber und Hersteller abzustimmen und zu vergüten.

5.3.10 Erprobungsbauteile

Die Herstellung von Erprobungsbauteilen wird für SB 2-FT empfohlen, für SB 3-FT dringend empfohlen und ist für SB 4-FT in der Regel erforderlich. Alle relevanten Sichtbetonanforderungen sind an diesen Erprobungsbauteilen zu erfassen (z. B. Eckausbildung, Farbe, Oberflächenbearbeitung geschalte/ungeschalte Seite, ggf. Ankerlöcher und Schalungshautstöße, usw.). Aus den Erprobungsbauteilen wird eine Referenzfläche mit den Ergebnisanforderungen ausgewählt. Anzahl und Vergütung der Erprobungsbauteile sind vertraglich zu vereinbaren.

5.4 Ergänzende Anforderungen an die Sichtbetonbauteile

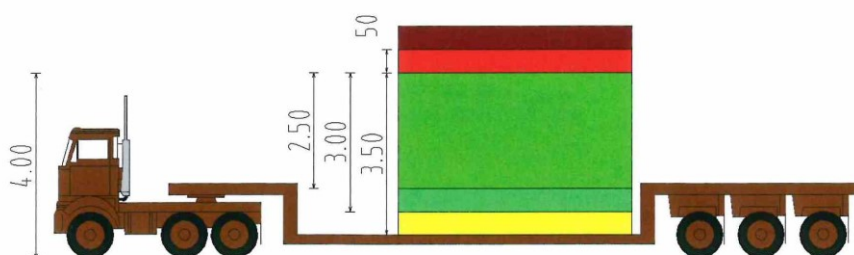
5.4.1 Flächengestaltung, Elementgrößen und Fugenplan

Durch die Wahl der Elementgrößen bei Fertigteilen kann die Optik des fertig gestellten Sichtbetonbauteils maßgeblich gestaltet werden. Gängige Elementgrößen resultieren neben den Bauwerksabmessungen auch aus den üblichen Transportabmessungen.

Für den Straßentransport sind in der Straßenverkehrsordnung Einschränkungen in Bezug auf die Länge, Breite, Höhe sowie das Gesamtgewicht von Fahrzeugen bzw. Fahrzeugkombinationen festgelegt. Sobald diese Grenzen überschritten werden, muss eine Ausnahmegenehmigung beantragt werden. Solche Ausnahmegenehmigungen sind behördliche Einzelfallentscheidungen, die von den Streckengegebenheiten abhängig sind. Insofern können die nachfolgend aufgeführten Angaben über Längen-, Breiten-, Höhen- und Gewichtsbeschränkungen keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit haben. Um die genannten Werte praktikabler zu machen, werden Bauteilabmessungen genannt, wobei übliche Abmaße und Gewichte von Fahrzeugen berücksichtigt sind. Auch diese können im Einzelfall abweichen.

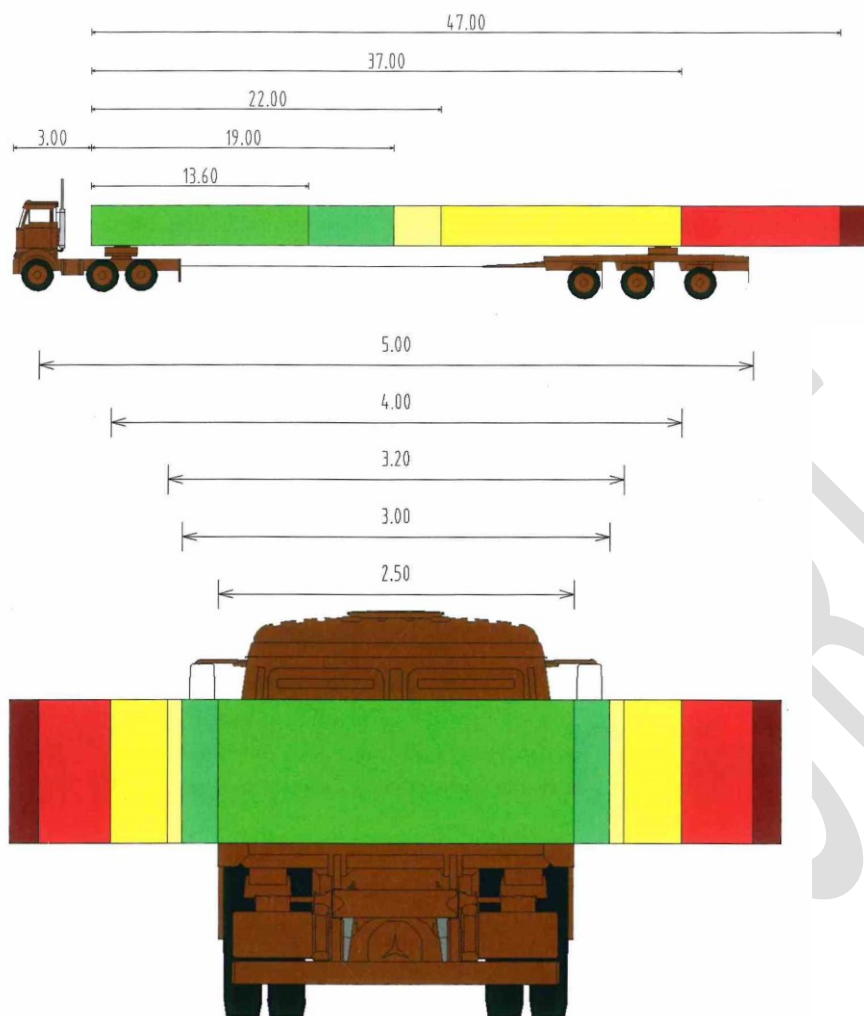
Die in den nachfolgenden Grafiken angegebenen Maße dienen daher ausschließlich der Orientierung. Im Zuge der Objektplanung sollte der Aspekt der möglichen Transportabmessungen zwischen den Beteiligten und ggf. den genehmigenden Behörden frühzeitig thematisiert werden. Das gilt insbesondere für größere Bauteilabmessungen, die den grünen Bereich nach den nachfolgenden **Abbildungen 5.4 und 5.5** überschreiten, da etwaige erforderliche Transportgenehmigungen neben zusätzlichen Kosten auch zusätzliche Risiken für die Einhaltung von Lieferterminen bedeuten können.

Weiterhin ist zu beachten, dass bei zunehmender Bauteilgröße neben dem Transport auch die Montage anspruchsvoller wird. Dies betrifft insbesondere die Zufahrtsmöglichkeiten zur Baustelle wie die Baustelleneinrichtung selbst. Hierzu zählen sowohl die verfügbare Krankapazität als auch Hilfsmittel wie Stützen oder Traggerüste, die auf die Bauteilabmessungen und -gewichte abgestimmt werden müssen.



- Transport mit normalem Fahrzeug
- Transport mit speziellem Auflieger
- Transport mit Tiefbettfahrzeug/Innenlader, Länge begrenzt
- Transport mit Einzelgenehmigung nur auf wenigen geeigneten Strecken (ausreichende Brücken-, Ampel-, Oberleitungshöhe)
- Transport nur in Einzelfällen möglich und sinnvoll

Abbildung 5.3: Schematische Darstellung von möglichen Bauteilhöhen beim Straßentransport, ggf. auch Innenlader darstellen



- Transport ohne besondere Vorgaben
- Transport mit geringem zusätzlichem Aufwand, z. B. Dauerausnahmegenehmigung
- Transport mit Einzelgenehmigung, Tag und Nacht möglich
- Transport mit Einzelgenehmigung und Begleitfahrzeug, nur nachts
- Transport mit Einzelgenehmigung und aufwendiger Begleitung mit engerer zeitlicher Einschränkung, nur auf geeigneten Strecken
- Transport nur in Einzelfällen möglich und sinnvoll

Abbildung 5.4: Schematische Darstellung von möglichen Bauteillängen und -breiten beim Straßentransport

5.4.2 Elementfugen

Zur besseren Verständigung zwischen dem Planenden, dem Bauherren und dem Hersteller der Betonfertigteile sollte bereits frühzeitig die Elementierung festgelegt und visualisiert werden. Dieser verdeutlicht, wie die spätere Optik des Gebäudes durch die Fugen mitgestaltet wird, vgl. Abbildung 5.5.



Abbildung 5.5: Darstellung der Gestaltung eines Gebäudes durch Elementierung und Fugen
© TCHOBAN VOSS Architekten

Elementfugen sind jeweils projektspezifisch zu definieren. Sie stellen ein entscheidendes Gestaltungsmerkmal dar. Zu beachten sind dabei Herstellungstoleranzen, Einbautoleranzen und die spätere Fugenausbildung unter Berücksichtigung der technischen und gestalterischen Anforderungen. Die Herstellungstoleranzen für Fertigteile richten sich in der Regel nach DIN EN 13369 [4] in Verbindung mit DIN V 20000-120 [5]. Für das Bauwerk gelten die Anforderungen nach DIN 18202 [16]. Beide Normen berücksichtigen jedoch vorwiegend technische Belange und keine ästhetischen. Bei hohen gestalterischen Anforderungen ist daher in der Planung zu prüfen, ob ggf. strengere Anforderungen an die Toleranzen der Betonfertigteile und insbesondere auch an die Ausführung angrenzender Bauteile zu stellen sind.

Fugen dienen neben der Gestaltung auch dem Ausgleich von Maßtoleranzen und Verformungen. Diese beziehen sich nicht nur auf die Betonfertigteile, sondern auch auf andere Gewerke, durch die es bei der Montage zu Abweichungen von den Nennmaßen der Fugen kommt. Sollen strengere Anforderungen an die Fugenbreiten gestellt werden, als in den technischen Regelwerken vorgegeben, sind diese strengeren Anforderungen auch bei den weiteren Gewerken vorzugeben. Fugenbreiten und Toleranzen können auch bei größter Sorgfalt nicht beliebig reduziert werden. Auf die Relation zwischen Nennfugenbreite und Toleranzen ist zu achten.

Die Fugenausbildung am Sichtbetonbauteil kann je nach Wunsch mit Fase, dreieckförmig oder gerundet, oder auch scharfkantig hergestellt werden. Eine als scharfkantig beschriebene Kante darf leicht abgeschrägt oder abgerundet sein. Ihr horizontales oder vertikales Maß darf 2 mm nicht überschreiten. Eine abgeschrägte Kante mit mehr als 2 mm Schräge muss als Fase beschrieben werden. Je nach Ausführungsart können sich die Herstellungskosten sowie die Kosten für einen notwendigen Kantenschutz während Lieferung, Lagerung, Montage und Bauzeit deutlich unterscheiden.

Die Fugen im fertiggestellten Bauwerk können je nach technischen und gestalterischen Anforderungen offenbleiben oder nachträglich geschlossen werden. Häufig kommen ein dauerelastischer Verschluss oder Quellbänder zum Einsatz. Diese Fugen (Wartungsfugen) müssen während der Lebensdauer inspiziert und im Bedarfsfall erneuert werden.

Näheres zur Ausführung von Fugen kann den FDB-Merkblättern Nr. 3 zur Planung vorgefertigter Stahlbetonfassaden [17] und Nr. 6 zu Toleranzen und Passungsberechnungen [18] entnommen werden.

Besonderer Sorgfalt bei der Ausführung bedürfen Fugen zwischen Bauteilen, die vergossen werden und Fugen zwischen Elementdecken oder Elementwänden, die mit einer Ortbetonerfüllung hergestellt werden. Hier ist darauf zu achten, dass der nachträglich eingebrachte Vergussmörtel/-beton oder der Ortbeton nicht an den Fugen austritt und die Oberfläche oder Fugengestaltung negativ beeinflusst. Entsprechende Maßnahmen sollten bereits bei der Planung und Ausschreibung der Montagearbeiten berücksichtigt werden.

5.4.3 Transport- und Schalungsanker

Bei der Bauweise mit Betonfertigteilen sind Anker oder Durchführungen, z. B. für die Herstellung, den Transport und die Montage, meist unabdingbar. Werden die Anker oder Durchführungen nicht mehr benötigt, können sie verschlossen werden. Sie bleiben jedoch in der Regel sichtbar und sollten daher bereits in der Planungsphase bei der Flächengestaltung in Art und Lage berücksichtigt werden. Neben dem Verschließen der Öffnungen mit Mörtel als Regelausführung kommen als Alternativen auch passgenaue Verschlussstopfen aus verschiedenen Materialien in Frage. Diese sind im Rahmen der Planung ggf. zu definieren und in der Ausschreibung genau zu spezifizieren. Ausführungsbeispiele können **Abbildung 5.6** entnommen werden.



Abbildung 5.6: Transportanker – mit eingeschraubter Seilschleife (links) – mit Verschlussstopfen aus Kunststoff (mitte) – mit Verschlussstopfen aus Zementmörtel (rechts)

5.4.4 Abstandhalter

Abstandhalter dienen der Positionierung und Lagesicherung der Bewehrung während des Herstellprozesses des Betonbauteils. Durch sie wird auch die für die Dauerhaftigkeit entscheidende Betondeckung sichergestellt. Abstandhalter werden so zwischen Schalung und Bewehrung angeordnet, dass Sie sowohl die Schalung als auch die Bewehrung berühren und deren Abstand gewährleisten. Damit geht einher, dass die Abstandhalter auch an der Sichtbetonoberfläche mehr oder weniger deutlich in Erscheinung treten. Das lässt sich in der Regel nicht vollständig vermeiden und beruht auf verschiedenen Ursachen, z. B. Farbunterschieden zwischen dem Beton und den Abstandhaltern, punktuell veränderten w/z-Werten oder Trennmittelkonzentrationen durch physikalische Effekte im Bereich der

Aufstandsflächen. Grundsätzlich kann der Einfluss der Abstandhalter auf die Gleichmäßigkeit der Betonoberfläche verbessert werden, wenn die Abstandhalter so gewählt werden, dass sie eine möglichst kleine Aufstandsfläche haben und farblich möglichst gut auf den Beton abgestimmt sind. Allerdings kann eine zu geringe Aufstandsfläche der Abstandhalter bei gleichzeitig weicher Schalung dazu führen, dass diese sich in die Schalung eindrücken und dann nach dem Ausschalen aus der Sichtbetonoberfläche heraustreten. Daher sind Anzahl und Art der Abstandhalter auf Beton, Schalung und Bewehrung abzustimmen, um die Einflüsse auf die Betonoberfläche zu minimieren.

5.4.5 Risse

Aus rein ästhetischer Sicht sind Risse an Sichtbetonflächen nicht erwünscht. Fertigteile aus Beton mit monolithischen Oberflächen sind jedoch praktisch nicht rissfrei herstellbar. Die auftretenden Risse bei Betonfertigteilen sind im Normalfall nicht schädlich und beeinträchtigen die optische Erscheinung einer Sichtbetonfläche nur unbedeutend. Bei glatten Strukturen fallen Risse durch Begleiterscheinungen wie Feuchte, Verschmutzungen, Verfärbungen und Kalkausblühung stärker auf als bei strukturierten oder bearbeiteten Flächen. Dort fallen Risse kaum auf.

5.4.6 Wasserableitung

Bei bewitterten Sichtbetonflächen ist für den dauerhaften Erhalt anspruchsvoller ästhetischer Eigenschaften auch ein besonderes Augenmerk auf die Wasserableitung zu richten. Bereits in der Planungsphase sollte berücksichtigt werden, wie insbesondere von horizontalen Flächen, z. B. an Fenstern, Wasser so abgeleitet wird, dass es nicht zu Wasserläufern oder Schmutzfahnen kommt. Hier können Tropfkanten, Überstände oder gezielt ausgebildete Gefälle helfen.

5.5 Erweiterte Gestaltungsmöglichkeiten

Für erweiterte Gestaltungsmöglichkeiten können ggf. auch eine nachträgliche Oberflächenbearbeitung, ein Oberflächenschutz, das Einfärben von Beton, eine besondere Gestaltung der Oberfläche mit Matrizen oder eine betonwerksteinmäßige Oberflächenbearbeitung im Sinne von DIN 18500-1 [8] vereinbart werden.

Je weiter sich die angestrebte gestaltete Betonoberfläche dabei vom Abbild der geschalten oder von der geglätteten Oberfläche entfernt, desto weniger kann dieses durch eine Einstufung in eine der Sichtbetonklasse SB 1-FT bis SB 4-FT abgebildet werden.

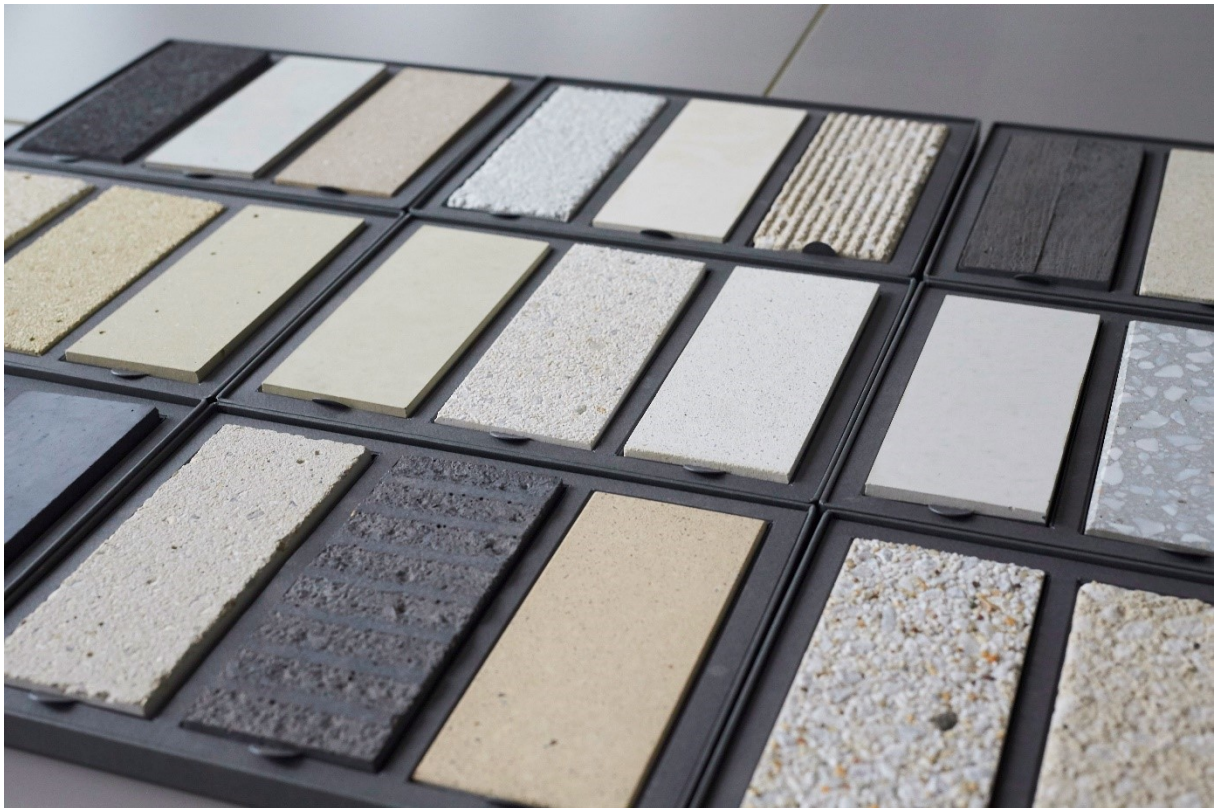


Abbildung 5.7: Erprobungsplatten für verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten

Bei Nutzung dieser erweiterten Gestaltungsmöglichkeiten muss das angestrebte Erscheinungsbild daher stets in einer separaten projektspezifischen Beschreibung definiert werden.

Eine Verknüpfung von Sichtbetonklassen kann erfahrungsgemäß mit folgenden erweiterten Gestaltungsmöglichkeiten sinnvoll sein, wobei ggf. nicht mehr alle Anforderungen nach den Tabellen 2 und 3 sinnvoll anwendbar sind:

- Einfärben von Beton
- Matrizen
- Säuern
- Feinstrahlen
- Feinwaschen
- Lasur
- Oberflächenschutz

Bei nachträglichen Bearbeitungsarten, die die Oberflächengestaltung tiefgehender beeinflussen, insbesondere bei steinmetzartigen Bearbeitungen, haben die Kriterien der Sichtbetonklassen in der Regel keine Relevanz.

5.5.1 Farbliche Gestaltung

Bei geschaltem oder geglättetem Beton tritt an der Oberfläche fast ausschließlich der Zementstein in Erscheinung und prägt das Bild der Oberfläche. Eine Einfärbung von Beton

erfolgt in der Regel durch die Zugabe von Pigmenten nach DIN EN 12878 [19], ggf. in Verbindung mit besonders hellen Zementarten (Hochofenzemente, Weißzemente). Dadurch kann eine gleichmäßigere Farbgebung erreicht werden.



Abbildung 5.8: Beispiele für farbige Betone

Außer durch eine Einfärbung des Betons kann eine farbliche Gestaltung von Sichtbetonoberflächen auch durch pigmentierte Lasuren erreicht werden. Diese erhalten den Charakter der Sichtbetonoberfläche, ermöglichen jedoch farbliche Nuancen. Damit kann einerseits eine Vergleichmäßigung des Erscheinungsbildes erreicht werden, andererseits sind auch farbliche Differenzierungen möglich. Teilweise werden pigmentierte Lasuren auch mit zusätzlichen Oberflächenschutzseigenschaften (vgl. [Abschnitt 5.5.4](#)) angeboten.

5.5.2 Schalungshaut und Matrizen

Als Schalungshaut wird die Oberfläche einer Schalung bezeichnet, welche direkten Kontakt mit dem Frischbeton hat. Besondere Festlegungen zur Schalungshaut sollten frühzeitig geplant und in der Ausschreibung berücksichtigt werden.

Die Qualität der Betonoberfläche wird maßgeblich durch die Schalungshaut definiert.

Sie hat Einfluss auf die Farbgebung (hell/dunkel), die Gleichmäßigkeit und die Oberflächenstruktur und dient somit auch als Gestaltungsmittel.

Zum Einsatz können zum Beispiel Stahlschalungen, Brettschalungen, großformatige Schaltafeln, Kunststoffschalungen, 3D Polystyrolkörper oder auch Matrizen (z.B. aus Polyurethan) kommen.

Gerade bei Holzschalungen ist zu berücksichtigen, dass das Alter, d.h. die Anzahl der Belegungen einen wesentlichen Einfluss auf die Oberfläche nimmt. Das Wasseraufnahmeverhalten ist in Abhängigkeit von der Belegungszahl unterschiedlich und führt somit zu Farbunterschieden. Wenn für ein Fertigteil die Schalung aus mehreren

einzelnen Schalhäuten zusammengesetzt werden muss, ist darauf zu achten, dass alle Schalhäute eine ähnliche Belegungszahl haben. Grundsätzlich werden Holzschalungen bei eher geringen Wiederholungszahlen angewendet.

Für besondere dreidimensionale Formgebungen der Betonfertigteile oder ihrer Oberflächen können Formen aus Polystyrol sowie Matrizen zur Anwendung kommen. Hiermit können Rundungen, Holz- oder Natursteinoberflächen und individuelle Oberflächen aus- bzw. nachgebildet werden.



Abbildung 5.9: Einsatz von Matrizen (links: Schalung mit eingelegter Matrice, rechts: fertig montierte Bauteile in der Fassade)

Matrizen aus Polyurethan zeichnen sich oftmals durch eine hohe mögliche Belegungszahl aus. Schalungen aus Polystyrol können in der Regel nur einmal verwendet werden.

Bei hohen Sichtbetonanforderungen (SB 3-FT optional und SB 4-FT obligatorisch) sollten Auftraggeber und Auftragnehmer Schalungs- und Schalungshautstöße in Abhängigkeit von den Schalungs- und Schalungshautabmessungen gemeinsam planen.

5.5.3 Oberflächenbearbeitung

Erfolgt eine Oberflächenbearbeitung, z. B. durch Säuern, Feinwaschen oder Feinstrahlen, wird die bearbeitete Oberfläche durch die Oberflächengeometrie (Textur) und das Zusammenspiel von Zementstein und Gesteinskörnung geprägt. Unterscheiden sich die Farben von Zementstein und Gesteinskörnung deutlich, kann die Gesteinskörnung durch die nachträgliche Bearbeitung auch das farbliche Erscheinungsbild der Betonoberfläche beeinflussen.

Die Oberflächenbearbeitungen verursachen zusätzliche Kosten und müssen gesondert ausgeschrieben und bemustert werden. Zu den Vorteilen einer Oberflächenbearbeitung gehört, dass der optische Eindruck der Sichtbetonoberflächen an einem Fertigteil oder an zusammengehörenden Fertigteilen homogenisiert werden kann. Herstellungsbedingte Unterschiede zwischen Einfüll- und Schalseiten können mit einer Oberflächenbearbeitung stark verringert werden.

Im Folgenden wird eine kurze Zusammenfassung der häufigsten Bearbeitungsarten für Sichtbetonflächen gegeben:

Säuern

Nach dem Ausschalen werden die zu behandelnden Flächen mit einer Säure in Kontakt gebracht. Die Säure löst den oberflächlichen Zementleim, der dann mit Wasser abgespült wird. Die Arbeitsschritte können wiederholt ausgeführt werden. Da die abgelöste Oberfläche auf wenige Zehntel-Millimeter begrenzt ist, werden dabei nur punktuell die Zuschlagsstoffe des Betons sichtbar. Die Oberfläche wirkt fein strukturiert und matt. Bei Sichtbetonklasse SB 4-FT kann durch Säuern eine weitgehende Egalisierung des Erscheinungsbildes der geschalten und ungeschalten Oberflächen erreicht werden. Der Effekt des Säuerns ähnelt der anfänglichen natürlichen Alterung bewitterter Betonflächen und nimmt diese gleichmäßig und vollflächig vorweg.



Abbildung 5.10: Beispiel für gesäuerte Sichtbetonoberfläche (oben) im Vergleich zur schalungsglaten Ausführung (unten)

Feinstrahlen

Mittels Feinstrahlen wird oberflächlich Zementstein mechanisch entfernt und eine Vergleichmäßigung der Sichtbetonoberfläche erreicht. Zu den wesentlichen Einflussfaktoren gehören u. a. das Strahlgut (Stahl- oder Glaskugeln, Korund, etc.), der Abstand der Düse zur Oberfläche und der Strahldruck. Großen Einfluss auf eine gleichmäßige Oberfläche hat das handwerkliche Geschick des Ausführenden. Die erzeugten Oberflächen ähneln den gesäurten Oberflächen. Bei Sichtbetonklasse SB 4-FT kann durch Feinstrahlen eine weitgehende Egalisierung des Erscheinungsbildes von geschalter und ungeschalter Seite erreicht werden.

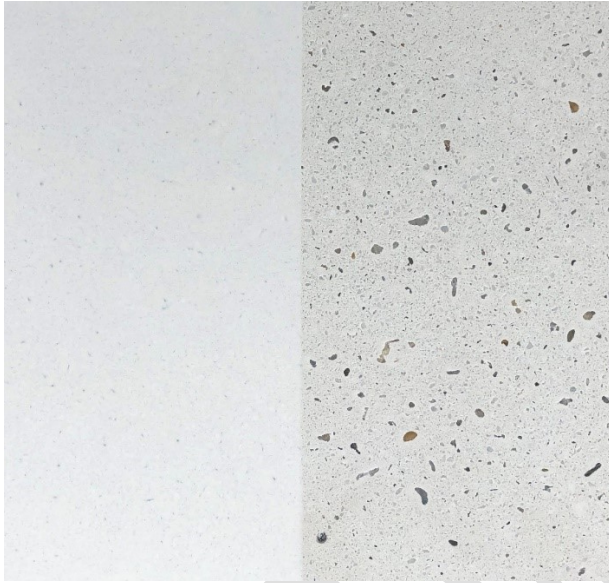


Abbildung 5.11: Beispiel für schalungsglatte (links) und feingestrayhte (rechts) Sichtbetonoberfläche

Feinwaschen

Feinwaschen ist eine Oberflächenbearbeitung, deren Vorbereitung bereits in der Schalung geschieht. Auf die Schalflächen, die später am Fertigteil bearbeitet sein sollen, wird ein Verzögerer aufgetragen, der das Abbinden des Betons verlangsamt. Beim Feinwaschen erreicht man Auswaschtiefen bis maximal 2 mm. Nach dem Ausschalen wird der nicht abgebundene Zementstein mit einem Hochdruckreiniger entfernt. Dadurch werden die Gesteinskörnungen freigelegt. Auch auf der ungeschalteten Oberfläche des Fertigteils ist die Herstellung einer feingewaschenen Oberfläche möglich, indem ein Verzögerer auf den frischen Beton aufgesprüht wird. Bei Sichtbetonklasse SB 4-FT kann durch Feinwaschen eine weitgehende Egalisierung des Erscheinungsbildes von geschalter und ungeschalter Seite erreicht werden.



Abbildung 5.12: Beispiel für feingewaschene, eingefärbte Sichtbetonoberfläche

Die nachfolgenden Bearbeitungsarten kommen ebenfalls häufig vor, sind aber nur bedingt mit der Definition der Sichtbetonklassen vereinbar und müssen separat beschrieben werden. Darüber hinaus sind Bearbeitungsarten mit großen Abtragstiefen hinsichtlich der Betondeckung im Herstellungsprozess zu berücksichtigen.

Strahlen

Mittels Strahlen kann eine große Bandbreite an unterschiedlichen Betonoptiken erreicht werden. Zu den wesentlichen Einflussfaktoren gehören unter anderem das Strahlgut (Stahlkugeln, Korund, etc.), die verwendete Gesteinskörnung (Sieblinie, Gesteinsart, Farbe, etc.), der Abstand der Düse zur Oberfläche und der Strahldruck. Großen Einfluss auf eine gleichmäßige Oberfläche hat das handwerkliche Geschick des Ausführenden. Durch Strahlen kann, im Gegensatz zum Feinstrahlen, auch eine grobe Oberflächenstruktur erreicht werden, ähnlich steinmetzartigen Bearbeitungen. Hierbei werden nicht nur der Zementleim, sondern auch Teile der Gesteinskörnung des Betons durch das Strahlen abgetragen bzw. gebrochen.



Abbildung 5.13: Beispiel für schalungsglatte (links) und stark gestrahlte (rechts) Sichtbetonoberfläche

Waschen (Waschbeton)

Waschen ist eine Oberflächenbearbeitung, deren Vorbereitung bereits in der Schalung erfolgt. Auf die Schalflächen, die später am Fertigteil bearbeitet sein sollen, wird ein Verzögerer aufgetragen, der das Abbinden des Betons verlangsamt. Je nach Wirtiefe dieses Verzögerers werden unterschiedliche Auswaschtiefen bis zu 7 mm erreicht. Nach dem Ausschalen wird der nicht abgebundene Beton mit einem Hochdruckreiniger entfernt. Dadurch werden die Gesteinskörnungen freigelegt. Auswaschtiefe und Korngröße der Gesteinskörnung müssen dabei aufeinander abgestimmt sein. Auch auf der ungeschalteten Oberfläche des Fertigteils ist die Herstellung einer gewaschenen Oberfläche möglich, indem ein Verzögerer auf den frischen Beton aufgesprüht wird.



Abbildung 5.14: Beispiel für gewaschene Sichtbetonoberfläche

Schleifen, Feinschleifen

Glatte Oberflächen können durch Schleifen, sehr glatte durch Feinschleifen erzeugt werden. Hierbei wird von der Betonoberfläche gleichmäßig Material abgetragen, so dass die Gesteinskörnung an der Oberfläche im Anschliff sichtbar wird. Mit zunehmender Abtragstiefe nimmt der maximale sichtbare Durchmesser der jeweils angeschliffenen Gesteinskörnungen an der Oberfläche zu.

Glänzende Oberflächen können nach dem Feinschleifen durch zusätzliches Polieren erzeugt werden.

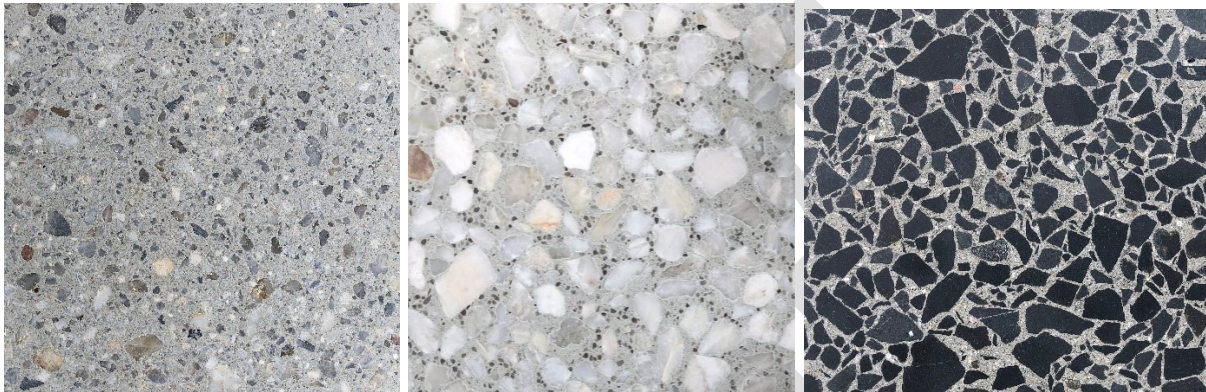


Abbildung 5.15: Beispiele für geschliffene Sichtbetonoberfläche mit unterschiedlicher Gesteinskörnung

Weitere Bearbeitungsarten sind in DIN 18500-1 [8] aufgelistet.

5.5.4 Oberflächenschutz

Sichtbetonoberflächen von Bauteilen können der Witterung, der Einwirkung chemischer Stoffe sowie mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sein. Diese können zu Veränderungen der Oberfläche oder zu Beschädigungen führen. Um Stahlbetonkonstruktionen vor diesen äußeren Einflüssen zu schützen, werden Mittel zum Oberflächenschutz eingesetzt. In der Regel wird zwischen drei Varianten unterschieden:

- Imprägnierung
 - Hydrophobierung
 - Graffitischutz
- Lasur
- Versiegelung / Beschichtung

Bei allen verwendeten Produkten sind die Angaben des Herstellers zur Dauerhaftigkeit und Wirksamkeit sowie die Einwirkungen auf die Oberflächen zu beachten. Gegebenenfalls sind Oberflächenschutzmaßnahmen während der Nutzungszeit des Bauteils zu wiederholen.

Bei allen Oberflächenschutzsystemen kann die Optik der Oberfläche beeinflusst werden. Daher sind diese im Vorfeld genau zu planen. Es sollten Erprobungsplatten ausgeführt werden.

Imprägnierungen

Imprägnierungen können dazu beitragen, das Erscheinungsbild der Sichtbetonoberfläche dauerhafter zu machen.

Der Charakter der Betonoberfläche bleibt bei Imprägnierungen weitgehend erhalten. Doch auch eine Imprägnierung kann das Erscheinungsbild der Oberfläche beeinflussen. Je nach Produkt und Farbigkeit des Betons kann z. B. die Lichtreflexion (Glanzgrad) an der Betonoberfläche verändert werden oder eine farbvertiefende Wirkung auftreten. Benachbarte imprägnierte und nicht-imprägnierte Flächen können sich in ihrer Farbigkeit merklich unterscheiden.

Hydrophobierungen

Hydrophobierungen sorgen dafür, dass Wasser und darin gelöste Stoffe, wie z. B. Chloride, weniger in die Oberfläche des Betons eindringen. Nach der Anwendung auf der Betonoberfläche gelangt das Mittel durch kapillares Saugen in die Betonrandzone und bildet dort an den Wandungen der Kapillarporen eine hydrophobe, mit dem Zementstein verbundene Schicht. Die Diffusion von Wasserdampf aus dem Wandquerschnitt bleibt dabei bestehen. Die Wirksamkeit von Hydrophobierungen nimmt mit der Zeit ab.

Die geringere Wasseraufnahme des Betons verringert die Gefahr von Ausblühungen. Auch das Abtrocknen witterungsbeaufschlagter Betonoberflächen wird beschleunigt, wodurch sich zum Beispiel das Risiko von Algenwachstum auf der Oberfläche reduzieren lässt. Oftmals führt eine Hydrophobierung auch dazu, dass anhaftende Schmutzpartikel bei Bewitterung leichter abgewaschen werden.

Graffitienschutz

Eine besondere Form des Oberflächenschutzes ist der Graffitienschutz. Graffiti können dadurch zwar nicht verhindert, sie können aber nach entsprechender Behandlung des Untergrunds leichter wieder entfernt werden. Beim Graffitienschutz wird zwischen permanenten, semipermanenten und temporären Systemen unterschieden.

Permanentsysteme lassen mehrfache aufeinanderfolgende Graffitientfernungen zu. Sie sind wetterbeständig, hitze- und kälteresistent, wasser-, öl- und schmutzabweisend. Für die Graffitientfernung sind auf das Produkt abgestimmte Reinigungsmittel erforderlich.

Semipermanente und temporäre Systeme hingegen sind sogenannte Opferschichtsysteme. Sie müssen nach einer Reinigung neu aufgetragen werden. Bei der semipermanenten Variante verbleibt jedoch die Grundierung mit den hydrophobierenden Bestandteilen auf dem Bauteil. Der Vorteil der Opfersysteme ist, dass sie in der Regel wasserdampfdiffusionsoffen und lösemittelfrei sind. Die Reinigung bzw. die Abnahme des Systems erfolgt mit Heißwasser.

Farbverunreinigungen treten zunehmend auch in oberen Stockwerken auf (z. B. Graffiti, Farbbeutelwürfe). Bei der Planung des Graffitienschutzes sollte dieser Umstand beachtet werden.

Betonlasuren

Eine weitere gestalterische Möglichkeit bieten pigmentierte Betonlasuren. Mit ihnen können Sichtbetonflächen farbig gestaltet werden, ohne dass der Charakter der Flächen verloren geht und ohne den Beton insgesamt einzufärben. Auch eine Vergleichsmäßigung des

Erscheinungsbildes von Sichtbetonoberflächen kann durch eine pigmentierte Betonlasur erreicht werden. Der Farbeffekt kann durch die Dosierung der Farbpigmente in der Lasur zielgerichtet eingestellt werden. Je intensiver der Farbeffekt der Lasur, desto stärker können spätere Alterungserscheinungen der Lasur sichtbar werden. Oftmals haben Betonlasuren auch einen hydrophobierenden Effekt.



Abbildung 5.16: Beispiel für die Farbtonangleichung durch eine Lasur (links vor, rechts nach Lasurauftrag)

Versiegelungen/Beschichtungen

Betonversiegelungen oder Beschichtungen legen sich wie eine Schutzschicht über den Beton. Verunreinigungen wie Farbe oder Schmutz können ggf. entfernt werden. Darüber hinaus besteht ein Schutz gegen chemischen oder mechanischen Angriff.

Durch Versiegelungen und Beschichtungen wird in der Regel die Oberfläche des Bauteils grundlegend verändert, so dass nicht mehr von Sichtbeton gesprochen werden kann.

6. Ausschreibung

Der Planer beschreibt und definiert die Anforderungen an die Sichtbetonflächen der Fertigteile im Rahmen der Ausschreibung. Die technische Umsetzung dieser Vorgaben liegt in der Regel in der Verantwortung des Herstellers. Die Ausschreibung bietet für den Fertigteilhersteller die Grundlage für das Angebot seiner Leistungen.

Die Auswahl einer zu vereinbarenden Sichtbetonklasse oder Oberflächenbeschaffenheit durch den Bauherrn bzw. dessen Planer kann, je nach Auswahl, mit Mehrkosten verbunden sein. Der Bauherr ist deshalb vom Planer möglichst frühzeitig über die eventuell anfallenden Mehrkosten für die Herstellung von Fertigteilen aus hochwertigem Sichtbeton zu informieren.

6.1 Leistungsbeschreibung

Der Planer muss sich detailliert mit der architektonischen Idee und den gestalterischen Anforderungen auseinandersetzen. Bereits in der Planungsphase sollte er kritisch hinterfragen, ob die avisierten Eigenschaften an die Sichtbetonfläche zum einen für die Erzielung des ästhetischen Anspruchs notwendig und zum anderen technisch mit vertretbarem Aufwand realisierbar sind. Hierzu ist es hilfreich, bereits frühzeitig einen Fachkundigen für das Bauen mit Betonfertigteilen hinzuzuziehen.

Die Auswahl einer Sichtbetonklasse reicht in der Regel nicht aus, um das Gesamtbild zu beschreiben. Gegebenenfalls sind zusätzlich zur Sichtbetonklasse weitere Aspekte festzulegen oder zu beschreiben:

- Architektonische Beschreibung des Gesamtobjekts (immer mit besonderem Bezug auf die Sichtbetonflächen)
- Hinweis auf Referenzflächen bzw. Erprobungsbauteile
- Oberflächenbearbeitung
- Form und Abmessungen der Fertigteile
- Festlegung von Einfüll- und Schalseiten
- Festlegung weiterer Anforderungen
 - o Ausbildung der Kanten
 - o Ausbildung und Positionierung der Fugen, Ankerlöcher und Schalungsstöße
 - o Besondere Anforderungen an Abstandhalter
 - o Betone zur Erreichung spezieller optischer Eigenschaften
 - o Einbauteile (z. B. für Folgegewerke)
 - o Oberflächenschutzsysteme (Lasur, Graffitienschutz, Hydrophobierung)
- Transport und Montage
- Maßnahmen zur Betonkosmetik
- Festlegung von Schutzmaßnahmen (z.B. während des Transports, bei Zwischenlagerung oder während der Bauphase)

Für betonwerksteinmäßig bearbeiteten Oberflächen reichen auch die vorgenannten Festlegungen in der Regel nicht aus. Hier ist das Leistungssoll zwischen den Beteiligten projektspezifisch zu erarbeiten und zu vereinbaren.

6.2 Erprobungsbauteile und Referenzflächen

Für die Sichtbetonklasse SB 1-FT ist die Erstellung von Erprobungsbauteilen nicht notwendig. Die Empfehlung oder Erforderlichkeit von Erprobungsbauteilen bei den Sichtbetonklassen SB 2-FT bis SB 4-FT ergibt sich aus den Tabellen 2 und 3.

Für erste Gespräche und Verhandlungen zwischen Planer, Bauherr und Fertigteilhersteller eignen sich kleinere Erprobungsplatten, um das gewünschte Erscheinungsbild der Oberfläche grob festzulegen. Nach Auftragserteilung können dann großmaßstäbliche Erprobungsbauteile unter normalen Produktionsbedingungen hergestellt werden.

Die Ausführung von Erprobungsbauteilen unter realen Produktionsbedingungen dient folgenden Zwecken:

- Darstellung von Farbe, Textur, Poren, Fugenbild, Ankerbild und dem Unterschied zwischen ungeschalteten und geschalteten Oberflächen
- Abstimmung der vertraglichen Oberflächenbeschaffenheit mit dem Auftraggeber
- Prüfung von Alternativen (insbesondere bei Ausführungsdetails)
- Vorbereitung des Fertigteilherstellers auf die Serienproduktion der konkreten Sichtbetoneigenschaften

Erprobungsbauteile müssen die Fertigteilgeometrie, die Betondeckung, den Bewehrungsgrad, die Bewehrungsverteilung sowie Einbauteile und ggf. Montagebedingungen, wie sie im Projekt zum Einsatz kommen, repräsentieren.



Abbildung 6.1: Beispiele für Erprobungsbauteile – Wand (links) – Fassade (rechts)

Aus den hergestellten Erprobungsbauteilen wird vor Beginn der Produktion der Fertigteile eine Referenzfläche ausgewählt. Die vereinbarte Referenzfläche definiert die vertraglich vereinbarten Anforderungen an die Sichtbetonqualität. Dabei ist zu beachten, dass das Aussehen von Referenzflächen nicht toleranzfrei reproduzierbar ist.

Herstellung, Schutz, Vorhalten sowie Rückbau und Entsorgung der Erprobungsbauteile und Referenzflächen sind durch den Planer im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen und vom Auftraggeber zu vergüten.

7. Herstellung von Betonfertigteilen

Die Verantwortung für die Herstellung der Betonfertigteile und die Erreichung der vereinbarten Sichtbetonanforderungen liegt beim Fertigteilhersteller. Diesem muss daher die zu erstellende Leistung vollumfänglich bekannt sein. Er entscheidet über die Materialien und Ausgangsstoffe sowie die Art der Ausführung, mit der das Leistungssoll zielsicher erreicht werden kann.

7.1 Materialien und Ausgangsstoffe

7.1.1 Schalung

Die Schalung hat einen erheblichen Einfluss auf die geschalteten Sichtbetonoberflächen, die stets das Abbild der Schalung darstellen. Das gilt insbesondere, wenn die ausgeschaltete Sichtbetonfläche keiner weiteren Bearbeitung unterzogen wird.

Bei texturierter Schalung fallen Marmorierungen, Wolken- und Porenbildung weniger auf als bei glatter Schalung. Auch das Alter bzw. die Anzahl der Vorbenutzungen und das Saugverhalten der Schalung haben einen Einfluss auf das Erscheinungsbild des Sichtbetons und sind bei der Wahl der Schalung zu berücksichtigen. Je nach gewählter Sichtbetonklasse sind für das Schalungssystem bzw. die Schalungshaut nachfolgende Punkte zu beachten, um Abweichungen von der vereinbarten Sichtbetonqualität zu vermeiden:

- Bohrlöcher (auch verschlossene)
- Nagel- und Schraublöcher
- Beschädigungen an der Schalungshaut (Dellen, Beulen, Kratzer, Fehlstellen etc.)
- Betonreste (auch in Fehlstellen haftend)
- Zementschleier
- Korrosionserscheinungen an der Schalung
- Vorhandene Reparaturstellen
- Anzahl der Vorbenutzungen (insbesondere bei Holzschalungen)
- Saugverhalten der Schalungshaut (siehe Tabelle 13)

Tabelle 13: Einfluss des Saugverhaltens der Schalungshaut auf die Sichtbetonfläche

Einfluss der Schalungshaut auf	saugend	nicht saugend
Farbe der Betonoberfläche	dunkler	heller
Porigkeit	geringer	höher
Neigung zum Abmehlen/Absanden	etwas höher	geringer
Farbtonunterschiede	höher	geringer
Wolkenbildung/Marmorierung	geringer	höher
Quell-/Schwindneigung	höher	geringer

Von besonderer Bedeutung für eine ungestörte Sichtbetonoptik ist eine Abdichtung der Schalungsstöße und von Schalungshautstößen. Bereits bei kleinen Undichtigkeiten kann es zu einem Austreten von Wasser oder Zementleim kommen. Dadurch werden Farbunterschiede und zum Teil auch Beeinträchtigungen der Oberflächenstruktur hervorgerufen.

7.1.2 Trennmittel

Die Verwendung eines Trennmittels erleichtert das Ausschalen und verringert Anhaftungen des Zementsteins an der Schalung. Dadurch wird das Risiko von Oberflächenschäden infolge des Ausschalens minimiert. Allerdings können sich Trennmittel auf die Farbigeit und Farbtongleichmäßigkeit der Betonoberflächen auswirken. Es können Unverträglichkeiten mit aufzubringenden Lasuren oder Schutzsystemen auftreten.

Die Auswahl eines geeigneten Trennmittels hängt stark von der verwendeten Schalung und dem eingesetzten Beton (Zement, Zusatzmittel) ab und ist daher erfahrungsbasiert durch den Hersteller der Betonfertigteile vorzunehmen und auf die in der Ausschreibung geforderten Eigenschaften der Sichtbetonoberflächen abzustimmen.

7.1.3 Bewehrung und Einbauteile

Die Bewehrung ist in der Schalung gegen Verschieben und Aufschwimmen sowie gegen Verformung zu sichern. Das erfolgt u. a. durch die Anordnung einer ausreichenden Anzahl von Abstandhaltern. Die Bewehrung ist so vorzusehen, dass der Beton diese vollständig umhüllen kann, ein fehlerfreies Verdichten möglich (z. B. Rüttelgassen) und die Betondeckung sichergestellt ist.

Einbauteile sind in ihrer vorgesehenen Lage zu sichern.

7.1.4 Abstandhalter

Bei der Wahl der Abstandhalter sind nicht nur technische, sondern auch gestalterische Belange zu berücksichtigen, z. B. bei der Form, dem Material, der Anordnung und der Anzahl. Abstandhalter unterscheiden sich in

- Form,
- Größe,
- Werkstoff,
- Farbe,
- Saugverhalten,
- Art der Aufstandsfläche und
- Verwendungszweck.

Sie stellen unvermeidliche Inhomogenitäten in der Betonoberfläche dar. Bei der Verwendung von Abstandhaltern in Sichtbetonflächen sollte die Aufstandsfläche auf der Schalung möglichst klein sein. Die Abstandhalter dürfen sich nicht oder nur geringfügig in die Schalung eindrücken bzw. an der Betonoberfläche abzeichnen und sollten sich möglichst farblich nicht von der Betonoberflächen abheben. Ggf. sind bei der Auswahl der geeigneten Abstandhalter weitere Anforderungen (z. B. erhöhter Frost-Tau-Widerstand, hoher Wassereindringwiderstand) zu berücksichtigen. Entsprechende Informationen müssen dem Hersteller frühzeitig, in der Regel bereits im Ausschreibungsprozess, zur Verfügung gestellt werden.

Abstandhalter sollten so ausgewählt und eingebaut werden, dass sie möglichst vollständig vom Beton umhüllt werden.

Ein etwaiger Nachweis der Eignung der Abstandhalter erfolgt an den Erprobungsbauteilen.

An den Kontaktstellen der Abstandhalter zur Schalhaut sind inhomogene Trennmittelverteilungen möglichst zu vermeiden.

Ist in besonderen Fällen ein Abzeichnen der Abstandhalter an der Sichtbetonoberfläche gänzlich zu vermeiden, kann dies durch besondere Maßnahmen, wie z. B. Aufhängen der Bewehrung, erreicht werden. Der Aufwand dafür ist jedoch erheblich, weshalb solche Maßnahmen nicht üblich und daher als Sonderausführung im Vorfeld zu vereinbaren sind.

7.1.5 Beton

Der Beton muss so zusammengesetzt sein, dass er den Anforderungen der technischen Spezifikationen und Baubestimmungen [6, 7] entspricht. Das Größtkorn und die rheologischen Eigenschaften des Betons sind so auf die Geometrie von Bauteil, Bewehrung, Betondeckung und Einbauteilen abzustimmen, dass die Schalung vollständig ausgefüllt wird und es beim Einbringen und Verdichten nicht zu einer Entmischung des Betons und zu Wasserabsonderungen kommt.

Der verwendete Beton sollte mit Blick auf die Gleichmäßigkeit des Erscheinungsbildes der Sichtbetonflächen eine gleichbleibende Zusammensetzung und Konsistenz aufweisen. Dazu sind Wechsel in den Ausgangsstoffen sowie die maximale Ausnutzung der zulässigen Variation der Betonzusammensetzung zu vermeiden. Der Einsatz von "robusten" Betonsorten, die bei geringfügigen Schwankungen der Ausgangsstoffe und der Homogenität keine wesentlichen Änderungen im Aussehen der Oberfläche hervorrufen, ist zu empfehlen. Um die Homogenität des Betons sicherzustellen, sind ausreichende Mischzeiten einzuhalten.

Sofern sich aus den Sichtbetonanforderungen unmittelbare Vorgaben an die Betonzusammensetzung ergeben, z. B. Verwendung von Pigmenten oder bestimmten Gesteinskörnungen, sollte deren Wirkung oder Eignung ab der Sichtbetonklasse SB 2-FT durch die Herstellung von Erprobungsbauteilen dokumentiert werden.

7.2 Ausführung

7.2.1 Produktion

Die Produktion unterliegt grundsätzlich den Regelungen der DIN EN 13369 [4] in Verbindung mit DIN V 20000-120 [5]. Da diese jedoch primär auf die technischen Eigenschaften der Bauteile und nicht auf die ästhetischen abzielen, ist bei der Herstellung von Sichtbetonbauteilen bei allen Arbeitsschritten besondere Sorgfalt erforderlich. Diese geht über die normativen Vorgaben hinaus und muss mit steigenden Anforderungen (SB 1-FT bis SB 4-FT) weiter zunehmen.

Besonderes Augenmerk ist z. B. auf die Vorbereitung der Schalung zu richten. Hier sind nicht nur ggf. erhöhte Anforderungen an die Maßhaltigkeit zu beachten, sondern auch eine sorgfältige Ausführung und Abdichtung von Kanten und Schalungshautstößen. Insbesondere bei Schalungshäuten mit regelmäßiger Textur, z. B. Matrizen, ist die exakte Positionierung nebeneinander angeordneter Schalungshäute von großer Bedeutung.

Die Interaktion von Schalung, Trennmittel und Beton ist noch nicht hinreichend erforscht, sodass eine Vorhersage der Auswirkungen auf die Farbtongleichmäßigkeit an der Sichtbetonoberfläche nicht theoretisch hergeleitet werden kann. Hier muss bei der Auswahl und Abstimmung von Schalung, Trennmittel und Beton in erster Linie auf Erfahrungen zurückgegriffen werden. Ggf. sind Vorversuche sinnvoll. Der gleichmäßige Trennmittelauftrag auf saubere Schalhäute ist jedoch eine wesentliche Grundlage für gelungenen Sichtbeton.

Beim Verdichten ist darauf zu achten, dass möglichst keine Entmischungserscheinungen im Beton auftreten. Dazu gehören unter anderem Farbunterschiede durch Abzeichnen der Bewehrung an der Bauteiloberfläche, die durch lokale Veränderungen des w/z-Wertes auftreten, z. B. infolge ungleichförmiger Schwingung von Schalung und Bewehrung. Die Farbunterschiede lassen sich nicht völlig vermeiden, jedoch durch stabile Betonrezepturen und abgestimmte Vorgehensweisen bei der Verdichtung reduzieren. Die Betonrezepturen dürfen jedoch nicht nur auf ihre Stabilität ausgerichtet werden, da eine zu steife oder klebrige Konsistenz das vollständige Ausfüllen der Schalung und die Verdichtung erschweren und daher zu Fehlstellen neigen. Diesem Zielkonflikt muss auf geeignete Weise Rechnung getragen werden, so dass das optische Ergebnis den Anforderungen entspricht.

Insbesondere die Ausführung der ungeschalteten Einfüllseite erfordert handwerkliches Geschick und Übung. Hier kann ein Wechsel des ausführenden Personals das Ergebnis erheblich beeinflussen. Daher ist es für höhere Sichtbetonanforderungen sinnvoll, mehrere Mitarbeiter eine möglichst gleiche und gleichmäßige Ausführung trainieren zu lassen.

Weitere Einflüsse auf das Erscheinungsbild der Sichtbetonflächen ergeben sich aus den Witterungseinflüssen, die in Fertigteilwerken deutlich geringer sind als auf Ort betonbaustellen. Dennoch können sich auch bei Betonfertigteilen witterungsbedingte Temperaturunterschiede oder Änderungen in der Luftfeuchtigkeit in den Sichtbetonflächen widerspiegeln.

7.2.2 Nachbehandlung

Die Nachbehandlungsdauer orientiert sich zunächst an den technischen Spezifikationen und Baubestimmungen. Darüber hinaus sind auch die Sichtbetonanforderungen bei der Festlegung der Nachbehandlungsdauer zu berücksichtigen. Bei der Art der Nachbehandlung ist darauf zu achten, dass diese gleichmäßig an der ganzen Sichtbetonoberfläche wirkt. So ist ein punktueller Kontakt dieser Oberfläche mit anderen Materialien, z. B. das punktuelle Anlegen von Folien, zu vermeiden. Andernfalls stellen sich während der Nachbehandlung unterschiedliche Feuchtezustände an der Sichtbetonoberfläche ein. Auch Wechselwirkungen im Kontakt mit anderen Stoffen, z. B. Holz, können auftreten. Beides führt zu bleibenden Verfärbungen der Sichtbetonoberflächen.

Sichtbetonoberflächen werden bei frühem Ausschalen tendenziell gleichmäßiger und heller. Für Bauteile die gemeinsam eine Ansichtsfläche bilden, ist eine einheitliche Verweildauer des Betons in der Schalung anzustreben.

Bei frühem Ausschalen ist ggf. auf eine genügend lange, gleichmäßige Nachbehandlung zu achten, damit die Betonoberfläche nicht austrocknet.

Bei jungen Sichtbetonoberflächen der Sichtbetonklassen SB 3-FT und SB 4-FT kann ein Schutz vor Witterungseinflüssen (z. B. Niederschläge, Kondenswasser, Sonneneinstrahlung, Luftzug) erforderlich sein.

7.2.3 Oberflächenbearbeitung

Auch die Oberflächenbearbeitungen führen nur zu dem gewünschten Ergebnis, wenn die Ausführung sorgfältig und gleichmäßig erfolgt. Die Komplexität der Arbeitsschritte hängt in erster Linie von der Bearbeitungsart ab. Gerade die steinmetzartigen Bearbeitungsarten erfordern eine spezifische Qualifikation des eingesetzten Personals, insbesondere bei manueller Ausführung.

Für Bauteile die gemeinsam eine Ansichtsfläche bilden, ist ein möglichst einheitliches Alter der Bauteile bei der Oberflächenbearbeitung anzustreben, um gleichmäßige Ergebnisse zu erzielen.

7.2.4 Oberflächenschutz

Ein Oberflächenschutz kann je nach Konstruktion und Produkt entweder bereits im Werk oder nach der Montage auf die Sichtbetonflächen aufgebracht werden. Bei Festlegungen zur Ausführung von Oberflächenschutzsystemen ist zu beachten, dass Wechselwirkungen mit nachfolgenden Arbeitsschritten, z.B. Betonkosmetik, oder anderen Oberflächenschutzsystemen zu beachten sind.

Hydrophobierungen werden oftmals bereits im Werk aufgebracht, um bereits frühzeitig Einflüsse von Feuchtigkeitseinwirkungen, z. B. Ausblühungen, zu vermeiden.

Lasuren und Graffitienschutzsysteme werden hingegen oftmals erst nach Einbau auf der Baustelle aufgebracht. Dadurch kann auch im Bereich von geschlossenen Fugen ein Schutz erreicht werden. Bei Lasuren kann ggf. die Pigmentierung auf die tatsächlichen Oberflächeneigenschaften der Bauteile abgestimmt und so eine Vergleichmäßigung erreicht werden.

8 Lagerung, Transport und Montage

8.1 Allgemeines

Bei Lagerung und Transport ist stets darauf zu achten, dass die Sichtbetonbauteile gegen Anstoßen, Umfallen und Herunterfallen ausreichend gesichert sind.

Bei Bauteilen, die Flächen mit und ohne Sichtbetonanforderungen haben, sollte eine Auflagerung bevorzugt auf den Flächen ohne Sichtbetonanforderungen erfolgen. Da dieses je nach Geometrie des Bauteils nicht immer möglich oder ausreichend ist, sind leichte Abdrücke von Lagerhölzern und Montageunterstützungen bis SB 4-FT zulässig. Sollen auf den Sichtbetonflächen keine Abdrücke sichtbar sein, kann dieses mit erheblichem Mehraufwand möglich sein und muss in der Ausschreibung festgelegt werden.

Um Abdrücke oder Verfärbungen an Sichtbetonfertigteilen zu minimieren, wird nach dem Ausschalen und bei einer Zwischenlagerung auf der Baustelle eine Lagerung beispielsweise auf Kunststoffnoppenplatten empfohlen. Eine Zwischenlagerung auf der Baustelle sollte bei höheren Sichtbetonanforderungen generell durch einen optimierten Bauablauf und just-in-time Lieferungen vermieden werden.

Sofern das Bauteil mit Anschlussbewehrung versehen ist, ist darauf zu achten, dass die Sichtbetonoberflächen nicht durch Rostpartikel von der Anschlussbewehrung beeinträchtigt werden. Feuchtigkeit sollte daher bei Lagerung, Transport und während der Montage/Bauzeit möglichst von der Anschlussbewehrung ferngehalten werden.

Sichtbetonfertigteile sind beim Transport und der Montage durch geeignete Maßnahmen zu schützen. Beim Transport können Verfärbungen durch die Verwendung von rutschhemmendem Material im Rahmen der Ladungssicherung entstehen. Einige Hersteller bieten speziell für Betonprodukte entwickelte rutschhemmende Materialien an, die in ihrer Farb- und Materialauswahl besser geeignet sind und nur geringfügige Verfärbungen

hervorrufen. Je nach Sichtbetonklasse sind geeignete Materialien für die Ladungssicherung zu verwenden.

Ein kontaktloser Transport im Bereich der Sichtbetonflächen kann in Ausnahmefällen ermöglicht werden. Das erfordert nicht nur den Einsatz entsprechender Anker, sondern auch den Einsatz passender Traggerüste oder Fahrzeugaufbauten. Hierbei fallen projektspezifisch Mehrkosten an, die bei der Ausschreibung und Angebotserstellung zu berücksichtigen sind.

Bei scharfkantigen Fertigteilen empfiehlt es sich einen geeigneten Kantenschutz zu verwenden. Dieser kann nicht nur bei Transport und Montage, sondern auch nach dem Einbau während der fortlaufenden Baumaßnahmen einen sinnvollen Schutz darstellen. Dabei ist zu beachten, dass der direkte Kontakt von Beton und Kantenschutz zu einer lokalen Verfärbung des Betons führen kann.

Ein höheres Bauteilalter kann unter Umständen dazu beitragen, Verfärbungen durch Transport oder Zwischenlagerung zu verringern.

8.2 Schutz der Fertigteile nach der Montage

Auch nach der Montage ist es sinnvoll, Sichtbetonbauteile während der weiteren Bauphase z. B. vor mechanischen Beschädigungen, Beschriftungen oder Verschmutzungen zu schützen. Die Verantwortung für übliche Schutzmaßnahmen liegt bei den jeweiligen nachfolgenden Gewerken. Die besondere Notwendigkeit der Koordination und Ausführung von Schutzmaßnahmen oberflächenfertiger Sichtbetonflächen geht jedoch regelmäßig darüber hinaus.

Es kann daher sinnvoll sein, für die weitere Bauphase Art, Umfang und Dauer des Schutzes der fertig montierten Bauteile als besondere Leistung auszuschreiben und eine Koordination der Schutzmaßnahmen vorzusehen.

9. Beurteilung der Sichtbetonqualität von Fertigteilen

9.1 Grundlagen und Beurteilungssystematik

Fertigteile aus Sichtbeton sind Unikate. Große Stückzahlen und standardisierte Arbeitsverfahren ermöglichen eine gute Reproduzierbarkeit der Sichtbetonoberflächen. Unvermeidbare Toleranzen ergeben sich durch die verwendeten Ausgangsstoffe, die überwiegend natürlichen Ursprungs sind und in ihren Eigenschaften Schwankungen unterliegen. Zulässige bzw. nicht vermeidbare Abweichungen bei der Betonzusammensetzung, der Schalungshaut und dem Trennmittel lassen ebenfalls keine vollständig homogenen Sichtbetonflächen zu. Auch bei der geschützten Herstellung von Fertigteilen in Produktionshallen können sich ändernde Witterungsbedingungen, z. B. Luftfeuchtigkeit, einen Einfluss haben.

Bei der Beurteilung von Sichtbetonflächen steht der Gesamteindruck im Vordergrund. Für die Beurteilung eines Bauteils ist es deshalb notwendig, diese in ihrer Gesamtheit zu bewerten und nicht jedes einzelne Fertigteil für sich zu betrachten. Hieraus resultieren auch die für die Ansichtsflächen adäquaten Betrachtungsabstände. Die Beurteilung sollte von einer angemessenen Entfernung aus erfolgen, die der üblichen Entfernung des Betrachters bei normaler Nutzung entspricht. Der Betrachtungsabstand sollte es ermöglichen, dass wesentliche Bauwerks- oder Bauteilmerkmale vom Standpunkt des Bewertenden erfasst werden können. Flächen oder Teilflächen eines Betonfertigteils, die im fertigen Bauwerk nicht sichtbar sind, sind in die Bewertung der Sichtbetonqualität nicht einzubeziehen.

Erst wenn bei dieser Beurteilung des Gesamteindrucks Mängel an den Sichtbetonflächen festgestellt werden, sollte eine Bewertung der mit dem festgestellten Mangel korrespondierenden Einzelkriterien nach den Tabellen 2 und 3 erfolgen, um ggf. die Ursachen für den gestörten Gesamteindruck zu ermitteln.

Maßstab für die Beurteilung der fertiggestellten Sichtbetonflächen sind die Festlegungen entsprechend der Ausschreibung und ggf. der Erprobungsbauteile. In der Regel wird das Sichtbetonteam zur Beurteilung hinzugezogen.

Um die Qualität der erstellten Sichtbetonflächen mit den vertraglich festgelegten Anforderungen abzugleichen, sollte die Bewertung in einem ausreichenden zeitlichen Abstand zur Herstellung nach der Montage stattfinden. Die Oberfläche des jungen Betons kann sich durch die Abgabe von Feuchtigkeit noch verändern und z. B. heller werden. Bei mehreren Fertigteilen, die in einer Ansicht verbaut wurden, kann sich noch eine Angleichung der Farbe einstellen.

Dessen ungeachtet erfolgt eine erste Beurteilung der Sichtbetonqualität von Fertigteilen bereits bei Gefahrenübergang vom Fertigteilhersteller auf den Auftraggeber. Der genaue Zeitpunkt wird maßgeblich von der jeweiligen Vertragskonstellation beeinflusst.

Soweit ein Gefahrenübergang bei Auslieferung ab Werk oder Anlieferung auf der Baustelle erfolgt, ist eine Sichtprüfung der Bauteile durchzuführen, ob offensichtliche Mängel erkennbar sind. In diesem Zusammenhang wird auf die Pflichten nach § 377 HGB Bezug genommen, wonach der Käufer die Fertigteile unverzüglich auf Vertragsgemäßheit untersucht (Sichtprüfung) und eine Abweichung unverzüglich in Textform anzeigt. Dabei sind die vorgenannten Aspekte zur Bewertung der Sichtbetoneigenschaften zu berücksichtigen.

9.2 Gesamteindruck

Der Gesamteindruck einer Sichtbetonfläche ist der primäre Beurteilungsmaßstab für die Sichtbetonqualität. Im Vordergrund steht dabei die gestalterische Wirkung, die grundsätzlich nur in ihrer Gesamtwirkung zu beurteilen ist und nicht auf Grundlage strikt getrennt bewerteter Einzelmerkmale (nach **Abschnitt 5.3**). Die Beurteilung der Gesamtwirkung erfolgt aus einem angemessenen Betrachtungsabstand, der für die Nutzungsphase des Bauwerks typisch ist und es erlaubt, wesentliche Gestaltungsmerkmale des Bauwerks oder Bauteils zu erfassen.

Die Beurteilung sollte bei normalen Lichtverhältnissen (z. B. Tageslicht) und normalem Lichteinfall erfolgen. Streiflicht überzeichnet in der Regel normale geometrische Varianzen und ist daher zur Bewertung von Sichtbetonflächen ungeeignet. Die Sichtbetonoberflächen sollten bei der Beurteilung trocken und seit mindestens 28 Tagen ausgeschalt sein, damit ein repräsentativer Eindruck der Sichtbetoneigenschaften für die Beurteilung zu Grunde gelegt werden kann. Abweichungen von den vorgenannten Randbedingungen sollten vermieden werden. Sofern unvermeidlich sind diese zu protokollieren und bei der Beurteilung zu berücksichtigen.

Sofern bei der Beurteilung des Gesamteindrucks Abweichungen von dem vereinbarten Erscheinungsbild und ggf. von dem Erscheinungsbild der festgelegten Referenzflächen an den Erprobungsbauteilen festgestellt werden, ist die Lage und räumliche Ausdehnung dieser Abweichungen aufzunehmen.

In diesen Bereichen sind dann ggf. durch Beurteilung der Einzelkriterien nach Tabellen 2 und 3 die Ursachen für das gestörte Erscheinungsbild zu ermitteln.

9.3 Einzelkriterien

Wenn der Gesamteindruck der zu beurteilenden Ansichtsfläche nicht den festgelegten Anforderungen entspricht, kann eine genauere Beurteilung der Einzelkriterien nach den Tabellen 2 und 3 in den betroffenen Bereichen des jeweiligen Bauteils erfolgen.

Dabei gilt es zunächst festzustellen, ob die Anforderungen an die Einzelkriterien nach den Tabellen 4 – 12 für die vereinbarte Klasse eingehalten worden sind oder nicht. Geringe Unregelmäßigkeiten sind bei allen Sichtbetonklassen charakteristisch für die Bauweise Sichtbeton, was bei der Bewertung Berücksichtigung finden sollte.

Bei Nichterreichen vereinbarter Einzelkriterien sollte kritisch hinterfragt werden, ob diese wirklich die Ursache für die Beeinträchtigung des Gesamteindrucks sind. Da etwaige Korrekturmaßnahmen immer auch die Gefahr bergen, dass das Ergebnis nicht zu einer Verbesserung, sondern zu einer Verschlechterung des Gesamteindrucks führt. Daher sollten nur solche Korrekturmaßnahmen durchgeführt werden, die einen positiven Einfluss auf den Gesamteindruck erwarten lassen.

10. Vorgehen bei Abweichungen

10.1 Allgemeines

Bei Sichtbeton ist immer damit zu rechnen, dass vereinzelt Abweichungen vom gewünschten Erscheinungsbild der Sichtbetonflächen auftreten. Diese können als Folge vermeidbarer oder unvermeidbarer Einflüsse bei der Herstellung oder durch Einwirkungen bei Transport, Montage sowie aus nachfolgenden Gewerken auftreten.

Werden Abweichungen vom Soll beim Gesamteindruck und/oder bei Einzelkriterien festgestellt, sind diese mit einer genauen Beschreibung von Art, Ausprägung und ggf. Ursache der Abweichung zu dokumentieren. Der so festgestellte Istzustand ist dem Sollzustand gegenüberzustellen.

Auf Grundlage dieser Gegenüberstellung sollten die Beteiligten über die Notwendigkeit, die Art und den Umfang etwaiger Korrekturmaßnahmen entscheiden.

10.2 Korrekturmaßnahmen

Oftmals lassen sich die optischen Beeinträchtigungen durch geeignete Korrekturmaßnahmen (Sichtbetonkosmetik) auf ein für alle Beteiligten hinnehmbares Maß minimieren. Geeignete Korrekturmaßnahmen vereinzelter Abweichungen sind daher grundsätzlich zulässig.

Durch falsche oder falsch ausgeführte Korrekturmaßnahmen kann das Erscheinungsbild jedoch auch verschlechtert werden. Werden im Rahmen der Beurteilung der Sichtbetonqualität durch das Sichtbetonteam Abweichungen vom vereinbarten Erscheinungsbild festgestellt, sollten bereits in diesem Kreis Optionen zur Behebung dieser Abweichungen (Sichtbetonkosmetik) mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert werden.

Vor Beginn der Korrekturmaßnahmen ist eine enge Abstimmung des Sichtbetonteams mit dem Ausführenden der Sichtbetonkosmetik unabdingbar. So kann eine optimale Entscheidung hinsichtlich der Korrekturmaßnahmen in Bezug auf die Bauteile, den angestrebten Gesamteindruck und die bestehenden Beeinträchtigungen getroffen werden. Neben dem vertraglich vereinbarten Erscheinungsbild ist auch das Erscheinungsbild angrenzender Bauteile bei der Betonkosmetik zu berücksichtigen, damit sich die kosmetisch bearbeiteten Flächen harmonisch in den Gesamteindruck einfügen.

Insbesondere ab der Sichtbetonklasse SB 4-FT sollte vor Ausführung der Korrekturmaßnahmen eine Probefläche für die Sichtbetonkosmetik angelegt werden.

Anhang A: Zuordnung der Verantwortlichkeiten

Im Folgenden sind Aufgaben und Zuständigkeiten der an Planung, Herstellung und Bau beteiligten Akteure von Betonfertigteilen aus Sichtbeton aufgeführt.

Tabelle A.1: Orientierungshilfe für Zuständigkeiten (Checkliste)

Aufgabe	Bauherr	Architekt / Planer	Tragwerksplaner	Bauausführung	Betonfertigteilerhersteller	Betonhersteller	Transportfirma	Montagefirma	Sichtbetonkosmetiker
Architektonischer Entwurf	M	V							
Festlegung der Sichtbetonklasse, ggf. Auswahl einer Oberflächenbearbeitung	M	V			M				
Elementierung		V	M		M				
Fugenplanung, Toleranzen	M	V	M		M				
Betoneigenschaften, z.B. Expositions-, Feuchtigkeits-, Festigkeitsklassen, E-Modul		M	V		M	M			
Festlegung von Einfüll- und Schalseite der Fertigteile, Ausbildung von Kanten,	M	V			M				
Betonzusammensetzung (z. B. zur Erreichung spezieller optischer Eigenschaften)		M			V	M			
Ortbetonerfüllung (falls zutreffend)			M	V		M			
Bemessung und Konstruktion allgemein			V		M	M			
Verbindungen, Auflager		V	M	M	M			M	
Werkplanung, Elementzeichnung			V		M				
Verlegezeichnungen			V	M	M			M	
ggf. Festlegung von Einbauteilen für Folgegewerke		V			M				
Bauzustände (einschließlich Transportanker)	M	M	V	M	M			M	
ggf. Vorgaben zu Oberflächenschutzsystemen		V			M				
ggf. Erstellung von Erprobungsflächen		M			V				
ggf. Festlegung einer Referenzfläche	M	V			M				
Herstellung der Betonfertigteile, Lagerung im Werk					V				
Qualitätskontrolle bei Verlassen des Herstellwerkes					V				
Planung des Transports (Maße, Gewichte, Anschlagmittel, Schutzmaßnahmen)		M	M	M	V		M	M	
Transport der Fertigteile zur Baustelle				M	M		V	M	
Kontrolle bei Annahme der Fertigteile auf der Baustelle				V			M	M	
Zwischenlagerung der Fertigteile auf der Baustelle				M	M		M	V	
Montageanweisung			M	M	V			M	
Montage				M	M		M	V	
Schutzmaßnahmen nach Montage bis zur Abnahme				V	M			M	
ggf. Maßnahmen zur Betonkosmetik	M	V		M	M				(M)

V: verantwortlich, beinhaltet die Verantwortung für Festlegungen im jeweiligen Aufgabenbereich, einschließlich der Beschaffung der dafür erforderlichen Informationen, sowie die Verpflichtung zur Einbindung der Mitwirkenden

M: mitwirkend

Literatur

- [1] Deutscher Beton und Bautechnikverein e.V.; Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Merkblatt Sichtbeton. Eigenverlag, Berlin/Düsseldorf, 06/2015
- [2] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.: Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton. Bonn, 05/2020
- [3] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.: Merkblatt Nr. 8 über Betonfertigteile aus Architekturbeton. Bonn, 03/2020
- [4] DIN EN 13369:2004-09: Allgemeine Regeln für Betonfertigteile; Deutsche Fassung EN 13369:2004
- [5] DIN V 20000-120:2006-04: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 120: Anwendungsregeln zu DIN EN 13369:2004-09
- [6] DIN EN 206-1:2001-07: Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000
- [7] DIN 1045-2:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- [8] **DIN 18500-1:2022-XX**: Betonwerkstein – Teil 1: Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung
- [9] DAfStb-Richtlinie - Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel, 2019-07
- [10] DIN EN 13747:2010-08: Betonfertigteile - Deckenplatten mit Ortbetonergänzung; Deutsche Fassung EN 13747:2005+A2:2010
- [11] DIN EN 14992:2012-09: Betonfertigteile - Wandelemente; Deutsche Fassung EN 14992:2007+A1:2012
- [12] DIN 18331:2019-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Betonarbeiten
- [13] bips: bips Publikation A24 / 2007 - Betonoverflader – Spezifikation, krav og kontrol. Eigenverlag, Ballerup (DK), Juni 2007
- [14] Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e. V.; INTAKT Transportberater e. K. (Hrsgb.): Ladungssicherung von Betonprodukten auf Straßenfahrzeugen. 2. Auflage. Eigenverlag, Großburgwedel, Januar 2018
- [15] Rekers, U.: Auswirkungen der Logistik auf die Planung von Fertigteilen. In Beck, M.; Oesterheld, R. (Hrsgb.): 5. Betonfachtagung Nord, Fertigteile im Ingenieur-, Industrie- Büro- und Wohnungsbau. Verlag Bau-Technik GmbH, Düsseldorf, 2013
- [16] DIN 18202:2019-07: Toleranzen im Hochbau - Bauwerke

- [17] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V.: Merkblatt Nr. 3 zur Planung vorgefertigter Stahlbetonfassaden. Bonn, 03/2020
- [18] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V.: Merkblatt Nr. 6: Toleranzen und Passungsberechnungen für Betonfertigteile. Bonn, 09/2015
- [19] DIN EN 12878:2014-07: Pigmente zum Einfärben von zement- und/oder kalkgebundenen Baustoffen - Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 12878:2014

Bildnachweis

Titel:

Abb. 4.1	Hemmerlein Ingenieurbau GmbH
Abb. 4.2 - 4.6	bips Publikation A24 / 2007 (verändert)
Abb. 4.7 - 4.8	Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e.V.
Abb. 4.9 - 4.10	Unternehmerverband Mineralische Baustoffe (UVMB) e.V.
Abb. 5.1	a) – d) Rekers Betonwerk GmbH & Co. KG e) Klebl GmbH f) Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e. V.
Abb. 5.2	Klebl GmbH
Abb. 5.3 - 5.4	Rekers Betonwerk GmbH & Co. KG
Abb. 5.5	TCHOBAN VOSS Architekten
Abb. 5.6	nbw Neustädter Betonwerk GmbH
Abb. 5.7	Hemmerlein Ingenieurbau GmbH
Abb. 5.8	Rinn Beton- und Naturstein GmbH & Co. KG
Abb. 5.9 – 5.10	Oskar Heuchert GmbH & Co. KG
Abb. 5.11	GBJ Geithner Betonmanufaktur Joachimsthal GmbH
Abb. 5.12	Rekers Betonwerk GmbH & Co. KG
Abb. 5.13 – 5.15	GBJ Geithner Betonmanufaktur Joachimsthal GmbH
Abb. 5.16	Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e.V.
Abb. 6.1	links - nbw Neustädter Betonwerk GmbH rechts - GBJ Geithner Betonmanufaktur Joachimsthal GmbH

Ansprechpartner

Bayrischer Industrieverband Baustoffe, Steine und Erden e. V.
Beethovenstraße 8, 80336 München
Tel. 089 51403-0, Fax 089 51403-143
info@biv.bayern
www.biv.bayern

Bundesverband Spannbeton-Fertigdecken e. V.
Paradiesstraße 208, 12526 Berlin
Tel. 030 616957-14, Fax 030 616957-40
info@spannbeton-fertigdecken.de;
www.spannbeton-fertigdecken.de

Fachvereinigung Betonbauteile mit Gitterträgern e. V.
Raiffeisenstraße 8, 30938 Großburgwedel
Tel. 05139 9599-30, Fax 05139 9994-51
info@fachvereinigung-bmg.de
www.fachvereinigung-bmg.de

Unternehmerverband Mineralische Baustoffe e. V.
Fachgruppe Betonbauteile
Walter-Köhn-Str. 1c, 04356 Leipzig
Tel. 0341 520466-0, Fax 0341 520466-40
presse@uvmb.de, www.uvmb.de

Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e. V.
Raiffeisenstraße 8, 30938 Großburgwedel
Tel. 05139 9994-30, Fax 05139 9994-51
info@vbf-nord.de, www.vbf-nord.de

.....