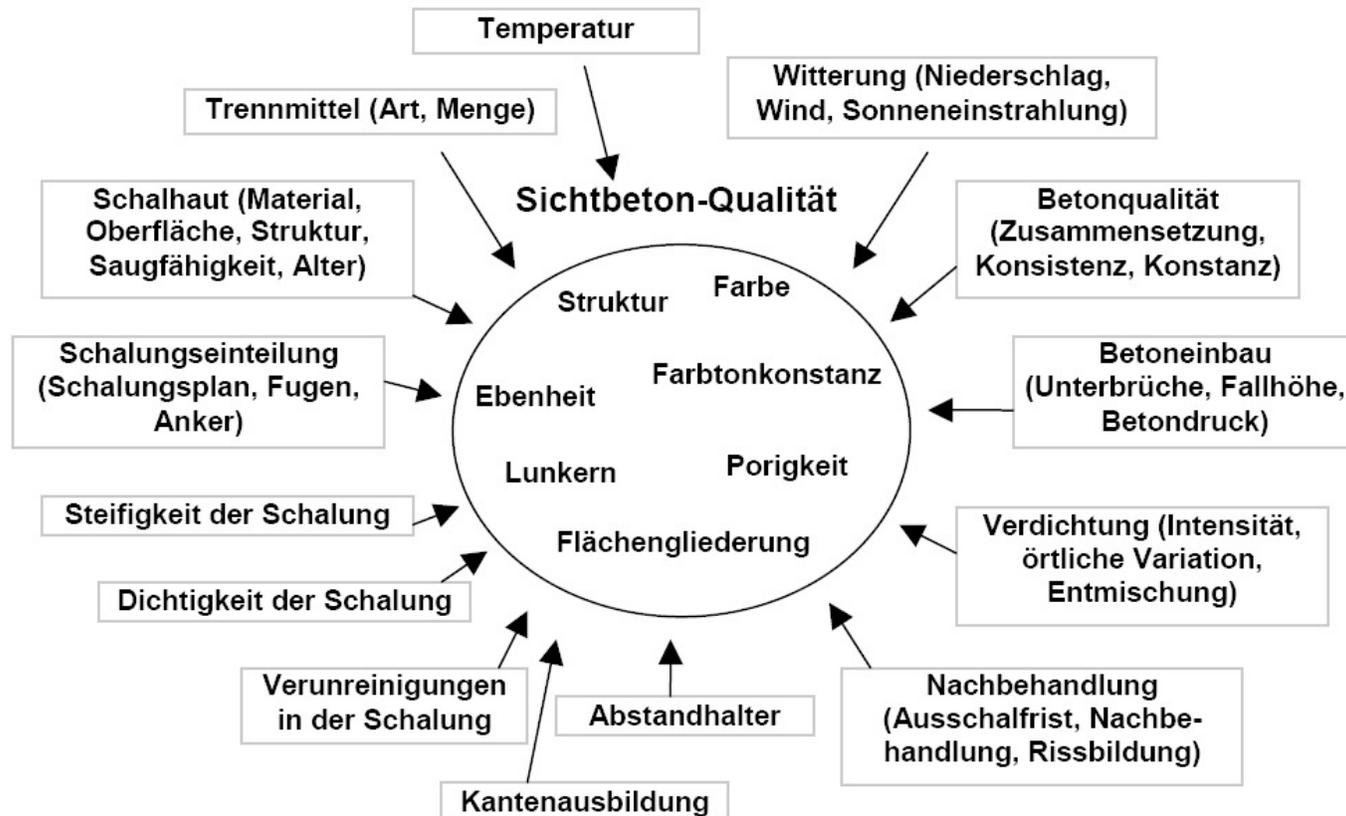
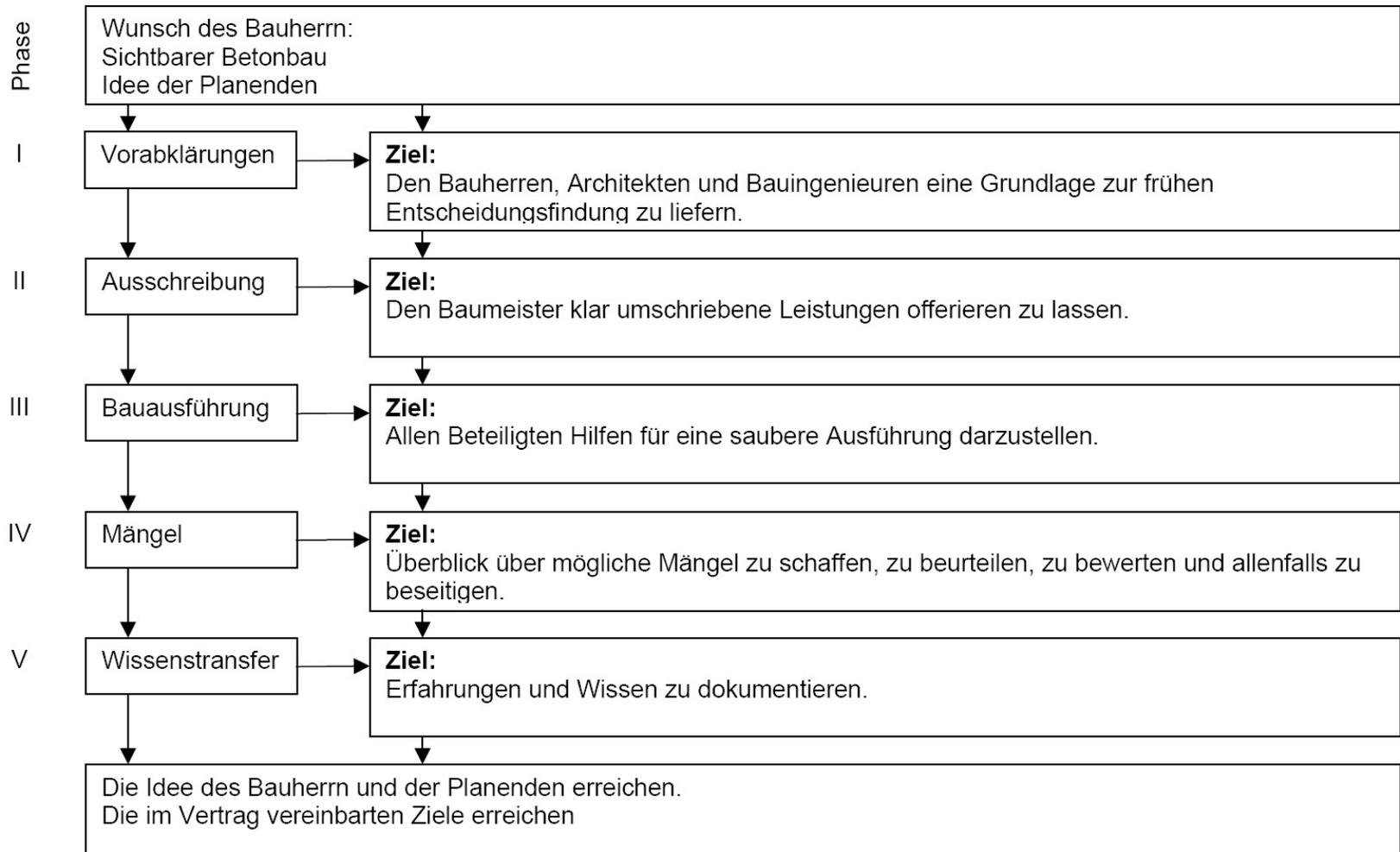


Empfehlungen zur Sichtbetonbauweise

Patrick Gartmann, dipl. Ing., dipl. Arch.
Conzett, Bronzini, Gartmann AG, Chur

Einflussfaktoren





Beton



Ist eine Mischung aus Zement, Wasser und Gestein, die im trockenen Zustand sehr hart und fest ist.

(Duden)

Sichtbeton



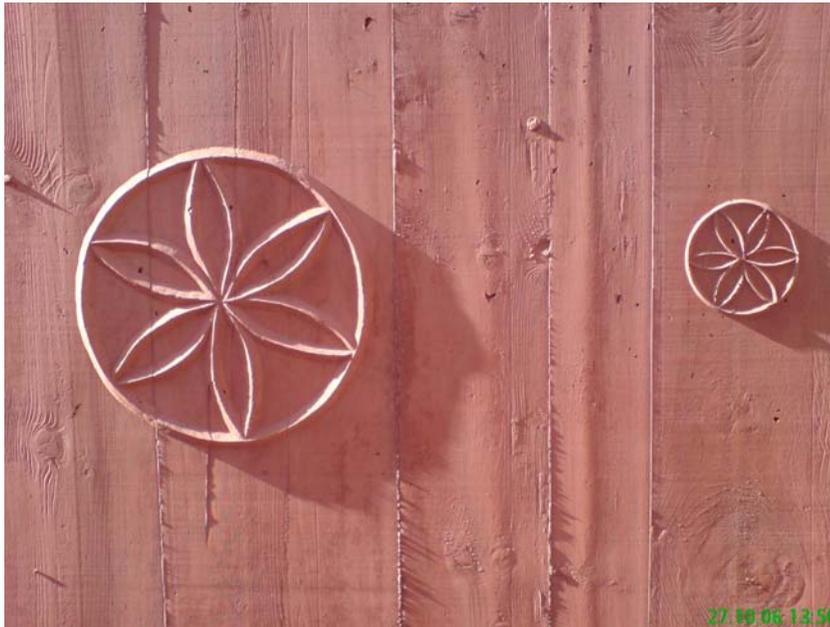
Ist eine Mischung aus Zement, Wasser und Gestein, die im trockenen Zustand sehr hart und fest und „schön“ ist.

(Duden)

Vorabklärungen

- Gestaltung der Oberfläche (Schalhaut) mit Hilfe von bereits ausgeführten Objekten, Betonmustern und Literaturstudium

Gestaltung Schalhaut



Gestaltung der Oberfläche
Festlegen mit Bauherrn
Besichtigung von Bauten
Beton – Muster beziehen
Literaturstudium

Schalungstypen nach SIA 118/262



Typ 1

Normale Betonoberflächen

Ohne besondere Anforderungen

Schalungstypen nach SIA 118/262



Typ 2

Betonoberfläche mit einheitlicher Oberflächenstruktur

Mit Nacharbeiten von Gräten und Überzähnen

Brett- bzw. Tafelgrösse nicht vorgeschrieben

Schalungstypen nach SIA 118/262



Typ 3

Sichtbetonfläche mit Bretterstruktur

Einheitliche Oberflächenstruktur

Lunkern in mässiger Anzahl

Möglichst gleichmässige
Farbtönung

Brettbreite konstant

Glatte Schalbretter

Schalungstypen nach SIA 118/262



Typ 4

Sichtbetonfläche mit Tafelstruktur

Einheitliche Oberflächenstruktur

Lunkern in mässiger Anzahl

Möglichst gleichmässige
Farbtönung

Tafelgrösse konstant

Tafeleinrichtung einheitlich

Schalungstypen nach SIA 118/262



Typ 5

Sichtbeton mit präzisiertem Beschrieb durch den Planenden

Einheitliche geschlossene Oberfläche

Bohrlöcher, Betonreste, aufquellen der Schalhaut, Reparaturstellen, Beschädigungen durch Vibriernadel usw. sind nicht zulässig

Bakalisierte Sperrholzplatte

Gestaltung mit Einlagen

Matten / Reliefs



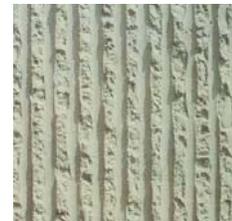
Ornamente / Schnitzereien



Gemischte Anwendungen



Industrieschalungen als Einlage



Gestaltung durch Farbgebung

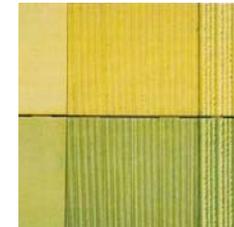
Farbpigmente



Farbiger Zuschlag



Einfluss unterschiedlicher Zemente



Farbiges Steinmehl

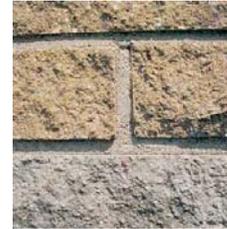


Gestaltung durch mechanische Bearbeitung

Gesägt



Gespaltet



Geschliffen



Poliert



Gestaltung durch waschen der Betonfläche

Gewaschen



Feingewaschen



Gesäuert



Gestaltung durch handwerkliche Bearbeitung

Bossiert



Gespitzt



Gestockt



Scharriert



Gestaltung durch spezielle Bearbeitung

Sandstrahlen



Hochdruckabtrag



Fotobeton



Gestaltung der Oberfläche (Schalhaut) mit Hilfe von bereits ausgeführten Objekten, Betonmustern und Literaturstudium

ZIEL:
Klare Definition an Aussehen und Gestaltung

Kostenwahrheit aufzeigen

- Gestaltung der Oberfläche
- Spezielle Betonzusammensetzung mit zusätzlichen Anforderungen
- Längere Bauzeit für saubere Ausführung
- Nachbehandlung und Schutz

ZIEL:

Bauherr bewilligt Kosten für Sichtbeton

Terminverschiebungen aufzeigen

- Längere Bauzeit durch präzisere Schalungsarbeit
- Längere und höhere Finanzierungskosten
- Späterer Bezugstermin

Terminverschiebungen aufzeigen

- Längere Bauzeit durch präzisere Schalungsarbeit
- Längere und höhere Finanzierungskosten
- Späterer Bezugstermin

ZIEL:

Bauherr und Bauleitung akzeptieren Terminverschiebungen

Muster erstellen

- Der Baumeister kann üben (technisches Vorgehen optimieren)
- Bauherr und Planer können Oberflächen beurteilen
- Referenzflächen für Werkvertrag, Ausführung und Beurteilung
- Machbarkeit, Gestaltung und Rezeptur lassen sich prüfen

Muster erstellen

- Der Baumeister kann üben (technisches Vorgehen optimieren)
- Bauherr und Planer können Oberflächen beurteilen
- Referenzflächen für Werkvertrag, Ausführung und Beurteilung
- Machbarkeit, Gestaltung und Rezeptur lassen sich prüfen

ZIEL:

Muster als Referenz für Ausschreibung und Ausführung sowie für Beurteilungen

Grundlagen für Beurteilung von Sichtbetonoberflächen erstellen

- Mit Bauherrn Referenzflächen für Beurteilung festlegen
- Anforderungen sind schriftlich zu vereinbaren
- Beurteilungsgrundlage festlegen: Gesamteindruck + Bauteile
- Allfällige Mängelbeseitigung festlegen
(Nachbesserungen bleiben sichtbar)

ZIEL:

Bauherr ist über die Beurteilung von Sichtbetonoberflächen und über die allfällige Mängelbeseitigung informiert

Ausschreibung von Sichtbeton

Alle Normen und Vertragsgrundlagen basieren

auf einer strikten Trennung von „Ziel“ und „Weg“!:

- der Planer beschreibt das „Ziel“, und zwar möglichst genau!
- der Ausführende findet den „Weg“ zum „Ziel“, das heißt:
 - er muss das „Ziel“ genau kennen
(Leistungsbeschreibung des Planers)
 - er wählt den „Weg“ durch möglichst uneingeschränkten Einsatz seiner fachlichen Qualifikation und Innovation

Festlegen der geforderten Oberflächenbeschaffenheit

Ins Leistungsverzeichnis muss:

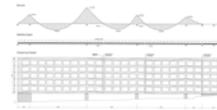
- Angabe der Sichtbetonklasse gemäß Sichtbeton-Merkblatt und Verweis auf die Beschreibung der Beschaffenheit
- Anordnung einer hinreichenden Anzahl von Musterflächen (inkl. Vorhaltung, Schutz, Rückbau u. Entsorgung)
- Schalungsmusterplan als Gestaltungsgrundlage zum LV
- „Erläuterungen zum LV“: ggf. beispielhafter Verweis auf bestehende Flächen (entweder Objektangabe oder aussagekräftige Fotos)

Arch. Beschreibung als Gesamtobjekt

Architektonische und städtebauliche Idee



Konstruktive Umsetzung



Architektonische und konstruktive Vorstellungen



Anspruchsvolle Detaillösung



Normen, Merkblätter, Empfehlungen

SIA-Normen

Empfehlungen Sichtbeton cemsuisse

Gesetze, Vorschriften, Verordnungen, Erlasse und Weisungen von Bund und Kanton

Klassifizierung (Forschungsprojekt cemsuisse)

Ansprüche	Sichtbetonklasse	Beispiel (informativ)
Gering	SBK 1	Kellerwände oder Bereiche gewerblicher Nutzung
Mittel	SBK 2	Treppenhausräume; Stützwände
Hoch	SBK 3	Fassaden im Hochbau
Sehr hoch	SBK 4	Repräsentative Bauteile im Hochbau

Klasseneinteilung

Präzisierung (Forschungsprojekt cemsuisse)

	Oberfläche					Schalungstyp	Musterfläche	Kosten
	Textur	Lunkern/ Poren s/ns	Farbton s/ns	Ebenheit	Fugen			
SBK1	-	-/-	-/-	--	-	-	frei	gering
SBK2	o	o/-	o/o	--	-	o	empf.	mittel
SBK3	o	+/o	o/o	-	o	o	dringend empf.	hoch
SBK4	+	++/+	o/+	o	o	+	erforderl.	sehr hoch

Tabelle B: Präzisierung

Ansprüche für sichtbaren Beton gemäss cemsuisse Forschungsprojekt Sichtbeton

s = saugende Schalung

- keine Ansprüche

o normale Ansprüche

n/s = nichtsaugende Schalung

+ hohe Ansprüche

++ sehr hohe Ansprüche

Beispiel für sehr hohe Ansprüche

SBK4

- glatte, geschlossene und weitgehend einheitliche Oberfläche
- Ausgetretener Zementleim/Feinmörtel bis 3 mm Breite **zulässig**
- Grate bis 3 mm **zulässig**
- geringe Hell-/Dunkelverfärbungen **zulässig** (z.B. leichte Wolkenbildung)
- Ebenheit nach Bauleranzen SIA
- Versatz zw. Betonierabschnitten bis 5mm **zulässig**
- Bohrlöcher, Betonreste, aufquellen der Schalhaut, Reparaturstellen und Beschädigung durch Vibriernadel **nicht zulässig**
- Nagel- und Schraublöcher, Kratzer, Zementschleier und Reparaturstellen nur in Abstimmung mit dem Auftraggeber **zulässig**









Referenzbauten



Zur Verdeutlichung seiner Vorstellungen soll der Planer auf Ansichtsflächen an bestehenden Bauwerken verweisen.

Muster



- Gesamte Ansichtsfläche
 - Gleiche Schalung
 - Maßstäblichkeit
 - Lage (Baustellenbeding.)
 - Optimieren der Herstellung
-
- Muster mit vier Erprobungsflächen

Referenzfläche



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

Ausgewählte Referenzfläche von den vier Erprobungsflächen

Beschrieb Schalung

Gestalterische, handwerkliche und wirtschaftliche Gründe bestimmen die Schalung.

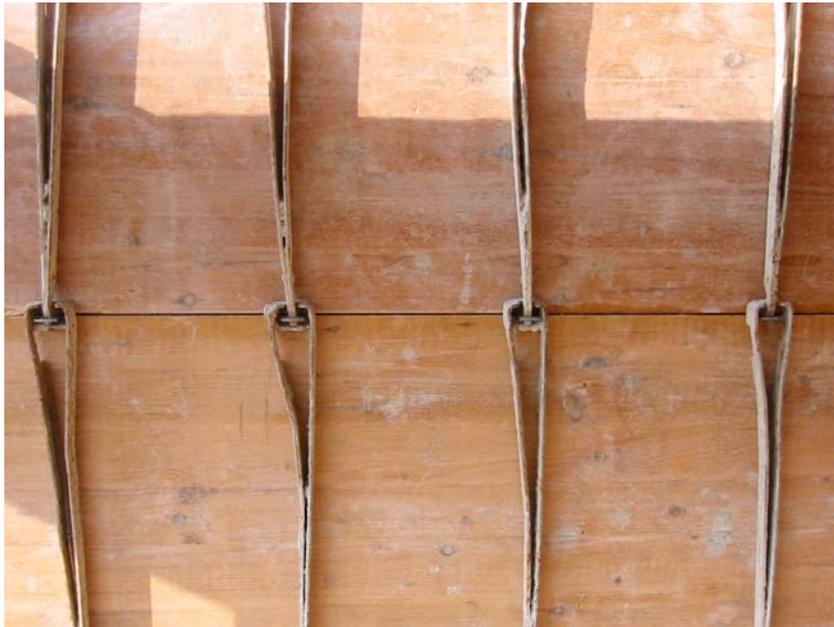
Unerlässlich ist eine genaue Masskoordination.

Die Schalhaut muss die vereinbarten Anforderungen erfüllen.

In der Planungsphase sind die Gestaltungsidee und die herstellungstechnische Möglichkeit aufeinander abzustimmen.

Es ist wichtig, einerseits den Schalungstyp nach CRB (Typ1-5) und andererseits die Sichtbetonklasse (SB1-SB4) zu bestimmen.

Konventionelle Schalung



System SAM

Rahmenschalung



Schalungssystem

Nicht beeinflussbar

Trägerschalung



Schalungssystem

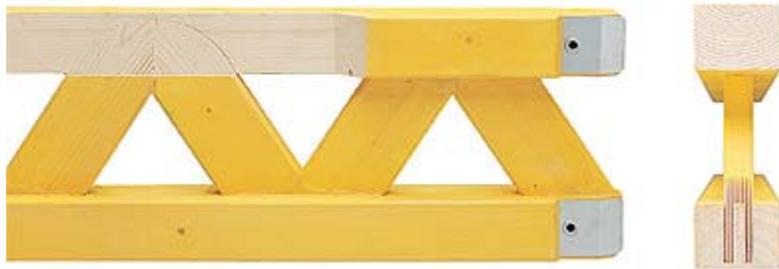
Frei planbar

Rundschalung

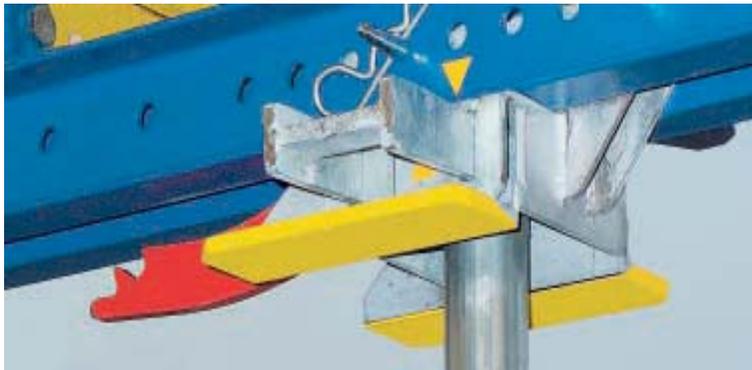


Für gekrümmte Schalungen und Sonderausführungen sind gesonderte Regelungen zu vereinbaren.

Holz- und Metallträger



Holzträger System



Metallträger System

Abmessungen



Filmbeschichtete Sperrholzplatten:
2.5 m x 1.25 / 1.5 m;
3.5 m x 1.25 / 1.5 / 2.0 m; weitere
Plattengrößen sind bis maximal
6.6 m x 2.65 m erhältlich

Abmessungen



Dreischichtplatten:
2.0 / 2.5 m x 0.5 / 1.0 m bis
maximal 6.0 m x 2.65 m



Systembedingte Merkmale



Elementstösse zeichnen sich ab

Kanten der Schalungshaut sind empfindlich, wenn kein Kantenschutz vorhanden ist

Elementstösse zeichnen sich stärker ab als Plattenstösse

Versätze ergeben sich herstellungsbedingt

Oberflächenqualität an Schalungsstössen



Die Oberflächenqualität an Schalungsstössen hängt – wie bei allen mehrfach eingesetzten Schalungen – von Qualität und Zustand des verwendeten Materials sowie der fachgerechten Anwendung und Reinigung der Element ab.

Vorteile Trägerschalung



Ankerstellen sind nach gestalterischen und konstruktiven Kriterien planbar

planbare Elementanordnung

Einsatz einer Sparschalung mit rückseitiger Befestigung ist möglich

Aufbau und Oberfläche der Schalungshaut ist wählbar

Elementstösse können abgedichtet werden

Eckausbildung

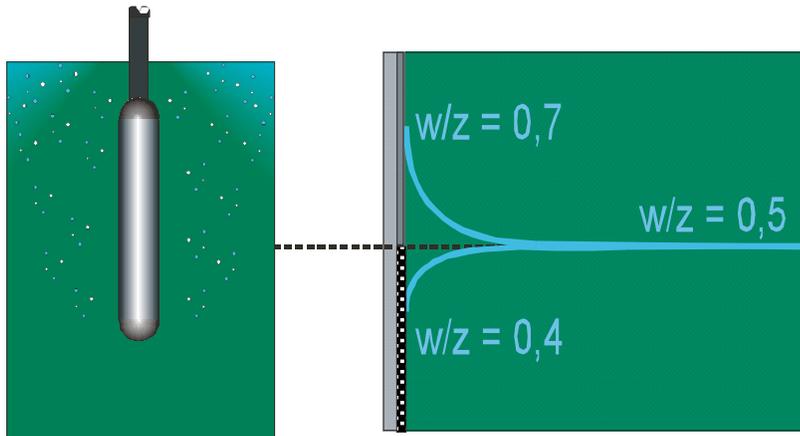


Grösste Aufmerksamkeit

Handwerk erkennbar

Immer dichten mit Silikon u/o nicht saugenden, komprimierbaren Fugeneinlagen

Oberflächentextur



Einfluss auf Schalhautoberfläche

saugend / nicht saugend

Auswirkung auf Farbton,
Lunkerbildung, Dichtigkeit

Nicht saugende Schalungen:
Hellere Betonoberflächen,
Farbtonunterschiede, Mar-
morierungen und Wolkenbildung
sind besser erkennbar

Einfluss Schalhaut auf hell / dunkel



Rahmenschalung (ns)

Zemdrein (s)

Rohe Bretterschalung (s)

Plexiglas (ns)

Mehrfache Verwendung der Schalung

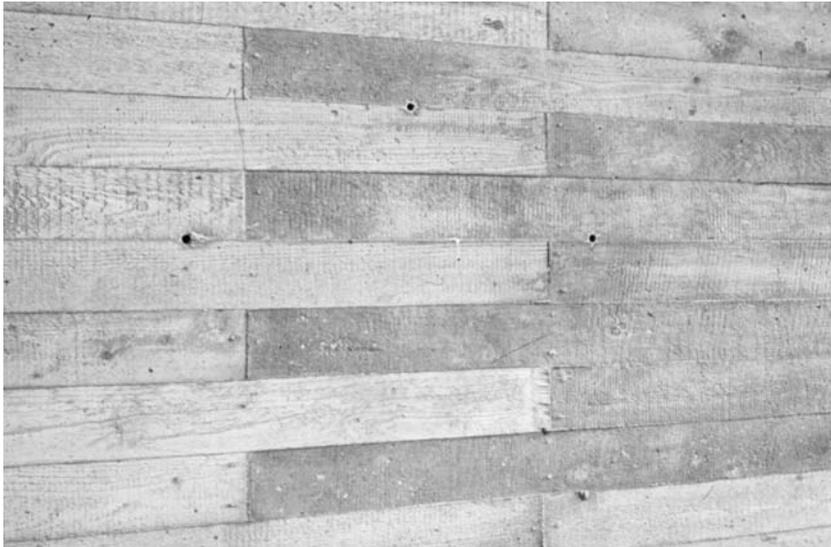


Farbunterschiede heller werdende
Oberflächen

Künstliche Alterung

Schalungen vorbehandeln

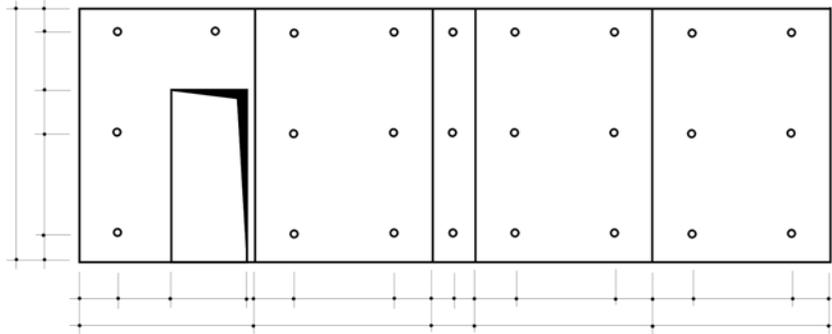
Alt - Neu



Keine Kombination alter
und neuer Schalung

Unterschiedliches
Saugverhalten

Schalungsmusterplan



Beschrieb Schalungstyp,
Schalungskonstruktion, Schalhaut,
Fugenbild, Arbeitsfugen,
Bindstellen, konstr. Details als
Beilage

Abdichtung Schalung



Abdichtungen verbessern die Dichtigkeit der Schalhaut- und der Schalungsstößen

Komprimierbare, nicht saugende Fugeneinlagen u/o Silikon

Silikon nachschneiden mit Teppichmesser oder Cutter

Ausschalen und Schalungsfristen



Die SIA-Normen sind einzuhalten

Im Leistungsverzeichnis auf PQM-Sichtbeton hinweisen

Bautoleranzen



Die SIA-Normen sind einzuhalten

Im Leistungsverzeichnis auf PQM-Sichtbeton hinweisen

Bautoleranzen sind genau zu beschreiben (z.B. Lot bei Türanschlag)

Beschrieb Trennmittel



Wahl des Trennmittels ist von grosser Bedeutung

Trennmittel nach Angaben Hersteller verwenden

Trennmittel gleichmässig und dünn auftragen

Trennmittel soll schnell trocknen > Verschmutzung

Überdosierung fördert Lun-kerbildung und Verfärbungen

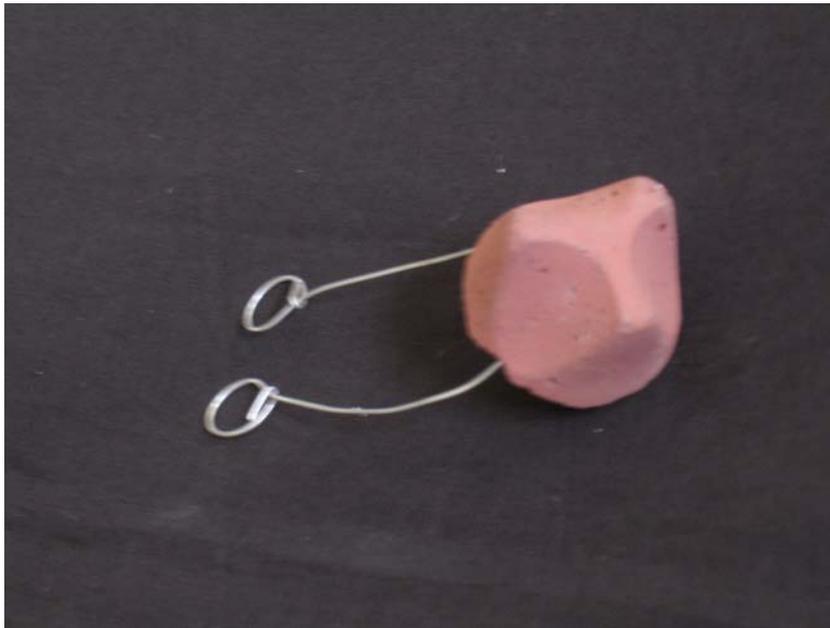
Beschrieb Bewehrung

Die Bewehrung ist nach SIA-Norm 262 (2003) zu bemessen.

Bewehrung und Einbauteile sind gegen Verschiebung und Verformung in der Schalung zu sichern

Robuste Bewehrung wählen

Farbliche Abstimmung Abstandhalter mit Beton



Die Auflagepunkte der Abstandhalter sind erkennbar

Die farbliche Abstimmung ist im Leistungsverzeichnis zu beschreiben

Einbau der Bewehrung



Sorgfältiger Einbau der Bewehrung ohne Verletzung der Schalhaut

Öffnungen für Beton, Schüttröhre und Vibriernadel einplanen

Bei hellem Sichtbeton sind Massnahmen gegen Rostverfärbungen im Leistungsverzeichnis zu beschreiben (z.B. feuerverzinken)

Beschrieb Beton

SIA-Norm 262 (2003)

Beton nach Eigenschaften

(Verantwortung für die Eigenschaften und Anforderungen liegen beim Betonwerk)

> **Empfehlung Forschungsprojekt Sichtbeton**

Beton nach Zusammensetzung

(Präzisierung der Betonrezeptur in Bezug auf Zement, Zuschlagstoffe, Zusatzmittel, Betonzusätze, Farben, Wasser und Konsistenz)

Beton nach Zusammensetzung



Vorversuche

Im Leistungsverzeichnis sind die grundlegenden Anforderungen nach SIA-Norm 262 zu beschreiben

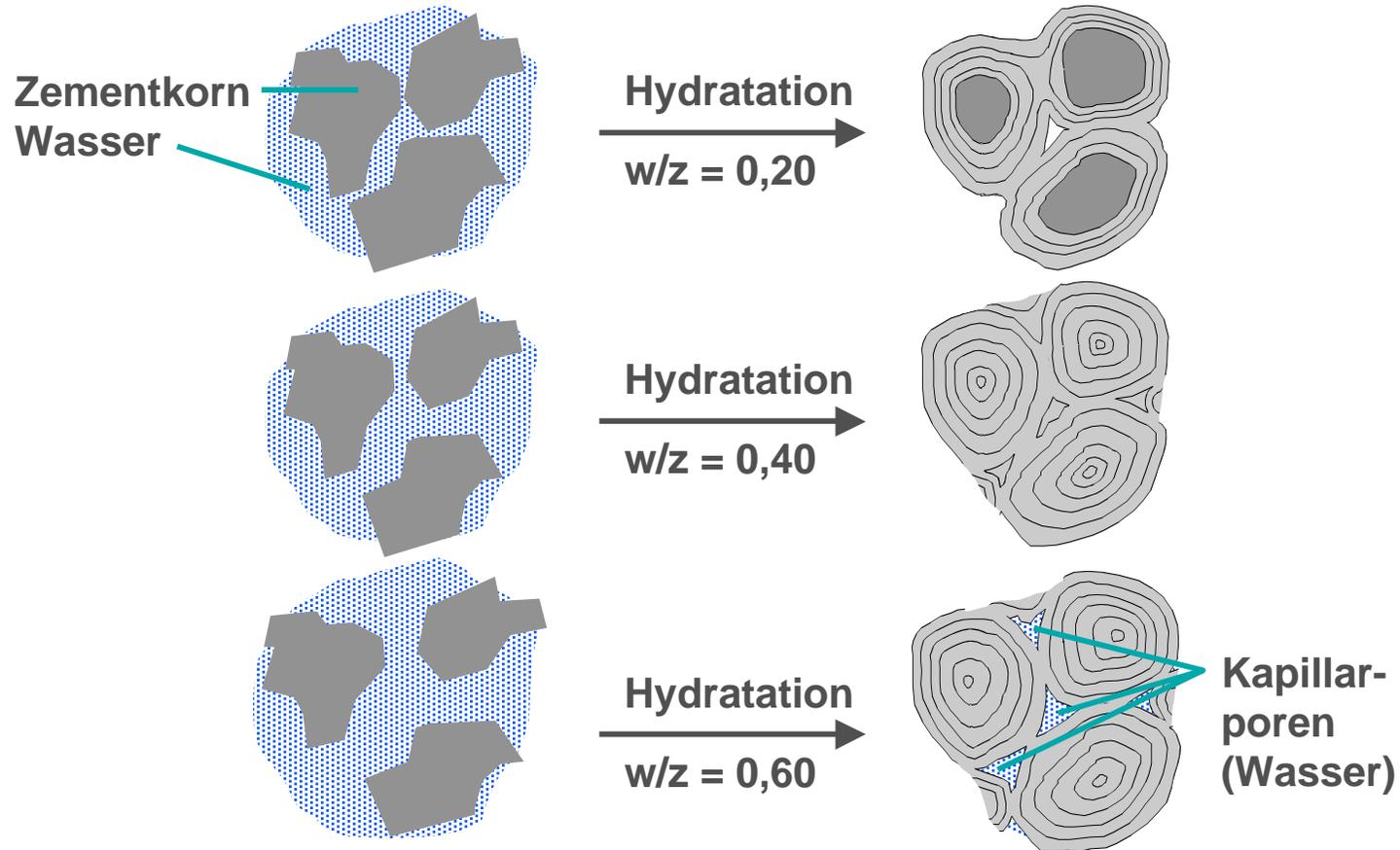
Beton nach Zusammensetzung



Konsistenz

- F2 / F3
bewährt / empfehlenswert
- eventl. SVB
- Toleranz: $\Delta a \leq \pm 20 \text{ mm}$

Wasser/Zement-Wert





w/z –Wert $\leq 0,55$

Zuschlagsstoffe



Sämtliche Zuschlagstoffe müssen die Anforderungen der SIA-Normen erfüllen

Vergleich mit herkömmlichem Schweizer-Betonkies

Betontransport



Abstimmung mit TBW

Werke mit kurzer Anfahrt

Abstimmen Lieferabstände,
Be- und Entladen, Sauberkeit bei
hellem Beton

Vorgehen bei Ausfall
(Ersatzlieferwerk etc.)

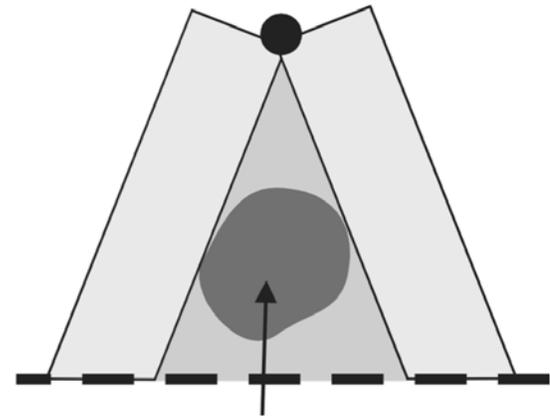
Beschrieb Betoniervorgang



Richtiges Einbringen ist die Voraussetzung für Sichtbeton

Die Etappierung soll geplant dem Leistungsverzeichnis beigelegt werden

Nachbehandlung und Kantenschutz



PQM-Sichtbeton



Regelt diverse Abnahmen und Kontrollen zwischen allen am Bau Beteiligten

Beilage zum Leistungsverzeichnis

Vertraglich einbinden

Bauausführung

Psychologische Aspekte

- Alle Beteiligten sind zu instruieren und motivieren
- Projekt, Idee und Anforderungen klar kommunizieren
- Polier regelmässig instruieren, kontrollieren > optimieren
- Verantwortung an Bauarbeiter übertragen (Schalung, Schutz)

ZIEL:

Motiviertes, selbstsicheres Sichtbeton-Bauteam

Technische Aspekte

- Schalarbeiten
- Betonarbeiten
- Bewehrung
- PQM-Sichtbeton

ZIEL:

Checkliste für den Planenden und Ausführenden

Schalarbeiten

- Schalungen geschützt vor Verformung, Verschmutzung und UV-Licht lagern
- Saubere und unbeschädigte Schalhaut > Prüfen
- Schalungen sind zu dichten (Kompri-Band, Silikon)
- Erstellte Schalungen vor Blütenstaub, Erde und Sägemehl am aufgetragenen Trennmittel schützen
- Geeignetes Trennmittel an Erprobungsflächen ermitteln
- Nachfolgende Betonierarbeiten > Zementbojake > entfernen

Bewehrung

- Bemessung nach SIA-Norm 262
- Konstruktive Ausbildung, Binddrähte
- Eindrücke von Abstandshaltern auf Schalhaut vermeiden
- Rostverfärbung durch lange Standzeiten > Deckenschalungen
- Bewehrung und Einbauteile unverrückbar befestigen
- Platz für Einbringhilfen und Vibriernadel
- Koordination mit Haustechnik
- Spezialbewehrung, Vorspannung, Stahlpilze > Überdeckung!

Betonarbeiten

- Witterungseinflüsse (Temperatur, Regen, Schnee, Sonne)
- Extremer Regen > Einfluss auf W/Z-Wert
- Hohe Temperatur > schnelles Abbinden und Austrocknen
- Tiefe Temperaturen > unter 5°C > kein Sichtbeton
- Starker Wind > Verdunstung > Abdecken u/o Curing
- Genügende Betonfestigkeit für das Ausschalen
- Nachbehandlung (Feuchthalten, Schutz vor Austrocknen, Niederschlag, Abkühlen, Frost, Hitze, Rostwasser...)
- Beton nach Eigenschaften, Beton nach Zusammensetzung



Frischbetoneigenschaften

- keine Entmischung
- gute Verarbeitbarkeit
- kein Wasserabsondern
⇒ Vorversuche

Mischer

- sehr gute Mischwirkung
- Mischdauer > 60 s



Betonverarbeitung
- Anschlussmischung im
Einzelfall (Farbunterschiede)



Betonverarbeitung

- Anschlussmischung im Einzelfall (Farbunterschiede)
- Betonierlagen ≤ 50 cm
- freie Fallhöhe $\leq 1,0$ m



Betonverarbeitung

- Anschlussmischung im Einzelfall (Farbunterschiede)
- Betonierlagen ≤ 50 cm
- freie Fallhöhe $\leq 1,0$ m
- Frisch in Frisch



Betonverarbeitung

- Anschlussmischung im Einzelfall
- Betonierlagen ≤ 50 cm
- freie Fallhöhe $\leq 1,0$ m
- Frisch in Frisch
- Verdichtungsdauer und Verdichtungsleistung

PQM-Sichtbeton

- Regelt diverse Abnahmen und Kontrollen zwischen allen am Bau Beteiligten
- Kontrollplan für Schalung
- Kontrollplan für Beton
- Kontrollplan für Bewehrung
- Kontrollplan für Bautoleranzen
- Kontrollplan für Spriessungen
- Kontrollplan für Vorfabrikation

Mängel

- Beurteilung und Abnahme
- Grundlage
 - Gesamteindruck ist maßgebend
 - Einzelkriterien nur wenn der Gesamteindruck nicht den Anforderungen entspricht

Gesamteindruck



Beurteilungsvoraussetzung

- angemessene Entfernung vom Bauwerk
- Wesentliche Bauwerksmerkmale erfassbar
- Gestaltungsmerkmale erkennbar
- angemessene Entfernung vom Bauteil
- üblicher Betrachtungsabstand des Nutzers

Einzelkriterien



vermeidbar

- Verdichtungsfehler
- Kiesnester
- Mörtelreste
- willkürliche Anordnung von Ankern



eingeschränkt vermeidbar

- leichte Farbunterschiede zw. Schüttilagen
- Porenhäufungen im oberen Teil von Wänden
- Wolkenbildungen und Marmorierungen
- Rostspuren an Untersichten



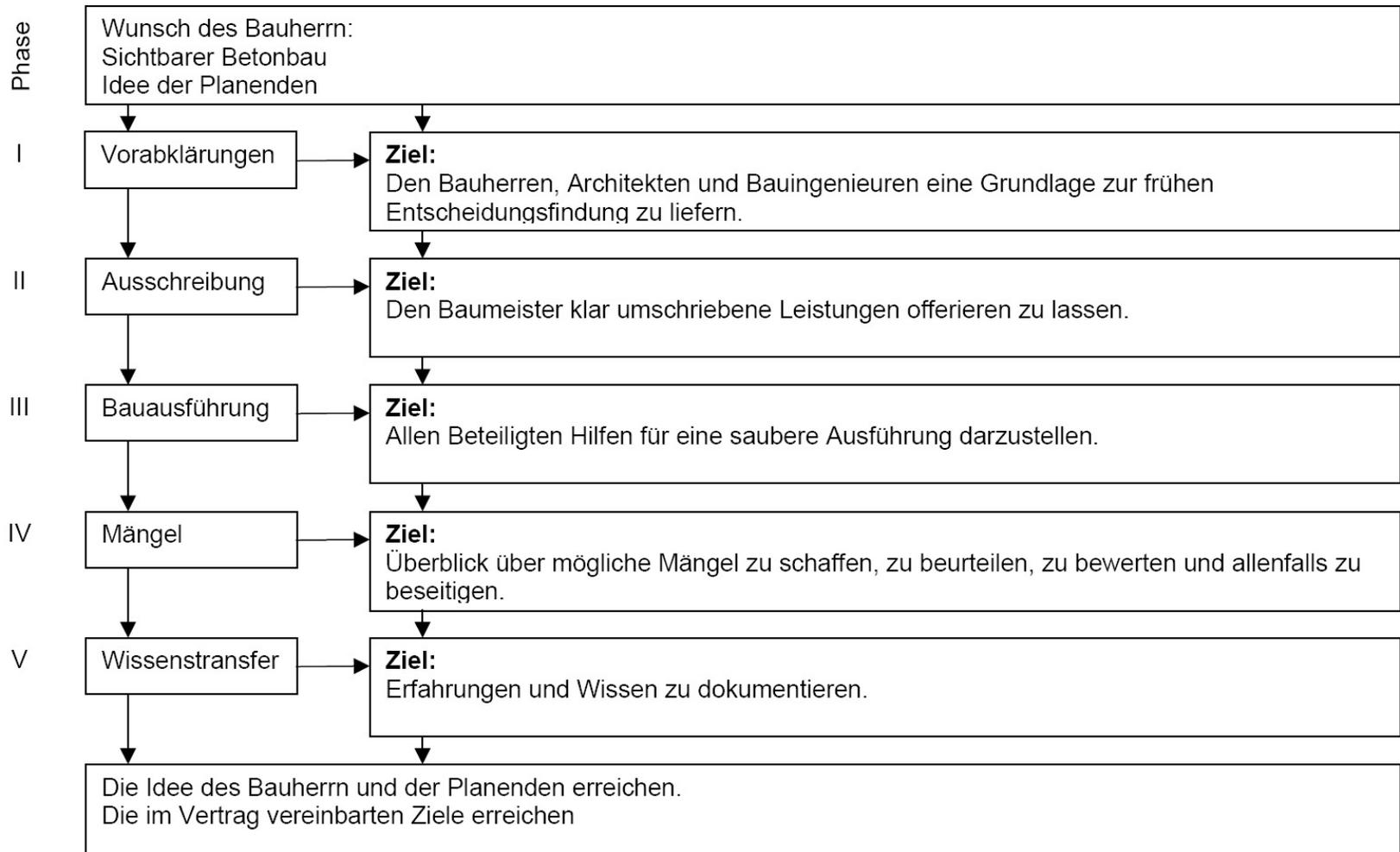
nicht oder nicht zielsicher herstellbar

- gleichmäßiger Farbton aller Ansichtsflächen
- gleichmäßige Porenstruktur
- porenfreie Ansichtsflächen
- ausblühungsfreie Ortbetonbauteile



Ausbesserungen

- Ausbesserungen bleiben in der Regel erkennbar





Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit