

*Expertenforum Beton 2007*

*Sichtbeton –  
Architektur pur*

## Sichtbeton – Architektur pur

Beton kann gestalterisch und konstruktiv in größter Vielfalt eingesetzt werden und übertrifft dabei jeden anderen Baustoff. Jede Oberflächenstruktur einer gewollten Ausprägung ist durch Variation von Schalung, Matrize, Farbe und Oberflächenbearbeitung realisierbar. Jede Ansichtsfläche ist hinsichtlich des Aussehens ein Unikat. Maßgebend dafür sind Parameter wie Vorgaben des Planers, unterschiedlicher Ausgangsstoffe, Witterungsbedingungen, zulässige Maßtoleranzen, oder die Behandlung auf der Baustelle. Die visuelle Empfindung der sichtbaren Betonfläche unterliegt einer absolut subjektiven Beurteilung.

Hinter einem zufriedenstellenden Sichtbeton steht jedenfalls ein hohes Maß an Arbeit und Koordination. Der Architekt muss seine Vorstellungen von Anfang an klar definieren und darlegen, der Planer ist gefordert, sämtliche Details zu berücksichtigen und bereits bei der Ausschreibung das gewünschte Ergebnis klar zu beschreiben. Die Zusammenarbeit mit Betontechnologen, die intensive Kommunikation mit allen beteiligten Fachleuten und die Begleitung des Bauvorhabens sind von besonderer Relevanz, wenn nicht unabdingbar. An der gemeinsamen Sprache zur leichteren Verständigung wird seit langem intensiv gearbeitet. Definitionen, Klassen, Kriterien und Anforderungen sollen Kommunikationsschwierigkeiten beseitigen helfen.

Das Expertenforum „Sichtbeton“ spricht alle Stationen im Werden von Sichtbeton, vom Architektenwunsch, über die Planung, Anwendungsmöglichkeiten, die gemeinsame technische Sprache über Definitionen, die richtige Zusammensetzung, die Möglichkeiten der Vorfertigung und den richtigen Einbau auf der Baustelle bis hin zur Gewährleistung an. Das Expertenforum wird damit zur erfolgreichen Kommunikation aller Involvierten beitragen.

DI Gernot Brandweiner, MBA

Geschäftsführer  
Verband Österreichischer  
Beton- und Fertigteilwerke

DI Christoph Ressler

Geschäftsführer  
Güteverband  
Transportbeton

Bmst. DI Felix Friembichler

Vereinigung der  
Österreichischen  
Zementindustrie

## Inhalt

<b>Definition von Sichtbeton – eine Herausforderung</b> .....	3
Architekt DI Dr. Michael Grobbauer Institut für Architekturtechnologie, TU Graz und mfgarchitekten, Graz	
<b>Sichtbeton im Spannungsfeld von Einzelkriterien und Gesamteindruck</b> .....	10
Dipl.-Ing. Martin Peck Beton Marketing Süd GmbH, München, Deutschland	
<b>Schalen von Sichtbeton</b> .....	11
DI Peter Reisinger Österreichische Doka Schalungstechnik GmbH, Amstetten Dietmar Langthaler Projektleiter Doka Anwendungstechnik, Mitglied des Doka Arbeitskreises Sichtbeton	
<b>Sichtbeton, eine Herausforderung im Fertigteilwerk</b> .....	16
Ing. Christian Grill Franz Oberndorfer GmbH & Co., Werk Gars am Kamp	
<b>Fertigteile in Sichtbetonqualität – beispielhaft</b> .....	20
Bmstr. DI Günther Lehner, Amstetten	
<b>Betontechnologie – Sichtbetonkriterien für Ausgangsstoffe</b> .....	28
Franz Podhraski Schotter- und Betonwerk Karl Schwarzl Betriebsg.m.b.H., Unterpremstätten DI Gernot Tritthart Lafarge Perlmooser GmbH, Wien	
<b>Entwicklungspotenzial bei Sichtbeton in der Fertigteilindustrie</b> .....	33
Univ.-Doz. DI Dr. Christian Hofstadler Universitätsdozent für BaubetriebInstitut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Technische Universität Graz	
<b>Einflussfaktoren auf die Farbausbildung von farbigem Sichtbeton</b> .....	40
DI Dr. techn. Christoph Niederegger Leiter des Forschungs- und Prüflabors, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften, Universität Innsbruck	
<b>Sichtbetonoberflächen und Gewährleistung</b> .....	50
DI Dr. Roland Travnicek SV-Büro für Betontechnologie und Betonverfahrenstechnik, Wien	
<b>„Abgeschminkt – Beton in Sicht“</b> .....	56
DI Hemma Fasch, fasch&fuchs zt GmbH, Wien	



## Definition von Sichtbeton – eine Herausforderung

Architekt DI Dr. Michael Grobbauer

Institut für Architekturtechnologie, TU Graz und mfgarchitekten, Graz

### Klassifikation von Sichtbeton

Die Klassifikationen für Sichtbeton aus den einschlägigen Regeln<sup>1</sup> erzeugt bei ArchitektInnen oft Befremden. Weder wird schlüssig nach architektonischen Gesichtspunkten klassifiziert noch ausschließlich nach technischen. Die zur Definition von Sichtbeton nötigen Kriterien werden nicht vollständig in die Klassifikationen einbezogen und es wird nicht festgelegt, wer wann welche Entscheidungen zu treffen hat.

Trotzdem sind die Regeln anwendbar, stellen die Klassen ja eine Zusammenfassung von Einzelkriterien dar, die durch weitere Beschreibungen ergänzt oder abgewandelt werden kann. Tatsächlich sind jedoch die Einzelkriterien maßgeblich, und nicht die Klasse – möglicherweise weil sich die architektonische Realität der Klassifizierung entzieht?

Lassen sich aus konkreten Beispielen Deduktionen für Richtlinien gewinnen?



Nach der Richtlinie „Geschalte Betonflächen Sichtbeton“ wären die – die Geschlechtertürme von San Gimignano zitierenden – Satellite City Towers von Luis Barragan (Mexico City, 1957,

<sup>1</sup> vor allem ÖVBB-Richtlinie Geschalte Betonflächen und Merkblatt Sichtbeton

*Bild 1 und 2: Luis Barragan, Satellite City Towers, Mexico City, 1957*





Bild 3: AMP Arquitectos, Kongresszentrum, Costa Adeje, 2005



Bild 4: Devanthéry & Lamunière Architectes, Psychiatrische Klinik, Yverdon-les Bains, 2003



Bild 5: Toyo Ito, Tods Omotesando, Tokyo, 2004

Mexico) in die Anforderungsklasse GB 0 (Betonflächen ohne besondere architektonische Gestaltung) einzuordnen.

Die Betonbauteile im Kongresszentrum in Costa Adeje (AMP Arquitectos, 2005, Teneriffa/Spanien) müssten aufgrund ihrer „besonderen Bedeutung als gestaltete Flächen in einem Repräsentativbau“ in die Klasse GB 2 (Sonderklasse) eingeordnet werden, obwohl Porigkeit, Struktur und Fertigungstoleranzen wesentlich geringere Anforderungen benötigen.

Die Sichtbetonflächen der Psychiatrie in Yverdon-les Bains (Devanthéry & Lamunière Architectes, 2003, Jura-Nord/Schweiz) erfordern hohe Farbgleichheit, obwohl gerade nicht eine gleichmäßig gefärbte Fassade das Ziel der Gestaltung ist.

Die Klassifikation von Sichtbeton für Architektur scheitert überall dort, wo sie Nutzung und Gestaltung in eine lineare Relation zu bringen versucht – etwa nach der Vorstellung, dass das was besonders gestaltet oder repräsentativ ist, auch besonders glatt und präzise sein müsse.

Wenn auch der glatte, scharfkantige Beton signifikant für die Wiederentdeckung des Betons in der Architektur ist, als Abgrenzung zum sägerau geschalteten Beton der 1960er- und 1970er-Jahre ist er nicht Gestaltungspflicht.

Eine Vorgabe von Paradigmen - wie zu sein hätte, was schön ist – weckt Unverständnis oder Widerstand.

– Deduktion 1

Richtlinien für architektonisch gestalteten Sichtbeton sollten möglichst primäre Gestaltungsparameter (wie Bauteilform und -gliederung) ohne wertende Beschreibungen zur Klassifikation verwenden.

Beton ist sowohl stabförmig (druck- und zugbeansprucht) als auch massig (vorwiegend druckbeansprucht) einsetzbar und befindet sich daher außerhalb der Semper'schen Definition von schlanken, tektonischen Stäben und massiven, stereotomischen Bauteilen aus unterschiedlichem Material.

Platten und Scheiben ermöglichen das Trennen von Raumabschluss und Tragwerk. Diese

Abstraktion der klassischen Moderne führte zu einem Verzicht auf die betonte Gestaltung konstruktiv wichtiger Bauteile.

Sie findet in der modernen Tragwerksplanung ihren Antagonisten, wenn die Optimierung der Form nach physikalischen Prinzipien erfolgt (Tods Omotesando Building, Toyo Ito, 2004, Tokyo/Japan) – oder so tut als ob.

Die Verwendung von Skelett- oder Massivkonstruktion folgt auch wirtschaftlichen Aspekten – Kosten von Material (Beton, Stahl, Schalung) und Arbeitskraft.

### Elemente des Gestaltens

Für die Klassifikation von Sichtbeton sind aber jedenfalls die ungleich vielfältigeren massiven, stereotomischen Bauteile maßgeblich.

Die Form des Museums La Congiunta in Giornico von Peter Märkli (Museum für Skulpturen des Bildhauers Hans Josephson, 1992, Tessin/Schweiz) erinnert in Farbe und Form an eine romanische Kirche, wie die Kirche San Nicolao im selben Ort.

Die Tektonik des Gebäudes ist geprägt von präziser Linienführung und Flächenbegrenzung, die die plastische Gestalt unterstützen. Wie im Steinmauerwerk gliedern die Fugen die Flächen



Bild 6: Peter Märkli, La Congiunta, Giornico, 1992

horizontal, wenn auch die konstruktive Bedeutung der Fuge eine andere ist.

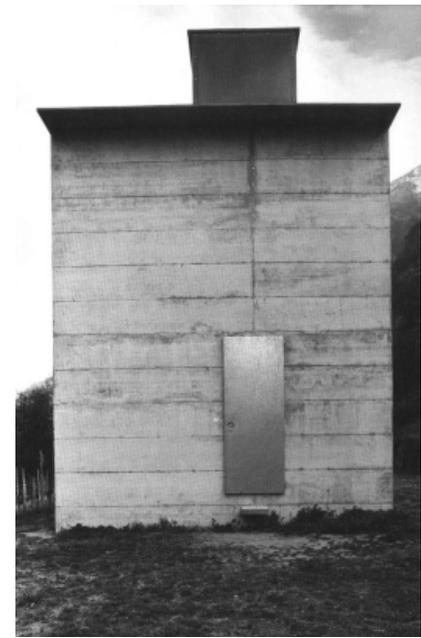
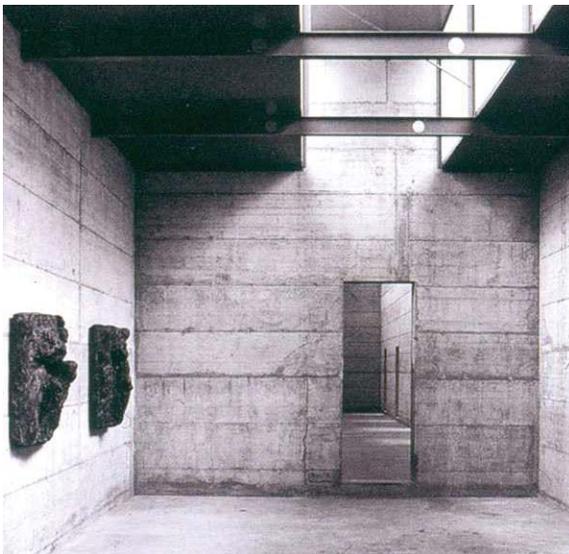
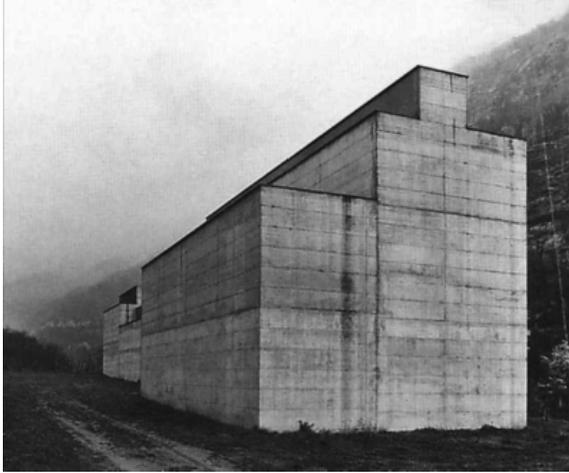
Die behauene Steinoberfläche findet Entsprechung in der Textur der Betonfläche, Löcher für Dübel- und Hebewerkzeug sind zu Ankerlöchern transformiert. Unterschiedliche Konstruktionen zeigen ähnliche Gestaltungselemente. Stein und Beton erinnern in den Spuren ablaufenden Wassers an den Fels - das Ausgangsmaterial. Konstruktion und Bauweise bedingen Gestaltungselemente.

#### – Deduktion 2

Richtlinien für architektonisch gestalteten Sichtbeton müssen die Elemente des Gestaltens in Konstruktionsanweisungen (Kriterien) überführen.



Bild 7: San Nicolao, Giornico, um 1170



*Bild 8 bis 10:  
Peter Märkli,  
La Congiunta,  
Giornico,  
1992*

### Konstruktion

Der Schweizer Architekt Rudolf Olgiati, ein maßgebliches Vorbild Peter Märklis, definierte eine Stütze als Teil einer Ingenieurarbeit und als Teil des gestalterischen Willens des Architekten.

Bauteile müssen also immer als Konstruktionsteile und als gestaltete Form evozierende und Raum definierende Elemente betrachtet werden – ob sie nun Teil eines architektonischen oder eines Ingenieurbauwerks sind.

Für den Beton bedeutet das insbesondere, die Komplexität des Werkstoffes in der Gestaltung zu berücksichtigen, die Grenzen des Machbaren zu erkennen und wenn erforderlich sorgsam zu verschieben. Form, Bauteilabmessungen und Bewehrungsgrad stellen die maßgeblichen Aspekte dar.

### – Deduktion 3

Aus der Gestaltung alleine erwächst keine ausreichende Beschreibung der Bauteile, konstruktive Bedingungen und Grenzen sind zu erfassen.

Ein Vergleich der Öffnungen von La Congiunta und San Nicolao weist auf unterschiedliche konstruktive Notwendigkeiten hin. Im Beton ist die Öffnung ein Ausschnitt in einer Scheibe - Bewehrung und Schalungsbau sind zu lösen. Im Mauerwerk liegt eine technisch wie handwerklich aufwändige Bogenkonstruktion vor, bei kleiner Spannweite Aufgabe eines besonders behauenen Steins.

Die Gestaltung folgt dem konstruktiven Aufwand, beide Sturzlösungen sind aber nicht zufällig, sondern geordnet in den Bauteil eingefügt.

## Prozess Sichtbeton

Die Schalungselemente im Außenraum sind nach architektonischen Gesichtspunkten geplant: Das Gebäude wird nach oben am Rand, nach unten in der Fläche der Schal tafeln abgeschlossen, was den Körper einerseits aus dem Grund wachsen lässt, andererseits die Gebäudehöhe nach materialspezifischen Vorgaben festlegt – ähnlich wie im Mauerwerk das Steinformat die Höhe definiert. Das bedingt, dass horizontale Fugen an den Grenzen unterschiedlich hoher Bauteile verspringen.

Im Innenraum ist Elementaufteilung entweder bauorganisatorisch bedingt oder gar nicht geplant. Die Fugenanordnung ist beliebig, an den Raumkanten verspringend, ohne Rücksichtnahme auf die horizontale Begrenzung. Die inneren Bauteile folgen nicht mehr dem oligatischen Diktum, Gestaltungsvorgaben fehlen oder wurden nicht berücksichtigt – ein Mangel in Planung, Ausführung oder Kommunikation.

- Deduktion 4  
Richtlinien für architektonisch gestalteten Sichtbeton müssen einen Prozess für Planung und Ausführung festlegen, der erforderliche Entscheidungen und damit verbundene Verantwortung regelt und die nötige Kommunikation unterstützt.

Wobei als grundlegendes Prinzip gilt, dass von der Planung das gewünschte Ergebnis zu beschreiben und vom Ausführenden die Mittel zum Erreichen des Zieles festzulegen sind.

Solange aber die Zielbeschreibung nicht eine klare Zuweisung von Gestaltung zu konstruktiven Vorgaben umfasst, werden mit zunehmender Komplexität oder Präzision der Gestaltungsvorgaben zwangsläufig die technischen Vorgaben präziser.

## Regeln

Wie erfüllen nun einschlägige Regeln der Technik die angeführten Hypothesen?

- Die ÖNB 2211 (1998) regelt lediglich einzelne Gestaltungselemente und ist daher eine ungeeignete Grundlage.
- Die ÖVBB<sup>2</sup>-Richtlinie „Geschalte Betonflächen-Sichtbeton“ (2002) definiert Gestaltungselemente und erfasst konstruktive Bedingungen.  
Die daraus gebildeten Klassen sind wenig zielführend für die Architektur, ein Prozess für Planung und Ausführung wird nicht explizit festgelegt, Vorgaben für Planung und Ausführung sind vereinzelt vorhanden.
- Das „Merkblatt Sichtbeton“<sup>3</sup> (2004) beinhaltet über die ÖVBB-Richtlinie hinausgehend Vorgaben zur Planung und Ausführung - womit implizit die Grundlagen für eine Prozessbeschreibung vorhanden sind. Die Klassifikation von Bauteilen orientiert sich an gestalterischen Anforderungen, ohne diese näher zu beschreiben oder zu beschränken.
- Die Empfehlungen der Firma Doka Industrie GmbH definieren einen Sichtbeton-Regelkreis und beschreiben die einzelnen Phasen dieses Regelkreises näher, ohne jedoch den Anspruch zu erheben, eine vollständige Richtlinie zur Planung und Ausführung von Sichtbeton darzustellen und ohne eine Klassifikation für Bauteile zu treffen.

## ÖVBB-Richtlinie Geschalte Betonflächen

### Arbeitskreis AA1 - Anforderungen

Der Arbeitskreis AA1 – Anforderungen zur Überarbeitung der ÖVBB-Richtlinie Geschalte Betonflächen hat bislang auf Basis ähnlicher Überlegungen folgende Ziele für die Überarbeitung der Sichtbetonrichtlinie festgelegt<sup>4</sup>:

- 
- <sup>2</sup> Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik
  - <sup>3</sup> Deutsche Zementindustrie und Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein
  - <sup>4</sup> Leitung: Arch. G. Tritthart/AIK  
Mitglieder: Gassner/Murexin, Grass/Sika, Kubeczko/VOEB, Maier/Alpine-Mayreder, Marte-Marte, Heidl und Bramberger/AIK, Maydl, Hofstadler, Grobbauer/TU Graz

- Einbeziehen einer Prozessbeschreibung von der Planung bis zur Abnahme
- Regeln für Planung und Ausführung
- Ausschreibungstexte auf Basis der überarbeiteten Richtlinie
- möglichst vollständige Liste der Kriterien zur Beschreibung der gewünschten Bauteileigenschaften
- vordefinierte Beschreibungen für durch Muster, Bilder oder Referenzbauwerke festgelegte Bauteile
- Bilder für Qualitätskriterien und Zusammenhänge von Maßnahmen und Wirkung
- Einbeziehen von SVB, Leichtbeton und gefärbtem Beton
- Schulung auch für PlanerInnen
- Festlegungen, wer zu welchem Zeitpunkt wofür Verantwortung trägt

Die derzeitigen Überlegungen gehen dahin, die bestehende Klassifikation (Anforderungsklassen GB) zu belassen und durch solche für Sichtbeton nach vorwiegend gestalterischen Kriterien mit einer vollständigen Auflistung der erforderlichen Qualitätskriterien zu ergänzen.

Die Bildung der Klassen für Architektursichtbeton richtet sich dabei nach derzeitigen Vorschlägen nach den Kriterien:

- Bauteilgeometrie
  - Form (vorwiegend eben oder plastisch verformt)
  - Abmessungen (Querschnitte, Filigranität)
  - geometrische Komplexität, Einbauten, Bewehrungsgrad
- Oberflächengeometrie (eben, plastisch)
- Oberflächentextur (rau oder strukturiert, glatt, abrasiv bearbeitet)

Die Beschreibung des Prozesses für Planung und Sichtbeton soll in einem eigenen Kapitel mit Abschnitten für die Einzelphasen von der Planung bis zur Abnahme erfolgen, wobei jeweils Ziele, Regeln, Erfordernisse und Empfehlungen definiert werden.

Weiters werden folgende Ideen diskutiert:

- Experimentalbauwerke bei hoher Unsicherheit über Technologie, Konstruktion oder Gestaltung zur Erlangung von Betonrezepten, Schalungstechniken u. dgl.
- Ausbildung in Sichtbetonkoordination oder Sichtbetontechnologie für Fachkräfte zur firmenunabhängigen Beratung in Planung und Ausschreibung, Baubegleitung und Abnahme
- Dokumentation von Sichtbetonbauwerken und der maßgeblichen Qualitätskriterien wie Betonzusammensetzung, Schalungstechnik und Ausführung

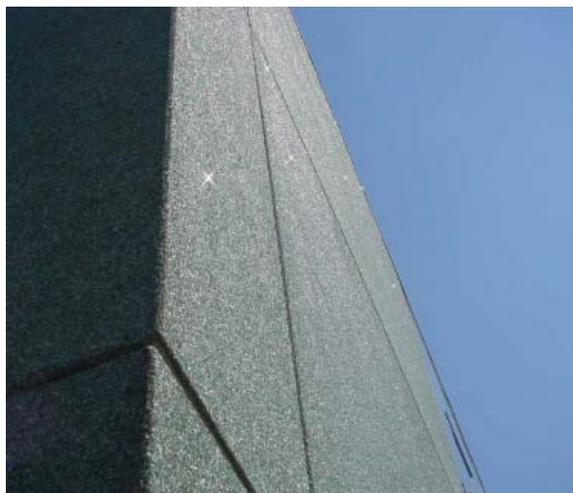
## Die Definition von Sichtbeton

Einer Herausforderung in der Definition von Sichtbeton bin auch ich – wie alle Richtlinien, Merkblätter und Normen – ausgewichen, nämlich der Frage: Was ist Sichtbeton?

Dies deshalb, weil ich meine, Sichtbeton wird am besten durch die konkreten Bauwerke definiert, in denen der Charakter des Baustoffes zum Ausdruck kommt:

- von den Bedingungen und Auswirkungen des formenden Elementes modelliert
- von den mineralischen Bindemitteln und Zuschlagstoffen bestimmt
- von den Möglichkeiten und Grenzen der Herstellung geprägt

*Bild 11: Joppien Dietz Architekten, Lufthansa-Schulungszentrum, Frankfurt/Main, 1996*



# Natürlich könnten Sie auch 400 Kilogramm Bücher aufhängen.

Eine Betonwand ist in puncto Tragfähigkeit unschlagbar. Aber auch wenn's um Behaglichkeit geht, kann Beton seine Stärken voll ausspielen – z.B. eine ausgezeichnete Wärmespeicherung und einen perfekten Schallschutz. [www.beton.or.at](http://www.beton.or.at)



Diesen Tipp widmet Ihnen

**BAU!MASSIV!**

**BETON**

## Sichtbeton im Spannungsfeld von Einzelkriterien und Gesamteindruck

Dipl.-Ing. Martin Peck  
 Beton Marketing Süd GmbH, München, Deutschland

Die Beurteilung einer Sichtbetonfläche nach den in den aktuellen Regelwerken in Österreich und Deutschland formulierten Sichtbetonklassen, die u. a. über Einzelkriterien definiert sind, lenkt den Blick bei der Beurteilung der Leistung auf die Frage, ob diese Einzelkriterien erfüllt sind. Dies kann jedoch bei der vertraglichen Vereinbarung einer Sichtbetonklasse zu abwegigen Auffassungen über das geschuldete Bausoll und dessen Beurteilung führen.

Die Sichtbetonklasse beschreibt zunächst eine Gesamtqualität, die auch nur durch die Betrachtung des Gesamteindrucks einer Fläche beurteilt werden kann. Vor allem für den Planer, dessen gestalterische Vorstellung durch die Wahl einer Sichtbetonklasse ausgedrückt wird,

ist allein der Gesamteindruck einer Fläche dazu geeignet, Leistung und Vorstellung miteinander zu vergleichen. Die vorrangige oder gar alleinige Beurteilung nach Einzelkriterien widerspricht den geltenden Regelungen im Sinne, denn sie kann dazu führen, dass Sichtbetonflächen, die aufgrund eines gelungenen Gesamteindrucks den Vorstellungen des Planers entsprechen, dennoch abzulehnen sind, wenn sie einzelne Klassenkriterien verfehlen. Die Beurteilung des Gesamteindrucks einer Ansichtsfläche kann also nicht sinnvoll über die Summe erfüllter Einzelkriterien geführt werden.

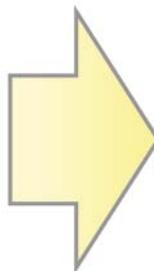
Entspricht der Gesamteindruck der planerischen Vorstellung, soll die Leistung ohne Prüfung einzelner Kriterien angenommen werden.

### Sichtbeton – aktuelle Regelwerke

#### Formulierung von Einzelkriterien

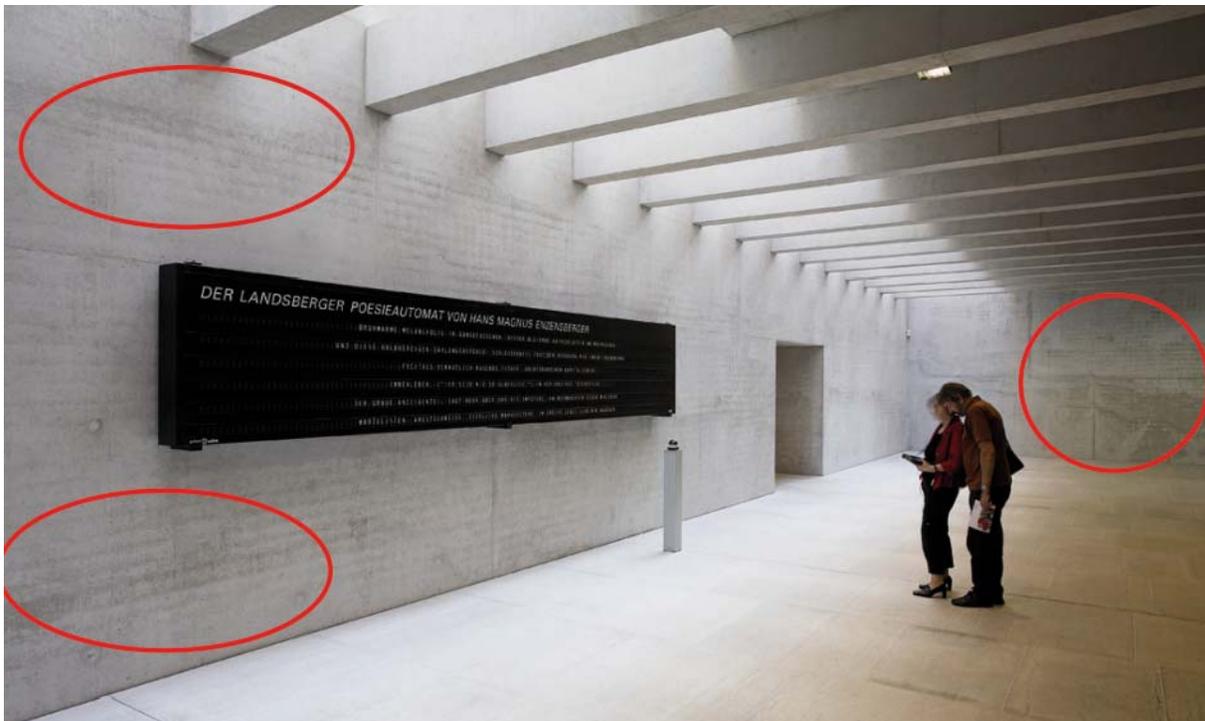


- Struktur (S0-S2)
- Porigkeit (P; 2P; 3P; 4P)
- Farbgleichheit (F1 – F2)
- Arbeitsfugen (A0 – A2; A2S)
- Ebenheit (-; E0; E1)



- Textur (T1-T3)
- Porigkeit (P1-P4)
- Farbtongleichmäßigkeit (FT1-FT3)
- Arbeits- u. Schalhautfugen (AF1-AF4)
- Ebenheit (E1-E3)

Erst wenn der Gesamteindruck einer Fläche die vertraglich fixierte Vorstellung des Planers verfehlt, werden die Einzelkriterien der geltenden Sichtbetonklasse zur weiteren Beurteilung herangezogen. In diesem Fall ist es Aufgabe von Planung und Ausführung, durch die Prüfung der Einzelkriterien eine Analyse der Abweichungen vorzunehmen, um ein erneutes Auftreten der festgestellten Abweichungen im fortlaufenden Bauprozess zu verhindern. Auch die graduelle Beurteilung von Abweichungen und deren Umsetzung in vertragliche Konsequenzen kann einfach und nachvollziehbar über die Beurteilung der Einzelkriterien geführt werden.



## Schalen von Sichtbeton

DI Peter Reisinger

Österreichische Doka Schalungstechnik GmbH, Amstetten

Dietmar Langthaler

Projektleiter Doka Anwendungstechnik, Mitglied des Doka Arbeitskreises Sichtbeton

Sichtbetonbauwerke sind moderne, individuelle Unikate mit freien Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich Form und Oberfläche.

Die Erstellung und Abwicklung von Sichtbetonbauwerken erfordern besondere qualitative Erfahrungen, sowohl bei Kalkulation und Planung, als auch bei der handwerklichen Erstellung.

Mit der vorliegenden Praxisinformation möchte DOKA einen Beitrag zur praxismgerechten Unterstützung der ausführenden Baustellenmannschaften bei der Schaffung von Sichtbetonbauteilen leisten.

Die über viele Jahre gesammelten Erfahrungen vieler Sichtbetonbaustellen in ganz Europa versetzen uns in die Lage, Ihnen nachfolgend gezielt Hinweise zum praktischen Umgang mit unseren Schalsystemen zu geben.

Neben der generellen Funktionalität und der Raumaufteilung eines Projektes sind bei Sichtbetonbaustellen vor allem die Ansichtsflächen und deren Wirkung entscheidend. Sie übernehmen gestalterische Funktion und darum werden diese Ansichtsflächen auch „Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen“ genannt.

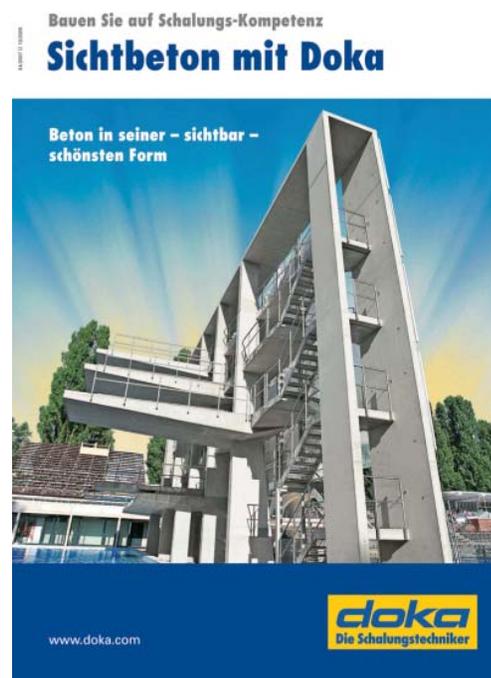
Sichtbetonschalungen sind Schalungen mit besonderen Qualitätsanforderungen und damit auch besonderen zu berücksichtigenden Kostenfaktoren.

Damit die Ansichtsflächen den Vorstellungen des Architekten und des Bauherren genügen, sind aus unserer Sicht im Vorfeld die notwendigen Arbeitsschritte und Vorlaufzeiten aus dem Blickwinkel aller am Ergebnis Beteiligten zu durchdenken.

In der Praxis hat sich ein Regelkreis zur Berücksichtigung aller Einflüsse bewährt.

Im Folgenden werden nur die wichtigsten Informationen wiedergegeben.

Detaillierte Erläuterungen finden Sie in den Broschüren.



06/2007 NK Praxisinformation

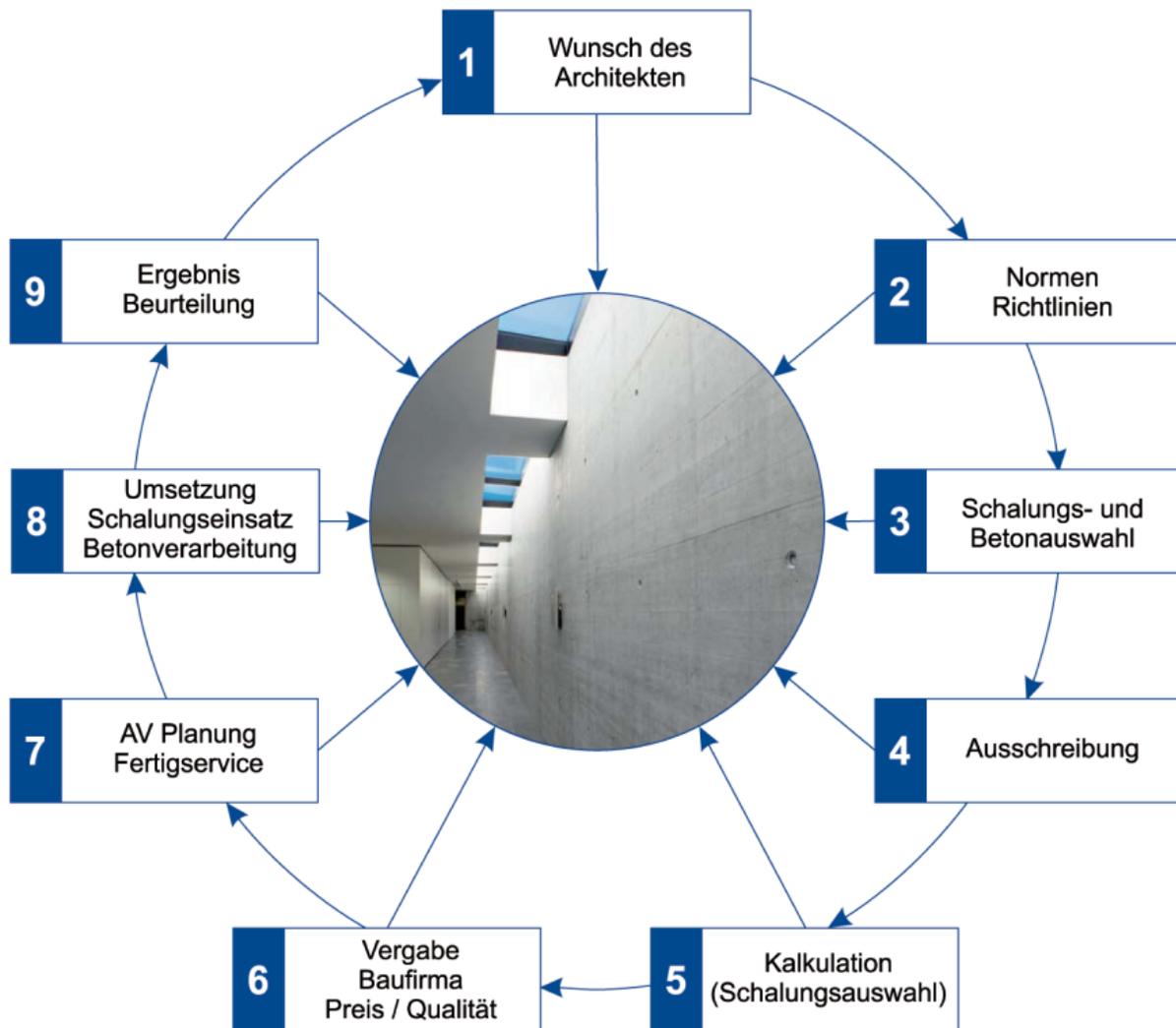
### Schalen von Sichtbeton



**doka**  
Die Schalungstechniker

## Regelkreis

Der Sichtbeton-Regelkreis



### Normen und Richtlinien

#### ÖVBB-Richtlinie

Geschalte Betonflächen („Sichtbeton“)  
Erhältlich bei der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik (Juni 2002)

#### ÖNORM B2211

Beton- und Stahlbetonarbeiten – Werkvertragsnorm (April 1998)

#### SIA 118/262

Allgemeine Bedingungen für Betonbau, Ausgabe 2004

#### GSV-Empfehlung

„Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen“ (Juni 2005) sowie „Qualitätsstandard von Mietschalungen“

#### DBV – Merkblatt Sichtbeton

Erhältlich beim Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Bundesverband der deutschen Zementindustrie e.V., August 2004

Für jeweils aktuelle Informationen zum Thema laden wir Sie ein, uns auf unserer Homepage

[www.doka.com](http://www.doka.com)

zu besuchen!

Address [http://www.doka.com/doka/de\\_global/planning/fairconcrete/index.php](http://www.doka.com/doka/de_global/planning/fairconcrete/index.php)

The screenshot shows the Doka website's 'Sichtbeton' page. At the top, there is a navigation menu with 'UNTERNEHMEN', 'PRODUKTE', 'SERVICES', 'AKTUELL', 'REFERENZEN', and 'KNOW-HOW'. Below the menu is a search bar and language options for 'INTERNATIONAL', 'DE', 'EN', and 'FR'. The main content area features a large image of a concrete structure under construction, with the text 'Sichtbeton' and a sub-heading 'Was bedeutet ... „Sichtbeton“?'. The text explains that 'Sichtbeton' refers to concrete surfaces with specific appearance requirements according to DIN 18217. It mentions that the term is not explicitly defined but is understood through a series of influences during production and execution. A quote from architect Jürgen Schmidt-Morsbach is included, stating that 'Sichtbeton' is a 'gestaltende Betonfläche mit vorherbestimmbarem Ergebnis'. Below the text is a photograph of a modern building facade with a prominent concrete structure. At the bottom, a section titled 'Doka empfiehlt bei der Erstellung von Sichtbeton-Bauwerken folgende Vorgehensweise:' lists seven steps: Wunsch des Architekten, Normen und Richtlinien, Schalungsauswahl, Ausschreibung, Kalkulation (Schalungsauswahl), AV Planung / Fertigservice, Umsetzung / Schalungseinsatz / Betonverarbeitung, and Ergebnis / Beurteilung. On the left side of the page, there is a sidebar with a grid background containing various links such as 'Sicherheit mit Doka', 'Sichtbeton mit Doka', 'Wunsch des Architekten', 'Normen', 'Schalungsauswahl', 'Ausschreibung', 'Kalkulation', 'Arbeitsvorbereitung / Fertigservice', 'Betonverarbeitung', 'Sichtbetonbauwerke', 'Planungs-Software Tipps', 'Online-Planungsservice', 'Linksammlung', and 'Doka macht Schule'.

Bauen Sie auf Schalungs-Kompetenz

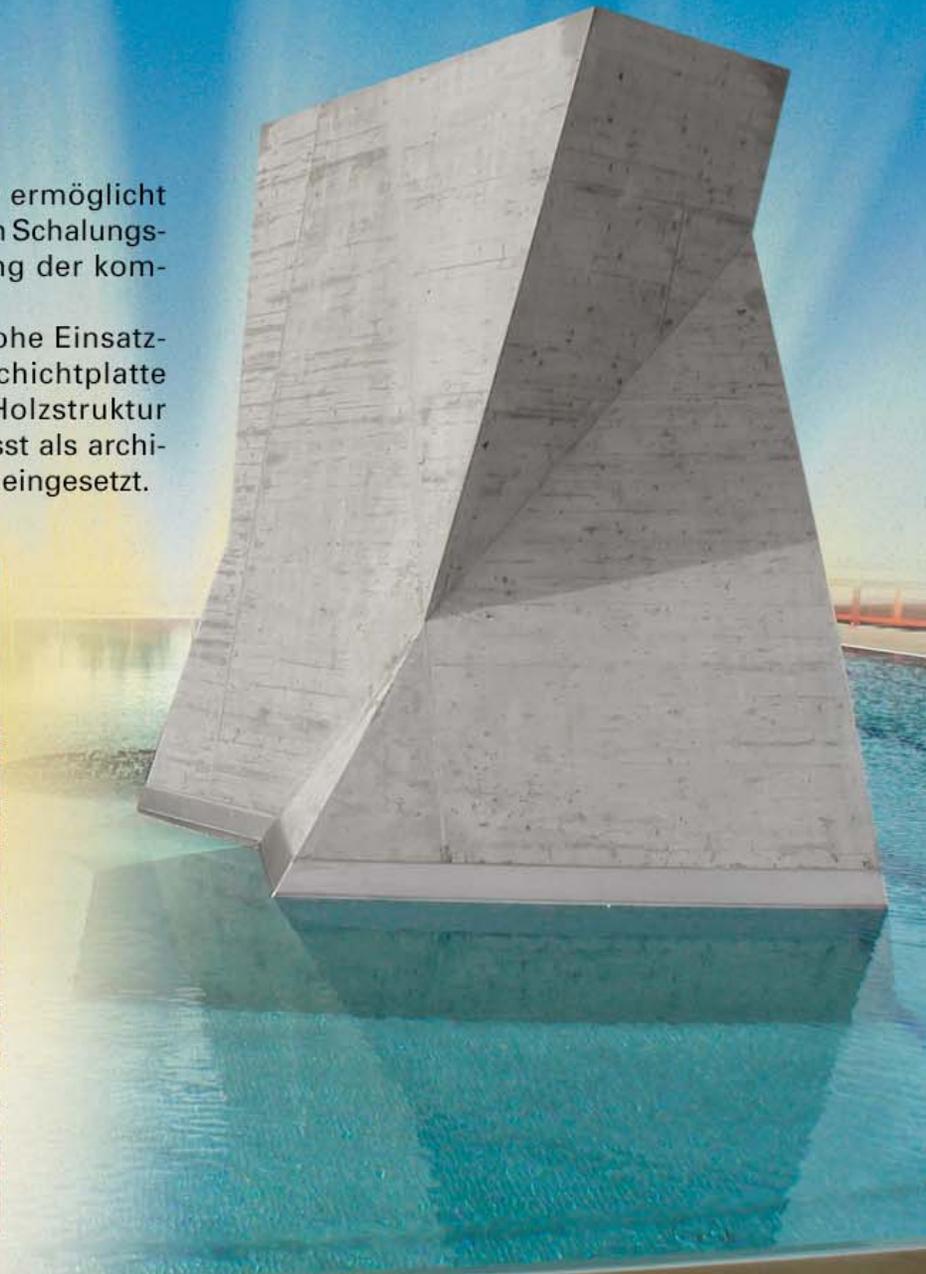
# Sichtbeton mit Doka

Beton in seiner – sichtbar – schönsten Form

**Sicher.  
Schnell.  
Effizient.**

Die Doka-Dreischichtplatte 3-SO ermöglicht in Kombination mit einem präzisen Schalungsbau eine maßgenaue Ausführung der komplexen Sichtbetonformen.

Besondere Maßhaltigkeit und hohe Einsatzzahlen zeichnen die Doka-Dreischichtplatte zusätzlich aus. Ihre natürliche Holzstruktur wird beim Seebad Kaltern bewusst als architektonisches Gestaltungselement eingesetzt.



## Sichtbeton, eine Herausforderung im Fertigteilwerk

Ing. Christian Grill  
Franz Oberndorfer GmbH & Co., Werk Gars am Kamp

**OBERNDORFER**  
DIE ZUKUNFT DES BAUENS.

Als führendes Fertigteilunternehmen Österreichs war für uns die Forcierung von Sichtbeton bei Architekten, Planern und Bauherren schon immer eine Herausforderung. Der Einsatz von Betonfertigteilen im Wohnbau oder als Zweckbau ist sicherlich mehr als zeitgemäß, er bietet optimale Planungsfreiheit für eine innovative Architektur, statische Sicherheit, hervorragende bauphysikalische Eigenschaften sowie zahlreiche Möglichkeiten der Oberflächengestaltung.

Sichtbeton hergestellt aus Grauzement, Weißzement, als Farbbeton oder Vorsatzbeton mit Spezialkörnungen, Oberflächen schalglatt, gewaschen oder sandgestrahlt: Für Oberndorfer ist Sichtbeton stets eine Herausforderung, der wir uns gerne stellen.

### Mustersiedlung Hadersdorf

9 namhafte Architekten aus Österreich, Deutschland und der Schweiz haben unter der Federführung und Gesamtplanung vom Architekturbüro Krischanitz, Wien, gemeinsam mit einer Projektgruppe aus der Wirtschaft auf einem ca. 8.000 m<sup>2</sup> großen Grundstück am Stadtrand von Wien eine Mustersiedlung mit insgesamt 10

architektonisch individuell gestalteten Wohnhäusern im Rahmen der Wohnbauförderung und unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte aus dem Baustoff Beton errichtet.

Die Rohbaufertigstellung erfolgte im Mai 2007.

**Bauträger:** ÖSG Stadtentwicklung u. Wohnbaumanagement-Gesellschaft

**Generalunternehmen:** STRABAG

### Haus Nr. 8: Konstruktive werkseitig eingefärbte Betonfertigteilelemente

Architekt: Prof. MAX DUDLER, Berlin

#### Factsheet:

<b>Gesamtfläche:</b>	551 m <sup>2</sup> Fertigteilelemente
<b>Wandstärke:</b>	D = 22 cm
<b>Sichtfläche:</b>	Beton anthrazit eingefärbt und schalglatt
<b>Betonsorte:</b>	C25/30/B4/GK16 und C25/30/B2/GK16 mit 3 % Farbpigment
<b>Betonmenge:</b>	107 m <sup>3</sup>
<b>Bewehrung:</b>	12 Tonnen
<b>Einbauteile:</b>	115 Stk. ISO-Körbe





## Konzept

Die kompakte, aus aufeinandergesetzten Steinquadern gezeichnete Figur ergibt sich aus der Idee einen Ort zu schaffen, der das Wohnen dem Thema Beton widmet. Hieraus entwickelt sich die architektonische Zurückhaltung, das klare subtile Volumen – außen formal beruhigt – innen differenziert entfaltet. Der „Körper“ verbirgt in seinem Inneren ganz auf sich selbst bezogene Räume (Privatheit), die den Nutzer in eine vermeintlich andere „Wohnwelt“ eintauchen lassen.

Eine Gesamtfläche von 551 m<sup>2</sup> anthrazit eingefärbten Fassadenfertigteilelementen stellt die Basis für dieses Wohnhaus dar, welches sowohl zwei große, zweigeschossige Wohnungen als auch zwei kleinere umfassen wird.

Schon vor Baubeginn wurden in unserem Werk Gars am Kamp Betonmusterplatten der Betonsorte C 25/30/B2 mit Grauzement und einer Dosierung von 3 % Farbpigment Bayferrox 330 angefertigt. Der eingefärbte Beton für die Musterplatten wurde möglichst praxisnahe in schichtverleimte Holzschalungen eingebracht und auf einer Stahlpalette mittels Hochfrequenzrüttlern werkseitig verdichtet. Trotz verlängerter Mischzeit und sorgfältiger Betoneinbringung waren nach dem Entschalen der Musterplatten Wolkenbildungen in den Sichtflächen zu erken-

Zitat: Architekt Prof. Max Dudler

*Ein Haus aus Beton, das ein bisschen so ist wie ein Stein am Strand: solide, von klarer Form und von der Sonne angenehm warm.*



Fertigteile mit ISO-Körben



Vor der letzten Geschossdecke



*Blick aus einer Wohnung*



*Zügiger Baufortschritt*

nen. Der Kontrast wurde zwar nach einiger Zeit weniger, ist aber nach wie vor vorhanden. Doch gerade dieser von unserer Seite wenig gewünschte Effekt wurde vom Architekten akzeptiert. Er ist der Meinung, „... dass das Gebäude durch die ‚Wolkenbildung‘ im Beton der Fassade Lebendigkeit erfährt“.

Für die insgesamt 151 Stück eingefärbten Betonfertigteilelemente mit einer Wandstärke  $D = 22 \text{ cm}$  waren sechs unterschiedliche schichtverleimte Holzschalungen notwendig.

Diese wurden genauso wie die Schalungen der Musterplatten auf Stahlpaletten montiert und nach der Betoneinbringung auf der Rüttelstation mit Hochfrequenzrüttlern verdichtet.

Beton war in der Güte C25/30/B2 und C25/30/B4 mit 3 % Farbpigment gefordert.

Für das gesamte Bauwerk waren  $107 \text{ m}^3$  Beton, 12 Tonnen Bewehrungsstahl sowie 115 Stk. ISO-Körbe erforderlich. Die Lieferung und

Montage der Fertigteile erfolgte in den Monaten August und September 2006. Bauseits wurde das Gebäude mit einer innen liegenden Wärmedämmung ausgestattet.

### Fertigteilstiegenläufe mit Brüstung OFFICE-CAMPUS-GASOMETER

Objekt:	Fluchtstiege
Auftraggeber:	ÖSTU-STETTIN
Architekt:	SOYKA/SILBER/SOYKA
Betonsorte:	SCC 30/37 B2/GK 16
Stückgewicht:	12,5 t
Anzahl/Geschoss:	2 Stk.
Durchmesser:	5,16 m

Schon im Vorfeld war uns bewusst, dass die Herstellung dieser Fertigteilstiegenläufe inklusive Brüstung in Sichtbeton eine ganz besondere Herausforderung für unser Werk darstellt.

Die wichtigsten Parameter waren eine massive Schalung für die exakte Passgenauigkeit der



*Eine Herausforderung an Schalungsbau und Produktion*



*Anlieferung und Montage der Fertigteile*



*Ortbetonanbindung über sechs Geschosse*



*Unteransicht nach Fertigstellung*

Fertigteile, ein leistungsfähiger Beton sowie erfahrenes Personal.

Es war uns auch bewusst, dass aufgrund der Schalungsgeometrie und des hohen Bewehrungsanteiles der Beton nur in SCC-Ausführung einwandfrei verarbeitbar ist.

Nach statischer Bemessung wurde SCC 30/37/B2/GK16/F73 verwendet.

Um dem enormen Betondruck und der Auftriebskraft von 5 m<sup>3</sup> SCC standzuhalten, musste die Schalung aus 10 mm dicken Stahlblechen mit vielen zusätzlichen Versteifungen angefertigt werden. Weiters waren für das Öffnen und Schließen der Schalung 30 Stk. Klappschlösser, mehrere Keile und zusätzliche Gewindestangen erforderlich.

Die Betonbringung im Werk erfolgte über eine Kübelbahn, danach in einen Betonkübel mit Rührwerk, von dort über ein Füllrohr in die Mittelsäule der Treppe, durch die Trittstufen und weiter aufsteigend in die Brüstung. Nur der oberste Brüstungsteil wurde von der anderen Seite befüllt. Das Stückgewicht der Fertigteile liegt bei ca. 12,5 Tonnen.

Selbst das Ausschalen, die Lagerung, aber auch der Transport erforderten viel Fingerspitzengefühl und Erfahrung.

Je zwei Fertigteile bilden ein Geschoss und jedes Geschoss ist über einen Steg aus Ortbeton mit dem Gebäude verbunden.

Die Stiege führt über sechs Geschosse, mit einem Durchmesser von 5,16 m, sie hat die Funktion einer Fluchtstiege und ein Gesamtgewicht von ca. 150 Tonnen.

Zur Wintersicherheit wurde auf den Stufen ein beheizbarer Fliesenbelag aufgebracht.

*Alte Baukunst und moderne Architektur – mit Sicherheit kein Widerspruch*



## Fertigteile in Sichtbetonqualität – beispielhaft

*Bmstr. DI Günther Lehner, Amstetten*

Sichtbetonfertigteile, speziell Fassaden, haben in den letzten zwei Jahrzehnten, von einem Boom in den Sechziger- und Siebzigerjahren ausgehend, in Österreich eine eher untergeordnete Rolle gespielt. Das mag mit dem schlechten Image des im Ostblock auf die Spitze getriebenen Plattenbaus oder mit den Weiterentwicklungen anderer Baustoffe, wie zum Beispiel Glas, zu tun haben. Auch Modeströmungen in der Architektur sind vermutlich Gründe dafür.

Ich möchte an dieser Stelle den Firmen Gerstl und Trepka für die Zurverfügungstellung von Fotos danken.

### Anwendungen im Außenbereich

Die typischen Anwendungen im Außenbereich sind zum Beispiel Gartengestaltungen (Abb. 1) und Einfriedungsmauern (Abb. 2) in weißem Sichtbeton.

Weitere Anwendungen: Stützmauern (Abb. 3 und 4) mit fein gewaschener Oberfläche, Rampenverkleidungen (Abb. 5 und 6) mit Wellenoberfläche zur akustischen Verbesserung.

Die Vorteile der Herstellung in Fertigteilbauweise sind anhand dieser Friedhofsmauer zu erkennen. Ein Bereich wurde in Ort beton ausgeführt (Abb. 7). Der Vergleich mit der Fertigteilwand (Abb. 8 und 9) zeigt, dass durch die liegende Produktion im Werk eine gleichmäßigere Oberfläche erzielt wurde. Es gibt keine Stöße in der Schalhaut, keine Löcher von Schalungsankern. Die geglättete Rückseite bietet ebenfalls ein gleichmäßiges Bild.

Tribünen für Veranstaltungen: Schloss Grafenegg (Abb. 10, Fa. Trepka) mit sandgestrahlter Oberfläche und Eishalle Sankt Pölten (Abb. 11).



Abbildung 1



Abbildung 2



Abbildung 3



Abbildung 4



Abbildung 8



Abbildung 5



Abbildung 9



Abbildung 6



Abbildung 10



Abbildung 7



Abbildung 11



Abbildung 12



Abbildung 13



Abbildung 14



Abbildung 15

## Fassaden

Im Gewerbebau sind Sichtbetonfassaden eine kostengünstige Möglichkeit einer dauerhaften optisch ansprechenden Fassadengestaltung (Abb. 12).

Hier die Fassade eines Bürogebäudes in Wien 16 (Abb. 13). Es wurde vom Planer eine Kombination von Betonparapetplatten mit Fens-terelementen verwendet.

Leider stehen oft nur Fotos unserer Projekte im Rohbauzustand zur Verfügung – üblicherweise sind wir als Fertigteilhersteller ab der Roh- baufertigstellung nicht mehr auf der Baustelle anzutreffen.

Beispiele: eine Giebelwand in der Pokornygasse (Abb. 14, Fa. Gerstl), Lamellenelemente (Abb. 15, Fa. Trepka), eine braun gefärbte Fassade mit Holzstruktur beim Landespen- sionistenheim Scheibbs (Abb. 16 und 17).



Abbildung 16



Abbildung 17

Noch ein Beispiel einer – in einem anderen Braunton – gefärbten Fassade. Beim BRG Purkersdorf wurde die Fassade zur Trasse der Westbahn mit – aus akustischen Gründen gelochten – vorgehängten Fertigteilplatten ausgeführt (Abb. 18 und 19).

Weißer Sichtbeton mit Reifenstruktur (Abb. 20): Diese Individualmatrize wurde auf Wunsch des Bauherrn hergestellt. Die Schwierigkeit bestand darin, die Zickzacklinien der Reifenspuren ohne Unterbrechung über die ganze Fassade laufen zu lassen.

Zum Thema Altern von Betonfassaden: Als Beispiel das Bürogebäude der Firma Bene (Abb. 21) aus den späten Siebzigern und die Mehrzweckhalle Amstetten, Baujahr 1993 (Abb. 22 und 23). Beide Fassaden sind trotz ihres Alters und der Verwitterungsspuren durchaus ansehnlich. Falls gewünscht, ist eine Reinigung mit Hochdruckreiniger jederzeit möglich.



Abbildung 20



Abbildung 21



Abbildung 18



Abbildung 22

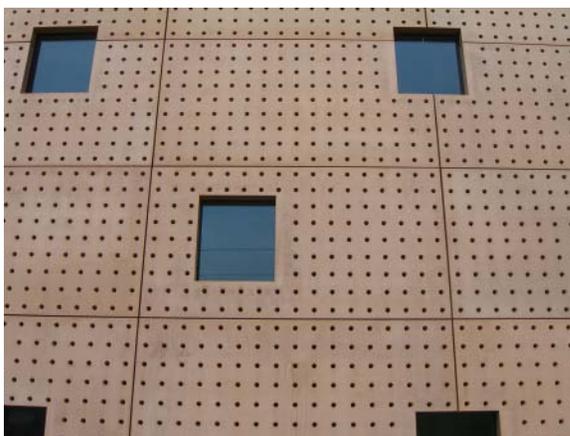


Abbildung 19



Abbildung 23

Sichtbetonfertigteile und Einfamilienhaus: Haus Primetzhofer, caramel architekten (Abb. 24 bis 27). Es wurden Sandwichplatten mit eingelegter Wärmedämmung als tragende Außenwände verwendet. Die Decken wurden aufgrund der komplexen statischen Verhältnisse in Ortbeton ausgeführt.



Abbildung 24



Abbildung 25

Abbildung 26 (links)



Abbildung 27

### Beispiele für Sonderprojekte

Denkmal Hohenau (Abb. 28 bis 30): Schwarz gefärbte, mit Antirutschstruktur versehene Platten wurden in konzentrischen Kreisen verlegt. Die Verbindungsgänge durch die Erdwälle werden von schwarz gefärbten Fertigteilplatten gestützt.

Bauakademie Haindorf (Abb. 31 und 32): Namenstafel und Leuchtstelen in Weißbeton. (Anmerkung zur im Hintergrund sichtbaren Sichtbetonfassade des Seminargebäudes: Der Ort beton wurde im Winter betoniert. Da die im unteren Bereich der Fassade sichtbaren dunklen Verfärbungen nicht den Vorstellungen des Bauherrn entsprachen, wurde die Fassade nachträglich mit VWS und grauem Reibputz überzogen.)

Elefantenanlage Schönbrunn (Abb. 33): Fischbauchträger mit stetig veränderlichem Querschnitt, die Decke wurde als unterstellungsfreie



Abbildung 28



Abbildung 31



Abbildung 29



Abbildung 32



Abbildung 30



Abbildung 33



Abbildung 34



Abbildung 37



Abbildung 35

Halbfertigteildecke mit Wellenstruktur an der Untersicht ausgeführt.

Hotel am Kaiserwasser (Abb. 34, Fa. Trepka): Fertigteilplatten mit eingelegrter Beschriftung.

Firma DOKA Schaustücke Info-Center, BAUMA 07 (Abb. 35 bis 37): Aus Gründen der Transportierbarkeit werden auch beim Schalungsspezialisten für den Ortbeton für Ausstellungen Fertigteile eingesetzt.



Abbildung 36

Motodrom Kny, Prater (Abb. 38): Die Tragkonstruktion der Überdachung ist Bäumen nachempfunden. Sie besteht aus braun gefärbten runden Stützen, die sich nach oben verzweigen. Die Träger bestehen aus grün gefärbtem Beton.

Zum Abschluss ein 3 m hoher Betonblumentopf mit Apfelbaum vor der Bezirkshauptmannschaft Sankt Johann/Pongau (Abb. 39).

„Es kommt drauf an, was man daraus macht.“ Der Slogan mag zwar schon etwas abgedroschen klingen, ist aber aufgrund der verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten von Beton noch immer die beste Art auszudrücken, dass der Werkstoff Beton sehr vielseitig verwendbar ist. Für die Zukunft hoffe ich, wegen bereits vorliegender Projekte, dass auch das Thema Fassade in Sichtbeton in größerem Umfang von Architekten aufgegriffen und von Bauherrn umgesetzt wird.

Abbildung 38 (Seite 31 oben)

Abbildung 39 (Seite 31 unten)



## Betontechnologie – Sichtbetonkriterien für Ausgangsstoffe

*Franz Podhraski*

*Schotter- und Betonwerk Karl Schwarzl Betriebsg.m.b.H., Unterpemstätten*

*DI Gernot Tritthart*

*Lafarge Perlmooser GmbH, Wien*

### Einleitung

Aus Sicht des Betontechnologen muss der Beton so zusammengesetzt werden, dass dieser möglichst einfach und kompakt in die formgebende Schalung eingebracht und verdichtet werden kann.

Im ausgeschalteten und erhärteten Zustand wirkt nur die Oberfläche des Betons, wobei der Gesamteindruck hauptsächlich durch Schalhaut, Trennmittel und Zementstein, mit den darin eingebetteten feinsten Gesteinskörnungspartikeln, entsteht. Dieser Gesamteindruck wird jedoch auf unterschiedlichste Weise von den jeweiligen Betrachtern aufgenommen.

Dies führt in der Praxis oft zu interessanten Missverständnissen.

In nachfolgenden Ausführungen werden die Ausgangsstoffe von Beton hinsichtlich Zusammensetzung, Herkunft und Herstellung und deren Auswirkungen auf Sichtbeton näher betrachtet.

### Zement

Einleitend zum Zement sei erwähnt, dass speziell die Farbe und deren Gleichmäßigkeit eine der wesentlichen Eigenschaften für das Gelingen von Sichtbeton darstellen. Natürlich müssen Verarbeitbarkeit und Festigkeitsverhalten innerhalb der prozesstechnischen und normativen Toleranzen liegen, aber es gibt keine Empfehlung, dass nur ein sehr reaktiver oder schneller Zement, wie ein CEM I 52,5 R oder CEM II/A-S 42,5 R, oder andererseits ein langsamer Zement, wie ein CEM III/B 32,5 N, für Sichtbeton zu einem optimalen Ergebnis führt. Trotzdem sei bei langsamen Bindemittelkombinationen die Gefahr des Blutens erwähnt. Da-

durch könnten gesonderte betontechnologische Maßnahmen, wie Steuerung des Wasserrückhaltevermögens über den Mehlkorngelalt, eine Reduktion des Gesamtwassergehaltes über Fließmittelbeigabe oder eine verlängerte Nachbehandlungsdauer, erforderlich werden.

Was sind nun die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Farbe eines Zementes?

Die europäische Zementnorm EN 197-1 regelt neben den mörteltechnischen Eigenschaften, wie Festigkeiten oder Erstarrungszeiten, auch die Zusammensetzung mit entsprechenden Haupt- und Nebenbestandteilen. Diese wiederum üben über ihre Herstellung und Herkunft und den jeweiligen Gehalt im Zement einen wesentlichen Einfluss auf die Farbe des Sichtbetons aus. Für Österreich relevant sind hier neben dem eigentlichen Hauptbestandteil Klinker, die so genannten Zumahlstoffe Hüttensand (Schlacke), Flugasche und Kalkstein. Gips oder Anhydrit als Nebenbestandteile spielen hier eine eher unwesentliche Rolle.

Die Hauptbestandteile des Klinkers sind die Klinkermineralphasen  $C_3S$  (Tricalciumsilikat),  $C_2S$  (Dicalciumsilikat),  $C_3A$  (Tricalciumaluminat) und  $C_4AF$  (Tetracalciumaluminatferrit). Wesentlich für die Farbe innerhalb dieses Mineralphasensystems sind der Gehalt und die Art (Wertigkeit) des Eisenoxids, das Verhältnis zwischen  $C_3A$  und  $C_4AF$  und der Nebenbestandteil Magnesiumoxid ( $MgO$ ), der zusammen mit Eisenoxid die charakteristische Farbe des graugrünen oder grauen Portlandzementes bestimmt.

Oberstes Gebot sind ein gleichmäßiges Rohmehl und anschließende gleichmäßige Brennbedingungen im Drehrohrofen, die im Regelfall leicht oxidierend, d. h. mit einem gewissen Sauerstoffüberschuss, erfolgen. Die Auswahl der Brennstoffe richtet sich dabei nach dem Heizwert, damit die wesentlichen Bedingungen,

wie 2.000° C Flammentemperatur und 1.450° C Brennguttemperatur eingehalten werden. Erst dann laufen die erforderlichen Fest- und Flüssigphasenreaktionen ab, die die Eigenschaften des Zementes bestimmen. Der leichte Sauerstoffüberschuss gewährleistet auch die dreiwertige Oxidationsstufe des Eisens. Bei reduzierenden Bedingungen würde das dabei gebildete zweiwertige Eisen die Farbe des Zementes Richtung Braun oder Bräunlich verändern. Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen, wie Kunststoffe, Altreifen oder Altöle, sollte daher auf diese Voraussetzungen abgestimmt werden, damit keine Veränderung bei der Substitution von Primärbrennstoffen wie z.B. Kohle auftreten.

Hier sei auch der Unterschied zwischen „normalem“ und „sulfatbeständigem oder C<sub>3</sub>A-freiem“ Klinker erwähnt. Um einen C<sub>3</sub>A-freien Klinker produzieren zu können, muss über die Rohmehlkomponenten das Verhältnis von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> unter 0,64 liegen. Dies wird über die Erhöhung des Eisengehaltes bewirkt. Dadurch lässt sich auch die dunkle Färbung C<sub>3</sub>A-freier Zemente erklären (siehe Abbildung 1).

Im anschließenden, eigentlichen Zementherstellungsprozess werden nun Klinker und gegebenenfalls Zumahlstoffe, wie Hüttensand, Flugasche, Kalkstein oder Kombinationen daraus, gemeinsam vermahlen oder getrennt gemahlen und anschließend innig miteinander vermischt.

Betrachtet man nun Abbildung 1, so sieht man, dass speziell höhere Gehälter von Hüttensand oder Kalkstein den Zement in seiner Farbe eher heller werden lassen.

Flugaschen wirken hier über ihre dunklere Eigenfarbe eher gegenläufig. Höhere Flugaschegehalte haben aufgrund des Gehaltes an Unverbranntem auch den unangenehmen Nebeneffekt, dass sie zu dunklen Wolken- oder Schlierenbildungen bei Sichtbetonen führen können.

Grundsätzlich sei aber auch im Zusammenhang mit Zumahlstoffen nochmals die Wichtigkeit der Gleichmäßigkeit erwähnt, wobei hier die Schwierigkeit besteht, dass diese Stoffe eher „Abfallstoffe“ der Eisen- und Stahlindustrie bzw. von kalorischen Kraftwerken darstellen und immer wieder

farbbeeinflussende Verunreinigungen beinhalten können. Trotzdem sind ihre latenthyadraulischen Eigenschaften sehr nützlich für die Betontechnologie, insbesondere für die Verarbeitbarkeit und Hydratationswärmeentwicklung.

Fallweise kann auch Kalksteinmehl oder Steinmehl (auch verwendet als Betonzusatzstoff) immer wieder aufgrund geologischer Umstände Spuren von Grafit enthalten, die fallweise zu Komplikationen führen können. Dies führt speziell durch die geringe Dichte bei feinteil- und fließmittelreichen Betonen, wie SCC, zu einer Art „Aufschwimmen“ an die Betonoberfläche, wie Abbildung 2 zeigt.

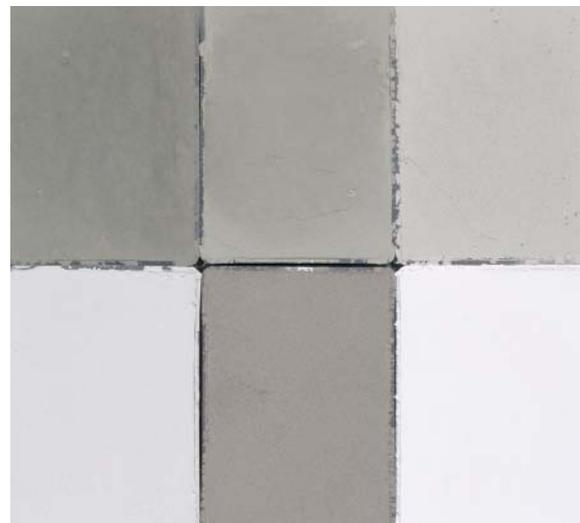


Abbildung 1: Von links oben nach rechts unten: CEM I C<sub>3</sub>A-frei, CEM I, CEM III/B (68 % Hüttensand), Hüttensand gemahlen, Flugasche ungemahlen, Kalkstein gemahlen



Abbildung 2: „Aufgeschwommene“ Leichtpartikel auf der Oberfläche eines Frischbetons und einer Sichtbetonwand

Der Feinheit des Zements, oder landläufig auch Blaine-Wert genannt ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ), sollte man bei der Farbe bzw. den möglichen Schwankungen keine zu große Bedeutung beimessen. Österreich hat hier normativ über die ON B 3327-1 den Variationskoeffizienten des Blaine-Wertes beschränkt und damit qualitativ eine klare Abgrenzung und Aufwertung gegenüber reinen EN197-1 Zementen gesetzt.

## Betonzusatzstoffe

### Typ I (Farbpigmente, Steinmehle)

Farbpigmente sind zumeist synthetisch hergestellte unlösliche Eisenoxide oder unlösliche metallische Oxide auf Titan-, Nickel-, Antimon- oder Chrombasis.

Der Einsatz von Farbpigmenten muss im Vorfeld sowohl betontechnologisch als auch vom Farbeindruck beurteilt werden. Hohe Gehälter an Farbpigmenten können aufgrund des Wasserabsorptionsverhaltens einen höheren Wasserbedarf und auch eine Verringerung der Frost- bzw. Taumittelbeständigkeit bewirken. Dies muss bei der Zusammensetzung und Erstprüfung des Betons entsprechend berücksichtigt und kontrolliert werden. Für den Farbeindruck wird die Herstellung von Musterflächen dringend empfohlen. In diesem Zusammenhang sind auch nachbearbeitete Farbbetonoberflächen (durch Sandstrahlen, Stocken, Schleifen

usw.) zu erwähnen, die besonders harmonische Oberflächen ergeben (siehe Abbildung 3).

Steinmehle sind zwar normativ so genannte Betonzusatzstoffe des Typs I, sind aber technologisch den Gesteinskörnungen zu zuordnen.

### Typ II (Flugasche EN 450-1, AHWZ ON B 3309, Mikrosilica EN 13263)

Flugasche nach EN 450-1 oder „Aufbereitete Hydraulisch Wirksame Zusatzstoffe“ (AHWZ) nach ON B 3309 sind von ihren Bestandteilen mit den Zumahlstoffen Hüttensand, Flugasche und Kalkstein von Zement ident und damit auch mit den Auswirkungen auf den Farbeindruck vergleichbar.

Mikrosilica hat für Sichtbeton eine untergeordnete Bedeutung, da die teilweise erschwerte Verarbeitbarkeit des Betons den Einsatz für diese Anwendung nicht begünstigt.

## Gesteinskörnung

Abgesehen von den in der ON B 4710-1 Tabelle NAD 6 und NAD 9 sowie Pkt. 5.4 vorgegebenen Anforderungen an die Gesteinskörnungen sind darüber hinaus vor allem die Menge und die Art des Feinsandes (Kornanteil  $<0,25 \text{ mm}$ ) zu betrachten. Dessen mineralogische Zusammensetzung beeinflusst nicht nur die Farbe des Betons, sondern ist auch für das Wasserrückhaltevermögen und die Wirkung der Zusatzmittel im Sichtbeton mitverantwortlich. Der Kornaufbau im Feinstbereich beeinflusst wiederum die rheologischen Eigenschaften des einzubauenden Betons. Dieser Effekt kann durch Verwendung von nicht geeigneten Zusatzmitteln zu einem zähen, klebrigen Beton verstärkt werden. Betrachtet man Feinsande genauer, so wird man feststellen, dass auch Sedimentgesteine eigentlich als „Kantkorn“ zu bezeichnen wären. Dies erklärt auch, warum gut aufbereitete, aber künstlich zerkleinerte Sande aus Steinbrüchen praktisch gleich gut verarbeitbar wie Sande aus natürlichen Vorkommen sind. Ob Sedimente oder Kantkorn für Sichtbeton verwendet wer-



Abbildung 3: Sandgestrahlter Farbbeton mit besonders harmonischer Oberfläche

den, beeinflusst die Betonoberflächen nicht. Wesentlich größer ist die Auswirkung der Kornform (Längen-Dickenverhältnis der einzelnen Körner) im gesamten Körnungsbereich bis hin zum Größtkorn auf die Verarbeitbarkeit. Möglichst gedrungene, kugelförmige Körner wirken sich naturgemäß positiv auf die Beweglichkeit bzw. Verdichtbarkeit von Beton aus und reduzieren damit auch die meistens unerwünschten Poren und Lunker an der Sichtbetonoberfläche.

Moderne Sandaufbereitungsanlagen (siehe Abbildung 4) und eine verantwortungsvolle, gleichmäßige Beschickung der Anlagen reduzieren den Streubereich im Sand auf ein Minimum. Da es sich dabei üblicherweise um ein Naturmaterial handelt, sind geringe Schwankungen immer möglich. Der zum Einsatz vorgesehene Kiesanteil soll natürlich für eine gleichmäßige Gesamtsieblinie möglichst getrennt über einzelne Korngruppen dosiert werden.



*Abbildung 4: Mikroprozessorgesteuerter Sandklassierer für die gleichzeitige Produktion von bis zu zwei unterschiedlichen Kornzusammensetzungen*

In der Praxis der täglichen Herstellung von Sichtbeton sind die Einflüsse auf das Erscheinungsbild aber von eher untergeordneter Bedeutung. Dies deshalb, weil der Anteil <math><0,25\text{ mm}</math> im Beton nur zu ca. 1/3 aus der Gesteinskörnung stammt. Der deutlich überwiegender Bindemittelgehalt muss für Sichtbeton gemäß ON B 4710-1 bei mindestens

größeren Einfluss auf die Beschaffenheit des Sichtbetons. Für die Auswahl des Größtkorns des Sichtbetons sind in fast allen Fällen der Bewehrungsgrad und die Betonüberdeckung der Bewehrung das ausschlaggebende Kriterium. Normativ ist das Größtkorn mit dem 0,8-fachen Abstand zwischen Bewehrung und Betonoberfläche begrenzt. Für Betonoberflächen mit sehr hohen architektonischen Anforderungen ist eine Reduktion auf GK16 vom Standardgrößtkorn GK22 durchaus sinnvoll.

## Betonzusatzmittel

Für den Einsatz im Sichtbeton haben sich mittlerweile Kombinationen von Fließmittel auf Polycarboxylatether-Basis (PCE) mit Ligninsulfonaten oder bei hohen Anforderungen reine PCEs durchgesetzt. Die Gründe dafür sind in einer sehr guten verflüssigenden Wirkung und in einer längeren Wirkungsdauer zu suchen. Damit können der Wassergehalt im Beton reduziert und die vom Verwender bevorzugten Verarbeitungseigenschaften über einen längeren Zeitraum sichergestellt werden. Gerade diese längere Wirkungsdauer erlaubt es heute gegenüber dem früher üblichen Nachdosieren des Fließmittels in den Fahrmischer auf der Baustelle das Fließmittel bereits im Werk zu einzumischen. Damit werden frühere Problemfelder, wie zu kurze Einmischzeiten in den Fahrmischer, ungleichmäßige Dosiermengen bis hin zu Verwechslungen mit Verzögerern, vermieden.

Die Einführung von Feinluftporen mit LP-Mitteln kann bei gegebenenfalls feinteilarmen Zuschlagsieblinien eine bessere Verarbeitbarkeit (Kugellagereffekt) bei reduzierter Entmischungsneigung und eine geringere Blutneigung des Betons bewirken.

Allerdings ist einem umfassenden Einsatz von Luftporenmitteln der hierfür notwendige höhere Prüfaufwand entgegenzustellen.

Der Einfluss der Zusatzmittel auf die Oberflächenfarbe des Sichtbetons ist als vernachlässigbar zu bezeichnen. Erfahrungsgemäß bewirkt

nur eine unterschiedliche Dosierung von Verzögerern einen erkennbaren Farbunterschied (unterschiedlicher Erhärtungszustand beim Entfernen der seitlichen Schalung).

### **Betonzusammensetzung**

Die Anforderungen an die Zusammensetzung des Sichtbetons sind in der ON B 4710-1 und in der ÖVBB-Richtlinie „Geschalte Betonflächen (Sichtbeton)“ hinreichend beschrieben. Die Praxis zeigt, dass bei Verwendung von geeigneten Betonausgangsstoffen besonders Schwankungen des Wassergehaltes und damit verbunden unterschiedliche W/B-Werte Farbunterschiede bewirken. Eine daraus resultierende größere Blutneigung verschlechtert nicht nur das Erscheinungsbild des Sichtbetons, sondern beeinflusst auch andere wesentliche Betoneigenschaften negativ. Gleichmäßige Ausgangsstoffe, geringe Dosiertoleranzen, ausreichende Mischzeiten bei der Betonherstellung, kurze Transportwege und qualitätsbewusstes Personal sind der Schlüssel für einen homogenen Beton.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Ein entsprechender Frischbeton ist natürlich eine wesentliche Komponente zum Gelingen von Sichtbeton. Entscheidend jedoch ist das Zusammenspiel aller Beteiligten, beginnend bei der Planung, Schalungsvorbereitung inklusive Trennmittelauftrag, Baustellenlogistik, Einbringung, Verdichtung, Nachbehandlung und Schutz des Betons während der Bauphase und Übergabe an den eigentlichen Nutzer. Eine Koordination dieser Tätigkeiten und das Verständnis des Zusammenspiels aller Faktoren sind neben einer umfassenden Qualitätssicherung der wesentliche Erfolgsgarant.

## Entwicklungspotenzial bei Sichtbeton in der Fertigteilverindustrie

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 Fertigteilverwerke“ 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 (Fertigteilverwerke) erarbeitet. Es wurde dabei besonders auf die spezifischen Einflussfaktoren und Arbeitsabläufe bei der Sichtbetonherstellung im Fertigteilverwerk 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 Fertigteilverwerken 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 Fertigteilverwerk – im Gegensatz zur Ort betonbauweise – 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 Fertigteilverwerken 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 Fertigteilverwerke 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).

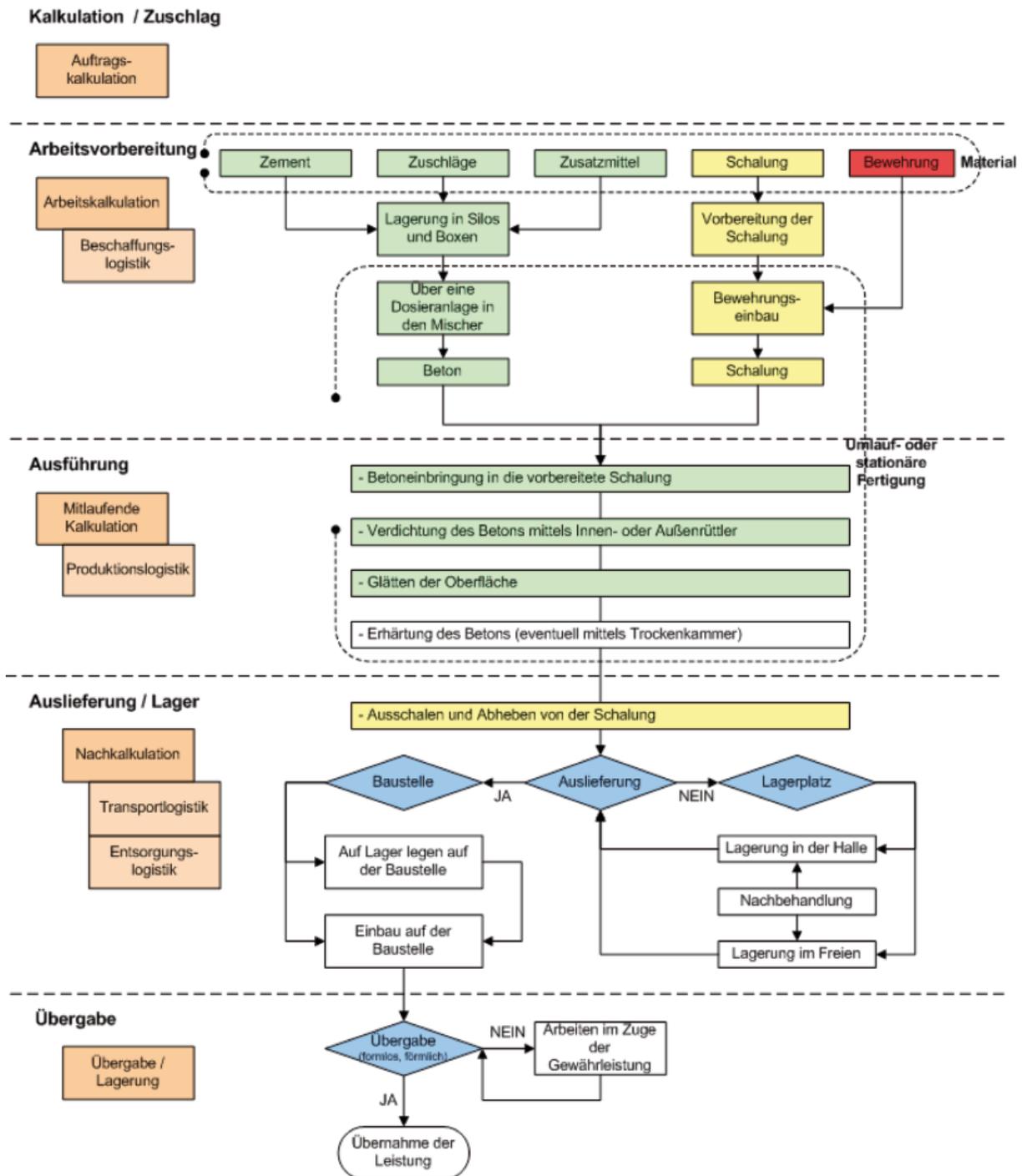


Abb. 1: Fertigungsablauf im Fertigteilwerk [Röck]

#### 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

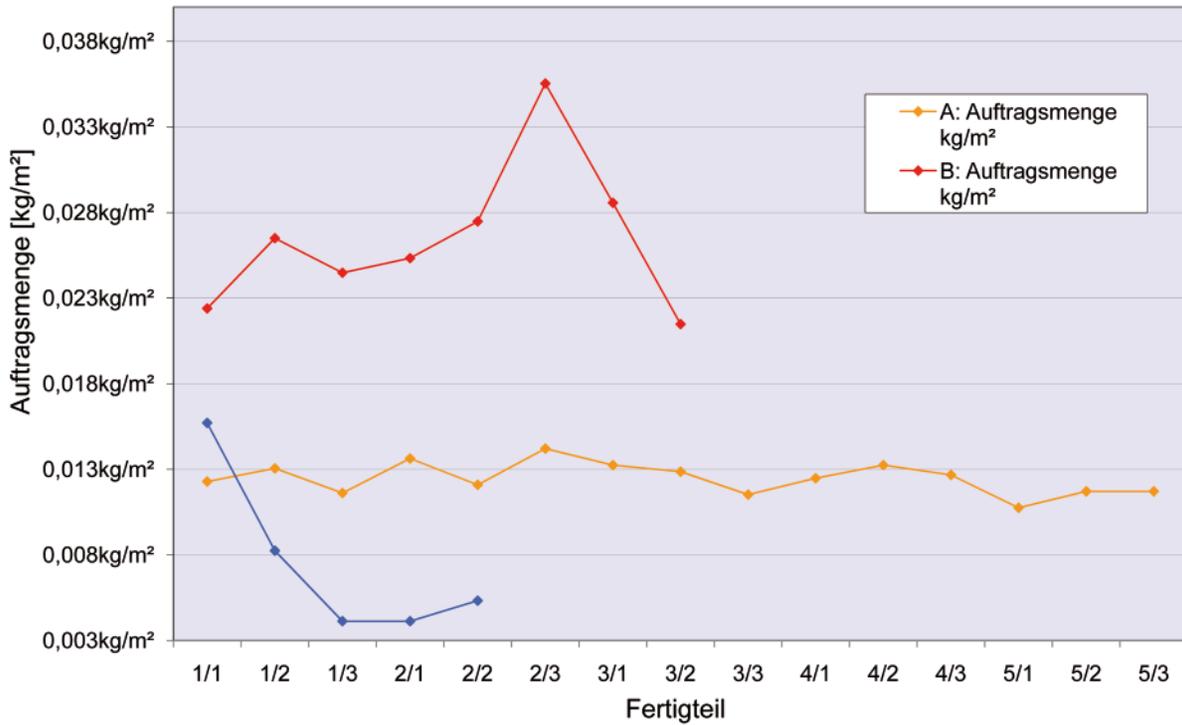


Abb. 2: Auftragsmenge des Trennmittels von allen drei Werken [Röck]

Trennmittelauftrag - Dauer

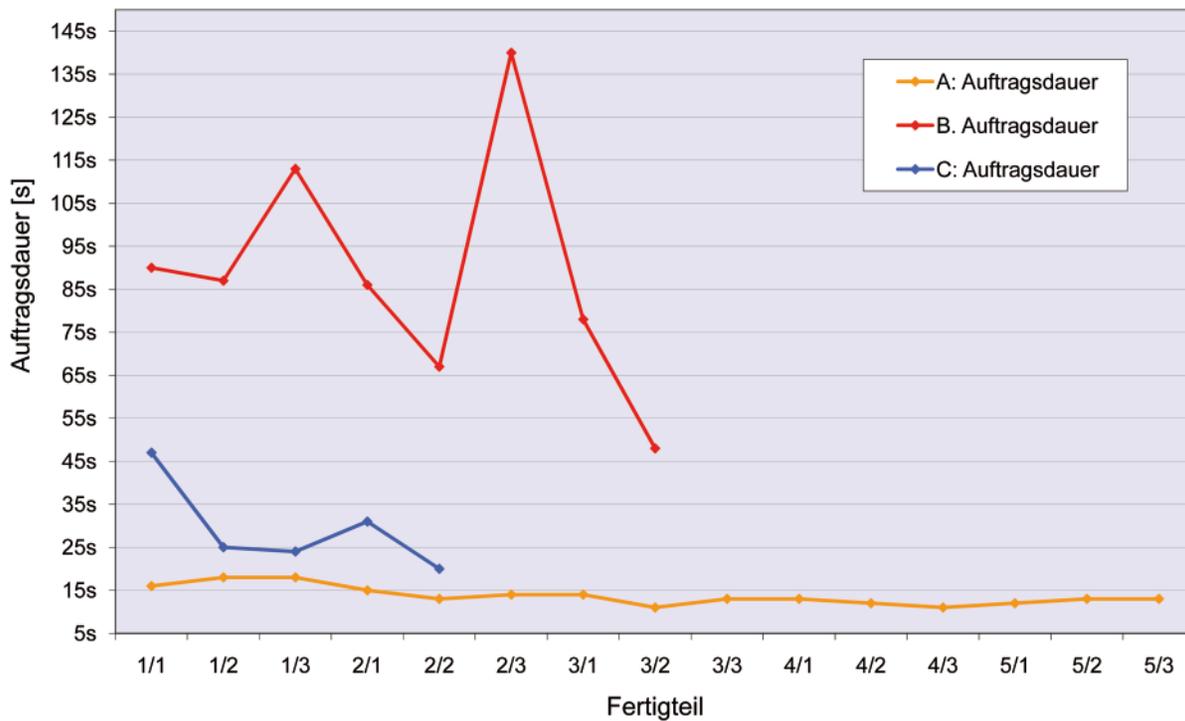


Abb. 3: Auftragsdauer des Trennmittels von allen drei Werken [Röck]

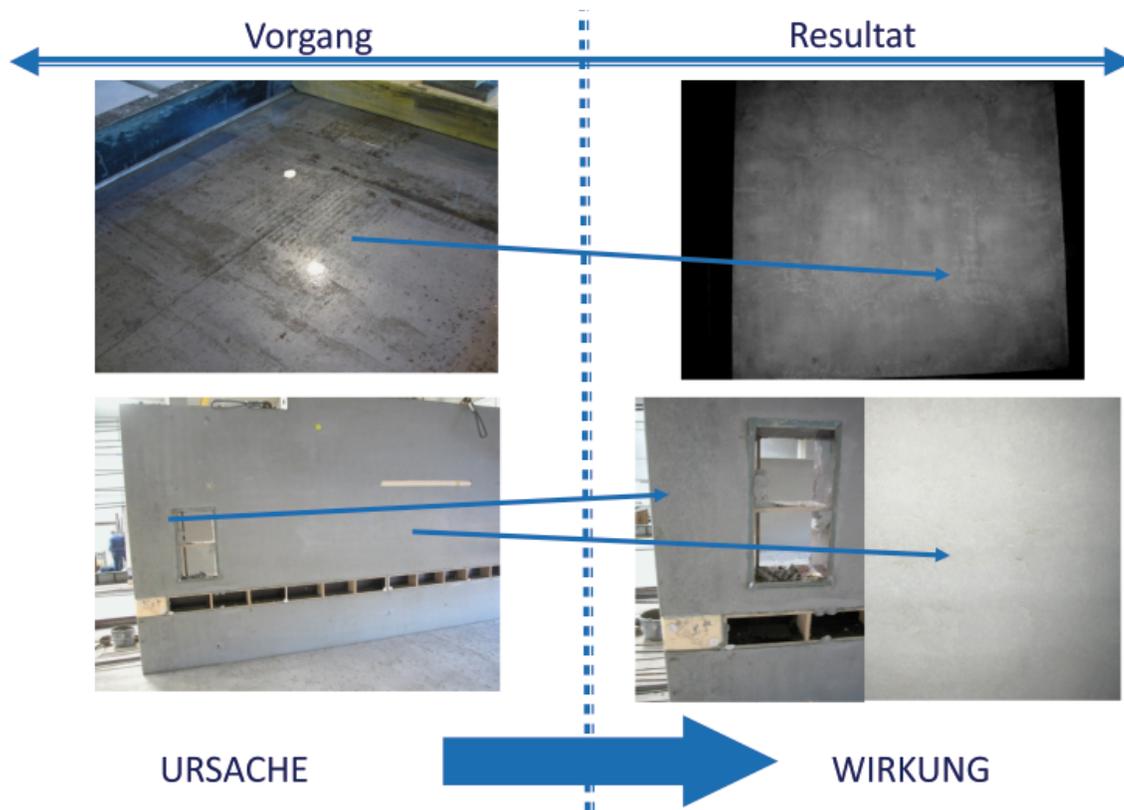


Abb. 4: Schaubild Ursache-Wirkung: Überdosierung des Trennmittels [Röck]

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 Sprühgerätes 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

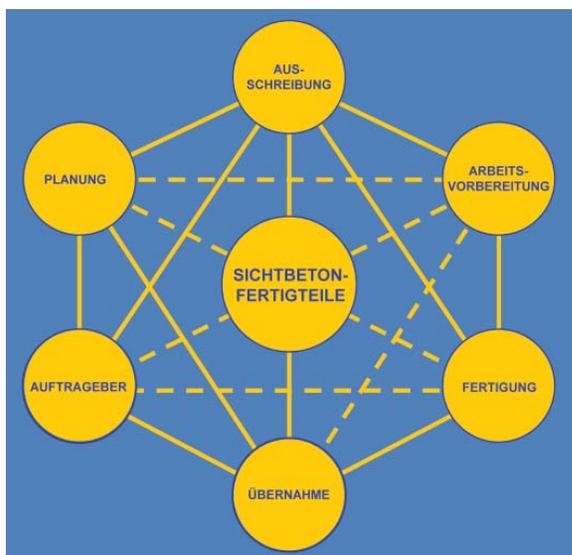


Abb. 5: Sichtbeton – vernetzte Betrachtung [Hofstadler]

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

## Einflussfaktoren auf die Farbausbildung von farbigem Sichtbeton

*DI Dr. techn. Christoph Niederegger*

*Leiter des Forschungs- und Prüflabors, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften, Universität Innsbruck*

Beton ist hervorragend in der Lage, konstruktiven und Dauerhaftigkeitsansprüchen gerecht zu werden.

Neben den bekannten Funktionen des Baustoffes Betons werden vermehrt ästhetische Ansprüche gestellt.

Um Forderungen und Wünschen von Planern zu entsprechen, sind Bauteile nach individuellen Vorgaben hinsichtlich einer abgestimmten Architektur entsprechend zu gestalten.

Unter dem Gesichtspunkt des „Corporate-Designs“ zählt hierzu auch der farbige Sichtbeton. Diesen herzustellen fordert umfangreiches betontechnologisches Wissen und setzt Kenntnisse bezüglich möglicher Einflussfaktoren im Zuge der Herstellung und Ausführung voraus. Farbige Beton wird mithilfe von Pigmenten in den Beton.

Die Industrie bietet dazu drei Pigment-Anwendungstypen zur Realisierung von farbigem Sichtbeton an:

- Pulver-Pigmente
- Flüssig-Pigmente
- Granulate

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, anhand von spezifischen Anforderungen an die Rezepturzusammensetzung und die Ausführung die Ausbildung der Farbintensität an Farbflechtbetonflächen darzulegen und eine Bewertung hinsichtlich verschiedener Einflussfaktoren auf die Farbintensität vorzunehmen.

Die untersuchten Farbnormmörtel setzen sich aus dem Bindemittel Viscozem 90 (Schretter & Cie, Vils) und Normensand zusammen, um konstante Bedingungen hinsichtlich der Feinbetonzusammensetzung zu gewährleisten.

Als Farbpigment kam das Produkt Ferroxon der Firma BASF Austria zur Anwendung.

Die Bewertung der unterschiedlichen Farbaus-  
bildung aufgrund variierender Einflussfaktoren

wurde unabhängig von einer Ausgangsmörtelmischung durchgeführt. Farbausbildungsunterschiede wurden dadurch aufgrund einer Schwankung eines Parameters in der Rezepturzusammensetzung aufgezeigt.

In einer Zusammenfassung wird einer Gesamtbeurteilung hinsichtlich aller untersuchten Parameter Rechnung getragen.

### Spezifische Einflussfaktoren

Unter spezifischen Einflussfaktoren werden hier Parameter verstanden und untersucht, welche im Zuge einer Betonierung bzw. einer Praxisanwendung schwanken können und somit teils erheblichen Einfluss auf die Farbintensität von Farbbeton ausüben können.

Diese spezifischen Einflussfaktoren werden im folgenden Versuchsprogramm in praxisnahen Schwankungsbreiten verändert und die Einflüsse auf die Farbintensität bzw. Farbausbildung aufgezeichnet.

Die Versuche wurden mit Normmörtelmischungen durchgeführt.

### 1 Pigmentierungshöhe

Bindemittelgehalt	W/B-Wert	Pigmentdosierung	FM-Dosierung	LP-Dosierung	Verdichtung	Erhärtungstemperatur
konstant	konstant	0-9 %	konstant	konstant	konstant	konstant

Tabelle 1: Pigmentierungshöhe

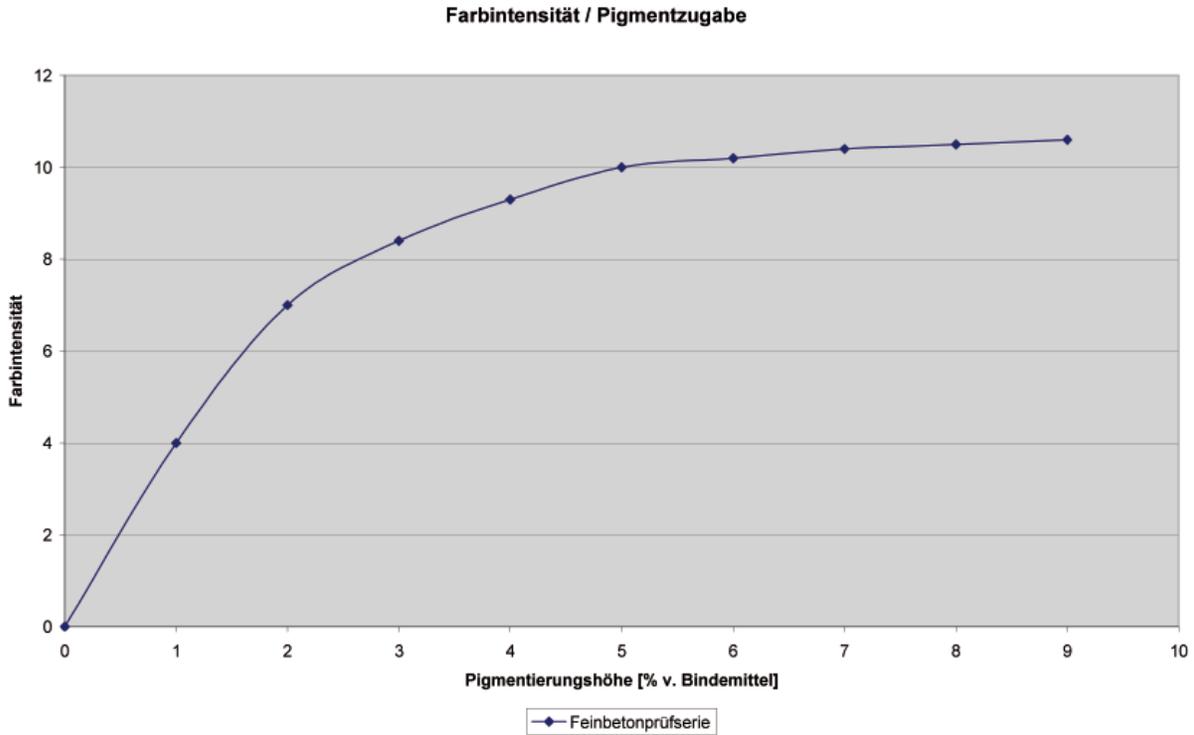


Bild 1: Farbintensität/Pigmentzugabe

Ergebnis:

Mit steigender Pigmentmenge nimmt die Farbintensität zunächst linear zu und erreicht einen Grenznutzwert. Im weiteren Verlauf der Pigmentzugabe ist keine wesentliche Intensivierung des Farbtones mehr feststellbar.

Höhere Zugabemengen sind ferner unwirtschaftlich. Anfangs lineare Steigerung der Farbintensität, ab ca. 5 % Pigment vom Bindemittelgehalt keine Intensivierung der Farbe mehr. (Abhängig von der Farbe und Konzentration des Pigments)

### 2 W/B-Wert

Bindemittelgehalt	W/B-Wert	Pigmentdosierung	FM-Dosierung	LP-Dosierung	Verdichtung	Erhärtungstemperatur
	0,40					
	0,41					
	0,42					
	0,43					
konstant	0,44	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant

Tabelle 2: W/B-Wert

Ergebnis:

Mit steigendem W/B-Wert wird der Farbton des Mörtels deutlich heller. Es besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Farbton des Feinbetons und des effektiven Gesamtwassergehaltes.

Ein wesentlicher Parameter zur Beeinflussung und Erzielung technologischer Festbeton-Kennwerte wie z. B. der Kapillarporosität, der Druckfestigkeit, des Schwindverhaltens und der Dichtigkeit ist der Wassergehalt.

Nicht allein die Festigkeit, sondern auch die Rissfreiheit, die Dichtigkeit, die Kapillarporosität

sowie die Porenstruktur des Betons sind ausschlaggebend für dessen Dauerhaftigkeit.

Ein abnehmender Wassergehalt nimmt aus oben genannten Gründen zusätzlich Einfluss auf die Farbausbildung und Intensität von farbigem Sichtbeton.

Überschüssiges Anmachwasser bildet Hohlräume in Form feiner Poren. Eine „durchlässigere“ Betonoberfläche streut das einfallende Licht und hellt somit den Feinbeton auf.



Bild 2: Farbintensität/W/B-Wert

### 3 FM-Dosierung

Bindemittelgehalt	W/B-Wert	Pigmentdosierung	FM-Dosierung	LP-Dosierung	Verdichtung	Erhärtungstemperatur
			0,5 %			
			0,55 %			
			0,6 %			
			0,65 %			
konstant	konstant	konstant	0,7 %	konstant	konstant	konstant

Tabelle 3: FM-Dosierung

Ergebnis:

Mit steigender FM-Dosierung wird der Farbton des Feinbetons dunkler. Es besteht ein Zusammenhang zwischen Farbton des Mörtels und der FM-Dosierung.



Bild 3: Farbintensität/FM-Dosierung

Eine höhere FM-Dosierung bewirkt eine bessere Dispergierung. Dies führt zu einer besseren Aktivierung der Farbpigmenteigenschaften und

einer besseren Verdichtung des Feinbetons. Eine homogenere Betonoberfläche verstärkt diesen Effekt.

#### 4 Luftporenbildner

Bindemittelgehalt	W/B-Wert	Pigmentdosierung	FM-Dosierung	LP-Dosierung	Verdichtung	Erhärtungstemperatur
				0,1 %		
				0,2 %		
				0,3 %		
				0,4 %		
				0,5 %		
				(2-9 %)		
konstant	konstant	konstant	konstant	Feinluft	konstant	konstant

Tabelle 4: LP-Dosierung

#### Ergebnis:

Mit steigender LP-Dosierung wird der Farbton des Mörtels bis 7 Tage leicht dunkler. Nach 28 Tagen stellt sich ein verschwindender Un-

terschied hinsichtlich Farbton des Mörtels in Zusammenhang mit der LP-Dosierung bzw. des Feinluftgehaltes im Feinbeton ein.

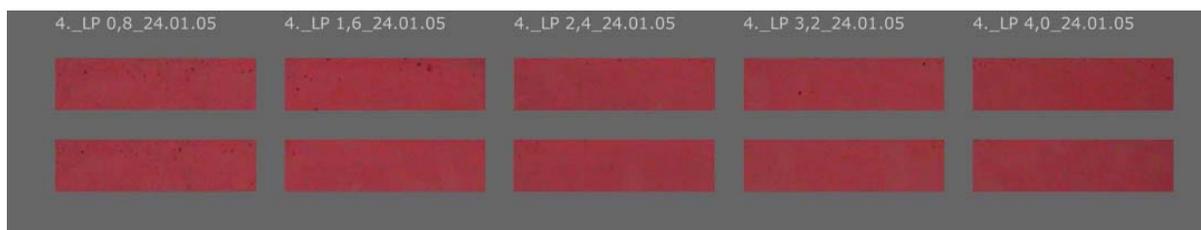


Bild 4: Farbintensität/LP-Dosierung

Der Feinluftgehalt (L300, A300) spielt hinsichtlich der Farbausbildung eine untergeordnete Rolle. Tendenziell stellt sich ein satterer Farbton mit steigendem Feinluftgehalt ein. Dies erscheint doch auf den ersten Blick erstaunlich, da aus einigen Arbeiten hervorgeht, dass sich der Farbton mit steigendem Luftgehalt auf-

hellt. Dies dürfte sich aber vorrangig auf Poren >300 µm beziehen und auch für diesen Bereich zutreffen. (Siehe W/B-Wert und Verdichtung.) Kapillarporen unter 300 µm sind für eine Frost-Tausalz-Beständigkeit verantwortlich und bewirken hinsichtlich der Farbausbildung tendenziell eine leichte Verbesserung der Farbausbildung.

#### 5 Bindemittelgehalt

Bindemittelgehalt	W/B-Wert	Pigmentdosierung	FM-Dosierung	LP-Dosierung	Verdichtung	Erhärtungstemperatur
600 g						
700 g						
800 g						
900 g						
1.000 g						
(Normmörtel)	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant

Tabelle 5: Bindemittelgehalt

Ergebnis:

Ein höherer Bindemittelgehalt hat deutlichen Einfluss auf die Farbtonausbildung des Mörtels. Ein höherer Bindemittelgehalt bewirkt bis 28 Tage einen dunkleren, satteren Farbton.



Bild 5: Farbintensität/Bindemittelgehalt

Mit steigendem Bindemittelgehalt stellt sich ein intensiverer Farbton bei qualitativ hochwertigen Oberflächen ein.  
Eine bessere Verdichtung und Dispergierung durch höhere Mehlkorngelalte sind dafür verantwortlich.

Mit höheren Bindemittelgehalten kann eine Entschärfung des Einflusses von zu hohen Wassergehalten durch W/B-Wert-Schwankungen kompensiert werden. Feinteilreiche Mörtel bewirken eine intensivere Farbe (auch bei gleicher Pigmentierungshöhe).

## 6 Verdichtung

Bindemittelgehalt	W/B-Wert	Pigmentdosierung	FM-Dosierung	LP-Dosierung	Verdichtung	Erhärtungstemperatur
					0	
					20	
					40	
					60	
					80 Schläge	
konstant	konstant	konstant	konstant	konstant	(Normmörtel)	konstant

Tabelle 6: Verdichtung

Ergebnis:

Es bestehen große farbliche Unterschiede zwischen verdichtetem und unverdichtetem Mörtel.  
Es bestehen leichte Unterschiede zwischen unterschiedlich leicht verdichteten Feinbetonen.

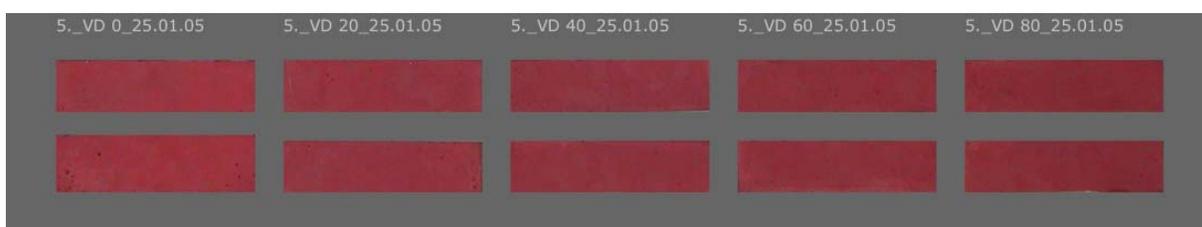


Bild 6: Farbintensität/Verdichtung

Je intensiver die Verdichtung während der Produktion ist, desto brillanter und dunkler stellt sich der Feinbeton dar. Deutliche Unterschiede sind bei unverdichtetem und stark verdichtetem Feinbeton bemerkbar. Bei leichter Verdichtung

sind die Unterschiede in der Farbausbildung marginal. Die Elimination von Poren >200 µm spielt hier eine entscheidende Rolle (vergl. LP-Gehalt).

## 7 Erhärtungstemperatur

Bindemittelgehalt	W/B-Wert	Pigmentdosierung	FM-Dosierung	LP-Dosierung	Verdichtung	Erhärtungstemperatur
						0
						20
						40
konstant	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant	50 Grad Celsius

Tabelle 7: Erhärtungstemperatur

### Ergebnis:

Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen Farbton des Feinbetons und der Erhärtungstemperatur. Es entstehen reaktionstemperaturabhängige Kristallisationsprodukte. Die

Erhärtungstemperatur wirkt sich unter anderem auf die Oberflächenausbildung, auf den Hydratationsgrad und auf die Farbausbildung aus.

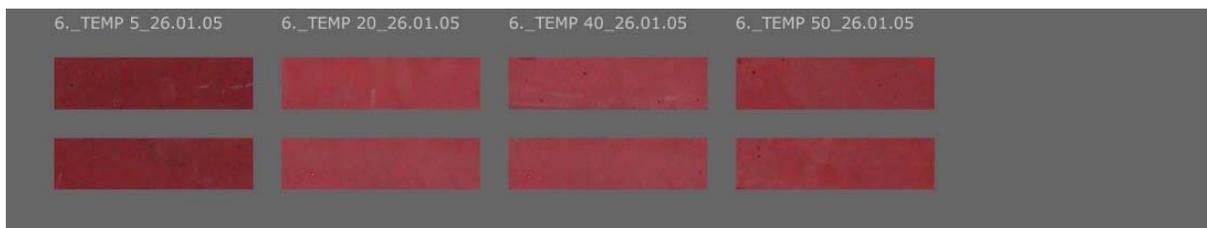


Bild 7: Farbintensität/Erhärtungstemperatur

Je extremer die Temperaturen sind, desto dunkler wird der Feinbeton. Bei reduzierten Temperaturen ist dies mit einer verzögerten Abbindung bzw. einem reduzierten Hydratationsgrad zu erklären. Eine Intensivierung des Farbtons bei höheren Temperaturen dürfte auf höhere Hydratationsgrade zurückzuführen sein. Der Bereich von 20 bis 40 Grad Celsius zeigt hinsichtlich der Farbausbildung keine nennenswerten Unterschiede.

## 8 Bindemitteloptimierung – Zementforschung

Ein wesentlicher Parameter zur Beeinflussung und Erzielung technologischer Festbeton-Kennwerte wie z. B. der Kapillarporosität, der Druckfestigkeit, des Schwindverhaltens und der Dichtigkeit ist der Wassergehalt.

Die Festigkeit, die Rissfreiheit, die Kapillarporosität sowie die Porenstruktur des Betons sind ausschlaggebend für dessen Dauerhaftigkeit.

Diese auf Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit von Beton einflussnehmenden Parameter bestimmen nicht nur die Farbausbildung im frühen Alter, sondern zeichnen ebenfalls für die Langzeit-Farberhaltung bzw. die Langzeit-Farbechtheit verantwortlich.

Diesbezüglich kommt der Optimierung von Bindemitteln, durch welche obige Parameter maßgeblich beeinflusst werden können, erhebliche Bedeutung zu.

Interessant für Optimierungsversuche scheint der massebezogene Wasser-Feststoff-Wert (W/F) zu sein, der das Verhältnis zwischen der zur Erzielung der erforderlichen Konsistenz benötigten Wassermenge und der spezifischen Feststoffmasse im Leim beschreibt:

$$\left( \frac{W}{F} \right) = \left( \frac{\text{Wasser}}{\Sigma (\text{Zement} + \text{Feinstoffe})} \right)$$

*Formel 1: W/F-Wert*

Wasserzementwert (W/Z-Wert) und Wasserbindemittelwert (W/B-Wert) reichen für eine Bewertung allein nicht aus. (Unter dem W/B-Wert wird in diesem Zusammenhang das Verhältnis von wirksamem Wassergehalt zum anrechenbaren Bindemittelgehalt [Zementgehalt + k·Zusatzstoffgehalt] verstanden.)

Wie in umfangreichen Forschungsarbeiten berichtet wird, kann eine undefinierte Zugabe von Feinteilen eine Verschlechterung der Verarbeitbarkeit bewirken und bestätigt daher einen maßgeblichen Einfluss eines optimierten Kornbandes von Zementen und Gesteinskörnung auf Verarbeitungs-, Gefüge- und Dauerhaftigkeitsparameter am Festbeton (siehe Ergebnisse in [1]).

Erkenntnisse aus einer Forschungsarbeit zu den positiven Auswirkungen der Optimierung der Korngrößenverteilung des Zements durch definiertes Zumischen von Feinstoffen in handelsübliche Zemente in Kombination mit den Feinteilen aus der Gesteinskörnung bis zu einem Größtkorn von 192 µm lassen auf einen erheblichen Einfluss hinsichtlich Farbausbildung und Langzeit-Farberhaltung von Sichtbeton schließen.

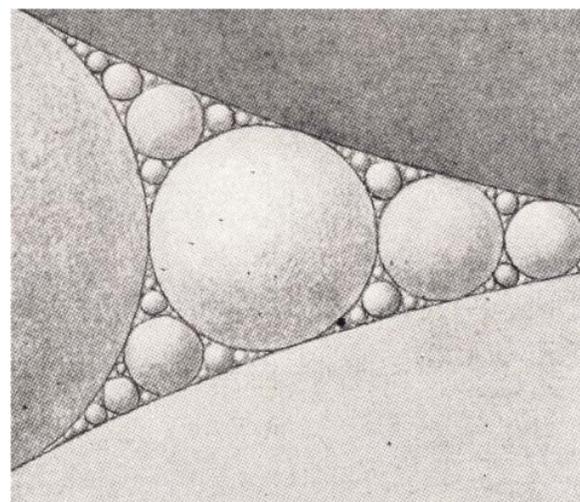
Ein durch die Optimierung des Kornbandes mögliches Absenken des W/F-Werts, unter Berücksichtigung des Optimierungsparameters  $dist^2(d,fn)$  (=quadrierte Abstände zur Fullerkurve) bewirkt eine Verdichtung des Gefüges (siehe Ergebnisse in [1]).

Eine so erreichbare Gefügeverdichtung wird durch ermittelte Gefügeparameter belegt. Eine Optimierung des Zements beeinflusst den Feuchtegehalt, den Wasseraufnahmekoeffizient, die Wassereindringtiefe und die Gesamtporosität des Festbetons positiv. Einen erhöhten Widerstand gegen Korrosionsangriff der Bewehrung und ein verbesserter Frostwiderstand sind aufgrund der ermittelten Parameter anzunehmen und lassen auf eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit der Betonproben schließen.

Diese Erhöhung der Dichtigkeit muss maßgeblichen Einfluss auf die zeitliche Entwicklung bzw. Erhaltung der Farbintensität haben. Eine Beeinflussung der Kapillarporosität durch beschriebene Bindemitteloptimierungsmethoden gewährleistet höhere Dauerhaftigkeit von Betonprodukten.

Mit Bezug auf farbige Sichtbetone kann dadurch ein zeitabhängiger Verlust der Farbintensität durch Umwelteinflüsse und/oder Abwitterungserscheinungen verhindert werden.

Langzeitversuche sind diesbezüglich zurzeit an der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften im Gange. Mit Ergebnissen ist bis Mitte 2008 zu rechnen.



*Bild 8: Dichte Packung nach Fuller [2]*

## Zusammenfassung

Die Beurteilung der durchgeführten Mörtel-Untersuchungen erfolgt hinsichtlich eines Einsatzes von farbigem Sichtbeton in der Praxis. Als Ergebnis sollte eine Aussage bezüglich der einzelnen Einflussfaktoren und deren Auswirkung auf Farbton und Farbintensität gemacht werden.

Es wurde jeweils eine Einflussgröße variiert, wobei alle anderen relevanten Parameter konstant gehalten wurden.

Die nachfolgende Zusammenfassung bezieht sich auf die Farbausbildung nach 28 Tagen. Ansätze aus der Forschung bezüglich des Einflusses einer Bindemittel- und Zementoptimierung schließen die Arbeit ab und geben einen Ausblick auf weitere Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet.

## Pigmentierungshöhe

Bei einer Steigerung der Pigmentzugabe ist ein Grenznutzungseffekt zu beobachten. Ab einer Pigmentdosierung von 5 % vom Bindemittel ist keine Erhöhung der Farbintensität zu beobachten.

## W/B-Wert

Mit steigendem W/B-Wert wird der Farbton des Mörtels deutlich heller. Es besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Farbton des Feinbetons und des effektiven Gesamtwassergehaltes.

Ein abnehmender Wassergehalt nimmt Einfluss auf die Farbausbildung und Intensität von farbigem Sichtbeton.

Überschüssiges Anmachwasser bildet Hohlräume in Form feiner Poren. Eine „durchlässigere“ Betonoberfläche streut das einfallende Licht und hellt somit den Feinbeton auf.

Falls unter Baustellenbedingungen die W/B-Wert-Schwankung vertretbar bleibt (z. B. 0,41 bis 0,43) bleibt, ist keine auffallende, beeinträchtigende Farbänderung am Bauwerk zu erkennen.

## FM-Dosierung

Mit steigender FM-Dosierung und steigendem Ausbreitmaß wird der Farbton des Betons dunkler, was auf eine bessere Dispergierung und Verdichtbarkeit zurückzuführen sein dürfte. Eine homogenere Betonoberfläche verstärkt diesen Effekt.

## Luftporenbildner

Nach 28 Tagen stellt sich ein verschwindender Unterschied hinsichtlich des Farbtons des Betons mit unterschiedlichem Feinluftgehalt ein. Der Feinluftgehalt (L300, A300) spielt hinsichtlich der Farbausbildung eine untergeordnete Rolle. Tendenziell stellt sich ein satterer Farbton mit steigendem Feinluftgehalt ein. Dies erscheint doch auf den ersten Blick erstaunlich, da aus einigen Arbeiten hervorgeht, dass sich der Farbton mit steigendem Luftgehalt aufhellt. Dies dürfte sich aber vorrangig auf Poren  $> 300 \mu\text{m}$  beziehen und auch für diesen Bereich zutreffen. (Siehe W/B-Wert und Verdichtung.) Poren unter  $300 \mu\text{m}$  sind für eine Frost-Tausalz-Beständigkeit verantwortlich und bewirken hinsichtlich der Farbausbildung tendenziell eine Verbesserung der Farbausbildung.

## Bindemittelgehalt

Mit steigendem Bindemittelgehalt stellt sich ein intensiverer Farbton bei qualitativ hochwertigen Oberflächen ein.

Eine bessere Verdichtung und Dispergierung durch höhere Mehlkorngelalte sind dafür verantwortlich.

Mit höheren Bindemittelgehalten kann ferner eine Entschärfung des Einflusses von zu hohen Wassergehalten durch W/B-Wert-Schwankungen kompensiert werden. Feinteilreiche Mörtel bewirken eine intensivere Farbe (auch bei gleicher Pigmentierungshöhe).

### Verdichtungsintensität

Je intensiver die Verdichtung während der Produktion ist, desto brillanter und dunkler stellt sich der Feinbeton dar. Deutliche Unterschiede sind bei unverdichtetem und stark verdichtetem Feinbeton bemerkbar. Bei leichter Verdichtung sind die Unterschiede in der Farbausbildung marginal. Die Elimination von Poren  $> 200 \mu\text{m}$  spielt hier eine entscheidende Rolle (vergl. LP-Gehalt).

### Erhärtungstemperaturen

Je extremer die Erhärtungsbedingungen sind, also bei extrem tiefen Temperaturen, desto dunkler wird der Beton, wobei sich eine Trendumkehr bei Temperaturen über 50 Grad Celsius einstellt und der Beton wiederum vom Hellere zum Dunklere tendiert.

Bei reduzierten Temperaturen ist dies mit einer verzögerten Abbindung bzw. einem reduzierten Hydratationsgrad zu erklären. Eine Intensivierung des Farbtons bei höheren Temperaturen dürfte auf höhere Hydratationsgrade zurückzuführen sein. Der Bereich von 20 bis 40 Grad Celsius zeigt hinsichtlich der Farbausbildung keine nennenswerten Unterschiede.

Falls unter Baustellenbedingungen die Temperaturschwankung (Morgen-Mittag-Abend) innerhalb von 20 Grad Celsius bleiben, sollte keine auffallend, beeinträchtigende Farbänderung am Bauwerk zu erkennen sein.

### Bindemittelloptimierung/Zementforschung

Eine Erhöhung der Dichtigkeit hat maßgeblichen Einfluss auf die zeitliche Entwicklung bzw. Erhaltung der Farbintensität. Eine Beeinflussung der Kapillarporosität durch beschriebene Bindemittelloptimierungsmethoden gewährleistet höchste Dauerhaftigkeit von Betonprodukten.

Mit Bezug auf farbige Sichtbetone kann dadurch ein zeitabhängiger Verlust der Farbintensität durch Umwelteinflüsse und/oder Abwitterungserscheinungen verhindert werden.

Langzeitversuche sind diesbezüglich zurzeit an der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften im Gange. Mit Ergebnissen ist bis Mitte 2008 zu rechnen.

### Resümee

Farbbeton ist hinsichtlich Farbintensität und Farbausbildung Schwankungen, abhängig von oben genannten Einflussgrößen, unterworfen. Um Farbschwankungen am fertigen Bauwerk zu vermeiden, müssen bestimmte Grundsätze beachtet werden.

Die Pigmentierungshöhe sollte, abhängig von oben genanntem Grenznutzungseffekt, so hoch wie möglich gewählt werden. Größere W/B-Wert-Schwankungen sollten tunlichst vermieden werden.

Ein hoher Zement- bzw. Bindemittelgehalt ist anzustreben, da mit steigendem Bindemittelgehalt bei gleich bleibender Pigmentierungshöhe die Farbintensität und Farbstärke zunimmt und ein aufhellender Effekt bei einer Wasserüberdosierung dadurch weitgehend kompensiert werden kann.

Eine hohe Fließmitteldosierung wirkt sich förderlich auf die Farbintensität aus, wobei der Anteil der eingebrachten Feinluft nur eine untergeordnete Rolle spielt. Hinsichtlich Dauerhaftigkeit sollte aber bei Farbbetonen auf Feinluft nicht verzichtet werden.

Die Verdichtungsintensität und die Erhärtungsbedingungen haben maßgeblichen Einfluss auf die Farbintensität des Bauwerkes. Eine intensive Verdichtung bewirkt eine dunklere, brillantere Farbausbildung. Die Erhärtungstemperatur muss weitgehend konstant gehalten werden, wobei eine Differenz von 20 Grad

Celsius schadfrei hinsichtlich Farbausbildung kompensiert werden kann. Extremtemperaturen sind zu vermeiden.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass eine Rezepturfindung für Farbbetone folgende Grundüberlegungen beinhalten sollte:

- Hoher Farbpigmentanteil mit Bedacht auf einen Grenznutzungseffekt. (5 % v. BM)
- Ausbreitmaß > 50 cm, erreicht durch eine höhere FM-Zugabe bei gleichzeitig tiefem W/B-Wert.
- Höhere Zement- bzw. Bindemittelgehalte.
- Aus zuvor genannten Gründen sollte Feinluft eingeführt werden, wobei der Anteil der Feinluft auf die Farbintensität einen untergeordneten Einfluss hat.
- Eine intensive Verdichtung bei weitgehend konstanter Erhärtungstemperatur ist einzuhalten.
- Packungsoptimierte, wasseranspruchsreduzierte Bindemittel gewährleisten eine Erhöhung der Dichtigkeit und haben maßgeblichen Einfluss auf die zeitliche Entwicklung bzw. Erhaltung der Farbintensität.

## Literatur

- [1] Niederegger C.; Bruscek C.; Koppi M.; Schröcker H.P.; Wagner D. „Verbesserung von Frisch- und Festbetoneigenschaften durch Minimierung der Haufwerksporosität von Bindemitteln mittels Approximation der Fuller-Kurve durch Mischen von Kornfraktionen“, beton, Jahrgang 57, Ausgabe 5/ 2007
- [2] Manegold Erich, Kapillarsysteme Band 1, Straßenbau, Chemie und Technik Verlagsgesellschaft m.b.H., Heidelberg

## Sichtbetonoberflächen und Gewährleistung

DI Dr. Roland Travnicek  
 SV-Büro für Betontechnologie und Betonverfahrenstechnik, Wien

### 1 Zielsetzung

Der vorliegende Beitrag setzt sich zum Ziel, die technische Machbarkeit von architektonischen Sichtbetonoberflächen darzustellen und aufzuzeigen. Weiters ist dem Planer bzw. Nutzer = Betrachter von Sichtbetonflächen näherzubringen, dass die Herstellung einer Sichtbetonfläche – grundsätzlich wie jeder Bauteil – an der Baustelle bedeutet

*Produktion vor Ort in Stückzahlen von eins.*

Generell beinhaltet die relevante Fachliteratur überwiegend die Planung, ganz besonders die nachträgliche Beurteilung von Mängeln und ihre Instandsetzung. Über die baupraktische Machbarkeit wird eigentlich nur am Rande berichtet.

### 2 Definitionen und Begriffe (siehe [1] und [2])

Umgangssprachlich wird unter Gewährleistung die Erfüllung einer bestimmten werkvertraglich vereinbarten Leistung oder Eigenschaft verstanden. Demzufolge ist dies ebenso unter dem Titel des vorliegenden Beitrages zu verstehen. Es ist aber wiederum umgangssprachlich bei der Erfüllung eines Werkvertrages – beispielsweise die Herstellung von Sichtbetonbauteilen – unter Gewährleistung immer das Entstehen des ausführenden Bauunternehmens für etwaige aufgetretene Mängel zu verstehen.

Die entsprechende juristische Formulierung beschreibt die Gewährleistung wie folgt:

Gewährleistung ist die bei entgeltlichen Verträgen gesetzlich angeordnete Haftung des Auftragnehmers für Sach- und Rechtsmängel, die der Leistung zum Zeitpunkt der Erbringung anhaften.

Die Gewährleistung gilt bekanntermaßen immer verschuldensunabhängig, dies bedeutet, dass der Auftragnehmer ebenso für die Mängel seiner Subunternehmer und aller Lieferanten einzustehen hat.

Daher wird grundsätzlich zwischen

- Erfüllungsanspruch und
- Gewährleistungsanspruch

im Werkvertragsrecht unterschieden.

Vertraglich bedungene Eigenschaften ergeben sich im vorliegenden Fall bei Sichtbetonoberflächen aus der

- Leistungsbeschreibung und idealerweise aus der
- Probefläche.

Beide Punkte sind dann der Massstab für die Erfüllung des Vertrages oder der Mangelhaftigkeit der entsprechenden Leistung (= Sichtbetonoberfläche).

Die Abgrenzung zwischen einem gewährleistungspflichtigen Mangel und einer bzw. mehreren unvermeidbaren Unregelmäßigkeiten ist grundsätzlich schwierig zu beurteilen. Unvermeidbare Unregelmäßigkeiten sind eben

Tab. 1: Definition/Erfüllungs- und Gewährleistungsanspruch

Erfüllungsanspruch	Auftraggeber	Recht, die vertraglich bedungene Leistung zu erhalten
Gewährleistungsanspruch	Auftragnehmer	Entstehen für die vertraglich vereinbarte Leistung bzw. Eigenschaft bei und nach Übernahme

unerhebliche Mängel, für die nicht Gewähr zu leisten ist. Unerhebliche Mängel sind solche, die vernunftmäßig beurteilt nicht als Nachteil empfunden werden.

Gerade bei Sichtbetonflächen, die oftmals ausschließlich durch die Subjektivität eines Betrachters beurteilt werden, ist hier der Übergang von unvermeidbarer Unregelmäßigkeit zum eigentlichen Mangel sicherlich als fließend bzw. als Graubereich anzusehen.

Seit dem Zeitpunkt des Vorliegens von normativen und richtliniengemäßen Grundlagen bzw. Vorschriften [3-4] ist dieser Graubereich entsprechend eingegrenzt worden. Vorweggenommen kann daher sicher durch die Herstellung einer Probestfläche dieser Graubereich nicht nur wirklich minimiert, sondern sogar gänzlich ausgeschaltet werden.

Der Vorteil der Einhaltung der genannten Regelwerke [3-4] bei Planung und Bauausführung schränkt zusätzlich den Begriff der

#### *gewöhnlich vorausgesetzten Eigenschaften*

weitestgehend ein. Gewöhnlich vorausgesetzte Eigenschaften sind dadurch gekennzeichnet, dass diese keiner vertraglichen Vereinbarung bedürfen. Insbesondere bei Sichtbetonflächen mit architektonischen Anforderungen wären daher gewöhnlich vorausgesetzte Eigenschaften ein ausgesprochen sehr weit gespannter Begriff.



**Abb. 1: Haufwerksporige Leichtbeton Struktur als architektonisches Motiv (Kirche der Pfarre Lainz-Speising/Wien)**

### **3 Zum Erfüllungsanspruch und der Machbarkeit von Sichtbetonoberflächen**

Nesterbildung, Schlieren, undichte Schalungsstöße mit ausgetretenem Zementleim sind offensichtliche Unzulänglichkeiten, deren Ursache baupraktisch hinlänglich bekannt sind. Diese Erscheinungsbilder werden daher im vorliegenden Beitrag nicht weiter behandelt. Wie hingegen Abb. 1 zeigt, können Nesterbildungen – immer als Verdichtungsmängel bezeichnet – sogar ein architektonisches Motiv darstellen.

Die gängige Fachliteratur beschreibt – wie bereits in Pkt. 1 angeführt – im Regelfall ausführlich Planung und die nachträgliche gutachterliche Einstufung von Mängeln, Mängelbeseitigung und Instandsetzung von Sichtbetonoberflächen [Beispiele siehe 5-7]. Die Zielsetzung aller an der Herstellung von architektonisch genutzten Sichtbetonflächen Beteiligten sollte sein, die technische und wirtschaftliche Machbarkeit mit den gestalterischen Forderungen in Einklang zu bringen. Dies bedeutet zunächst, dass in den entsprechenden Leistungsverzeichnissen Wunschvorstellungen = Erfüllungsanspruch inkl. ihrer kryptischen Beschreibungen der Vergangenheit angehören sollten. Im Folgenden werden beispielsweise häufig auftauchende Formulierungen wiedergegeben:

- einheitlicher Grauton
- Porenfreiheit oder weitestgehende Porenfreiheit
- schalglatte Betonoberfläche

Die beiden zuerst angeführten Eigenschaften entsprechen weder den nun vorliegenden Regelwerken noch ist ihre Machbarkeit baupraktisch erfüllbar. Die letztgenannte Eigenschaft ist überhaupt nicht definierbar und gäbe daher einen weit gespannten Interpretationsspielraum.

Die aus der Erfahrung des Verfassers am häufigsten beanstandeten Mängel von Sichtbetonoberflächen mit architektonischen Anforderungen sind

- unterschiede im Grauton
- unzulässige Verfärbungen
- Porigkeit.



*Abb. 2: Beispiel zur Klassifikation der Farbgleichheit Klasse F2 nach [3]*

In Bezug auf die vorliegenden Vorschriften [3-4] sind die Bezeichnung „Grauton“ und sämtliche weitere Formulierungen oder sprachliche Ableitungen wie Grautönung, weitestgehender einheitlicher Grauton, keine bzw. nur geringe Unterschiede im Grauton nicht definiert. Es existiert ausschließlich der Begriff Farbgleichheit in den Klassen F1 und F2 (Beispiele siehe Abb. 2 und 3). Wobei bei Sichtbetonflächen mit architektonischen Anforderungen im Regelfall die Klasse F2 zur Ausführung gelangt (Abb. 3). Beide gegenwärtig in Österreich gültigen Regelwerke [3-4] beinhalten die genannten Klassen F1 und F2, es liegen aber offensichtlich noch redaktionell bedingt geringe textliche Nuancen vor; beide Regelwerke legen aber eindeutig Folgendes fest:

*Abb. 3: Beispiel zur Klassifikation der Farbgleichheit nach [3] – Betonoberfläche bereits durch Witterungseinflüsse beaufschlagt. Farbgleichheit Klasse F2 (beurteilt ca. 6 Monate nach Fertigstellung)*



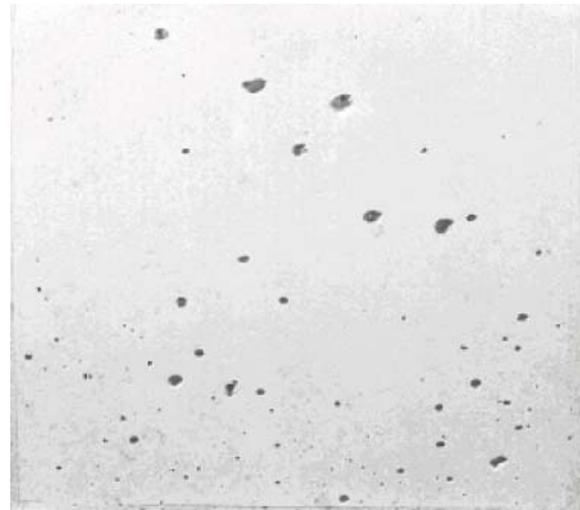
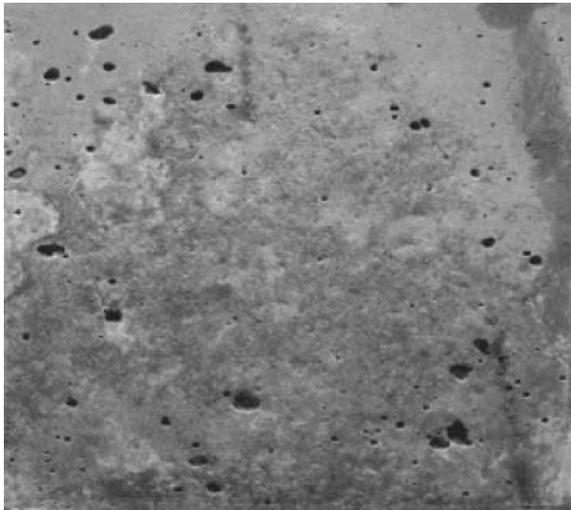


Abb. 4: Linke Betonoberfläche: entschalt nach ca. 16 h bei winterlichen Verhältnissen. Rechte Betonoberfläche: entschalt bei normalen Witterungsverhältnissen. (Gleiche Betonzusammensetzung/gleiche Schalhaut und Trennmittel)

ON B 2211 [3]

*Bei Einhaltung dieser Vorschriften (gemeint sind jene nach [3]) und bei gewissenhafter Verarbeitung unvermeidbar entstehende Unterschiede des Farbtons sind zulässig.*

Richtlinie des ÖVBB „Geschalte Betonoberfläche“ („Sichtbeton“) [4]

*Entstehende Farbunterschiede sind trotz Einhaltung der Vorschriften und gewissenhafter Verarbeitung unvermeidbar.*

Eine ähnliche Formulierung ist in [8] zu finden:

*Farbtonunterschiede und Verfärbungen sind auch bei größter handwerklicher Sorgfalt und bei Einhaltung der Vorgaben (gemeint sind jene nach [8]) nicht gänzlich auszuschließen.*

Der Farbton – baupraktisch eben sehr oft als Grauton bezeichnet – der Ansichtsfläche eines Betonbauteiles wird nach dem Entschalen des Betons durch die Zusammensetzung des Betons, seine Wechselwirkungen mit der Schalhaut, ggf. mit dem Trennmittel und den Witterungsbedingungen bestimmt. Der Farbton vergleichmäßig sich im Laufe der weiteren bzw. zunehmenden Erhärtung und Austrocknung. In dieser Phase können temporäre Verfärbungen an der Betonoberfläche auftreten (siehe [8] Anhang E).

Zusätzlich ist anzuführen, dass beide österreichischen Regelwerke [3-4] gegenwärtig über-

arbeitet und auf den neuesten Stand des Wissens gebracht werden. Die Definition der bzw. einer gewissenhaften Verarbeitung ist relativ einfach durch die Herstellung von Probeflächen (siehe Pkt. 3) definierbar. Somit können nachfolgende Differenzen, insbesondere jene über die gewöhnlich vorausgesetzten Eigenschaften, sozusagen zum Wohle aller am Bauwerk Beteiligten vermieden werden.

Selbst bei relativ hohem Aufwand an fachgerechter Planung und Ausführung treten manchmal bei winterlichen Witterungsverhältnissen so genannte „Marmorierungen“ auf (siehe Abb. 4). Die Ursachen, die zu diesen Erscheinungsbild führen, sind bis heute nicht schlüssig erklärbar. In [9] sind die Gründe für die starken Farbunterschiede für den Praktiker nachvollziehbar dargestellt und erklärt. Die erforderlichen Maßnahmen, die zur zielsicheren Vermeidung dieser so genannten Marmorierungen bei winterlichen Baustellenbedingungen – außer diese zu vermeiden – sind leider bis heute noch nicht bekannt. Bezüglich des Erfahrungswissens liegt nur die Tatsache vor, dass bei den genannten Witterungsverhältnissen dieses Erscheinungsbild auftritt bzw. auftreten kann.

Ungefaste Kanten von Sichtbetonbauteilen sind nach [10] als „technisch nicht oder nicht zielsicher herstellbar“. Im Falle der Ausführung derartiger Kantenausbildungen bedeutet dies in

Tab. 2: Übersicht zur zulässigen Porigkeit [4]

Porigkeit – Klasse	P		2P		3P		4P	
	%	cm <sup>2</sup>						
Offene Poren > 1 bis < 15 mm Prüffläche 50 x 50 cm	≤ 0,3	7,5	≤ 0,6	≤ 15	≤ 0,9	≤ 23	≤ 1,2	≤ 30

Tab. 3: Dokumentation von Probeflächen

Zu dokumentierende Parameter	Dokumentieren durch
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonzusammensetzung</li> <li>- Frischbetondaten im TB-Werk inkl. Chargenprotokolle</li> </ul>	Betonhersteller
Fahrtzeit des TB-Fahrzeuges	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frischbetondaten bei Übergabe</li> <li>- Konsistenz während des Einbaues</li> <li>- gelieferte/verarbeitete Betonmenge</li> </ul>	Baustelle
Lufttemperatur/relative Luftfeuchtigkeit an der Einbaustelle	
Art der Schalung	
Trennmittel	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeitpunkt und Temperatur beim Auftragen</li> <li>- Art des Auftrages</li> <li>- Auftragsmenge</li> <li>Rückstellprobe</li> </ul>	
Hinweis: Zeitdifferenz zwischen Stell- und Schließschalung bei Wänden beachten	
Einbaumethode	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- verwendete Verdichtungsgeräte</li> <li>- verarbeitete Betonmenge/Steiggeschwindigkeit</li> <li>- Lage der erforderlichen Füllöffnungen</li> <li>- Anzahl der Lagen/Höhe der Lagen</li> <li>- freie Fallhöhe</li> </ul>	
Hinweis zum Einbau mit Kübel/ Zeitaufwand Füllen-Kranspiel (Heben-Schwenken-Senken-Entleeren)	
Zeitpunkt des Entschalens	
Foto-Dokumentation	
Lufttemperatur/relative Luftfeuchtigkeit bis ca. 7 Tage nach Entschalen	

erster Linie für die Bauausführung den entsprechenden Aufwand für den Kantenschutz während des Baubetriebes. Um hier Spekulationen aus dem Weg zu gehen, ist es angebracht, diese Schutzmaßnahmen in einer eigenen LV-Position zu berücksichtigen. Zusätzlich sollte eine derartige Ausführung bei der Erstellung der Probefläche bereits Berücksichtigung finden – wobei präventiv die unter Umständen zu erwartenden Instandsetzungsmaßnahmen mit einzubeziehen sind.

Einzubringender Beton enthält immer eingeschlossene Luft, die während des Verdichtens möglichst vollständig ausgetrieben werden soll. Bei Verwendung von SCC sollte dies durch die Entlüftung des Baustoffes weitestgehend selbst bewerkstelligt werden. Bei geeigneten Schalungen sind Poren mit den in [3] angeführten Grenzen hinsichtlich des Durchmessers und der zulässigen Porenfläche nicht einhaltbar. Es sollte bei Planung und Ausschreibung berücksichtigt werden, dass hier eine Forderung vorliegt, die baupraktisch zielsicher nicht erfüllbar ist.

Der Porenanteil einer Sichtbetonoberfläche ist das einzige Erscheinungsbild, das einigermaßen quantitativ beurteilbar gemäß Tabelle 2 erfasst werden kann (siehe [3-4]).

Die Porigkeit ist empfehlenerweise an der oder den Probeflächen zu ermitteln, gleichzeitig ist es sinnvoll, zulässige Abweichungen der Porigkeit für die Bauausführung festzulegen.

#### 4 Zur Ausführung von Probeflächen

Eine Probefläche allein ist sicher besser als gar keine, diese ist aber trotzdem nur eine Momentaufnahme. Gerade eine Probefläche sollte nicht als „betonierter Vertrag“ angesehen werden, sondern es ist hier der Gesamteindruck der jeweiligen Fläche in Betracht zu ziehen. Sicherlich eine schwierige Vorgangsweise, da der Gesamteindruck – wie bereits erwähnt – von der subjektiven Beurteilung des jeweiligen Betrachters, dem Abstand vom Objekt und natürlich den Lichtverhältnissen abhängt. Daher ist anzustreben, bereits in der Planungsphase die Probefläche(n) und die „Grundlagen der Betrachtung“ unter den genannten Parametern festzulegen.

Bei der Herstellung von Sichtbetonoberflächen mit architektonischen Anforderungen sollten empfehlenerweise zeitlich versetzt immer mindestens zwei Probeflächen beispielsweise mit unterschiedlichen Einbaumethoden (Kübel oder Pumpe) und/oder zwei unterschiedlichen Betonzusammensetzungen vorgesehen werden.

Probeflächen sind nicht kurz vor Arbeitschluss gleichsam als lästiges Anhängsel herzustellen, sondern hier sind Mannschaft und Gerät gleich der zukünftigen Ausführung einzusetzen. Die Probefläche bzw. der Probebauteil hat unbedingt in Dicke und Bewehrungslage der zukünftigen Ausführung zu entsprechen. Mit der Herstellung allein ist es bei einer Probefläche nicht getan, eine wirklich detaillierte Dokumentation aller relevanten Parameter ist dazu unbedingt erforderlich. Die nachfolgende Tabelle 3 diene als ein diesbezüglicher Leitfaden.

#### 5 Zusammenfassung

Die Herstellung von architektonisch anspruchsvollen Sichtbetonoberflächen an Baustellen ist unter dem Aspekt der handwerklichen Fertigkeit zu sehen. Diese sind trotz der entsprechenden Sorgfalt gewissen zulässigen Schwankungen unterworfen. Die Herstellung von Probeflächen inklusive der dazugehörigen Dokumentation kann

diese baupraktischen Schwankungen bereits im Vorfeld auf ein Mindestmaß einschränken.

Daher ist es eine unumgängliche Notwendigkeit, bereits in der Planungsphase Art und Umfang von Probe- bzw. Erprobungsflächen und den Maßstab für die Beurteilung derselben festzulegen. Mit dieser relativ einfachen Maßnahme sind spätere Differenzen zwischen der Bauausführung und dem Erfüllungsanspruch des Bauherrn vermeidbar.

#### Literatur

- [1] Kropik, A.: Der Bauvertrag und die ÖNORM B 2110. ON Institut, 1. Auflage 2002.
- [2] Oberndorfer, W.; Straube, M.: Kommentar zur ÖNORM B 2110. Wirtschaftsverlag, Wien, 3. Auflage 2003.
- [3] ON B 2211 Beton, Stahl- und Spannbetonarbeiten Werkvertragsnorm.
- [4] Richtlinie des ÖVBB „Geschalte Betonoberflächen“. Fassung 2002.
- [5] Schmidt-Morsbach, J.: Betonflächen – Mängelfibel. Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1987.
- [6] Schulz, J.: Sichtbeton-Planung. Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2. Auflage 2004.
- [7] Schulz, J.: Sichtbeton-Mängel. Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2. Auflage 2004.
- [8] Merkblatt DBV/BDZ Sichtbeton. Fassung 2004.
- [9] Tagungsband „Sichtbeton“. Fraunhofer IRB Verlag, 2006.
- [10] Bosold, D.: Scharfe Kanten bei Sichtbeton. Opus C 2007/2.

## „Abgeschminkt – Beton in Sicht“

DI Hemma Fasch, fasch&fuchs zt GmbH, Wien

### *Schönheit ist der Glanz der Wahrheit (Mies v. d. Rohe)*

... dies zu erkennen, setzt voraus, die permanent suggerierte Sehnsucht nach dem Makellosen und damit Vordergründigen zu überwinden.

Beton ist einer von wenigen Werkstoffen, deren Oberfläche aus funktionalen Gründen nicht weiterbehandelt werden muss, der keine „Verkleidung“ und „Schminke“ benötigt. Im Unterschied zu anderen Baustoffen ist jede Betonoberfläche einzigartig und in völliger Gleichheit unwiederholbar. Die gewünschte Oberflächenstruktur und -farbe kann zwar mit Sorgfalt geplant werden, das tatsächliche Ergebnis wird aber immer variieren. Gerade diese speziellen Materialeigenschaften, Unregelmäßigkeiten – die von einer Reihe von Faktoren abhängig sind – stellen für Planer und Industrie die Herausforderung, für den Auftraggeber und Nutzer das spezielle Unikat dar.

Längst wird diese Einzigartigkeit des Bauelements Sichtbeton bei Kulturbauten, wie Museen und Kirchen und bei Bauwerken am oberen Ende der Repräsentationsskala erkannt und ihm der entsprechende Wert des speziell gefertigten Kunststeins eingeräumt.

Vermutlich aus langer Tradition resultierend wird der Einsatz von Sichtbeton auch für Gewerbebauten als selbstverständlich gesehen. Selten jedoch verbunden mit detaillierter Planung von Schalungsbildern oder spezieller Farbgebung.

Auch für Garagen, Keller- und Haustechnikräume ist Sichtbeton ein akzeptiertes Bauelement – allerdings aus anderen Gründen. Verbunden mit dem Synonym für untergeordnete Räume: unaufwändig, einfach und unverkleidet.

Aber: Wohn- und Arbeitsbereiche, Schulen, öffentliche Bauten in Sichtbeton? Zunächst fast undenkbar für viele Bauherren und Auftraggeber. Immer wieder werden Assoziationen mit Müllräumen und Unterführungen laut. Könnte

Bilder: Sonderschule Schwechat

Fotos: Paul Ott



man nicht mehr – Geld – in die Betonoberfläche investieren, etwas schminken, oder verkleiden, die Unregelmäßigkeiten eliminieren? Man könnte.

Aber man würde dem Sichtbeton für immer die Materialbesonderheit nehmen und gegen eine Oberfläche mit banaler, ermüdend langweiliger Gleichmäßigkeit tauschen.

Klarheit und Reduktion in der Wahl der Konstruktion und der Materialität stehen für uns als Prämisse der Planung von Räumen und Gebäuden fest. Als eines jener Materialien, die sowohl lastabtragend sind als auch Brandwiderstand und Speichermasse bieten, zudem über eine finale Oberfläche verfügen, erfüllt Sichtbeton diese elementaren Forderungen.

Im Unterschied zu manch anderen Baumaterialien lässt der Umgang mit Sichtbeton keine Nachlässigkeit zu. Weder in Planung und Ausschreibung noch in der Verarbeitung lässt sich Sichtbeton, trotz gebotener Sorgfalt vollends beherrschen und in völlige Einheitlichkeit des Farbtons und der Porenstruktur pressen – eine Eigenschaft, die ihm selbst die Richtlinie „Geschulte Betonflächen“ der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik zugesteht.

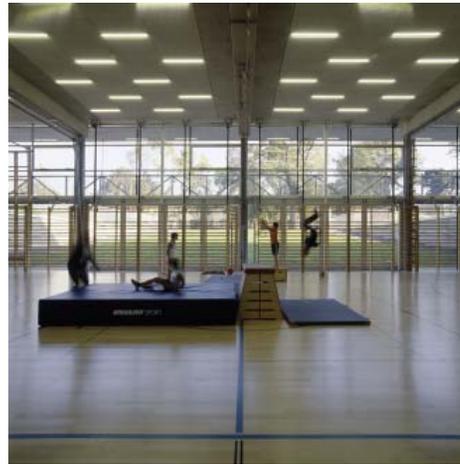
Gerade in dieser Eigenheit, sich der identen, monotonen Reproduzierbarkeit entziehen zu können, liegt die Qualität des Materials Sichtbe-

ton, und der Reiz für Planer und Industrie, ihm mit speziellen Knowhow noch mehr an Feinheit und „Schliff“ abzutrotzen. Planer wissen um gut gehütete Geheimnisse bestbezahlter Betonspezialisten, die von Baustelle zu Baustelle reisen, um mit „ihren“ Betonrezepturen die noch besseren Oberflächenqualitäten zu erreichen.

Die Gestaltungsvielfalt des Materials Sichtbeton schließt nicht zuletzt die mit dem Tastsinn erfahrbare Komponente mit ein. Oberflächen werden nicht ausschließlich optisch wahrgenommen. Materialien, deren Oberfläche nicht eindeutig in haptische Kategorien zuzuordnen sind, werden von Benutzern ertastet, „begriffen“, um sie im Wahrnehmungsrepertoire abzuspeichern. Die Wände der Thermenbassins Vals (*zumthor*) sind samtig weich, die Bahnstation in Lissabon (*calatrava*) von ruppiger Rauheit. Beide sind in Sichtbeton errichtet, jedoch in unterschiedlicher Art die Möglichkeiten der Schalhautabbildung ausnützend.

Basierend auf dem speziellen Trag- und Brandwiderstandsverhalten von Beton wurde die **Sonderschule Schwechat** konzipiert. Die Aktivierung von Speichermassen war aufgrund des lichtdurchflutenden Raumkonzeptes verstärkt notwendig. Nicht zuletzt sollte den hier betreuten Kindern die Tragkonstruktion nachvollziehbar sein und die Sensorik der Kinder in der





Wahl der Baumaterialien unterstützt werden. Trotz anfänglicher Skepsis und teilweiser Ablehnung konnten Nutzer und Bauherren durch intensive Erläuterung der zugrunde liegenden Absichten, durch Besichtigung anderer Gebäude und durch die Möglichkeit, im „worst case“ die Oberflächen noch schminken zu können, vom Material Sichtbeton zwar nicht vollends überzeugt, aber dem Thema näher gebracht werden.

Nach genauer Prüfung von Musterflächen und Begutachtung der abzunehmenden Flächen muss offensichtlich die Affinität zum Material Sichtbeton gewachsen sein. Nutzer und Bauherren mutierten zu Verfechtern des Materials: Mit tastender Hand streicht die Direktorin über die Sichtbetonflächen und erklärt den Besuchern der Schule den spürbaren Unterschied

zwischen Sichtbeton und allzu homogenen Oberflächen, wie z. B. Gipskarton.

155 Betonfertigteile (Größe ca. 9,0 m x 2,5 m x 0,22 m) bilden das Rückgrat der Abstellhallen der **Autobusgroßgarage Leopoldau/Wien**. Wände der Servicehalle mit hohen Anforderungen an Brandwiderstand wurden aus Ortbeton hergestellt. Mit Verweis auf den spezifischen Arbeitsbereich eines Garagen- und Werkstättenbetriebes war Sichtbeton als Corporate Identity auch für die Oberflächen des Verwaltungstraktes konzipiert. Im Gegensatz zu den Abstell- und Werkstattbereichen waren die Sichtbetonoberflächen im Verwaltungsbereich intensives Diskussionsthema. Die bekannten negativen Assoziationen waren präsent und wollten von einigen Nutzern nicht in die neue Autobusgarage geschleppt werden. Das Not-

Bilder: Autobusgarage Leopoldau, Wien

Fotos: Paul Ott und fasch&fuchs

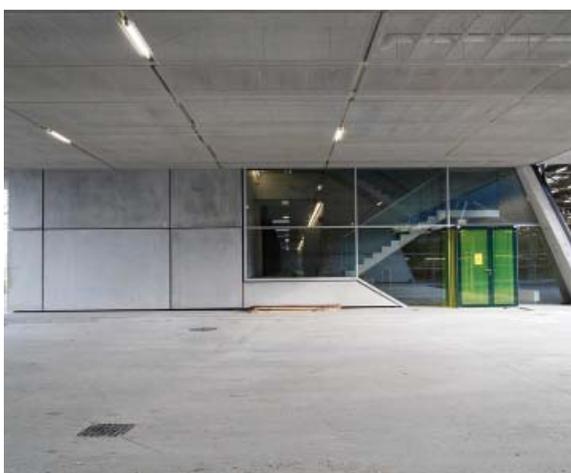




fallszenario, den Sichtbeton doch letztendlich schminken zu können, hält bis heute. Die Identifikation mit einem ganz speziell gefertigten Bauelement scheint allmählich einzusetzen.

Bauvorhaben stehen unter einem engen Kostenkorsett. Das gilt für jedes Gebäude. Die Vergabe-Usancen nach Billigstbieterverfahren kommen weder dem geforderten Kostenkorsett noch einer Qualitätsarbeit entgegen. Firmen kommen unter Preisdruck, Arbeitskräfte können nicht mehr entsprechend geschult werden, für Entwicklung ist in diesem Rahmen nicht ausreichend Platz. Darunter leidet des öfteren die Qualität des Sichtbetons.

Der Werkstoff Sichtbeton fordert entsprechende Planung und Verarbeitung. Nur mit hoher Planungsintensität, bestausgebildeten Baufachleuten und innovativen Firmen kann den Möglichkeiten und Qualitäten des Baustoffs entsprochen werden.



Herausgeber:  
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H. im Auftrag der Österreichischen Zementindustrie  
A-1030 Wien, Reisnerstraße 53, T: 01/714 66 85 0, F: 01/714 66 85 26  
E-Mail: [zement@zement-beton.co.at](mailto:zement@zement-beton.co.at), Internet: [www.zement.at](http://www.zement.at)

Druck: Friedrich VDV, Linz-Wien

September 2007





[www.zement.at](http://www.zement.at)