Beton wie immer?

Von der Idee bis zur Umsetzung sind bei Sichtbeton viele Hürden zu überwinden

Sichtbeton ist ein Beton, der sich sehen lassen kann. Bis dies so weit ist, sind viele zum Teil „steinige" Wege zu beschreiten. Oft stellt der Sichtbeton einen Spagat zwischen Theorie und Praxis dar. ■

Aus den Wörtern „Sicht" und „Beton" wird dieser Beton zusammengesetzt – das deutet schon darauf hin, dass der Betrachtungsabstand für das Bauwerk nicht unbeachtet bleiben darf.

Seit dem Erscheinen des DBV-Merkblatts „Sichtbeton" im Jahr 2004 ist eine Vielzahl von Sichtbetonbauwerken in Deutschland errichtet worden; Sichtbeton ist nach wie vor „in". Ob es sich um farbige Sichtbetone, imposante Bauweisen oder strukturierte Oberflächen handelt, das zeigen dann die Ergebnisse (Bilder 1 bis 3). Nach Vollendung der Bauwerke ist nur noch das „Sichtbare" erkennbar, relativ selten der Weg dahin. Nicht jeder Betrachter kann sich mit solchen Bauwerken anfreunden.

Im Juni 2015 wurde das Sichtbeton-Merkblatt neu herausgegeben. In diese Ausgabe sind praktische Erfahrungen und Forschungsergebnisse der letzten Jahre eingeflossen. Die Einteilung in die vier Sichtbetonklassen (SB) von SB1 bis SB4 ist beigehalten worden.

Die Sichtbetonklassen unterscheiden sich in ihren Anforderungen. Mit steigender Zahl nehmen die Anforderungen an die Ausführung zu. Bei einer Ausschreibung kann auch auf verschiedene Einstufungen zurückgegriffen werden, also ein Mix von verschiedenen Sichtbetonklassen erstellt werden. Dabei sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass die Ausführung auch noch möglich sein sollte.

Die Sichtbetonklasse 1 beinhaltet die Anforderungen, die heute an ein Bauwerk nach den allgemeinen Anforderungen

- der DIN EN 1992-1-1,
- DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 sowie
- der DIN EN 13670 / DIN 1045-3

vorgegeben sind. Dies wird sehr häufig vergessen, denn bei einem „normalen" Betonbauwerk erhält der Beton eine „Bekleidung", sodass dieser nicht mehr für den Betrachter sichtbar ist.

Jede der Sichtbetonklassen stellt eine Herausforderung dar. Oft sind Auseinandersetzungen vorprogrammiert, bei denen es zu Meinungsverschiedenheiten zwischen Theorie und Praxis kommt und jeder der Beteiligten eine andere Sicht auf den Beton hat.

Eine Vielzahl von Einflussgrößen kann die Sichtbetonqualität beeinflussen. Im Folgenden sind nur einige Faktoren zusammengestellt. Diese sind u. a.:

- Zementart und Festigkeitsklasse
- Farbgebung
- Gesteinskörnung
- Konsistenzklasse
- Festigkeitsentwicklung
- Nachbehandlung
- Schalhaut
- Trennmittel
- Bauteil
- Umgebungsbedingungen

Aus dieser Aufzählung von verschiedenen Faktoren ist bereits ersichtlich, dass „Sichtbeton" nur ein gemeinsam lösbares Konstrukt ist. Es sollten auch die Erfahrungen von anderen Projekten genutzt werden, aber nur insoweit, wie dies auf das neu entstehende Bauwerk übertragbar ist.

Ein Sichtbetonteam bilden

Als Empfehlung wird im Sichtbeton-Merkblatt angegeben, dass ab der Sichtbetonklasse SB 3 Fachexperten zu Rate gezogen werden sollten, das so genannte Sichbetonteam. Die Arbeit dieses Teams sollte bereits frühzeitig beginnen, sodass genügend Zeit ist, mehrere Ansätze hinsichtlich der Auswahl des Betons und der Ausführung zu testen.

Das Sichtbetonteam ist als ein wesentliches Steuerungsinstrument in einem Projekt zu

Bild: © Monika Helm

(1) Für ein Sichtbeton-Ergebnis wie am Science Center in Wolfsburg sollten sehr früh Probebetonagen ausgeführt werden.

sehen sein. Im Sichtbetonteam sollten alle diejenigen mitarbeiten, die maßgeblich an der Erstellung und Umsetzung des Sichtbetonprojekts beteiligt sind, und ihre Erfahrungen einbringen. Die Zielsetzung des Sichtbetonteams sollte lauten: „Wir wollen ein schön anzusehendes Bauwerk errichten!" Die Probebetonagen sind mit dem Team vorzubereiten.

Einen Qualitätssicherungsplan aufstellen

Hilfreich sind bei Sichtbetonbaumaßnahmen stets Qualitätssicherungspläne, die praktikabel aufgebaut sein sollten, sodass alle Beteiligten vor Ort mit diesen arbeiten können. Diese können auch im Zuge der Probebetonagen angepasst und überarbeitet werden.

Der Qualitätssicherungsplan sollte unter anderem folgende Schwerpunkte beinhalten:

- Auswahl der Betone
- Probebetonage
- Verantwortlichkeiten bei der Betonage
- Schnittstelle Betonwerk und Bauunternehmen
- Handlungshinweise, bei welchen Temperaturen betoniert wird
- Nachbehandlung
- Schalzeiten
- Schutz der Bauteile im weiteren Verlauf der Betonage

Einige dieser Aspekte werden in den weiteren Ausführungen detaillierter beschrieben.

Anforderungen an den Beton festlegen

Nur wenige Aussagen findet man im DBV-Merkblatt Sichtbeton zur Thematik „Beton" hinsichtlich seiner Eigenschaften. Beton hat sich von einem „Drei-Stoff-System" zum „Sechs-Stoff-System" entwickelt. Zement, Wasser und Gesteinskörnung (Kies, Sand) können heute ergänzt werden durch Zusatzmittel, Zusatzstoffe und Fasern.

Jeder Beton, der aus diesen genannten Ausgangsstoffen herstellt wird, kann definiert werden über seine Eigenschaften; dies sind die

- Expositionsklassen,
- Feuchtigkeitsklasse,
- Druckfestigkeitsklasse,
- Konsistenzklasse,
- Größtkorn und
- Art der Verwendung.

Mit diesen Eigenschaften muss jeder Beton beschrieben werden. Diese definierten Festlegungen sind durch die Anforderung „Sichtbeton" zu ergänzen. Gerade diese Information ist für den Betonhersteller sehr wichtig, da sich hier z. B. spezielle Anforderungen an die Zusammensetzung der Sieblinie der Gesteinskörnung ergeben. Insbesondere werden häufig auch Zusatzstoffe verwendet und Zemente, die sich als geeignet für die Verwendung bei Sichtbetonen herausgestellt haben.

Der Beton muss so zusammengesetzt werden, dass er sich nicht entmischt oder blutet, damit eine für den Betrachter ansprechende Sichtbetonqualität erreicht werden kann. Der Beton sollte – nicht nur unter Laborbedingungen – „robust" sein.

Die Wahl der Konsistenzklasse sollte auf die Bauteile genau abgestimmt werden. Vorteilhaft ist meist die Konsistenzklasse F3. Die Konsistenz liegt bei dieser Klasse zwischen 420 und 480 mm, deshalb sollte besser ein Zielwert angegeben werden, z. B. 460 mm.

Ist die Bewehrungslage sehr eng, wird oft auf leicht verarbeitbare und fließfähige Betone der Konsistenzklasse F5 und F6 zurückgegriffen. Relativ selten kommen bei der Ortbetonbauweise selbstverdichtende Betone (SVB) zum Einsatz. Diese werden nur dann verwendet, wenn der Einbau und die Verdichtung des Betons aufgrund der komplizierten Bauteile nur mit diesen Betonen möglich ist. Schon häufiger werden diese selbstverdichtenden Betone bei der Herstellung von Fertigteilen eingesetzt, wenn Sichtbetone gefordert werden.

Um eine gute Sichtbetonqualität zu erreichen, werden heute die Betone oft mit Portlandkompositzementen (CEM II) und Hochofenzementen (CEM III) hergestellt. Die CEM III-Zemente oder hüttensandhaltige CEM II-Zemente weisen nach dem Ausschalen meist bläulich verfärbte Oberflächen aufgrund ihrer Zusammensetzung auf. Bei Luftzutritt werden diese Verfärbungen durch entsprechende Reaktionen an der Oberfläche abgebaut. Insbesondere tritt diese Blauverfärbung bei sehr dichten Oberflächen auf, und es dauert bei diesen Betonen etwas länger, bis die Verfärbung verschwindet. Das Aufhellen der Oberfläche kann 4 bis 6 Wochen dauern, je nach Betonzusammensetzung und Umgebungsbedingungen. Dies stellt jedoch keinen Mangel dar.

Die Wahl eines geeigneten Zements sollte dem Betonhersteller überlassen und nicht bereits in der Ausschreibung festgelegt

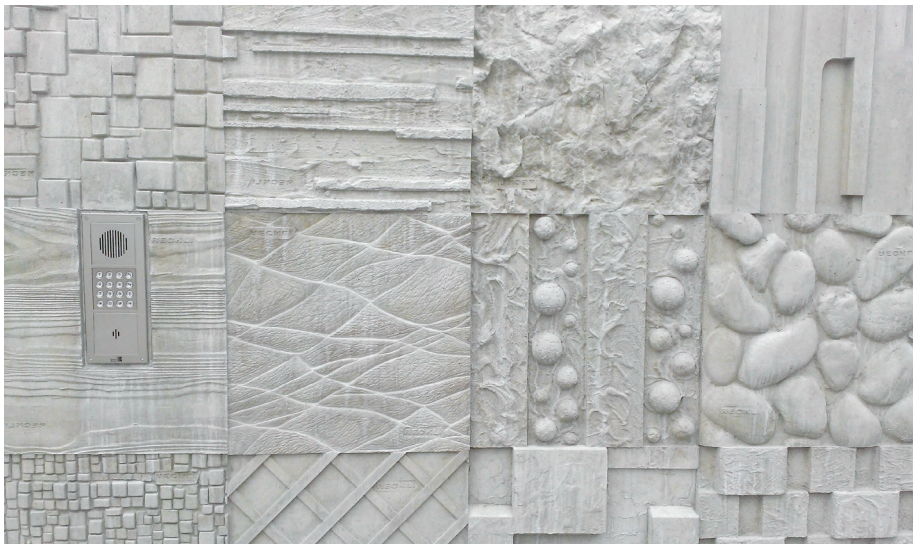

Bild: © Monika Helm

(2) Sichtbeton mit unterschiedlichen Strukturen

werden, auch wenn vielleicht mit einem bestimmten Zement bei einem anderen Bauwerk gute Ergebnisse bei der Sichtbetonqualität erreicht worden sind.

Bei der Wahl des Größtkorns der Gesteinskörnung kommen 8 oder 16 mm Größtkörner zum Einsatz. Abhängig ist die Entscheidung von den zu betonierenden Bauteilen und Erfahrungswerten der Ausführenden.

Probebetonagen durchführen

Die Probebetonage der Sichtbetonbauteile sollte so ablaufen, wie dies auch bei allen anderen Betonagen geplant ist, z. B. Einbau mit Kran und Kübel oder mit Betonpumpe. Der Einbau sollte nicht nach dem Motto „wie immer" ausgeführt werden, sondern es sollte mit einer entsprechenden Sorgfalt gearbeitet werden.

Mit einer Probebetonage können mehrere Ziele verfolgt werden: Das Bauteil wird geschaffen, das zur Beurteilung des Sichtbetons dient, es werden Erfahrungen gesammelt und das Zusammenspiel der Betoniermannschaft abgestimmt. Weiterhin können unterschiedliche Betone mit verschiedenen Größtkörnern, Trennmitteln, Schalhäuten und Abstandshaltern getestet werden.

Bei der Vielzahl der möglichen Varianten mit den einzelnen Parametern sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Varianten nicht willkürlich gewählt, sondern auch vergleichbare Resultate erzielt werden. Ziel muss sein, dass eine Variante (im Zusammenspiel von Beton, Schalung und Einbau) favorisiert und ausgewählt werden kann, die am geeignetsten für die Anforderungen des Bauteils erscheint und umsetzbar ist. Ebenfalls ist zu empfehlen, die Nachbehandlungsmethoden zu testen.

Alle Aspekte der Probebetonage sollten dokumentiert werden. Bei auftretenden Abweichungen von den Festlegungen des Qualitätssicherungsplans ist dieser anzupassen. Die Probebetonage sollte frühzeitig vor der geplanten Betonage der Sichtbetonflächen durchgeführt werden, sodass die Resultate dieser Proben in die Hauptbetonagen der Sichtbetonflächen einfließen können.

Die Probeflächen eignen sich auch für das Testen von Sanierungsmöglichkeiten.

Hersteller und Verarbeiter

Die Schnittstelle zwischen Betonhersteller und Verarbeiter ist stets sehr wichtig. Sichtbeton ist als „Beton nach Eigenschaften" anzusehen, wenn diese auch so definiert wurden. Einen Sichtbeton kann das Betonwerk nicht herstellen, nur einen Beton, der dafür geeignet ist. Dafür, dass diese sichtbaren Eigenschaften dann wirklich am Bauteil erzielt werden können, trägt der Verwender die Verantwortung. Der richtige Einbau, ausreichende Nachbehandlung und die Berücksichtigung der Ausschalfristen sind erforderlich.

Der Verwender muss seine Anforderungen an den Beton aus technischer Sicht genau beschreiben; so sehen es die Betonregelwerke vor. Darüber hinaus sollten bei Sichtbeton noch weitere Anforderungen vorgegeben werden, unter anderem:

- Festlegung eines **Zielwerts** für die Konsistenz und deren Schwankungsbreite; üblich ist es, Schwankungsbreiten von +/- 20 mm zu vereinbaren.
- Über die Zeit der Betonagen aller Sichtbetonteile ist ein Wechsel der Ausgangsstoffe auszuschließen und zu vereinbaren.
- Die Lieferung des Betons für ein Bauteil sollte möglichst aus einem Mischwerk erfolgen. Wird auf ein Ersatzlieferwerk zurückgegriffen, so sind in diesem Werk die gleichen Ausgangsstoffe zu verwenden, um Farbunterschiede bei den Bauteilen zu vermeiden.
- Es sollte vereinbart werden, dass in der ersten Phase der Betonage die Konsistenz des Betons bei jedem Fahrzeug auch im Betonwerk und Baustelle geprüft wird.

Das Betonwerk sollte sich idealerweise in der nächsten Nähe der Baustelle befinden. Ist das Betonwerk etwas weiter entfernt, ist der Zeitpunkt der Betonagen so zu legen, dass diese außerhalb von den bekannten Stauzeiten (z. B. in Großstädten) geplant werden.

Umgebungsbedingungen beachten

Gebaut wird Sommer wie Winter, also bei Temperaturen im Minusbereich oder im Sommer bei Temperaturen wesentlich über 30 °C. Maßnahmen zum Schutz des Betons bei Extremtemperaturen außerhalb des Normalbereichs können durch den Betonhersteller oder den Bauausführenden realisiert werden. Wichtigstes Ziel ist hierbei, dass das zu errichtende Bauwerk über

Bild: © Monika Helm

(3) Hans-Otto-Theater in Potsdam während der Bauphase

einen festgelegten Zeitraum brauch- und nutzbar ist und dass das Sichtbetonbauwerk „schön“ aussieht.

In Tabelle 4 sind die Abhängigkeiten der Frischbeton- und Lufttemperaturen enthalten, die beim Betoneinbau nach den DIN EN 13670 / DIN 1045-3 zu beachten sind. Damit werden Grenzen angegeben, in denen eine Verarbeitung noch möglich ist. Außerhalb dieser Grenzen sind entsprechende Vorkehrungen zu treffen, damit die Qualität des Betons zielsicher erreicht werden kann, z. B. durch intensivere Nachbehandlung auf der Baustelle oder Kühlen bzw. Erwärmen von Betonausgangsstoffen im Betonwerk.

Bei Sichtbetonbauwerken wird empfohlen, die Betonagen nur bei Lufttemperaturen zwischen 10 und 25 °C auszuführen. Dies bedeutet, dass Betonagen für Sichtbeton durchschnittlich nur im Zeitraum von April bis Oktober durchgeführt werden sollten, andernfalls sind bauseits die genannten Maßnahmen zu realisieren, z. B. Einhausung des Bauwerks bei kühlen Temperaturen. Beachten Sie dies bei Ihrer Planung der Bauausführung.

Lässt sich eine Betonage bei kühlen Temperaturen nicht umgehen, sind alle Maßnahmen zu nutzen, um eine schnelle Entschalung der Bauteile zu ermöglichen. Nur so lässt sich eine Dunkelverfärbung der Flächen gegenüber Bauteilen unterbinden, die bei (vergleichsweise) wärmeren Temperaturen ausgeführt worden sind. Moderne Systeme helfen heute, dies zu realisieren. Eine Temperaturmessung, die mit einer Festigkeitsprognose gekoppelt ist, hilft bei der Festlegung des Ausschalzeitpunkts und der Dauer der Nachbehandlung.

Die Betonhersteller halten Betone vor, mit denen auf die unterschiedlichen Temperaturen reagiert werden kann; dabei wird die Möglichkeit genutzt, in der Zusammensetzung des Betons zu variieren. Diese Variation in der Zusammensetzung der Betone ist auszuschließen, um Farbunterschiede aufgrund der Betonzusammensetzung zu vermeiden. Deshalb sollte mit dem Betonhersteller immer ein Beton gewählt werden, der bei allen Temperaturbereichen eingesetzt werden kann.

Lufttemperatur	Frischbetontemperatur	
Mindestens -3 °C	5 °C	Allgemein
	10 °C	Bei Zementgehalt < 240 kg/m³, bei LH-Zement
Unter -3 °C	10 °C	Mindestens
Über 30 °C	≤ 30 °C	

Tabelle: © Monika Helm

(4) Frischbetontemperatur in Abhängigkeit von der Lufttemperatur

Auch für die Verwendung von Trennmitteln werden Vorgaben hinsichtlich des Temperaturbereichs durch deren Hersteller angeben. Bei welchen Lufttemperaturen betoniert wird und wie hoch dann die Frischbetontemperatur sein sollte, ist detailliert im Qualitätssicherungsplan festzulegen.

Eine Betonage von Sichtbetonen ist bei Regenfällen nicht anzusetzen bzw. generell zu vermeiden. Wetterprognosen können für die Festlegung des Betoniertermins genutzt werden. Tritt bei der Betonage doch Regen auf, so ist die Betonage fortzusetzen, und die fertiggestellten Bauabschnitte sind zu schützen.

Stets sollte zudem geprüft werden, ob eine Betonage verschoben werden kann, wenn die Witterungsbedingungen in den Temperaturgrenzbereichen liegen (Bild 5). Mängel an Sichtbetonflächen können so auch vermindert werden.

Den Einbau vorbereiten und den Beton einbauen

Der Termin der Betonage ist festgelegt, nun erfolgt der Einbau. Vorab ist die Schalung zu reinigen. Wenn dies erfolgt ist, ist die Schalung möglichst zu schützen. Von dem Trennmittel ist gleichmäßig so wenig wie möglich aufzutragen. Vor dem ersten Einbau ist zu prüfen, ob sich auf der Schalung noch Verunreinigungen oder Rostabsonderungen befinden. Diese Verunreinigungen sind zu beseitigen, denn alles, was sich auf der Schalung befindet, ist im Sichtbetonbild später erkennbar.

Beim Einbau ist darauf zu achten, dass die Schalung möglichst nicht durch Betonspritzer verunreinigt wird, wenn die Fallhöhe des Betons in der Schalung zu hoch ist. Im überarbeiteten Sichtbeton-Merkblatt ist die Fallhöhe des Betons nun auf 50 cm begrenzt worden.

Alle anderen Anforderungen, die bei einem „Normalbeton“ zu berücksichtigen sind, sind auch beim Sichtbeton anzuwenden – also Sichtbeton „wie immer“ nach den Regeln der Technik ausführen. (Dies heißt unter anderem, dass der Beton so einzubauen ist, dass die Bewehrung umschlossen, die Mindestbetondeckung eingehalten und ausreichend verdichtet wird, sodass sich keine Fehlstellen zeigen.)

Nachbehandeln

Die Nachbehandlung hat bei jedem Beton zu erfolgen, unabhängig von den Witterungsbedingungen und dem Bauteil. Sie sollte unmittelbar nach Abschluss der Betonierarbeiten starten. Die Aufgabe der Nachbehandlung ist, den frisch verarbeite-

Bild: © Monika Helm

(5) Schalung nach einer frostigen Nacht

ten und jungen Beton bis zur ausreichenden Erhärtung zu schützen gegen:

- Vorzeitiges Austrocknen
- Extreme Temperaturunterschiede und schroffe Temperaturänderungen
- Mechanische Beanspruchungen
- Chemische Angriffe
- Schädliche Erschütterungen

In den Ausführungen wurden die extremen Ausführungsbedingungen beschrieben, jedoch stellen gerade die schroffen Temperaturänderungen, z. B. warme Tagestemperaturen und niedrige Nachttemperaturen, einen weiteren Extremfall dar, der oft von den Bauausführenden unterschätzt wird. Möglichst sind wärmedämmende Folien einzusetzen.

Als Nachbehandlungsmethoden sind geeignet:

- Abdecken mit Folien
- Kontinuierliches Besprühen mit Wasser
- Aufbringen flüssiger Nachbehandlungsmittel
- Aufbringen wasserspeichernder Abdeckungen
- Belassen in der Schalung
- Kombinationen dieser Verfahren

Nachbehandlung nicht „wie immer", sondern stets durchführen. Das Besprühen mit Wasser sollte bei Sichtbetonen nicht eingesetzt werden. Bei der Verwendung von Folien und Nachbehandlungsmitteln ergeben sich keine Probleme, da diese Materialien nicht auf die Sichtfläche aufgebracht werden. Die Folie sollte jedoch gesichert werden, sodass der Wind sie nicht erfassen kann.

Das Belassen in der Schalung ist vorteilhaft, es sollte jedoch so früh wie möglich nach Erreichen der Ausschalfestigkeit ausgeschalt werden, sodass die Oberfläche abtrocknen kann.

Eine „Nachbehandlung" der Sichtbetonflächen ist auch nach dieser Zeit erforderlich, denn die Sichtbetonbauteile sind in der Bauphase vor Beschädigungen zu schützen. Bild 6 zeigt, wie ein fertiggestelltes Wandelement eingepackt wurde. Auch Hinweise, dass es sich um ein Sichtbetonbauteil handelt, sind zu empfehlen. Dieses sollte für alle Beteiligten gut sichtbar am Betonteil angebracht werden (Bild 7).

Zusammenfassung

Sichtbeton ist kein besonderer Beton, nur sind besondere Anforderungen mit dieser Bezeichnung verbunden. Alle Beteiligten sollten für jedes Bauwerk gemeinsam eine Lösung finden. Die Probebetonagen sollten zur Findung der Lösung beitragen. Sie sollten sehr früh ausgeführt werden, um verschiedene Varianten testen zu können.

Die Umgebungsbedingungen beim Einbau von Sichtbetonen sind wesentlich wichtiger als bei anderen Betonen. Die Idealbedingungen sind zu nutzen. ■

Bilder: © Monika Helm

(6) Schutz einer Sichtbetonwand

(7) Warnhinweis „Sichtbeton"

Normen

DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

DIN EN DIN EN 206-1:2001-07 Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (zurückgezogen)

DIN 1045-2:2008-08 und Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

DIN EN 13670:2011–03 Ausführung von Tragwerken aus Beton

DIN 1045-3:2012-03 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670

Zur Person

Dr.-Ing. Monika Helm

Seit 2003 selbstständig im ibh Ingenieurbüro Helm für baustoffliche Aufgabenstellungen und Qualitätsmanagementsysteme – das Betonbüro

Seit 2013 öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige

Mitglied mehrerer Ausschüsse beim DAfStB und BTB – Bundesverband der Transportbetonindustrie

Kontakt
ibh – Ingenieurbüro – Das Betonbüro
Internet: www.betonbuero.de