

## Entwicklungspotenzial bei Sichtbeton in der Fertigteilindustrie

Univ.-Doz. DI Dr. Christian Hofstadler  
 Universitätsdozent für Baubetrieb  
 Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Technische Universität Graz

### 1 Abstract

Im Rahmen eines Forschungsprojektes – im Auftrag des „Verbandes Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke“ unter der Leitung von Dipl.-Ing. Paul Kubeczko und der „Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie“ – am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft an der TU Graz unter der Leitung von Dr. Christian Hofstadler waren Entwicklungspotenziale für die Herstellung von Sichtbeton zu ermitteln.

Im Zuge der Diplomarbeit von Dipl.-Ing. Gernot Röck wurden die theoretischen Grundlagen zur Herstellung von Sichtbeton mit speziellem Fokus auf Produktion in der stationären Industrie (Fertigteilwerke) erarbeitet. Es wurde dabei besonders auf die spezifischen Einflussfaktoren und Arbeitsabläufe bei der Sichtbetonherstellung im Fertigteilwerk eingegangen. Ziel der Arbeit war, durch Darstellung von Istzuständen mögliche Entwicklungspotenziale für eine weitere Steigerung der Sichtbetonqualität aufzuzeigen. Der Fokus lag dabei auf den „vermeidbaren“ und „bedingt vermeidbaren“ Fehlerquellen.

Auszugsweise werden im Beitrag Entwicklungspotenziale exemplarisch dargestellt.

### 2 Einleitung

Sichtbeton stellt ein zentrales Gestaltungsmerkmal in der modernen Architektur dar. Der Beton wird entweder auf der Baustelle oder in Fertigteilwerken in die Schalung eingebracht. Die Beherrschung dieses Baustoffes stellt sehr hohe Anforderungen an den entsprechenden Einsatz der elementaren Produktionsfaktoren. Der effektive Einsatz dieser elementaren Faktoren kann nur in einem funktionierenden dispositiven

Umfeld von Planung, Organisation, Steuerung, Kontrolle und Kommunikation erfolgen.

Um die vereinbarte Sichtbetonqualität erreichen zu können, herrschen in der Regel bei der Herstellung von Sichtbeton im Fertigteilwerk – im Gegensatz zur Ortbetonbauweise – bessere Voraussetzungen. Die genau planbare, sich zeitlich wiederholende Abfolge der Arbeitsschritte und die Witterungsunabhängigkeit in der Produktion können hier als besondere Vorzüge gegenüber der Herstellung vor Ort hervorgehoben werden.

Im Zentrum der Messserien in drei ausgewählten Fertigteilwerken standen die Herstellung der Ausgangsstoffe, die Logistik, die Arbeitsvorbereitung, die Produktion und die Lagerung. Dabei wurde jeweils eine Produktionsserie anhand von Messprotokollen, Bild- und Videoaufnahmen dokumentiert und in weiterer Folge analysiert.

### 3 Fertigungsablauf

Im Allgemeinen kann der Arbeitsablauf anhand des Ablaufdiagramms in Abb. 1 dargestellt werden. Der Bogen spannt sich hier von der Kalkulation bis zur Abnahme.

Aufgrund der hohen Fach- und Fertigungskompetenz wäre es vorteilhaft, wenn bereits in der Planungsphase des Bauwerks Fertigteilwerke einbezogen werden, damit die Elemente hinsichtlich Abmessungen, Betonrezeptur, Bewehrung und Gestaltungsmerkmale weiter optimiert werden können. Im Zuge der Prüf- und Warnpflicht sind Auftragnehmer verpflichtet, auf etwaige Fehler (z. B. Planungsfehler) nachweislich hinzuweisen.

In den untersuchten Fertigteilwerken kamen im Speziellen folgende Fertigungsverfahren zur Anwendung:

- Umlauffertigung
- Fertigung auf einzelnen Schalungen (Kipptische, Stahlschalungen etc.)

- Fertigungsverfahren auf langen Bahnen  
 Jedes Verfahren hat durch seine spezifischen Eigenschaften (z. B. Grad der Arbeitsteiligkeit) negative oder positive Einflüsse auf die Sichtbetonqualität (dies ist jedoch nicht Gegenstand des Beitrags).

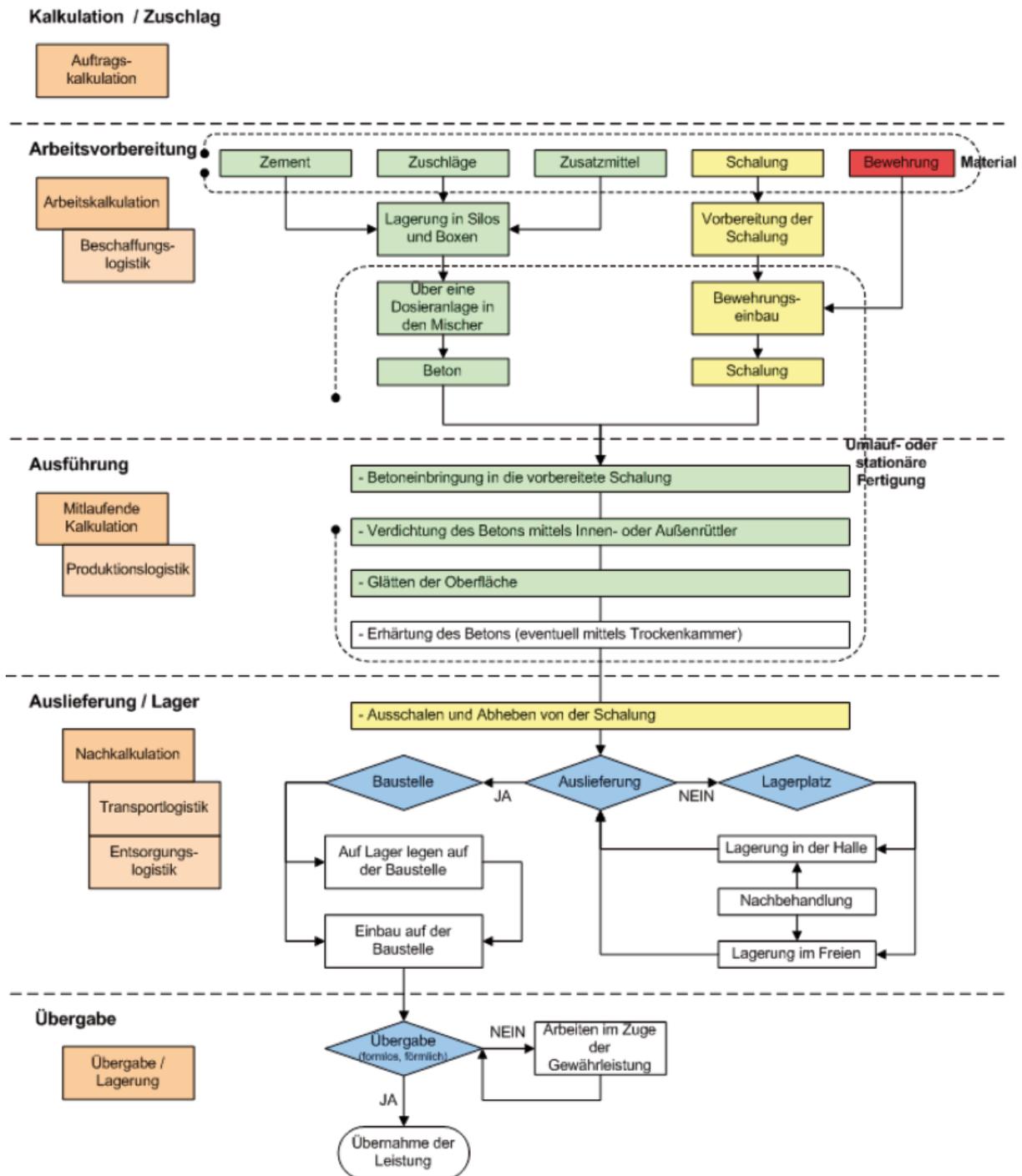


Abb. 1: Fertigungsablauf im Fertigteilwerk [Röck]

#### 4 Einfluss von Zement auf Sichtbetonqualität

Die Farbe des Betons ist ein wesentliches Gestaltungselement für die Sichtbetonfläche. Der verwendete Zement hat wesentlichen Einfluss auf die Farbgebung.

In Fertigteilwerken ist darauf zu achten, dass für eine Fertigungsserie Zement ausschließlich aus einem Zementwerk verwendet wird (Qualitätssicherung).

Im Zusammenhang mit Zement ist Folgendes zu berücksichtigen:

- die Transportbedingungen des Lieferanten sind zu überprüfen
- beispielsweise darf ein Silowagen nicht durch andere Transportgüter verunreinigt werden; wenn vor dem Zementtransport andere Güter transportiert wurden, ist auf eine gründliche Reinigung zu achten; Reststoffe im Silowagen dürfen den Zement nicht verunreinigen
- nach Möglichkeit auf Transportunternehmer bestehen, die nur Zement transportieren (eigene Lade-, Transport- und Entladeanweisungen sollen verbindlich vereinbart werden)
- Überprüfung der Einhaltung der Abweichungen in den Materialeigenschaften (z. B. Blaine-Wert)

#### 5 Ursache-Wirkungs-Beziehungen im Zusammenhang mit Trennmittel

Im Zusammenhang mit Ursache-Wirkungs-Beziehungen hinsichtlich der Farbgleichheit wird auszugsweise auf das Trennmittel eingegangen. Im Zuge von Messserien in 3 ausgewählten Fertigteilwerken wurde die Herstellung von Sichtbetonfertigteilen beobachtet und analysiert. Der Beobachtungsbogen spannte sich dabei von den Ausgangsmaterialien bis zur Auslieferung der Fertigteile.

Ein fachlich richtiger Einsatz des Trennmittels ist Grundvoraussetzung zur Erzielung der vorgegebenen Sichtbetonqualitäten. Bei einer Überdosierung des Trennmittels können negative Folgewirkungen auftreten, die sich auf der

Sichtbetonfläche abbilden und so dazu beitragen können, dass der Sichtbeton nicht mehr den vertraglichen Vereinbarungen entspricht (Farbunterschiede, Poren etc.).

Bei der Auswahl des Trennmittels ist besonders auf die Wahl des richtigen Trennmittels für die verwendete Schalhaut abzielen. Weiters gilt es, entschieden dem Irrglauben entgegenzuwirken, dass die Wirkung des Trennmittels umso besser ist, je mehr Trennmittel aufgetragen wird.

In Abb. 2 sind die gemessenen Auftragsmengen der 3 Fertigteilwerke dargestellt. Auf der Ordinate ist die Menge in  $\text{kg/m}^2$  aufgetragen und auf der Abszisse das jeweilige Fertigteil. Die Auftragsmengen in Werk A variieren um den Wert  $13 \text{ g/m}^2$ . In den Werken B und C ist es zu größeren Schwankungen in der Auftragsmenge gekommen. Die größte Differenz beträgt z. B. in Werk C mehr als 200 %.

Die Auftragsdauer für das Trennmittel ist in Abb. 3 dargestellt. Auf der Ordinate ist die Dauer in Sekunden und auf der Abszisse sind die Fertigteilelemente aufgetragen. Der annähernd konstante Verlauf der Auftragsmenge in Werk A geht mit der Auftragsdauer konform, die Auftragsdauer variiert um den Bereich von 15 s. In den Werken B und C konnten wieder größere Schwankungen gemessen werden – dies deckt sich mit den Ergebnissen bei der Auftragsmenge.

Wird der Zusammenhang zwischen Auftragsmenge und Auftragsdauer mit den handelnden Arbeitskräften hergestellt, zeigt sich, dass in Werk A der Auftrag des Trennmittels immer von ein und derselben Person durchgeführt wurde. In den Werken B und C war dies nicht der Fall, wodurch sich auch die teilweise sehr großen Abweichungen ergaben.

In Abb. 4 sind die Auswirkungen von vermeidbaren Fehlern beim Trennmittelauftrag dargestellt. Aufgrund unterschiedlicher Füll- und Druckzustände in den Sprühgeräten und vor allem bedingt durch den zeitlich und örtlich ungleichmäßigen Trennmittelauftrag kam es zu Farbunterschieden an der Sichtbetonfläche.

Der fachgerechte Trennmittelauftrag ist sehr wichtig für die Erreichung der vertraglich verein-

Trennmittelauftrag - Menge

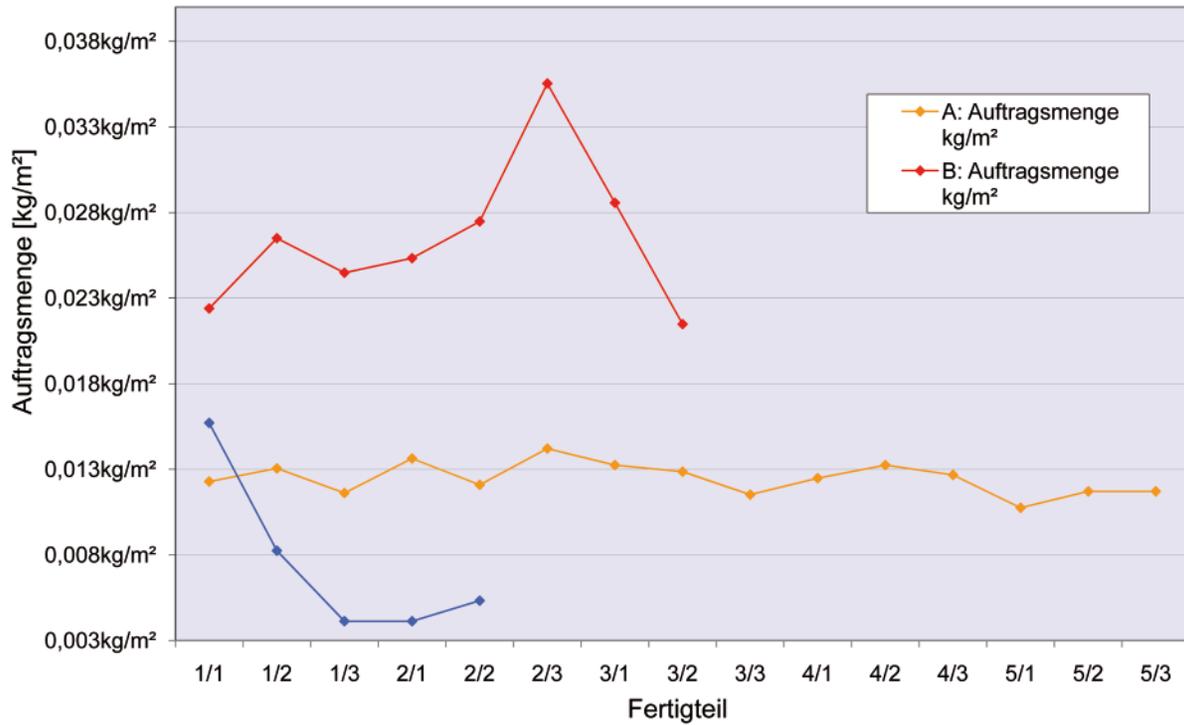


Abb. 2: Auftragsmenge des Trennmittels von allen drei Werken [Röck]

Trennmittelauftrag - Dauer

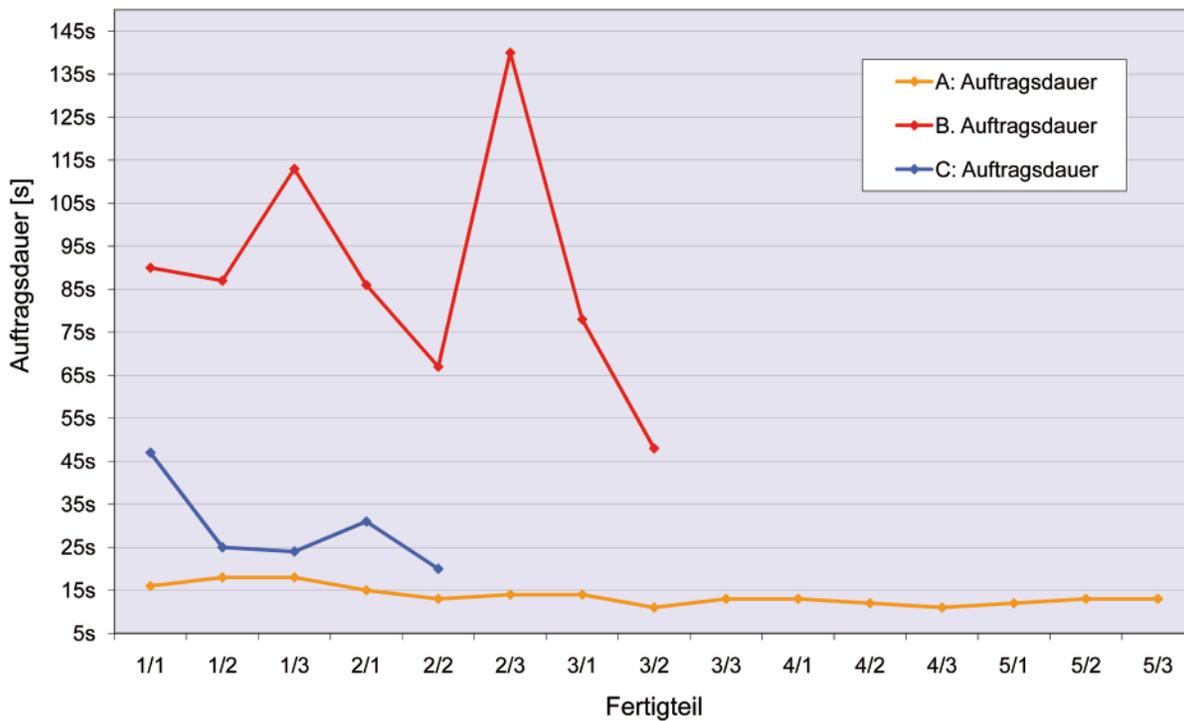


Abb. 3: Auftragsdauer des Trennmittels von allen drei Werken [Röck]

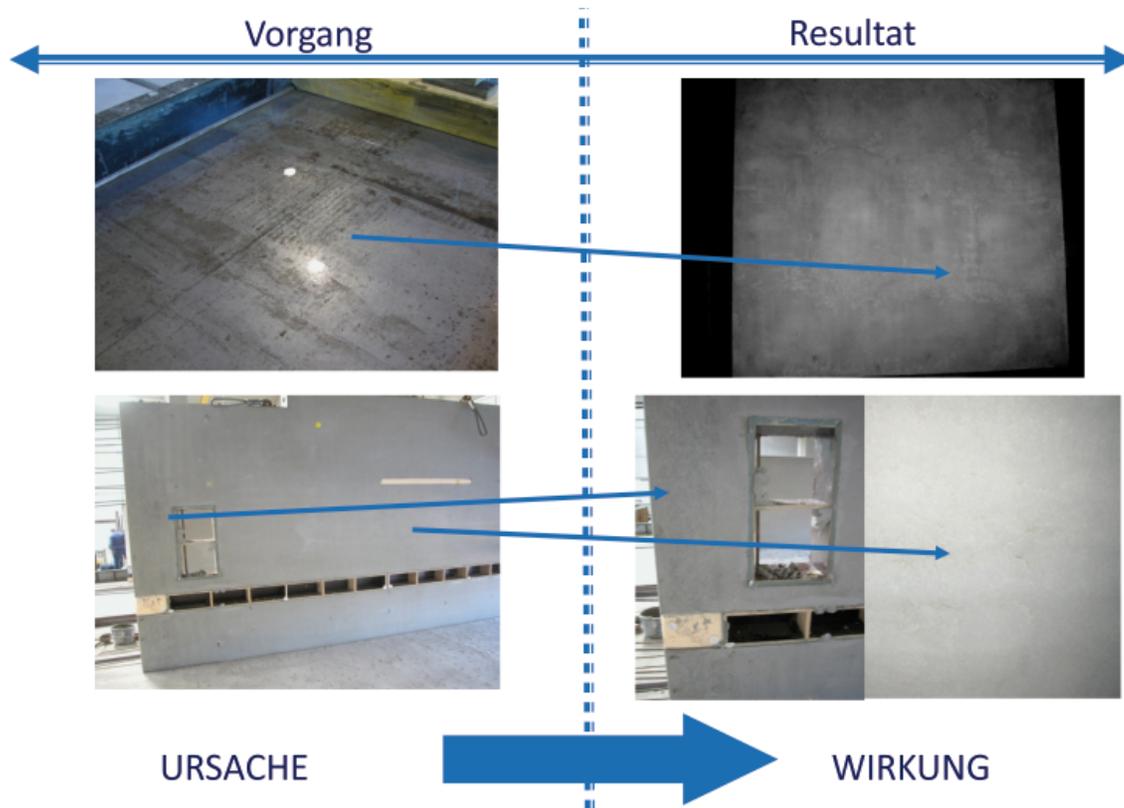


Abb. 4: Schaubild Ursache-Wirkung: Überdosierung des Trennmittels [Röck]

barten Sichtbetonqualität. Die damit beauftragten Arbeitskräfte sind regelmäßig zu schulen und zu unterweisen. Für den Trennmittelauftrag und den Umgang mit Trennmitteln sind weiters folgende Punkte besonders zu beachten:

- überprüfen, ob das richtige Trennmittel zum Einsatz bereitsteht (jenes, das im Zuge der Arbeitsvorbereitung ausgewählt wurde)
- flüssige Trennmittel vor Befüllen des Sprüngerätes ausreichend durchmischen
- der Trennmittelauftrag hat immer von der gleichen Arbeitskraft je Schicht zu erfolgen
- der Zeitpunkt des Auftrages ist vor Betonierbeginn für alle Fertigteile einer Fertigungsreihe gleich zu wählen
- es ist darauf zu achten, dass nicht zu viel Trennmittel aufgetragen wird (nach dem Motto „weniger ist mehr“)
- beim Trennmittelauftrag ist auf ein einheitliches Sprühbild zu achten
- wird mit einer Sprühpumpe aufgetragen, sind folgende Prüfungen vorzunehmen: Zustand

der Pumpe (z. B. Verunreinigungen, Düse), Pumpendruck, vorgegebene Auftragsmenge und -dauer; nach dem Trennmittelauftrag darf die Schalhaut nicht betreten werden, Berührungen mit der Bewehrung sind zu vermeiden

## 6 Entwicklungspotenzial für Sichtbeton

Auszugsweise werden im Folgenden Entwicklungspotenziale für die verschiedenen Phasen im Zusammenhang mit Sichtbeton dargestellt. Die einzelnen Phasen sind hier in Gruppen zusammengefasst. Hierin liegt schon das größte Entwicklungspotenzial, diese einzelnen Phasen nicht isoliert, sondern miteinander vernetzt zu betrachten. Ideal wäre dabei eine laufende Koordination der Umsetzung einer Idee in die konkrete Planung und in weiterer Folge der Ausschreibung bis zur Abnahme der Sichtbeton-Fertigteile.

## 6.1 Planung

Durch die Planung werden die Gestaltungsmerkmale für die Sichtbetonfertigteile vorgegeben. Zu den Merkmalen zählen z. B.:

- Oberflächenstruktur
- Farbgebung
- Flächengliederung
- konstruktive Details
- Ausbildung der Schalhautstöße, etc.

Bei der Planung der Gestaltungsmerkmale sind technische, baubetriebliche und wirtschaftliche Randbedingungen zu berücksichtigen. Es ist darauf zu achten, auf nicht umsetzbare Gestaltungsmerkmale zu verzichten.

Das Entwicklungspotenzial liegt hier im Aufzeigen des technisch Möglichen für die Planer. Anhand von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen soll den Planern transparent dargestellt werden, mit welchen Ausgangsmaterialien und Geräten welche Sichtbetonergebnisse erzielt werden können, verknüpft mit der Angabe einer Bandbreite der damit verbundenen Kosten.

## 6.2 Ausschreibung

Wann ist eine Ausschreibung erfolgreich? Der Erfolg stellt sich dann ein, wenn das Bauwerk in der geplanten Qualität, Zeit und den budgetierten Kosten errichtet wurde. Bezogen auf Sichtbeton bedeutet das: Basis einer solchen Ausschreibung bildet eine lückenlose Planung oder ein Auftragnehmer, der die Detailplanung der Sichtbetonfertigteile in der entsprechenden Qualität übernimmt.

Diese Qualitätsmerkmale sind im Leistungsverzeichnis zu beschreiben. Aufgrund einer (idealerweise) eindeutigen und vollständigen Beschreibung kann in der Arbeitsvorbereitung durch das Fertigteilwerk das geeignete Schalungssystem mit der entsprechenden Schalhaut (wenn nicht durch die Ausschreibung zwingend vorgegeben) für die Ausführung ausgewählt und damit der Schalungseinsatz effektiv geplant werden.

In der Ausschreibung liegt das größte Entwicklungspotenzial in der eindeutigen und vollständigen

Beschreibung der Leistung. Wenn dies vom Auftraggeber nicht übernommen wurde, ist es ratsam, dass das Fertigteilwerk die Leistung beschreibt, in einem Fertigungsplan darstellt und sich dies vom Auftraggeber vor der Ausführung bestätigen lässt.

## 6.3 Arbeitsvorbereitung

In der Arbeitsvorbereitung werden alle Maßnahmen getroffen, um die vereinbarte Sichtbetonqualität zu erzielen.

Die Anforderungen an die Arbeitsvorbereitung können anhand folgender Planungsmaßnahmen verwirklicht werden:

- Auswahl der Schalung und der Schalhaut unter Berücksichtigung der ästhetischen, technischen, sicherheitsrelevanten und baubetrieblichen Randbedingungen
- Planung des Fertigungsablaufes (Fertigungsablaufplanung)
- Planung des Ressourceneinsatzes von Arbeitskräften, Maschinen und Baustoffen (Logistik)
- Planung der Fertigungseinrichtung

Entwicklungspotenzial besteht hier vor allem in der Abstimmung der einzelnen Arbeitsschritte und Auswahl der geeigneten Materialien (z. B. Trennmittel) und Geräte (z. B. Rüttler).

## 6.4 Ausführung

Die Vorgaben aus dem Bauvertrag und der Arbeitsvorbereitung werden in der Ausführung umgesetzt. Entwicklungspotenzial steckt hier noch in einer verstärkten Schulung und Information der Arbeitskräfte im Fertigteilwerk. Jede Arbeitskraft muss Kenntnisse über die Bedeutung seiner Tätigkeit haben und darüber hinaus auch über den Gesamtprozess. Anhand von Darstellungen über Ursachen und Wirkungen kann den Beteiligten „richtiges“ und „falsches“ Arbeiten im Zusammenhang mit der Herstellung von Fertigteilen verdeutlicht werden.

Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Schnittstellen zu legen, sodass die eingesetzten Arbeitskräfte über die Grenzen des eigenen

Arbeitsbereiches hinausgehend informiert werden.

Idealerweise sollten den Arbeitskräften im Zuge von weiterführenden Schulungen auch die notwendigen theoretischen Grundkenntnisse über die Wirkungsweise der Verdichtung, Trennmittelauftrag und die Wechselwirkungen zwischen Trennmittel, Schalhaut und Beton näher gebracht werden. Das Hauptaugenmerk sollte aber in der praktischen Darstellung von „richtigem“ und „falschem“ Arbeiten in Zusammenhang mit Sichtbeton liegen. Anhand von Musterfertigteilen könnte den Arbeitskräften z. B. die Problematik des Trennmittelauftrags anschaulich vermittelt werden.

### 6.5 Abnahme (Übernahme)

Die Abnahme soll anhand der definierten Abnahmekriterien vorgenommen werden. Der zeitliche Verlauf der Abnahme ist vorher vertraglich festzulegen (z. B. ab welchem Zeitpunkt nach dem Ausschalen die Beurteilung erfolgt und wann die Beurteilung spätestens abgeschlossen sein muss). Bei der Abnahme ist ein entsprechendes Protokoll zu

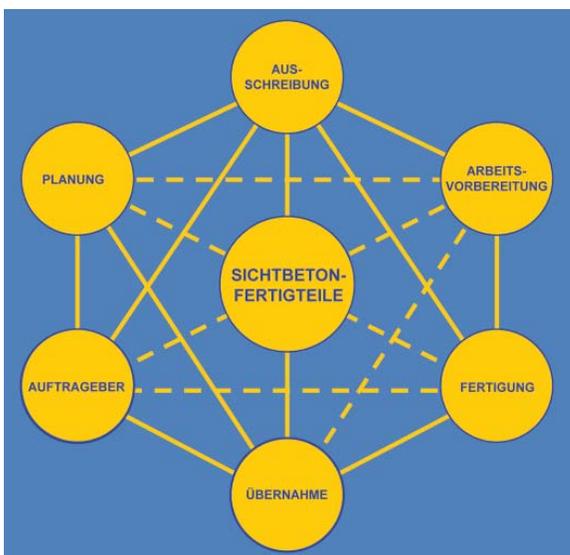


Abb. 5: Sichtbeton – vernetzte Betrachtung [Hofstadler]

führen. Gibt es Beanstandungen, sind diese rasch mit dem Auftraggeber abzuklären, um eventuell berechnete Beanstandungen vor einer möglichen weiteren Fertigungsserie zu beheben.

Entwicklungspotenzial liegt im Festlegen messbarer Abnahmekriterien und des zeitlichen Verlaufs der Übernahme.

## 7 Zusammenfassung

Mit relativ geringem Aufwand (z. B. Schulung der Mitarbeiter) lassen sich in Zukunft in kurzer Zeit weitere Steigerungen bei der Sichtbetonqualität erzielen. Der Gesamtprozess der Sichtbetonherstellung soll dabei allen Beteiligten kenntlich gemacht werden. Der Fokus der Qualitätssteigerung sollte vorerst bei den vermeidbaren Fehlerquellen liegen.

Erst dann sollte auf die bedingt vermeidbaren Fehlerquellen abgezielt werden. Die Herstellung ist als vernetzter Gesamtprozess (schematisch in Abb. 5) zu sehen, wobei die Intensität der Beziehungen von der jeweiligen Aufgabenstellung (z. B. konstruktive oder funktionale Ausschreibung) abhängt. Ideal ist eine Koordination aller Phasen und der an der Verwirklichung von Sichtbeton beteiligten Fachkräfte.

## 8 Literatur

Hofstadler, Christian (2003). Qualitätsverbesserung und Konfliktreduktion bei Sichtbeton durch Einführung von vernetzten Regelkreisen. In: 1. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, Graz, Technische Universität, 28.03.2003

Röck, Gernot (2007). Sichtbeton in der Fertigteileindustrie – Darstellung des Verbesserungspotenzials zur Steigerung der Sichtbetonqualität mit besonderem Fokus auf die Herstellung, Diplomarbeit, Technische Universität Graz