



SIKA FARBBETON

TECHNISCHER LEITFADEN

BUILDING TRUST



Technischer Leitfaden Sika Farbbeton

Verfasser
Sika Schweiz AG
Tüffenwies 16
CH-8048 Zürich
www.sika.ch

Autor
Dr. Matthias Haug, Sika Schweiz AG

Layout
Sika Schweiz AG
Marketing & Kommunikation

© 2011 Sika Schweiz AG
Alle Rechte vorbehalten

6. Edition 08/2022

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	5
1.1	Definition	5
1.2	Normen / Regelwerke	5
1.3	Einflussfaktoren	6
1.4	Zuständigkeiten	6

2	PLANUNG	7
2.1	Gestaltungsmöglichkeiten	7
2.2	Muster	8
2.3	Anforderungen an den Beton	8
2.4	Allgemeine Anforderungen an die Schalung	8
2.5	Schalhaut	9
2.6	Trennmittel: Auswahl und fachgerechte Anwendung	12
2.7	Abstandhalter	14
2.8	Schalungsanker und Konen	14
2.9	Oberflächenschutz	14
	– 2.9.1 Hydrophobierung	14
	– 2.9.2 Anstriche / Lasuren	15
	– 2.9.3 Antigrffiti	15
2.10	Mehrkosten	15
2.11	Vorgehen bei Mängeln	16

3	BETON	17
3.1	Ausgangsstoffe des Beton	17
	– 3.1.1 Zement	17
	– 3.1.2 Betonzusatzstoffe	18
	– 3.1.3 Betonzusatzmittel	18
	– 3.1.4 Gesteinskörnungen	18
	– 3.1.5 Wasser	18
3.2	Pigmente	19
3.3	Betonrezeptur	22
3.4	Herstellung	22
3.5	Besondere Hinweise zu Sika® ColorCrete G Colormix	24
3.6	Transport	24

4	AUSSCHREIBUNG	25
4.1	Angabe in der Ausschreibung	25
4.2	Beispiel eines Leistertextes für Sicht- und Farbbeton	25
5	AUSFÜHRUNG	28
5.1	Arbeitsvorbereitung	28
5.2	Schalung und Trennmittel	29
5.3	Bewehrung, Abstandhalter und Einbauteile	29
5.4	Betoneinbau	29
5.5	Ausschalen	30
5.6	Nachbehandlung	30
5.7	Schutzmassnahmen während der Bauzeit	31
6	MÖGLICHE FEHLER UND IHRE URSACHEN	32
6.1	Schalung	32
6.2	Fugenabdichtung	32
6.3	Poren und Lunken	33
6.4	Kiesnester	33
6.5	Wassereinflüsse	33
6.6	Ausblühungen	33
7	LITERATUR	35

1 EINLEITUNG

1.1 Definition

Farbbeton ist (fast ausschliesslich) ein Sichtbeton, der mit Pigmenten eingefärbt wird und hohe ästhetische Anforderungen erfüllen soll. Sichtbeton wird im DBV-Merkblatt Sichtbeton [1] folgendermassen definiert:

Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen – kurz: Ansichtsflächen – werden allgemein als “Sichtbeton” bezeichnet. Die Ansichtsfläche ist der nach der Fertigstellung sichtbare Teil des Betons, der die Merkmale der Gestaltung und der Herstellung erkennen lässt (Form, Textur, Farbe, Schalhaut, Fugen u.a.) und der die architektonische Wirkung des Bauteils oder Bauwerks massgebend bestimmt.

1.2 Normen / Regelwerke

Bisher existieren in der Schweiz keine spezifischen Normen für Sicht- bzw. Farbbeton und er ist somit nicht eindeutig definiert. In der SN EN 206:2013+A1:2016 [2] wird Beton lediglich nach seinen technischen Eigenschaften und Anforderungen wie z.B. der Druckfestigkeit, der/n Expositionsklasse(n) oder der Konsistenz beschrieben. Verschiedene Schalungstypen werden im Anhang C der SIA 118/262 [3] aufgeführt.

Da weder in diesen Normen noch in anderen Regelwerken Festlegungen hinsichtlich der ästhetischen und gestalterischen Anforderungen enthalten sind, ist eine detaillierte Beschreibung der gewünschten Leistungen unerlässlich. Derartige Hinweise für die Planung, Ausführung und Beurteilung von Sicht- und Farbbeton bieten folgende Merkblätter, die als Vertragsbestandteil im Werkvertrag explizit zu vereinbaren sind:

- cemsuisse-Merkblatt – MB 02 “Merkblatt für Sichtbetonbauten”, cemsuisse, Bern [4]
- DBV-Merkblatt Sichtbeton, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e. V., Berlin [1]
- ÖVBB Richtlinie “Sichtbeton – Geschalte Betonflächen”, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Wien [5]

1.3 Einflussfaktoren

Die Qualität von Farbbeton wird massgeblich von der Zusammenarbeit aller Beteiligten bestimmt. Daher ist eine detaillierte Abstimmung zwischen Bauherr, Architekt, Bauingenieur, Baumeister, Betonlieferant und evtl. Experten aus der Zementindustrie und Bauchemie unbedingt notwendig.



Abb. 1: Einflüsse auf die Farbbeton-Qualität

1.4 Zuständigkeiten

Die Verantwortung und Zuständigkeiten aller Beteiligten sollte möglichst früh geklärt werden, um Missverständnisse, Kostenüberschreitungen, Terminverzögerungen sowie Konflikte bei der späteren Beurteilung der Betonoberflächen möglichst zu vermeiden.

Aufgabenbereich	Zuständigkeit
Planung	Planer / Architekt
Ausschreibung / Devis	Planer / Architekt, Bauingenieur
Schalung / Bewehrung	Baumeister, Bauingenieur
Betonherstellung	Betonlieferant
Betonverarbeitung (Einbau, Verdichtung, Nachbehandlung etc.)	Baumeister
Abnahme	Planer / Architekt

Abb. 2: Zuständigkeiten

2 PLANUNG

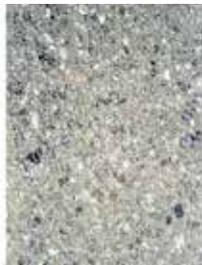
2.1 Gestaltungsmöglichkeiten

Nebst verschiedener Farbtöne kann die Oberfläche zusätzlich gestaltet werden durch:

- Grösse und Anordnung der Schalelemente
- Schalhaut (z.B. glatt, texturiert)
- Schalungseinlagen (Aufdoppelungen, Leisten, Matrizen o. ä.)
- Schalungseinschnitte
- Fotobeton
- Anordnung von Stössen / Fugen / Bindlöchern, Kantenausbildung etc.
- Bearbeitung der Betonoberfläche: Waschen, Strahlen, Absäuern, Bossieren, Scharrieren, Stocken, Schleifen, Polieren etc.



Gestockte Oberfläche



Gestockte Oberfläche



Gespitzte Oberfläche



Scharrierte Oberfläche



Bossierte Oberfläche



Gestrahlte Oberfläche



Abgesäuerte Oberfläche



Gewaschene Oberfläche

Abb. 3: Beispiele bearbeiteter Betonoberflächen

2.2 Muster

Zur Vorauswahl des Farbtons eignen sich zu Beginn der Planung Beton-Handmuster, die dem Bauherrn bzw. Architekten einen ersten Eindruck über mögliche Farbtöne oder Oberflächenstrukturen geben können. Eine weitere sehr gute Möglichkeit für die Festlegung der Farbbetonoberfläche bieten Referenzobjekte oder auch Beispiele aus der Literatur.

Die Sika Schweiz AG stellt für ihre Kunden auf Wunsch Musterplatten mit den Ausgangsstoffen des Betonwerks her, das später den Beton für das Farbbeton-Objekt liefert. Auf diese Weise sind die Muster ziemlich realitätsnah und können so bereits wertvolle Anhaltspunkte für die spätere Betonrezeptur liefern.

Vor Beginn der Betonierarbeiten ist die Herstellung von grösseren Musterflächen unter Baustellenbedingungen unbedingt zu empfehlen. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, die endgültige Betonrezeptur festzulegen, ein geeignetes Trennmittel für die verwendete Schalhaut auszuwählen und Referenzflächen evtl. sogar inkl. eines anschliessenden Oberflächenschutzes (siehe 2.9) für die spätere Abnahme des Bauwerks zu erstellen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse über Betonrezeptur, Schalhaut, Trennmittel und Gestaltung liefern wertvolle Details für die Ausschreibung sowie Angaben über Machbarkeit, Zeitaufwand und Kosten.

2.3 Anforderungen an den Beton

Neben den ästhetischen Anforderungen an die Oberfläche muss der Beton natürlich auch alle statischen und sonstigen Anforderungen gemäss Norm erfüllen. Entsprechende Regelungen enthält die Norm

- SN EN 206:2013+A1:2016 Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

2.4 Allgemeine Anforderungen an die Schalung

Für die Herstellung anspruchsvoller Farbbetonoberflächen kommt der Schalung eine entscheidende Bedeutung zu. Sie muss absolut sauber und unbeschädigt sein, da sich kleinste Betonrückstände sowie Fehlstellen sofort auf der Betonoberfläche zeigen.

Da bei den meisten Farbbetonbauwerken die Schalhaut bereits festgelegt ist, muss ein geeignetes Schalungssystem (Rahmen- oder Trägerschalung) ausgewählt werden, was die Verwendung der gewünschten Schalhaut ermöglicht. Trägerschalungen bieten

im Gegensatz zu Rahmenschalungen den Vorteil, dass sie frei planbar sind. Zudem kann eine Trägerschalung für eine Schalhaut-Aufdoppelung verwendet werden. Bei Rahmenschalungen sollten sowohl aus planerischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht übliche Systemmasse (d. h. vorgegebenes Schalungsbild und Bindstellen) bereits bei der Planung berücksichtigt werden.

In jedem Fall muss die Schalung eine ausreichende Steifigkeit besitzen. Besondere Vorsicht ist bei SCC aufgrund des erhöhten Schalungsdrucks geboten.

Weiterhin muss darauf geachtet werden, dass Schalungsstöße sowie Bindlöcher wirksam abgedichtet werden, was vor allem bei horizontalen Betonierfugen schwierig ist. Bei nicht fachgerechter Abdichtung kann Zementleim und Wasser aus der Fuge treten, was eine Dunkelfärbung des Betons zur Folge hat (siehe 6.2).

2.5 Schalhaut

I. d. R. führen saugende Schalungen wie:

- naturbelassene Bretter, Bohlen und unbeschichtete Schaltafeln
- behandelte aber schwachsaugende Schaltafeln
- textile Schalungsbahnen u.ä.

zu weniger Poren und einer dunkleren Betonoberfläche. Aufgrund des Saugvermögens werden die Luftporen und ein Teil des Überschusswassers der Betonrandzone entzogen. Durch die unterschiedliche Wasseraufnahmefähigkeit von Holz – auch innerhalb eines Brettes – können leichte Farbunterschiede entstehen, da Beton mit einem niedrigeren w/z -Wert dunkler erscheint als derselbe Beton mit einem höheren w/z -Wert.

Neue Holzschalungen sollten vor dem ersten Einsatz mit Zementmilch vorbehandelt werden, um das Saugvermögen zu reduzieren und den Holzzucker aus den obersten Schichten zu entfernen. Eine neue und noch unbehandelte Holzschalung entzieht dem Beton Wasser, was zu Abmehlungen führen kann. Weiterhin führt der Holzzucker zur Verzögerung des Betons, wodurch der Beton dunkler wird (siehe Abb. 4).



Abb. 4: Auswirkungen von unterschiedlichem Saugvermögen

Zur Herstellung glatter Farbbetonoberflächen werden nichtsaugende bzw. schwachsaugende Schalungen eingesetzt, wie z.B.

- Mehrschichtplatten mit Melamin- oder Phenolharzbeschichtung
- kunststoffbeschichtete Platten
- Vollkunststoffplatten

Stahlschalungen sind auf der Baustelle nicht üblich. Sie werden fast ausschliesslich in der Vorfabrikation eingesetzt.

Da diese Schalhäute nur ein sehr geringes bzw. kein Saugvermögen haben, kann es hier vermehrt zur Poren- und Wolkenbildung kommen. Nach mehrmaligem Einsatz der beschichteten Schalungen verändert sich das Saugvermögen der Schalhaut, was meist zu Farbunterschieden in der Betonoberfläche führt.

Phenolharzbeschichtete Platten sollten vor intensiver Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen geschützt werden, da es bei nicht ausreichender UV-Resistenz des Phenolharzfilms zu bräunlichen Verfärbungen auf der Betonoberfläche infolge chemischer Reaktionen kommen kann.

Im Anhang C der SIA 118/262 [3] sind verschiedene Schalungstypen aufgeführt (siehe Abb. 5), die die vielfältigen Möglichkeiten jedoch nur in begrenztem Umfang beschreiben.

Anhang B (normativ)

Schalungstypen

Im vorliegenden Anhang wird die Struktur der Schalflächen nach den Typen 1 bis 4 definiert. Die ästhetischen Anforderungen an die sichtbar bleibenden Betonoberflächen sind gemäss Anhang C durch entsprechende Betonoberflächen-Klassen (BOK) zu definieren.

Typ 1 Schalung für normale Betonoberfläche

Schalung für Oberflächen ohne besondere Anforderungen:

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

Typ 2 Schalung für Betonoberfläche mit einheitlicher Struktur

Schalung für Oberflächen mit folgenden Anforderungen:

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

Erhöhte Anforderungen an die Schalung sind wie folgt anzugeben:

1. Fugen und Stösse abgedichtet.

Typ 3 Schalung für Sichtbetonoberfläche mit Brettstruktur

Die Anforderungen an die Sichtbetonoberfläche sind gemäss Anhang C zu umschreiben.

Schalung für sichtbar bleibende Oberflächen mit folgenden Anforderungen:

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

Erhöhte Anforderungen an die Schalung sind wie folgt anzugeben:

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

Beispiel Typ 3-12: Schalung für Sichtbetonoberfläche mit Brettstruktur, abgedichteten Fugen und versetzten Brettstössen.

Typ 4 Schalung für Sichtbetonoberfläche mit Tafelstruktur

Die Anforderungen an die Sichtbetonoberfläche sind gemäss Anhang C zu umschreiben.

Schalung für sichtbar bleibende Oberflächen mit folgenden Anforderungen:

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

Erhöhte Anforderungen sind wie folgt anzugeben:

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

Beispiel: Betonoberfläche Typ 4-4: Sichtbetonoberfläche mit Tafelstruktur, Strukturbild gemäss Detailplan der geschalten Fläche.

Abb.5: Schalungstypen nach SIA 118/262, Anhang C [3]

2.6 Trennmittel: Auswahl und fachgerechte Anwendung

Für die Auswahl eines geeigneten Trennmittels sollten Vorversuche mit der ausgewählten Schalung durchgeführt werden. Abb. 6 zeigt die für Farbbeton in Frage kommenden Produkte der Sika Schweiz AG mit ihren Anwendungsbereichen sowie den wichtigsten Produkteigenschaften.

Produkt	Schalhaut							Umweltschutz
	Stahl nicht saugende Oberfläche	Holz saugende Oberfläche	Baustelle verzögertes Ausschalen	Sichtbeton	Vorfabrikation Elemente	Beheizte Schalung	Tübbing Produktion	
Sika Separol-650 BIO	■	■	■	■	■	□	■	■
Sika Separol-710 BIO	■	■	■	■	■	□	□	■
Sika Separol-6 W	■	■	■	□	□	■	□	□
Sika Separol-33 Universal	□	□	■	□	□	□	□	□

Legende:

 Pflanzenöl
 Pflanzenöl-Emulsion
 Mineral- und Synthetiköl

Kompatibilität mit Plastik, Polystyren, ABS und Polyurethan:
Beim Einsatz von Matrizen und elektrischem Schaltungsmaterial sollte vorgängig die Verträglichkeit mit dem Trennmittel getestet werden.

■ sehr geeignet □ bedingt geeignet □ nicht geeignet

Abb. 6: Anwendungsbereiche und Produkteigenschaften der Sika Trennmittel.

Generell gilt, dass die Schalung trocken und sehr sauber sein muss, um eine ansprechende Farbbetonqualität herstellen zu können. Der Auftrag von Trennmittel auf ungeereinigte Schalungen führt zu einem erhöhtem Trennmittel-Verbrauch, da Schmutz und Staub auf der Schalung den Eindruck vermitteln, dass zu wenig Trennmittel aufgebracht wurde, so dass mehr Trennmittel als nötig verwendet wird. Ausserdem muss darauf geachtet werden, dass sich keine Flecken oder Fussabdrücke auf der Schalung befinden, da diese später auf der Betonoberfläche sichtbar sind. Eine zu grosse Auftragsmenge des Trennmittels kann zu braunen Flecken (siehe Abb. 7), Poren und Abmehlungen führen.



Abb. 7: Folgen einer zu grossen Auftragsmenge (links) und der richtigen Auftragsmenge (rechts) des Trennmittels

zu grosse Auftragsmenge



richtige Auftragsmenge



Abb. 8: Kontrolle der Auftragsmenge

Weiterhin muss die Schalung trocken sein, da das Aufbringen eines lösemittelfreien Trennmittels auf eine nasse Schalung zu einem ABERLEFFEFFEKT führen kann. Dieses führt zu einer unvollständigen Benetzung der Schalung und somit zu unterschiedlichen Trennwirkungen, die sich beim Ausschalen von leichter Entschalbarkeit bis hin zu Anhaftungen bemerkbar machen.

2.7 Abstandhalter

Um die erforderliche Betonüberdeckung einhalten zu können, sind entsprechende Abstandhalter unerlässlich. Vor allem bei Deckenunterseiten lässt es sich nicht immer vermeiden, dass sich die Abstandhalter farblich absetzen. Am besten haben sich hier möglichst punktförmige zementgebundene Abstandhalter erwiesen. In äusserst kritischen Fällen oder bei anspruchsvollen Farbbetonobjekten empfiehlt sich die Verwendung eingefärbter Abstandhalter. Die Abstandhalter sollten möglichst regelmässig angeordnet werden.

2.8 Schalungsanker und Konen

Generell sollte bereits in der Planungsphase auf eine regelmässige Anordnung der Schalungsanker geachtet werden und in Form eines Schalungsmusterplans (siehe Abb. 18) festgelegt werden. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass die Konen abgedichtet und die Anker exakt senkrecht zur Schalung eingebaut sowie gleichmässig angezogen werden. Beim späteren Verschluss der Bindlöcher gibt es viele Möglichkeiten. Beispiele sind u. a. in [7] zu finden.



Abb. 9: Verschluss eines Bindlochs mit einem Edelstahlkonus

2.9 Oberflächenschutz

2.9.1 Hydrophobierung

Das Hydrophobieren von Farbbeton-Oberflächen ist vor allem in der Anfangsphase von Nutzen, da die Wasseraufnahme, insbesondere bei Rissen unter 0,3 mm Breite, und somit Aussinterungen bei Rissen sowie Ausblühungen in der Fläche reduziert werden. Daneben kann der Bewuchs durch Moos etc. vermindert werden. Dabei kann eine Oberflächenbehandlung gesetzt werden, oder auch ein Massenhdrophobierungsmittel als Betonzusatzmittel eingesetzt werden.

Für die technische Dauerhaftigkeit der Bauwerke ist bei ausreichender Betondeckung und einem den Anforderungen an die Expositionsklasse entsprechenden Beton eine Hydrophobierung nicht notwendig.

2.9.2 Anstriche / Lasuren

Filmbildende Oberflächenbehandlungen sind auf Farbbeton völlig verpönt und deplatziert. Lasuren auf Farbbeton kommen nur zur Kosmetik von Problemfällen in Betracht.

Aufgrund des geringen Glanzes sind für Architekturbeton mineralische Systeme eher geeignet als kunststoffgebundene. Bei ausreichender Betonüberdeckung und guter Betonqualität werden an die technische Schutzwirkung keine bis geringe Anforderungen gestellt. Vor Aufbringen der Lasur sollte u. U. eine Hydrophobierung aufgebracht werden. Es empfiehlt sich, das System eines Lieferanten zu verwenden.

2.9.3 Antigraffiti

Die Vielzahl der Antigraffiti-Systeme kann grob in 2 Klassen eingeteilt werden:

- Permanente Systeme: Sichtbare, meist dickschichtige (ca. 0.5 mm) und stark glänzende, eingefärbte Systeme, die für Farbbeton normalerweise nicht in Frage kommen.
- Nicht-permanente Systeme: Optisch kaum wahrnehmbare Systeme, welche im Falle einer Graffiti-Verschmutzung als Ganzes entfernt werden (z.B. mit Dampf). Nicht-permanente Systeme müssen also ständig erneuert werden. Darüber hinaus sind sie nicht witterungsbeständig und müssen je nach Bewitterung intensiv unterhalten werden.

2.10 Mehrkosten

Durch die hohen Qualitätsanforderungen an Farbbeton entstehen erhöhte Kosten u. a. für das Pigment, eine spezielle Schalung, besondere Massnahmen bei den Betonierarbeiten, den Schutz des Betons während der Bauzeit etc. Über diese Kosten sollte der Bauherr möglichst früh in Kenntnis gesetzt werden. Andernfalls kann es passieren, dass ein ursprüngliches Farbbeton-Bauwerk aufgrund der Mehrkosten später nur in „normalem“ grauem Sichtbeton ausgeführt wird. Bis dahin kann aber bereits ein grosser Teil der Planungsleistungen erbracht worden sein.

Folgende Überslagsrechnung soll dazu dienen, dem Bauherrn die Materialmehrkosten für das Pigment aufzeigen zu können:

- Beispiel: Wandstärke 25 cm

NPK C Beton → Zementgehalt 300 kg/m³

Pigmentdosierung 5% v. Z.

Pigmentpreis: ca. 10.00 CHF/kg (je nach Farbton)

→ 300 kg/m³ × 5 % × 10.00 CHF/kg = 150 CHF/m³

→ 1 m³ Beton = 4 m² Wandfläche

→ effektive Mehrkosten: ca. 37.50 CHF/m² Wandfläche
(bzw. 1 Kessel à 15 kg reicht für ca. 4 m² Wandfläche)

Weiterhin muss mit Mehrkosten gerechnet werden für:

- die Schalung (spezielle Schalhaut, evtl. Vorbehandlung, sorgfältige Reinigung und Lagerung)
 - die Verwendung von Weisszement
 - ein für die gewählte Schalhaut geeignetes Trennmittel z.B. mit Porenunterdrückung
 - die sorgfältige Ausführung (präzise Schalungsarbeiten, Fugen abdichten etc.)
- Kantenschutz, Schutz vor Verschmutzung während der Bauzeit

2.11 Vorgehen bei Mängeln

Bei Beton handelt es sich um einen "lebendigen" Baustoff, so dass sich das optische Ergebnis nicht im Vorhinein bis ins letzte Detail planen lässt. Durch die vielen verschiedenen Einflussfaktoren, wie z.B. die klimatischen Verhältnisse während der Bauphase, ist jedes Farbbeton-Bauwerk ein Unikat, was den besonderen Reiz des Farbbetons ausmacht.

Es ist nicht auszuschliessen, dass es trotz sorgfältiger Planung und Ausführung zu Mängeln kommt. Daher ist es wichtig, vor der Ausschreibung gemeinsam mit dem Bauherrn Referenzflächen sowie mögliche Abweichungen in der Betonoberfläche schriftlich festzulegen, sowohl hinsichtlich der Details als auch des Gesamteindrucks des Bauwerks. Die Beurteilung sollte unter Berücksichtigung eines angemessenen Betrachtungsabstandes, Blickwinkels und verschiedenen Lichteinfällen erfolgen.

Unter bestimmten klimatischen Bedingungen findet ein Feuchtetransport im Kapillarporensystem des Betons statt. Die dadurch entstehenden Ausblühungen lassen sich oft nicht verhindern und können so zur Beeinträchtigung der Oberfläche führen. Dieses stellen zwar in den meisten Fällen keinen technischen, sondern eher einen ästhetischen Mangel dar, der aber zu grossem Ärger führen kann. Daher sollte das Thema Ausblühungen im Vorfeld offen angesprochen werden. Es empfiehlt sich allfällige Mängelbeseitigungen im Vorfeld festzulegen, da diese sichtbar bleiben können.

Auf weitere mögliche Fehler und ihre Ursachen wird in Kapitel 6 näher eingegangen.

3 BETON

3.1 Ausgangsstoffe des Betons

3.1.1 Zement

Prinzipiell dürfen für die Herstellung von Farbbeton nach SN EN 206:2013+A1:2016 [2] alle zugelassenen Zemente verwendet werden. Dabei hat die Zementfarbe einen entscheidenden Einfluss auf die Betonfarbe, denn bei Verwendung von Grauzement erscheint der Beton in einer weniger leuchtenden Farbe als mit Weisszement. Dieser Unterschied ist bei hellen Farbtönen, wie z.B. gelb, stärker ausgeprägt als bei dunkleren Farbtönen, wie z.B. schwarz (siehe Abb. 10).

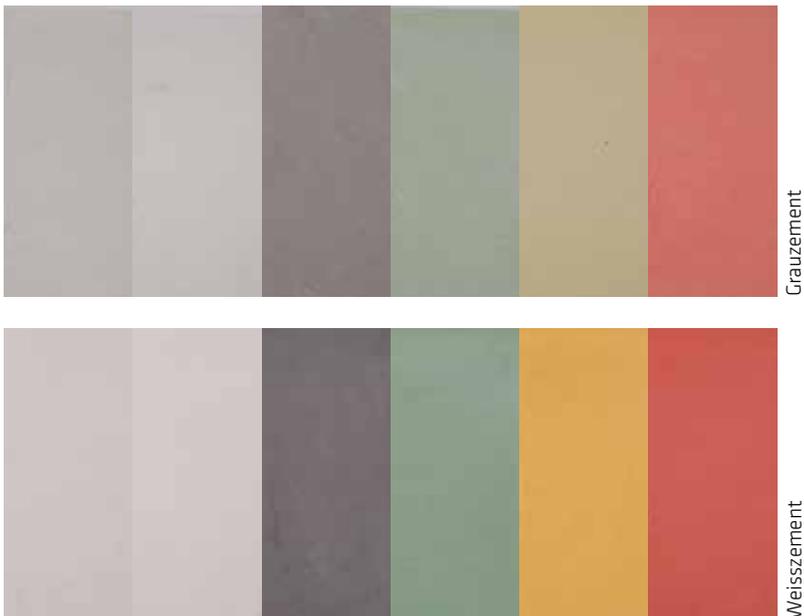


Abb.10: Einfluss der Zementfarbe auf die Betonfarbe

3.1.2 Betonzusatzstoffe

Für die Herstellung von Beton können neben dem Zement auch Betonzusatzstoffe wie Flugasche, Kalksteinmehl oder sonstige Gesteinsmehle eingesetzt werden. Um Farbunterschiede möglichst gering zu halten, sollten bei Farbbeton nur Betonzusatzstoffe verwendet werden, die eine sehr konstante Produktqualität hinsichtlich Wasseranspruch und Farbe aufweisen.

3.1.3 Betonzusatzmittel

Zur Einhaltung des geforderten w/z-Wertes bei gleichzeitig guter Verarbeitbarkeit des Betons sind Fließmittel in der modernen Betontechnologie unerlässlich. Hier bietet die Sika Schweiz AG mit den Sika® ViscoCrete®, Sikament® und SikaPlast® Produkten ein umfassendes Sortiment. SikaControl®-300 PerFin reduziert zudem die Poren an der Farbbetonoberfläche und SikaControl® AE-10 kann als Massenhydrophobierungsmittel ebenfalls eingesetzt werden.

Der Einsatz von Verzögerern kann die Gefahr des Blutens erhöhen. Luftporenbildner können eine stabilisierende Nebenwirkung haben, was allerdings auch eine erhöhte Porenbildung zur Folge haben kann.

3.1.4 Gesteinskörnungen

Die Gesteinskörner werden i. d. R. vom eingefärbten Zementleim umhüllt. Es kann jedoch vorkommen, dass einzelne Körner nicht vollständig mit Zementleim überdeckt werden und somit die Betonfarbe durch die Farbe der Gesteinskörnung beeinflusst wird. Dieser Effekt wird vor allem nach einigen Jahren Bewitterung sichtbar, wenn die oberste Zementleimschicht abgewittert ist.

Vor allem bei nachträglich bearbeiteten Betonoberflächen wie Strahlen, Absäuern oder Stocken können mit farbigen Gesteinskörnungen sehr schöne Effekte erzielt werden.

3.1.5 Wasser

Bei der Herstellung von Farbbeton sollte kein Restwasser verwendet werden, da u. a. schwankende Feststoffanteile im Restwasser den Wasseranspruch verändern können.

3.2 Pigmente

Zur Einfärbung von zementgebundenen Baustoffen stehen Pigmente in verschiedenen Formen zur Verfügung. Abb. 15 zeigt die wesentlichen Vor- und Nachteile von Pulver, Kompaktpigment, Granulat und Slurry.

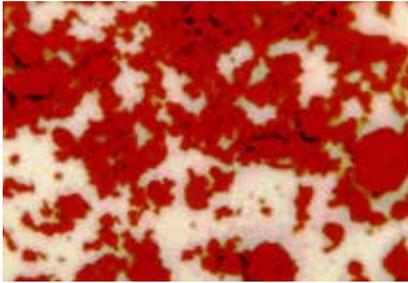


Abb. 11: Pulverpigment

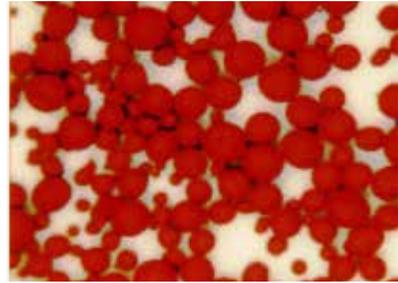


Abb. 12: Granulat

Pulver	Kompaktpigment
<ul style="list-style-type: none"> - staubt - neigt zum Verklumpen, nicht fließfähig - schwierig zu dosieren + zur Herstellung von Slurry geeignet + frostunempfindlich + kostengünstig 	<ul style="list-style-type: none"> - teurer als Pulver + staubarm + geringere Kosten gg. Granulat + frostunempfindlich + einfacher zu dosieren als Pulver

Granulat	Slurry (Pigmentsuspension)
<ul style="list-style-type: none"> - höhere Materialkosten als Pulver + nahezu staubfrei + gut fließfähig + leicht zu dosieren + frostunempfindlich 	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Platzbedarf, da ca. 50% Wasser - Stabilität; muss aufgerührt werden - frostempfindlich - bringt zuviel Wasser in (erdfeuchten) Beton + leicht zu dosieren, geringe Kosten + keine Staubeentwicklung

Abb. 13: Vor- und Nachteile verschiedener Pigmentformen

Die Sika Schweiz AG hat sich vor allem aufgrund der Staubbefreiheit und der einfachen Dosierbarkeit für Pigmente in Granulatform entschieden. Die Abfüllung von Sika® ColorCrete G in wasserdichte Kessel gewährleistet zudem einen optimalen Feuchteschutz beim Transport und der Lagerung.

Sika® ColorCrete G	Kessel	Kessel chargenbezogen	Bigbag
130 rot	15 kg	bis 20 kg	1000 kg
330 schwarz	15 kg	bis 20 kg	1000 kg
920 gelb	10 kg	bis 12 kg	500 kg
weiss	15 kg	bis 20 kg	1000 kg
grün	15 kg	bis 20 kg	1000 kg
Sika® ColorCrete G Colormix	-	bis 20 kg	-

Abb. 14: Farbtöne und Gebindegrössen Sika® ColorCrete G

Individuelle Farbmischungen sind unter dem Produktnamen Sika® ColorCrete G Colormix erhältlich. Weiterhin bietet die Sika Schweiz AG chargenbezogene Gebindegrössen aller genannten Farbtöne, abgestimmt auf die Mischerkapazität und die Pigmentdosierung an.

Alle angebotenen Granulate erfüllen die Anforderungen an Pigmente zum Einfärben von zement- und / oder kalkgebundenen Baustoffen nach SN EN 12878 [8], Kategorien A und B und dürfen somit in bewehrtem Beton nach SN EN 206:2013+A1:2016 [2] eingesetzt werden.

Mit steigender Pigmentdosierung steigt auch die Farbintensität. Ab einer gewissen Dosierung bewirkt eine höhere Zugabemenge jedoch keine wesentliche Intensivierung des Farbtons mehr und wird somit unwirtschaftlich. Bei farbstarke Pigmenten liegt dieser Sättigungspunkt im Allgemeinen bei ca. 6%.

Farbabstufungen je nach Zementart und Pigmentzugabe

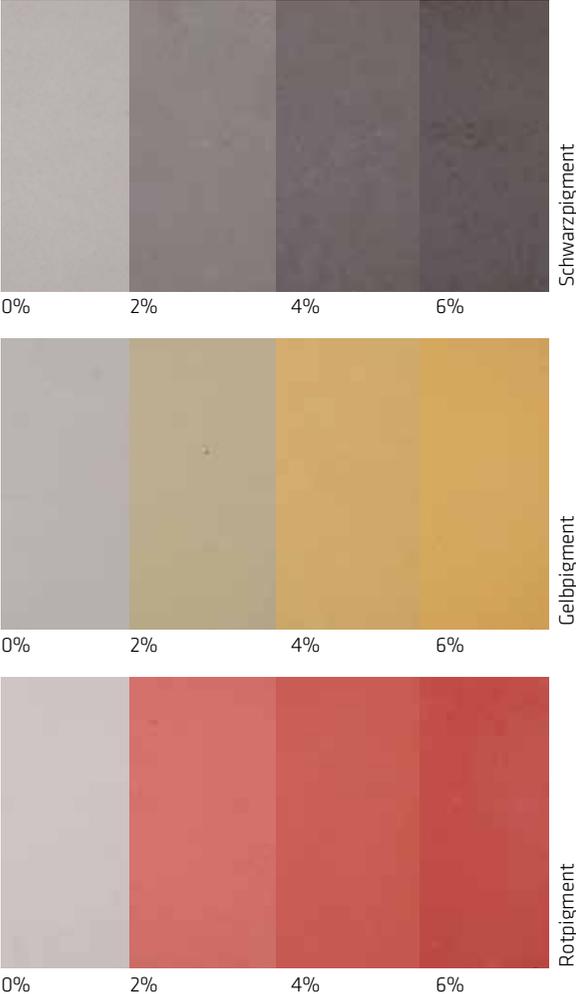


Abb. 15: Einfluss der Pigmentdosierung auf die Farbintensität

Sika® ColorCrete G darf nicht über +80°C gelagert werden, da es in diesem Temperaturbereich zu einer oxidativen Veränderung der Pigmente kommen kann.

Die Verwendung von Pigmenten kann Einflüsse auf verschiedene Frisch- und Festbetoneigenschaften haben. Rot- und Schwarz-Pigmente führen im Bereich der üblichen Dosiermengen von bis zu 5% normalerweise zu keinem spürbaren Anstieg des Wasseranspruchs, während bei Gelb-Pigmenten ab einer Dosierung von 4 – 5% mit einem steigenden Wasseranspruch gerechnet werden muss. Einflüsse auf das Abbindeverhalten sowie die Druckfestigkeit können nicht ausgeschlossen werden.

3.3 Betonrezeptur

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln aufgezeigt wurde, ist ein gelungener Farbbeton nicht allein von der Betonrezeptur abhängig. Eine sehr gute Möglichkeit für die Auswahl einer geeigneten Rezeptur bieten die Erfahrungen des Betonwerks. Meist existieren bereits erprobte Sichtbetonrezepturen, die sich bestens als Basis für die Farbbetonrezeptur eignen.

Folgende Kriterien sollten bei der Betonrezeptur eingehalten werden:

- möglichst niedriger w/z-Wert
- ausreichender Mehlkorngehalt (vgl. Pumpbeton)
 - homogen, stabil und robust, kein Bluten und Entmischen
- stetige Sieblinie
- wenn möglich runde Gesteinskörnung → Beton verdichtungswilliger
- $D_{\max} = 32$ mm i. d. R. günstiger für Oberflächenqualität
- keine Verwendung von Rest-/Recyclingwasser

3.4 Herstellung

Ein gleichmässiger Farbton des Betons ist stark abhängig von konstanten Produktionsbedingungen. Daher sollten sowohl die Produktionsbedingungen als auch die Ausgangsstoffe des Betons innerhalb eines Auftrags nicht verändert werden. Bereits kleine Schwankungen des w/z-Wertes ($\pm 0,02$) können farbliche Veränderungen hervorrufen. So erscheint ein Beton mit höherem w/z-Wert unter ansonsten gleichen Bedingungen heller als der gleiche Beton mit tieferem w/z-Wert (siehe Abb. 16).



Abb. 16: Einfluss des w/z -Wertes auf die Betonfarbe

Auch die Mischreihenfolge und die Mischzeit haben einen Einfluss auf die Qualität. Daher wird empfohlen, Sika® ColorCrete G bereits auf dem Förderband oder im Mischer auf die Gesteinskörnung zu dosieren. Die Gesteinskörnung und Sika® ColorCrete G sollten ca. 20 Sekunden gemischt werden, bevor der Zement zugegeben wird. Danach Wasser und Zusatzmittel zugeben. Um eine optimale Dispergierung des Farbgranulats und somit eine gleichmässige Betonfarbe zu erzielen, sollte eine Nassmischzeit von mindestens 90 Sekunden eingehalten werden.



Abb. 17: Dosierung von Sika® ColorCrete G auf das Förderband

Um den Mischer im Betonwerk nicht zu verschmutzen, kann Sika® ColorCrete G auch in den Fahrmischer dosiert werden. Hierfür müssen jedoch unbedingt Vorversuche durchgeführt werden, um die für eine gleichmässige Einfärbung des Betons erforderliche Mischzeit sowie ein eventuelles Vorhaltemass zur Erzielung der gewünschten Konsistenz zu ermitteln.

Sika® ColorCrete G sollte erst in den Fahrmischer gegeben werden, wenn sich bereits ein Teil des Betons darin befindet. Zudem sollte zum Schluss eine Charge Beton hineingegeben werden, nachdem die gesamte Menge Sika® ColorCrete G bereits in der Trommel ist.

Die Reinigung des Betonmischers sowie des Fahrmischers erfolgt i. d. R. durch Ausspülen mit Wasser. Das Spülwasser kann je nach Höhe der Pigmentdosierung eine relativ starke Färbung aufweisen. Die Pigmente sind ökologisch unbedenklich und setzen sich im Absetzbecken ab. Wenn möglich kann der Betonmischer auch durch eine nachfolgende Betonmischung wie z.B. Magerbeton gereinigt werden.

3.5 Besonderer Hinweis zu Sika® ColorCrete G Colormix

Der Produktname Sika® ColorCrete G Colormix steht für spezielle Abmischungen verschiedener Standardfarbtöne nach Kundenwunsch, die i. d. R. als chargenbezogene Gebinde geliefert werden. Da es aufgrund unterschiedlicher Dichten der Granulate zu einer unregelmässigen Durchmischung kommen kann, sollten nur ganze Gebinde verwendet werden. Alternativ können natürlich auch die einzelnen Standardfarbtöne im gewünschten Mischungsverhältnis getrennt zugegeben werden.

3.6 Transport

Der Transport von Farbbeton sollte im Fahrmischer erfolgen. So kann der Farbbeton auf der Baustelle nochmals aufgemischt werden, damit er homogen ist und eine gleichmässige Einfärbung aufweist.

Vor der Befüllung mit Farbbeton sollte der Fahrmischer sauber ausgewaschen sein, damit Rückstände von altem Beton die Farbe des Farbbetons nicht beeinflussen. Ausserdem ist darauf zu achten, dass sich kein oder nur noch wenig Wasser in der Trommel befindet, damit der w/z-Wert nicht verändert wird.

4 AUSSCHREIBUNG

Der Planer / Ausschreibende gibt das Ziel so genau wie möglich vor! Grundlagen sind Referenzen, Muster und Pläne der Oberfläche. Der Unternehmer kennt das Ziel und soll möglichst uneingeschränkt mit seinen Möglichkeiten dies erreichen. Die Art und Weise ist dem Ausführenden überlassen. Empfehlung: Referenzobjekte, Musterflächen und Pläne der Ausschreibung beilegen.

4.1 Angaben in der Ausschreibung

Die Ausschreibung sollte möglichst detaillierte Informationen enthalten. Dies kann sowohl durch eine genaue Beschreibung als auch durch beiliegende Pläne, Fotos oder Betonmuster erfolgen.

Dabei sollte u. a. auf folgende Punkte eingegangen werden:

- Schalhaut, Schalungssystem
- detaillierte Beschreibung der Oberfläche (Oberflächentextur, Oberflächenbearbeitung)
- Betonklassifikation (inkl. Pigment und Dosierung)
- Ausbildung von Schalungsstößen
- Lage, Ausbildung und Verschluss von Bindlöchern
- Lage, Ausbildung und Breite von Arbeits-, Dilatations- und Scheinfugen
- Flächengliederung, was durch u. a. durch Beilage eines Schalungsmusterplans erfolgen kann
- Kantenausbildung (z.B. scharfkantig, Dreikantleiste)

4.2 Beispiel eines Devistextes für Sicht- und Farbbeton

R 090 Sicht- und Farbbeton

- R 091 Detaillierte Leistungsbeschreibung für Sicht- und Farbbeton
- R .100 Koordination des Fugenbildes (Schalung), die Betonieretappen und die Anordnung der Schalungsbinder, sowie die Materialisierung sind durch die Planer und Bauleitung in Absprache mit dem Bauherrn festzulegen
- R .200 Die Abstimmung der Zusatzmittel ist unter Absprache mit dem bevorzugten Betonwerk und unter Rücksprache mit der Sika Schweiz AG zu treffen.
- Sika ColorCrete G [genaue Farbtonbezeichnung]
- Sika ViscoCrete [genaue Bezeichnung]
- SikaControl-300 PerFin
- R .300 Im Weiteren sind die folgende Punkte im Plan / Dokument Nr. durch die Planer mit dem Bauherrn schriftlich festgehalten:
Beispiele:
- Schalungstyp
- Art der Oberfläche
- Pigmentierung / Dosierung
- Ausbildung der Schalungsfugen
- Anordnung der Schalungsbinder
- Vorgehen bei Mängel
- etc.
- R .400 Die Nachbehandlung erfolgt nach den Regeln der Baukunst und den speziellen Anforderungen der Bauleitung.
- R .500 Für die Herstellung des Sicht- und Farbbetons ist kein Recyclingwasser zugelassen.
- R .600 Die Gesteinskörnung (keine recycelte Gesteinskörnung) sollte möglichst aus Rundmaterial bestehen und nicht grösser im Durchmesser als 32 mm sein.
- R .700 Zusätzlicher Schutz der Betonoberfläche (Hydrophobierung, Karbonatisierungsschutz) kann z.B. mit Sikagard-705 L erfolgen, in Absprache mit der Sika Schweiz AG.
- R 092 Zusätzliche Bestimmungen
- R .100 Die Ausführung des Bauwerks erfolgt nach den Schalungs- und Armierungsplänen des Ingenieurs und sind mit dem Bauherrn und Architekten abzustimmen.
- R .200 Betonrezepturen: wasserdichter Beton.
Zur Reduktion des w/z-Wertes sind Betonzusatzmittel der Sika Schweiz AG zu verwenden. Es wird ein konstanter w/z-Wert (Schwankungen $\leq 0,02$) angestrebt um farbliche Abweichungen möglichst gering zu halten.
Allfällige Zementreduktionen und Ergänzungen mit Filler oder Steinmehl sind je nach Jahreszeit, Umgebungstemperatur und Anforderungen an die Bauteile möglich, jedoch nur in Absprache mit dem Betonwerk, dem Bauherrn und der Sika Schweiz AG.
- R .210 Beton für Sichtbetonbauteile
- Beton nach SN EN 206:2013+A1:2016, Typ NPK C
- Festigkeitsklasse: C 30/37
- Expositionsklasse: XC4, XF1, XD1, XD2
- Nennwert Grösstkorn: D_{max} 32mm
- Klasse Chloridgehalt: Cl 0.10
- Konsistenzklasse: C3
- Pigment:
- Sika ColorCrete G [genaue Farbtonbezeichnung], Dosierung [0.5 – 5.0% des Zementgewichts]
- Zusatzmittel:
- Sika ViscoCrete [genaue Bezeichnung], Dosierung: ca. 1% des Zementgewichts
- SikaControl-300 PerFin, Dosierung: 1 kg/m³ Beton

Die Dosierungen sind nach Vorversuchen und Bemusterungen zu definieren. Anhaltspunkte liefert Ihnen die Sika Schweiz AG. Es sind die klimatischen Bedingungen, Schalungstyp und die Nachbehandlung zu berücksichtigen.

- R .220 Mehrpreis für Mehrdosierung in Prozent
- R .300 Betonqualität: Die Betonqualität wird gleichermassen bestimmt durch die Rezeptur, das Einbringen und die Nachbehandlung. Der Unternehmer hat deshalb folgenden Bestimmungen nachzukommen:
- Sorgfältiges Arbeiten mit der Schalung
 - Sorgfältiger Auftrag von Trennmittel
 - Die Arbeiter an den Vibratoren sind ausgebildet.
 - Das Betonieren wird vom Polier überwacht.
 - Bei Wänden sind die unteren 15 cm mit Anschlussbeton, gemäss Pos. R 092.200ff, zu betonieren.
- R .400 Ausschallfristen, Nachbehandlung:
- Wände 24 h (max. 48 h)
 - Decken min. 7 Tage.
- Diese Ausschallfristen sind als Richtwerte zu betrachten und können je nach Witterung durch die Bauleitung verlängert oder eventuell verkürzt werden. Abdeckmaterial: Plastikfolie oder Isoliermatten
- Anschlussbewehrung müssen mit Plastikfolien geschützt werden, um Rostflecken auf den Sichtbetonflächen zu vermeiden.
- R .500 Massnahmen für das Betonieren im Winter: Ergänzend zur Norm SIA 262 ist zu beachten:
- Unter 5°C wird nicht betoniert.
 - Die Kompetenz für die Anordnung der Wintermassnahmen liegt bei der Bauleitung.
 - Die Betonrezeptur, insbesondere die Art und Dosierung der Zusatzmittel wird in Absprache mit dem Ingenieur und dem Zusatzmittellieferanten bestimmt.
 - Die Ausschallfristen werden durch den Ingenieur entsprechend der Festigkeitsentwicklung festgelegt.
 - Der Ingenieur bestimmt gegebenenfalls eine Verlängerung der Abdeckzeit mit isolierenden Matten.
 - Würfelproben zur Kontrolle der Festigkeitsentwicklung werden auf der Baustelle unter gleichen Bedingungen wie der betonierte Bauteil gelagert.
 - Der Bauführer/Polier notiert täglich die Lufttemperatur anhand eines Min./Max.Thermometers.
 - Die Frischbetontemperatur muss + 10 Grad Celsius betragen.
 - Die Abbindezeit muss über eine Dauer von 48 Stunden über + 8 Grad Celsius liegen.
- R .600 Massnahmen für das Betonieren im Sommer:
- Die Einbringtemperatur soll 30°C nicht übersteigen.
 - Schnelles Ansteifen des Betons darf keinesfalls durch Wasserzugabe verhindert werden.
 - Der Beton ist unmittelbar nach dem Einbringen abzudecken.
- R .700 Betontransport:
- Der Sicht- und Farbbeton ist mit Fahrmischern zu transportieren. Allfällige Mehrkosten sind in die Einheitspreise einzurechnen.
- R .800 Betonquerschnitt, Einlagen:
- Querschnittsschwächungen wie Rohrleitungen, Elektroerohre etc. sind vor Baubeginn einzuplanen.
- R .900 Frischbetonkontrollen:
- Eine Frischbetonkontrolle erfolgt ca. alle 300 – 500 m³.

5 AUSFÜHRUNG

5.1 Arbeitsvorbereitung

Bei der Planung der einzelnen Betonieretappen müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

Witterungsbedingungen

- Starker Regen kann den w/z-Wert erhöhen und somit die Farbe des Betons verändern.
- Unter +5°C sollte nicht betoniert werden.
- Hohe Temperaturen führen i. d. R. zu einem schnelleren Ansteifen des Betons.
- Hohe Temperaturen und / oder Wind beschleunigen die Austrocknung des Betons. Hierfür sind entsprechende Nachbehandlungsmassnahmen vorzusehen.
- Tieferere Temperaturen bewirken eine langsamere Festigkeitsentwicklung, was vor allem hinsichtlich der Ausschalzeit berücksichtigt werden muss.
- Betonagen über einen längeren Zeitraum und verschiedene Jahreszeiten bringen Temperaturunterschiede mit sich. Hohe Temperaturunterschiede können einen sichtbaren Einfluss auf die Farbe des Betons haben. Bei höheren Temperaturen entstehen feinere Kristalle, so dass die Betonfarbe aufgrund einer stärkeren Lichtstreuung heller erscheint.

Verkehrsverhältnisse (bei Transportbeton)

Um Schüttlagen zu vermeiden und die einzelnen Schichten noch ausreichend miteinander "vernähen" zu können, sollten die Fahrmischer einen möglichst kurzen Anfahrtsweg zur Baustelle haben und dort in regelmässigen Zeitabständen eintreffen können. In städtischen Gebieten sollten die Hauptverkehrszeiten aufgrund erhöhten Verkehrsaufkommens möglichst vermieden werden.

Kapazität des Transportbetonwerks

Grundsätzlich muss das Transportbetonwerk in der Lage sein, die erforderliche Betonmenge im vorgesehenen Zeitraum zu liefern. Für den Fall, dass es zu Ausfällen kommt, sollte vorher ein Ersatzlieferwerk, das die gleichen Ausgangsstoffe verwendet, festgelegt werden.

Vorbereitung unmittelbar vor Beginn der Betonierarbeiten

Sobald der erste Beton in die Schalung eingebracht ist, muss ein reibungsloser Ablauf auf der Baustelle gewährleistet sein. Daher müssen vor Betonierbeginn sämtliche Arbeiten an der Schalung und der Bewehrung abgeschlossen sein sowie alle benötigten Arbeitsgeräte wie Kran und Betonkübel (evtl. mit Schlauch) oder Betonpumpe, Vibrierenadeln und sonstige Einbauwerkzeuge bereit stehen. Falls noch Wasser in der Schalung ist, muss dieses vorher entfernt werden, da ansonsten Wasserläufe entstehen können.

5.2 Schalung und Trennmittel

Vor dem Auftragen des Trennmittels muss die Schalung intensiv gereinigt werden und danach vor Staub, Blütenstaub, Sägespänen sowie weiteren Verschmutzungen geschützt werden. Was bei der Vorbehandlung, Reinigung und Lagerung der Schalung sowie der Trennmittelanwendung ausserdem zu beachten ist, sehen Sie in den Kapiteln 2.4 bis 2.6.

5.3 Bewehrung, Abstandhalter und Einbauteile

Die Bewehrung und Einbauteile sind fachgerecht zu verlegen und befestigen, ohne dabei die Schalhaut zu verletzen. Um Fehlstellen infolge mangelnder Verdichtung zu verhindern, müssen genug Rüttelgassen vorgesehen werden. Genügend Abstandhalter gewährleisten eine ausreichende Betonüberdeckung der Bewehrung.

Vor allem bei Decken sollte die Bewehrung nicht zu lange der freien Witterung ausgesetzt sein, damit sich kein Rost auf der Schalung ablagert, der zu Rostflecken an der Deckenunterseite führt. An besonders heiklen Stellen sollte über eine Beschichtung der Bewehrung, z.B. mit SikaTop Armatex® -110 EpoCem® nachgedacht werden. Weitere Hinweise enthalten die Kapitel 2.7 und 2.8.

5.4 Betoneinbau

Der Einbau von Farbbeton sollte von einem erfahrenen Team ausgeführt werden. Hierbei sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- max. freie Fallhöhe Beton 1.0 m, ggf. Betonkübel mit Schlauch/Schüttrohren verwenden
- möglichst gleichmässige Schüttlagen < 50 cm
- Beton mittig einbringen und nicht gegen die Schalung oder Bewehrung schütten
- ausreichend und gleichmässig vibrieren; bei mehreren Lagen Vibrierenadel 10-15 cm in untere Lage eintauchen und so die Schichten „vernähen“
- bei hohen Wänden oder Stützen falls erforderlich Anschlussmischung mit gleichem w/z-Wert verwenden
- beim Einbringen des Farbbetons mittels Pumpe ggf. Schmiermischung verwenden; erste Liter Beton nicht gleich in Schalung einbringen – Farbunterschiede möglich

5.5 Ausschalen

Um Kanten- und Eckabbrüche zu vermeiden, muss der Beton eine ausreichende Festigkeit besitzen. Die Festigkeitsentwicklung des Betons ist vor allem von folgenden Faktoren abhängig:

- Festigkeitsklasse und -entwicklung des verwendeten Zementes
- w/z-Wert
- Einfluss der verwendeten Zusatzmittel (FM, VZ/FM, VZ etc.)
- Frischbeton- und Umgebungstemperatur

5.6 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung dient dem Schutz des jungen Betons vor:

- vorzeitiger Austrocknung durch Wind, Sonne und trockener Kälte
- schädlichen Einwirkungen wie z.B. Öl, Salzen etc.
- extremen Temperaturen bzw. raschen Temperaturwechseln.

Sie ist daher für die spätere Betonqualität von grosser Bedeutung, da eine vorzeitige Austrocknung des Betons folgende Auswirkungen haben kann:

- ungenügende Festigkeitsentwicklung
- Absanden und Abblättern an der Oberfläche
- erhöhte Karbonatisierungsgeschwindigkeit und somit schnellere Korrosion der Bewehrung
- Rissbildung und somit grössere Wassereindringfähigkeit sowie verminderte Beständigkeit gegen Witterung und chemischen Angriff

Daneben hat die Nachbehandlung einen entscheidenden Einfluss auf die Betonoberfläche. Aus diesem Grund sollte Folgendes bei der Nachbehandlung von Farbbeton beachtet werden:

- Bauteile gleich lang in der Schalung belassen.
- Beton vor Wind und Sonneneinstrahlung schützen.
- Ausgeschaltes Beton mit Folie schützen, die nicht direkt auf der Betonoberfläche aufliegt, da sich ansonsten Kondenswasser bilden kann, wodurch Ausblühungen entstehen. Die Folien so anbringen, dass keine Kaminwirkung entsteht.
- Flüssige Nachbehandlungsmittel nur nach Vorversuchen verwenden, wenn keine farbliche Beeinträchtigung der Betonoberfläche zu erwarten ist.

5.7 Schutzmassnahmen während der Bauzeit

Da während der Bauzeit Verschmutzungen und kleinere Beschädigungen nicht auszuschliessen sind, sollten die Farbbetonbauteile vor Verschmutzungen geschützt sowie mit einem Kantenschutz (siehe Abb. 19) versehen werden. Um Rostfahnen von der Anschlussbewehrung durch herablaufendes Regenwasser zu vermeiden, eignet sich die Abdeckung mit Folie (siehe Abb. 20).



Abb. 19: Kantenschutz und Schutz vor Verschmutzung



Abb. 20: Schutz vor Rostfahnen

6 MÖGLICHE FEHLER UND IHRE URSACHEN

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über mögliche Ausführungsfehler. Hierbei ist grundsätzlich zwischen vermeidbaren, bedingt vermeidbaren und unvermeidbaren Fehlern zu unterscheiden.

Vermeidbar sind z.B.:

- Poren und Lunkern infolge Verdichtungsfehlern
- Kiesnester
- unregelmässige und willkürliche Anordnung von Fugen und Bindlöchern.

Nur bedingt vermeidbar sind z.B.:

- Wolkenbildungen und Marmorierungen bei glatten und nichtsaugenden Schalungen
- Porenhäufungen im Bereich der Wandkrone
- leichte Farbunterschiede bei Schüttaglagenbildung
- Rostspuren an Deckenuntersichten.

Nicht bzw. nicht zielsicher herstellen lassen sich z.B.:

- porenfreie Betonoberflächen
- Betonoberflächen ohne jegliche Farbtenschwankungen
- ausblühfreie Betonoberflächen.

6.1 Schalung



Abb. 21: Folgen einer defekten Schalung

6.2 Fugenabdichtung



Abb. 22: Farbunterschiede an einer nicht abgedichteten Arbeitsfuge

6.3 Poren und Lunker



Abb. 23: Starke Poren- und Lunkernbildung infolge mangelnder Verdichtung

6.4 Kiesnester



Abb. 24: Kiesnest

6.5 Wasserläufe

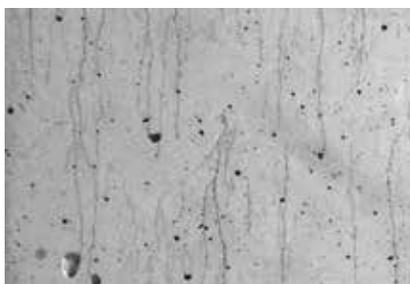


Abb. 25: Schleppwasserbildung

6.6 Ausblühungen



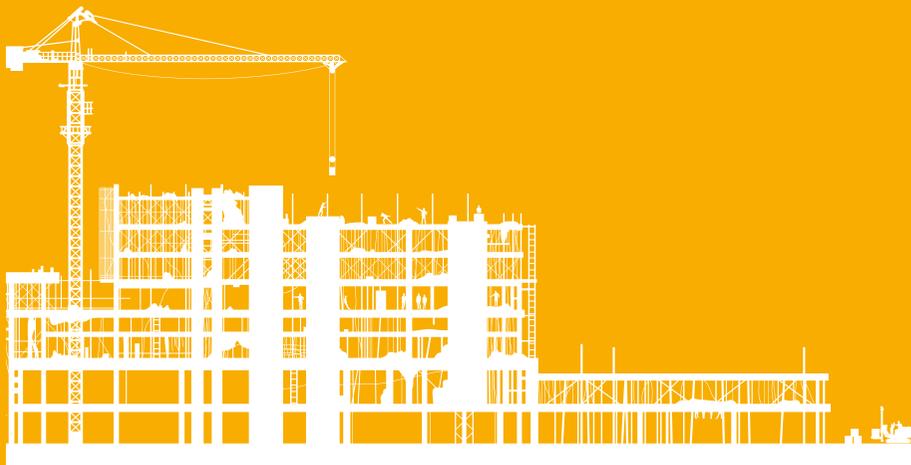
Abb. 26: Ausblühungen infolge Kondenswasserbildung

Bei der Hydratation des Zementes entstehen grosse Mengen Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$, was über das Kapillarporensystem an die Betonoberfläche transportiert wird. Dort reagiert es mit dem Kohlendioxid CO_2 aus der Luft zu Calciumcarbonat CaCO_3 (Abb. 27). Voraussetzung dafür sind bis an die Oberfläche mit Wasser gefüllte Kapillarporen. Beim Wasser kann es sich um Überschusswasser aus dem Beton aber auch um Fremdwasser wie Regenwasser, Kondenswasser oder aufsteigende Feuchte handeln.

7 LITERATUR

- [1] DBV und BDZ: Merkblatt Sichtbeton, 08 / 2004
- [2] SN EN 206:2013+A1:2016 Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [3] SIA 118/262:2004 Allgemeine Bedingungen für Betonbau
- [4] cemsuisse: cemsuisse-Merkblatt – MB 02 Merkblatt für Sichtbetonbauten, 04/2012
- [5] ÖVBB: Richtlinie “Sichtbeton – Geschalte Betonflächen”, 11/2009
- [6] SIA 262/1:2003 Betonbau – Ergänzende Festlegungen
- [7] Peck, Bose, Bosold: Technik des Sichtbetons – Praktische Hinweise zur Planung und Ausführung glatter Sichtbetonflächen, 2007
- [8] SN EN 12878:2014 Pigmente zum Einfärben von zement- und / oder kalkgebundenen Baustoffen – Anforderungen und Prüfverfahren

VOM FUNDAMENT BIS ZUM DACH



BETON- UND MÖRTELERHERSTELLUNG | BAUWERKSABDICHTUNG | BAUWERKSSCHUTZ
UND -SANIERUNG | KLEBEN UND DICHTEN AM BAU | BODEN UND WAND | BETON-
BRANDSCHUTZ | GEBÄUDEHÜLLE | TUNNELBAU | DACHSYSTEME | INDUSTRIE

SIKA SEIT 1910

Die Sika AG ist ein global tätiges Unternehmen der Spezialitätenchemie. Sika ist führend in den Bereichen Prozessmaterialien für das Dichten, Kleben, Dämpfen, Verstärken und Schützen von Tragstrukturen am Bau und in der Industrie.

Vor Verwendung und Verarbeitung ist stets das aktuelle Produktdatenblatt der verwendeten Produkte zu konsultieren. Es gelten unsere jeweils aktuellen Allgemeinen Geschäftsbedingungen.



SIKA SCHWEIZ AG
Tüffenwies 16
CH-8048 Zürich
+41 58 436 40 40
www.sika.ch

BUILDING TRUST

