

# SCHWENK Bauberatung informiert 2017





# Inhaltsverzeichnis

---

Vorwort	<b>4</b>
Versandgebäude mit anthrazit eingefärbtem Sichtbeton. Erweiterung Werk Mergelstetten	<b>6</b>
Aktuelle Entwicklungen bei Zement und Beton	<b>10</b>
Herstellung Eisenbahnübergang/Trogbauwerk der Ausbaustrecke Berlin/Halle/Leipzig am Bahnübergang Ortslage Hohenthurm	<b>14</b>
SCHWENK verbessert seine Verkehrsanbindung in Mergelstetten	<b>18</b>
Nachbehandlung von Beton – ein notwendiges Übel?	<b>20</b>
Ausführung eines Industriebodens beim Neubau des DS Smith Werkes in Erlensee, Main-Kinzig-Kreis	<b>24</b>

---

# Vorwort

## Liebe Leserinnen, liebe Leser,

anbei erhalten Sie die aktuelle Ausgabe unserer „Bauberatung informiert“. Wir stellen Ihnen wieder aktuelle Änderungen der Regelwerke, neue Entwicklungen im Produktbereich und Praxis- und Baustellenberichte vor. So bleiben Sie immer auf dem neusten Stand.

## Auswirkungen des EuGH-Urteils spürbar

Genau zwei Jahre nach dem EuGH-Urteil in der Rechtssache C-100/13 wurde am 16.10.2016 die Bauregelliste B, Teil 1, außer Kraft gesetzt. Dort waren die zusätzlichen nationalen Regelungen für Bauprodukte, die nach europäisch harmonisierten Normen hergestellt und überwacht wurden, aufgelistet. Bei Erfüllung der Anforderungen wurde zum CE-Zeichen zusätzlich noch das Ü-Zeichen vergeben. Dies ist seit 16.10.2016 nicht mehr erlaubt. Wir bauen zwar trotzdem nach bisherigem Standard weiter, allerdings ist eine große Verunsicherung bei allen Beteiligten vorhanden.

Der europäische Gerichtshof sah einen Verstoß gegen die Bauproduktenrichtlinie und eine Marktbeschränkung für Produkte, die aus anderen Ländern nach Deutschland geliefert werden und bereits ein CE-Zeichen nach harmonisierten europäischen Normen besitzen. Deutschland hatte die zusätzlichen Anforderungen mit einem erhöhten Qualitäts- und Schutzniveau für den Einsatz in Deutschland begründet. Laut EU sollen diese zusätzlichen Anforderungen in den europäischen Normungsprozess eingebracht werden. Dies ist zwar theoretisch möglich, allerdings ist es sehr schwierig, bestimmte zusätzliche Anforderungen gegenüber den anderen Mitgliedsstaaten durchzusetzen und in EN-Normen einzubringen. Trotzdem müssen künftig die Anstrengungen verstärkt werden, um unsere Forderungen in den europäischen Normen zu verankern.

Die Bauminister der Länder haben zwischenzeitlich zwar klargestellt, dass es keinerlei Abstriche bei der Bauwerkssicherheit geben wird. Wie dies geschehen soll, ist bislang allerdings nicht eindeutig. Die Anforderungen sollen nun nicht mehr an die Bauprodukte direkt, sondern an das Bauwerk oder Bauteil gestellt werden. Nach Ansicht der Bauaufsicht ist diese Vorgehensweise erlaubt.

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Bei Mauersteinen nach EN 771 ist der Frostwiderstand als Eigenschaft nicht definiert. Dies erfolgte durch die nationalen Normen DIN 105 und DIN V 18153, die nun gestrichen sind. Künftig wird die Anforderung auf die damit hergestellte Wand übertragen; das heißt, die Mauerwerkswand muss den Frostwiderstand nachweisen. Vielleicht sogar durch dasselbe Prüfverfahren, wie bei den gestrichenen Normen. Streng genommen bedeutet dies nichts anderes, als dass die Regelung nun vom Bauprodukt auf das Bauteil übertragen wurde und doch wieder ein Handelshemmnis darstellt. Man darf gespannt sein, wie die europäischen Gesetzeshüter dies beurteilen werden.

## Neue nationale Regelungen werden in der „Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VVTB)“ konkretisiert

Diese Vorschrift liegt derzeit im Entwurf vor und muss noch diskutiert und anschließend von den Bundesländern dann auch noch eingeführt werden. Dies führt derzeit dazu, dass wir uns im Regelwerk in einer Grauzone befinden. Einerseits sind viele nationale Anforderungen außer Kraft gesetzt, andererseits die neuen Ersatzregelungen noch nicht eingeführt. Ein Dilemma, wer mit Bauprodukten zu tun hat. Vor allem Architekten, Planer und die Bauindustrie sind von dem Umstand sehr betroffen. Wie soll der hohe Sicherheits- und Bauwerksstandard derzeit gesichert werden? Immerhin sind durch den Wegfall der Regelungen in der Bauregelliste B, Teil 1, etwa 200 nationale Normen betroffen, für die Ersatzregelungen geschaffen werden müssen.

Bis die neuen Regelungen fertig und durch die Bundesländer eingeführt sind, wird es noch dauern. In der Zwischenzeit müssen sich die Betroffenen anders weiterhelfen. Zum Beispiel können Hersteller von Produkten, die bisher zum CE-Zeichen noch das Ü-Zeichen verwendet haben, die Leistungen, die durch das Ü-Zeichen bestätigt wurden durch eine freiwillige Herstellererklärung bestätigen. Das scheint zumindest eine Möglichkeit zu sein, die zwar auch nicht ganz rechtssicher ist. Dennoch: Immerhin besser, als nichts zu tun.



Die Betonhersteller sind nicht direkt von den Regelungen betroffen, da die EN 206 keine harmonisierte Norm ist. Die Ausgangsstoffe zur Betonherstellung sind hingegen teilweise betroffen. Deshalb ist derzeit folgendes zu beachten, bis die neuen Regelungen der VVTB eingeführt sind.

**Der Betonhersteller sollte von seinem Lieferanten folgende Nachweise einfordern:**

- Alkaliempfindlichkeit der Gesteinskörnungen nach DAfStb-Richtlinie
- Umweltverträglichkeit von Flugasche
- Verwendbarkeit von Fasern nach EN 14889
- Alkaligehalt von Zement mit Eigenschaft NA

Diese Nachweise können beispielsweise durch freiwillige Herstellererklärungen erfolgen. Für SCHWENK Zement heißt dies, dass wir die Zemente mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt (bisher NA) künftig mit der Bezeichnung (na) auf den Markt bringen. Die Zementnorm EN 197-1 lässt die Beschreibung von Produkteigenschaften mit Großbuchstaben nicht zu. Deshalb erfolgt die Änderung in klein „(na)“. An der Zusammensetzung und den Eigenschaften ändert sich nichts. Gleiches gilt für unsere Zemente mit „allgemein bauaufsichtlicher Zulassung (abz)“. Auch hier werden wir wie bisher die Eigen- und Fremdüberwachung mit denselben Anforderungen und hohen Qualitätsstandards weiterführen. Darauf können Sie sich verlassen. An den Bezeichnungen ändert sich vorerst nichts.

Schaut man sich im europäischen Umfeld um, wird deutlich, dass einige Länder auch zusätzliche Anforderungen an Bauprodukte haben. Ob dies die NF-Zertifizierung in Frankreich, KOMO in Holland oder BENOR in Belgien ist. Diese Beispiele stellen ebenfalls einen erschwerten Marktzugang für Bauprodukte nach europäisch harmonisierten Normen dar. Unseres Wissens nach, gibt es derzeit in diesen Ländern keinerlei Anstrengungen diese aufzulösen. Deutschland ist zu schnell und forscht an die Streichung der

nationalen Regelungen gegangen, ohne vorher Ersatzregelungen zu schaffen.

Klar ist auch, dass wir uns künftig verstärkt am europäischen Normungsprozess beteiligen müssen, mit mehr Durchschlagskraft und weniger Kompromissbereitschaft. Nur so schaffen wir es, Regelungen zu entwickeln, die unser Sicherheits- und Schutzniveau garantieren.

Wir dürfen gespannt sein, wie die Entwicklungen voranschreiten. Wir halten Sie auf dem Laufenden.

Bei Fragen können Sie unsere Bauberater jederzeit gerne ansprechen.

**Viel Spaß beim Lesen unserer neuen Ausgabe der „Bauberatung informiert“.**

**Werner Rothenbacher  
Leiter der Bauberatung**



# Versandgebäude mit anthrazit einge- färbtem Sichtbeton. Erweiterung Werk Mergelstetten



## Einführung

Der gesamte LKW- und PKW-Verkehr für das SCHWENK Zementwerk in Mergelstetten bei Heidenheim erfolgte bislang über die Hainenbachstraße. Wegen eines Bahnübergangs direkt an der Zufahrtsstraße zum Werkstor kommt es bei geschlossener Bahnschranke häufig zu Behinderungen und langen Rückstaus des Verkehrs. Die Zufahrt zum Werksgelände wird dadurch erheblich erschwert. Aus diesem Grund hat sich die Werksleitung dazu entschlossen, die Zufahrt von der Nord- auf die Südseite des Werks zu verlegen. Die Anbindung an die Bundesstraße B19 erfolgt über einen Kreisverkehr. Dieser wurde bereits im Jahr 2013 aus Beton hergestellt (Bericht in „Bauberatung informiert 2014“). Neben großen Parkflächen an der neuen Zufahrt für die Silofahrzeuge wird in diesem Zusammenhang auch das Versandgebäude samt Wiegeanlagen auf diese Seite verlegt. Der Neubau dieses Versandgebäudes sollte mit einer Fassade aus Sichtbeton erstellt werden. Damit sich das Gebäude von den vielen grauen Betonoberflächen des Werkes absetzt wurde entschieden, sämtliche Außenwände mit anthrazit eingefärbtem Beton zu erstellen. Im folgenden Beitrag wird über die Erstellung der Sichtbetonbauteile des Gebäudes berichtet.

## Projekt

Das Gebäude wurde als eingeschossiges massives Bauwerk ohne Kellergeschoss geplant. Die Abmessungen der Grundfläche sind etwa 15/18 m. Die Wände haben eine Höhe von bis zu 5,50 m und sind 0,30 m dick (Bild 1). Die Dämmung der Wände erfolgt innen, damit die Betonflächen außen sichtbar bleiben. Bereits bei der Planung hat der Architekt für die Fassadenflächen entsprechende Schalungsmuster vorgegeben, um die optische Wirkung der ein-

gefärbten Flächen zu verstärken. Damit keine Deckenfugen an den Außenwänden sichtbar sind, wurden die Wände komplett in einem Stück in der gesamten Höhe hergestellt und die Decken mittels Auflagerbänken und Bewehrungsanschlüssen später eingebunden. So wirkt das Gebäude wie ein Monolith aus einem Guss.

## Vorbereitung

Vor allem bei eingefärbtem Beton mit intensiver Farbgebung sind viele Aspekte zu beachten. Wichtig ist, dass dem Planer und dem Bauherrn die Möglichkeiten und Grenzen von intensiven Farbtönen auf glatten Schalungen aufgezeigt werden. Die Neigung zu hellen Ausblühungen, Kalkschleiern und zur Wolkenbildung wird hier gefördert. Diese Effekte können in den kälteren Jahreszeiten noch stärker ausfallen.

Vor Beginn der Bauausführung werden häufig kleine Musterplatten hergestellt, um die notwendige Dosierung der Farbpigmente festzulegen. Es muss jedem Beteiligten klar sein, dass diese Musterplatten nur einen Hinweis zur Farbgebung sein können. Es ist dringend zu empfehlen vor dem Fertigen der Sichtbetonbauteile eine Probewand mit vergleichbaren Rahmenbedingungen (Abmessung, Schalhaut, Bewehrungsgehalt) herzustellen, damit alle einen Eindruck von Farbe und Oberfläche bekommen. Wie bei dem „DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton“<sup>1</sup> empfohlen, sollte ein „Sichtbetonteam“ gebildet werden.

In diesem Fall waren alle Projektbeteiligten vom Bauherrn, Architekt, Statiker, Bauunternehmer, Schalungsbauer und Betonliefe-



Bild 1: Ansicht West (unten), Süd (oben) (Quelle: Scherr und Klimke)

rant von Beginn in die Gespräche und Diskussionen eingebunden. So konnte jeder wichtige Aspekte und Vorschläge aus seinem Fachgebiet einbringen, was einen reibungslosen Bauablauf und eine vernünftige Arbeitsvorbereitung unterstützt. So wurden Schalungsraster, Oberfläche, Ankerlage und -ausbildung, Fugen, Betonierabschnitte, Rahmenrezeptur und Konsistenz bereits vorbesprochen. Für alle sichtbar bleibenden Flächen wurde die Sichtbetonklasse 3 ausgeschrieben.

#### Vorversuche

Um den Farbton und die Dosierung der Farbpigmente festzulegen wurden auch hier Musterplatten mit den Abmessungen 40/40/6 cm liegend mit den Ausgangsstoffen vom Transportbetonwerk hergestellt. Die Farbpigmente wurden als Flüssigfarbe gewählt, da hier die Dosierung einfacher ist, wie bei Feststoffen. Um den Farbton anthrazit zu erzielen werden Farbpigmente in schwarz verwendet. Diese gibt es auf Basis von Eisenoxid oder Kohlenstoff. Da es bei Einsatz von Kohlenstoff über einen längeren Zeitraum zur Aufhellung der Flächen kommen kann, wurde entschieden die Farbpigmente auf Basis von Eisenoxid einzusetzen<sup>2</sup>.

Als Zement wurde ein CEM II/A-LL 32,5 R aus dem Lieferwerk Mergelstetten gewählt. Durch das Kalksteinmehl besitzt der Zement eine helle Grundfarbe und ein gutes Wasserrückhaltevermögen, was für Sichtbetonflächen mit glatter Schalung eine gute Grundlage ist.

Empfehlenswert ist es die Musterplatten nicht liegend, sondern stehend herzustellen, da auch der Herstellungsprozess der Wände in der Praxis so erfolgt. Folgende Aspekte sind bei den Versuchen schnell klar geworden:

- Die angestrebte Dosierung von 5 M.-% Flüssigfarbe Schwarz (ca. 50 % Feststoff) bezogen auf den Zementgehalt von 340 kg/m<sup>3</sup> reicht bei weitem nicht aus, um einen intensiven Anthrazit-Farbtönen zu erzielen.
- Bei gleicher Dosierung der Flüssigfarbe verschiedener Hersteller können unterschiedlich starke Farbtönungen entstehen. Das heißt 5 M.-% Flüssigfarbe Hersteller A ergibt nicht dasselbe Ergebnis, wie bei Verwendung des Herstellers B. Dies ist bei der Kalkulation zu beachten.
- Die Musterplatten sollten stehend hergestellt werden, da die Ausführung in der Praxis bei Wänden ebenfalls so erfolgt.
- Farbtönungen der im Labor hergestellten und gelagerten Musterplatten können im Vergleich zur Praxis Unterschiede aufweisen.
- Trotz aller Vorversuche im Labor sollte ein Musterbauteil auf der Baustelle erstellt werden.

Somit haben die Vorversuche ergeben, dass mit 10 M.-% Flüssigfarbe schwarz des Herstellers Scholz die Musterbauteile erstellt werden. Da das Versandgebäude nicht unterkellert und es keine untergeordneten nicht sichtbaren Wände gibt, wurden im Baustellenumkreis zwei Musterwände erstellt, um die Farbe in Verbindung mit der Schalung und hohem Bewehrungsgehalt nochmals zu testen (Bild 2).

Die Wände wurden nach zwei Tagen ausgeschalt. Die Beurteilung des Farbtons erfolgt dann frühestens ein Tag nach dem Entschalen, da die Wand direkt nach dem Entschalen sehr dunkel wirkt und durch den Austrocknungsvorgang wieder heller wird. Nach dem Erstellen der ersten Musterwand wurde die Dosierung der Flüssigfarbe nochmals um 2 M.-% auf schließlich 12 M.-% v.Z.



Bild 2: Musterwände auf der Baustelle

Flüssigfarbe (40 kg/m<sup>3</sup>) schwarz erhöht. Dadurch konnte der gewünschte Farbton erzielt (Bild 2).

Somit ergab sich für den Beton mit den Anforderungen C25/30, XC4, XF1, Konsistenz F4 folgende Zusammensetzung:

Zement CEM II/A-LL 32,5 R	340 kg/m <sup>3</sup>
Wasser	172 kg/m <sup>3</sup>
Fließmittel BASF SKY 683	0,75 M.-% v. Z.
Flüssigfarbe Scholz schwarz HS330/1	12 M.-% v. Z
Sand 0/2 mm	700 kg/m <sup>3</sup>
Kies 2/8 mm	407 kg/m <sup>3</sup>
Kies 8/16 mm	742 kg/m <sup>3</sup>
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	i.M. 40 N/mm <sup>2</sup>

Tabelle 1: Rezeptur Farbbeton

### Ausführung

Bei Sichtbetonbaustellen ist der Ausführungszeitraum ein wichtiger Aspekt für das erzielbare Ergebnis. In diesem Fall lag dieser zwischen Mai und Juni 2016. Dadurch konnten die Effekte bei Betonagen in den Wintermonaten, wie zum Beispiel Dunkelverfärbungen und Kalkschleier ausgeschlossen werden. Allerdings sind im Sommer die Frischbetontemperaturen zu beachten. Die 30 °C Grenze sollte eingehalten werden. Auf eine ausreichende Verarbeitungszeit ist ebenfalls zu achten.

Vorteilhaft war bei dieser Baustelle, dass das Transportbetonwerk nur etwa 5 Minuten Fahrzeit von der Baustelle entfernt lag. Somit konnte schnell auf Veränderungen reagiert werden. Über eine Arbeitsanweisung wurde festgelegt, dass vor Herstellung des Farbbetons der Mischer und das Fahrzeug zu reinigen sind. Die Konsistenz wurde vor Übergabe auf der Baustelle nochmals durch einen Laboranten geprüft. Für die Wände wurde ein Ausbreitmaß von etwa 50 cm vorgeschlagen.

Die Wände waren bis zu 5,5 m hoch, bei 0,30 m Dicke. Betoniert wurden die Wände alle mittels Betonpumpe. Gerade bei der Einbauweise mit Betonpumpe ist zu beachten, dass durch entsprechende Maßnahmen die Fallhöhen unter 1 m bleiben, die Schütt-



Bild 3: Betonieren mittels Betonpumpe

lagen < 0,30 m und die Steiggeschwindigkeit in Verbindung mit dem Frischbetondruck beachtet werden. Im Bedarfsfall kann der Frischbetondruck vor Ort durch den Einbau von Druckmessdosen überwacht werden. Bei kritischen Werten muss dann die Betoniergeschwindigkeit angepasst werden.

Das Ausschalen der Wände durfte frühestens nach zwei Tagen erfolgen. Dann hatte der Beton eine ausreichende Festigkeit, dass keine Ecken mehr abplatzen und keine weitere Nachbehandlung notwendig ist. In den ersten Tagen sollten die Betonoberflächen vor starken Regenfällen geschützt werden. Bei diesen intensiven Farbtönen kann oder könnte es dann immer noch zu leichten Kalkschlieren kommen.



Bild 4: Sichtbetonwände nach dem Ausschalen



**Bild 5:** Farbunterschiede vor Oberflächenbehandlung

### Oberflächenbearbeitung

Bei den bis zu 5,50 m hohen Sichtbetonwänden auf der Baustelle hat sich gezeigt, dass vor allem die Wände im oberen Bereich etwas heller waren. Dies könnte mit dem Effekt zusammen hängen, dass sich im unteren Bereich durch die Auflast des Frischbetons ein dichteres Gefüge einstellt. Die Forschungsarbeit von Schiessl/Strehlein hat die Ursache solcher Dunkelverfärbungen untersucht<sup>3</sup>.

Sichtbar bleibende Betonflächen im Außenbereich sollten unbedingt durch eine Hydrophobierung geschützt werden. Dadurch wird die Verschmutzung und Vermoosung der Oberfläche reduziert. Dieser farblosen Hydrophobierung kann bei Bedarf ein ge-

ringer Anteil eines Farbpigments zugemischt werden. Dadurch können Farbunterschiede an der Oberfläche egalisiert und etwas ausgeglichen werden. Die Zugabe von Farbpigmenten zur Hydrophobierung muss sehr gewissenhaft geschehen, damit der Sichtbetoncharakter der Flächen erhalten bleibt. Vor der Festlegung zur Dosierung der Farbpigmente sind Musterflächen an nicht sichtbar bleibenden Oberflächen anzulegen. Erst nach Besichtigung und Freigabe durch den Planer sollen die Flächen dann behandelt werden.

### Zusammenfassung

Das Bauvorhaben hat gezeigt, dass die Herstellung von dunkel eingefärbten Sichtbetonflächen eine große Herausforderung darstellt. Bei intensiven Farbtönen werden Farbunterschiede deutlicher auftreten, als bei hellen Farbtönen. Die Einbeziehung eines Sichtbetonteams, mit Vertretern vom Bauherrn, Architekten, Betonhersteller, Schalungshersteller, Baufirma und Zementlieferant ist eine wichtige Grundlage für das Gelingen. Bereits bei der Arbeitsvorbereitung konnten hier wichtige Details geklärt und somit Fehler vermieden werden. Bei der Ausführung hat sich gezeigt, dass leichte Farbunterschiede nicht verhindert werden können. Die sichtbar bleibende Außenfassade bekam als Schutz eine Hydrophobierung mit Zusatz von Farbpigmenten. So konnte die Oberfläche etwas ausgeglichen werden, ohne dabei den Sichtbetoncharakter zu zerstören. Durch die dunkle Oberfläche hebt sich das Versandgebäude deutlich von den Bauwerken des Zementwerkes ab.

**Werner Rothenbacher**  
Leiter der Bauberatung



<sup>1</sup> DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton. Fassung Juni 2015.

<sup>2</sup> Scholz-AT: Schwarzeinfärbung von Beton. Ausgabe 14.07.2014.

<sup>3</sup> Schiessl, Strehlein: Fleckige Dunkelverfärbungen an Sichtbetonflächen. Zeitschrift Beton Heft 1–2. Ausgabe 2009.

### An dem Projekt waren folgende Firmen beteiligt:

#### Bauschild Versandgebäude Mergelstetten

##### Bauherr:

SCHWENK Zement KG, Werk Mergelstetten

##### Architekt:

Scherr + Klimke AG, Ulm

##### Bauausführung:

Noller Bauunternehmung GmbH, Niederstotzingen

##### Beton:

SCHWENK Beton Heidenheim GmbH & Co. KG, Heidenheim

##### Betontechnische Begleitung:

SCHWENK Technologiezentrum GmbH & Co. KG, Allmendingen

##### Schalung:

Peri GmbH, Weißenhorn

##### Betonbearbeitung:

Sichtbetonkosmetik Kopp, Emerkingen

##### Zement:

SCHWENK Zement KG, Lieferwerk Zementwerk Mergelstetten

# Aktuelle Entwicklungen bei Zement und Beton



Nie zuvor wurde auf der Welt so viel Zement und Beton produziert und verbaut wie im letzten Jahr. Während der Zementverbrauch in den Industrienationen, z.B. Deutschland, eher stagniert, erreichen Schwellenländer wie China Verbräuche von weit über 1.000 kg Zement pro Kopf und Jahr (Vergleich BRD 2015: 324 kg). Dennoch vollzieht sich auch hierzulande eine ständige Weiterentwicklung der Produkte Zement und Beton. Diese Veränderungen stehen dabei im engen Spannungsfeld zwischen den aktuellen umweltpolitischen Anforderungen einerseits und den Anforderungen des Marktes andererseits.

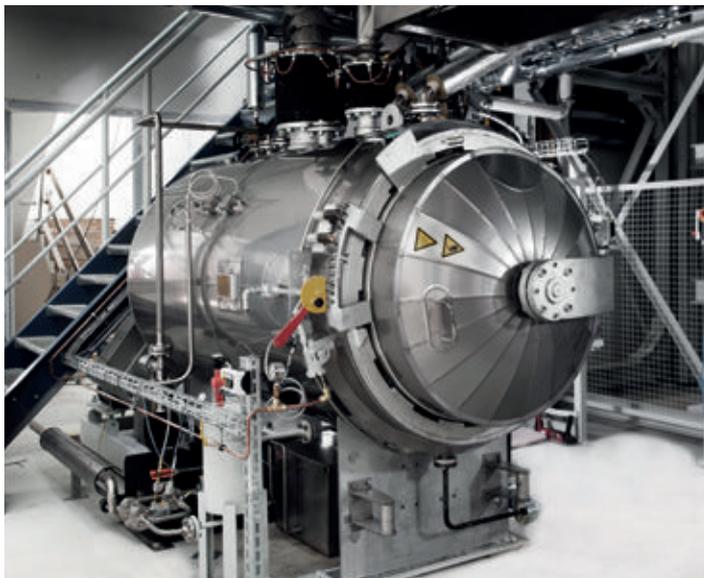


Bild 2: Autoklav zur Herstellung von Celitement® in der Pilotanlage im KIT

Blickt man auf die jüngste Vergangenheit in unserem Land, so war die Entwicklung vor allem durch den Einsatz von Zusatzstoffen wie Flugasche oder Kalksteinmehl geprägt. Bei den Zementen spiegelt sich diese Entwicklung im gestiegenen Einsatz von Portlandkompositzementen wider. Durch eine entsprechende Auswahl der Ausgangsstoffe können Betone für die jeweilige Anwendung optimiert werden. Allerdings hängt die Verfügbarkeit bestimmter Ausgangsstoffe immer mehr von den politischen Vorgaben ab. So ist das Flugascheaufkommen infolge der jüngsten Energiepolitik in einigen Regionen drastisch gesunken. Auch die Stahl- und Hüttenindustrie droht mittelfristig ins Ausland abzuwandern, was eine dramatische Reduzierung des Hüttenandaufkommens zur Folge hätte. Das Ziel muss also sein, sich von entsprechenden Ausgangsstoffen unabhängig zu machen. Schon jetzt werden verstärkt Gesteinsmehle als Zusatzstoff im Beton eingesetzt. Zemente, die neben Portlandzementklinker und Hüttenand oder Flugasche auch Kalksteinmehl beinhalten, haben sich vielfach bewährt.

Auch in Zukunft werden politische Rahmenbedingungen Einfluss auf unsere Bauweise nehmen. Strengere Umweltstandards bezüglich Emissionen bei der Zementherstellung oder Auslaugungen von Betonen stehen derzeit im Fokus. Als eine der Konsequenzen daraus entwickelt SCHWENK zusammen mit dem KIT (Karlsruher Institut für Technologie) mit Celitement® ein völlig neues Bindemittelkonzept. Im Gegensatz zum Standardzement, der als Hauptbestandteil immer gebrannten Klinker enthält, wird bei diesem Bindemittel auf einen Hochtemperaturprozess gänzlich verzichtet. Die Herstellung erfolgt ähnlich wie bei Kalksandstein oder Porenbeton in einem Autoklaven (Bild 2). Spezielle

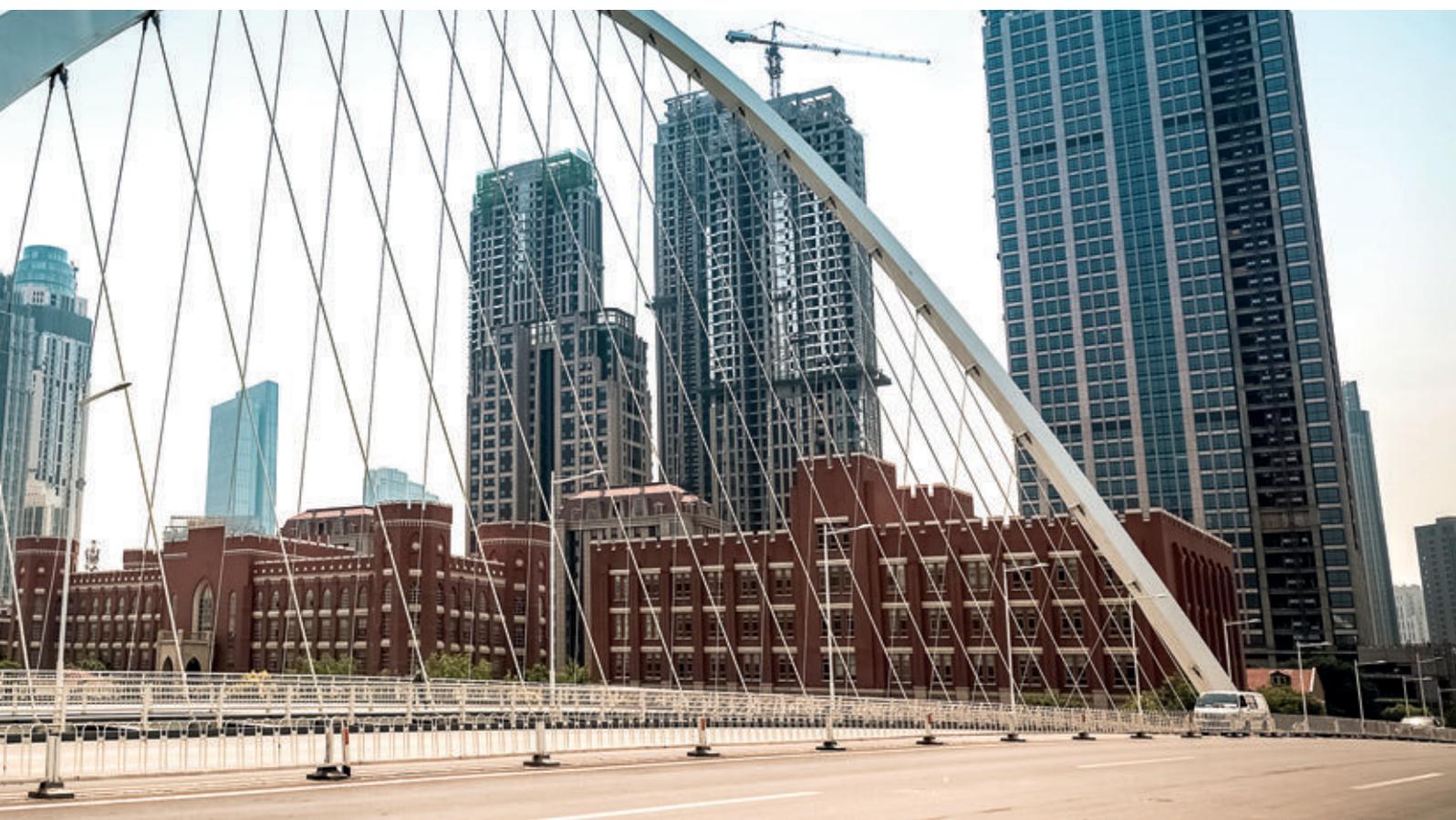


Bild 1: Stadtbrücke in Tianjin, China

Mühlen erzeugen dann ein hydraulisches Bindemittel, das wie Zement weiterverarbeitet werden kann und erhärtet.

Neben dem Umweltschutz kommt auch dem Ressourcenschutz eine zunehmend größere Bedeutung zu. In Nordostdeutschland schwinden die Vorkommen an grober Gesteinskörnung. Der Süddeutsche Raum leidet teilweise an einem Mangel an hochwertigen Sanden. In einem Forschungsprojekt, zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik, konnte SCHWENK zeigen, dass Betone durch sogenanntes elektrodynamisches Pulsen (vergleichbar mit einer Funkenentladung) recycelt werden können. Bisher erfolgt die Aufbereitung von Altbeton durch mechanisches Brechen. Der dabei erzeugte Baustoff kann aber Gesteinskörnungen aus Kies und Splitt nur teilweise ersetzen. Das durch elektrodynamisches Pulsen erzeugte Rezyklat entspricht in seinen Eigenschaften der ursprünglichen Gesteinskörnung (Bild 3). Natürliche Ressourcen werden somit geschont. Beide Forschungs Kooperation, Celitement und Betonrecycling, wurden 2014 bzw. 2015 als Bundessieger im Wettbewerb „Deutschland – Land der Ideen“ ausgezeichnet.

Neben den umweltpolitisch motivierten Entwicklungen werden die heutigen Betone immer mehr für die jeweilige Anwendung optimiert. Ein Beispiel findet sich bei den großen Tunnelbaustellen der letzten Jahre. So sind dem Bau der Neubaustrecken Erfurt-Nürnberg oder Stuttgart-Ulm umfangreiche Versuche und Untersuchungen vorausgegangen, um die Leistungsfähigkeit insbesondere des Spritzbetons zu steigern (Bild 4, Seite 12). Dabei mussten neben den hohen Anforderungen an die Festigkeitsentwicklung des Betons auch immer die Dauerhaftigkeit und

Wirtschaftlichkeit sichergestellt werden. Um die Vielzahl aktueller Baumaßnahmen zu bedienen, werden entsprechend optimierte Spritzbeton-Zemente heute an jedem der SCHWENK-Zement-Standorte hergestellt.

Im Bereich der Betonfertigteile wird der Schnellzement Fastcrete® plus CEM I 52,5 R (fc) aus dem Lieferwerk Mergelstetten seit nunmehr über einem Jahrzehnt erfolgreich eingesetzt. Zemente mit sehr hoher Frühfestigkeit werden aber von anderen



Bild 3: Rezyklierter Gesteinskörnung aus erhärtetem Beton; hergestellt durch elektrodynamisches Pulsen

SCHWENK-Lieferwerken angeboten. Eine Besonderheit stellt der Schnellzement **Fastcrete® basic** aus dem Werk Karlstadt dar. Dieser sulfatfreie und damit für den klassischen Beton ungeeignete Zement, findet überwiegend im Bereich der Putz- und Mörteltechnik großen Anklang.

Große Bodenplatten oder Fundamente, wie sie beispielsweise für Windkraftanlagen Verwendung finden, bedürfen Zemente mit einer niedrigen Hydratationswärme. Diese sog. low-heat-Zemente (LH) werden seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt. Neben der LH-Eigenschaft werden aber zunehmend weitere Anforderungen an diese Zemente und Betone gestellt. So wird im erd- oder grundwasserberührenden Bereich oft ein hoher Sulfatwiderstand (SR) gefordert. Im Lieferwerk Allmendingen wird bereits seit langem ein entsprechender Portlandzement mit den Eigenschaften LH/SR 3 hergestellt. Da neben den genannten Sondereigenschaften z.T. auch Zemente mit niedrigem Alkaligehalt (NA) erforderlich sind, wurde im Lieferwerk Bernburg der CEM III/A 42,5 N LH/SR/NA entwickelt. Dieser Zement findet vor allem bei Wasserbauwerken oder im Spezialtiefbau Anwendung.

Auch andere Zemente werden neben dem klassischen Betonbau zunehmend im Spezialtiefbau eingesetzt. So verbessern SCHWENK Bodenbinder® die Tragfähigkeit anstehender Böden im Verkehrswegebau. SCHWENK Füllbinder® werden zur Verfüllung von Hohlräumen oder von Geothermiebohrungen verwendet. SCHWENK Ankerzemente® zementieren Bohreranker bei Fels- und Tunnelsicherungsmaßnahmen.

Viele Betoneigenschaften, die vor einigen Jahren noch als unrealistisch galten, sind heute Realität geworden. So gehören Betone mit Festigkeiten über 100 MPa oder selbstverdichtende Betone bei vielen Baumaßnahmen inzwischen zum Standard. Moderne Bemessungskonzepte erlauben Lebensdauern mancher Bauwerke von 100 Jahren und mehr. Der Trend hin zu leistungsfähigeren Betonen wird sich auch in Zukunft fortsetzen. So sollen Anwendungen erschlossen werden, die bisher Baustoffen auf Basis von Kunststoffen oder Keramik vorbehalten waren. In einem aktuellen Forschungsprojekt wird beispielsweise ein Bindemittel zur Herstellung säurebeständiger Betone entwickelt. Entsprechende Anwendungen finden sich bei Rohren und Schächten sowie im landwirtschaftlichen Bereich. Ein anderes Forschungsthema widmet sich Bauteilen, die in speziellen 3D-Druckern hergestellt werden. Zukünftig soll dabei auf konventionelle Bewehrungen verzichtet werden, um den hohen Aufwand zur Herstellung von Bewehrungskörben zu vermeiden. Stattdessen sollen spezielle Carbonfasern die Zugfestigkeit des Betons sicherstellen.

**Thomas Neumann**  
Leitung Labor / F + E

**Bild 4:** Anwendung von Spritzbeton im Tunnelbau





# Herstellung Eisenbahnübergang/ Trogbauwerk der Ausbaustrecke Berlin/Halle/Leipzig am Bahnübergang Ortslage Hohenthurm



## Einführung

Gegenstand des vorliegenden Berichts ist die Beseitigung der Bahnübergänge Po 159 (Droyßiger Weg) und Po 160 (Haltepunkt Hohenthurm) im Bereich des Planungsabschnittes 4.1 Bitterfeld – Halle der Ausbaustrecke Berlin – Halle/Leipzig. Nach dem Bedarfsplan für den Ausbau der Bundesschienenwege ist die Ausbaustrecke Berlin – Halle/Leipzig als vordringlicher Bedarf ausgewiesen. Die Strecke Bitterfeld – Halle als Teilstück dieser Verbindung ist für eine Geschwindigkeit von  $> 200$  km/h auszubauen. Die Notwendigkeit der Baumaßnahme ergibt sich damit aus § 11 der Eisenbahn-Bau und Betriebsordnung, die höhengleiche Kreuzungen zwischen Bahn und Straße bei zugelassenen Geschwindigkeiten  $> 160$  km/h auf der Schiene ausschließt.

Die Landstraße L 168 von Raßnitz nach Hohenthurm kreuzt die Bahnstrecke am Bahn km 152 und Straßen km 16 höhengleich. Der Bahnübergang Hohenthurm ist somit aus Gründen der Sicherheit und Abwicklung des Verkehrs zu beseitigen. Die Bahnstrecke wird östlich mittels einer Eisenbahnüberführung (BW1) über die L 168 geführt. Die L 168 wird entsprechend abgesenkt und in einem Trogbauwerk (BW2) geführt. Die bereits realisierte Eisenbahnüberführung der Gehwege am Bahnkilometer 152 wird mittels Rampen in einem separaten Trogbauwerk (BW3) an den Gehweg angeschlossen.

Die Eisenbahnüberführung über die L 168 (BW1) passt sich dem Querschnitt auf der Brücke den vorhandenen Querschnittsmaßen



Bild 2: Schalung Trogbauwerk Süd



Bild 3: Schalung Trogbauwerk Nord



Bild 1: Bahnübergang Ortslage Hohenthurm

des Haltepunktes an. Es wird eine lichte Weite von 10,36 m überspannt. Die lichte Höhe beträgt 4,50 m. Es werden beidseitig der Gleise 3,0 m breite Bahnsteige überführt. Die Gleise sind als Feste Fahrbahn, System Walter, vorhanden. Das Bauwerk liegt im Grundwasser und wird als geschlossener, wasserundurchlässiger Stahlbetonrahmen vorgesehen.

Auf Grund der Höhenlage der Strecke Bitterfeld – Halle wird die L 168 abgesenkt und in einem Trogbauwerk (BW2) geführt. Die lichte Weite beträgt 10,36 m mit 2 x 3,50 m Fahrbahnbreite und 1,36 m Kurvenverbreiterung sowie 2 x 1,00 m breiten Notwegen. Die Rampen haben eine Neigung von 7 %. Die Entwurfsgeschwin-

digkeit für die Trassierung der L 168 beträgt 50 km/h. Der Trog wird in seiner Länge durch die Anordnung der Eisenbahnüberführung über die L 168 geteilt. Zwischen der Eisenbahnüberführung und dem fortführenden Trogbauwerk werden Raumfugen angeordnet. Das Bauwerk liegt ebenfalls im Grundwasser und wird als wasserundurchlässige Stahlbetonkonstruktion ausgebildet. Die Ausbildung des Straßenaufbaus im Trog entspricht den Forderungen der RAB-BRÜ-Tunnel in offener Bauweise. Zur Entwässerung wird am Tiefpunkt eine Hebeanlage vorgesehen.

Der Gehweg der L 168 wird von der Landesstraße getrennt und schließt in einem separaten Trogbauwerk (BW3) an die schon vorhandenen Gehwege der Eisenbahnüberführung an. Der Trog wird mit einer Breite von 3,00 m und einer lichten Höhe von 2,50 m hergestellt. Er schließt nördlich an das Trogbauwerk der L 168 an. Die Rampen werden behindertengerecht mit einer Neigung von 6 % und Verweilstellen ausgebildet. Der Gehweg wird im Anschlussbereich zum vorhandenen Tunnel als geschlossener Rahmen und danach als offener Trog aus wasserundurchlässigem Stahlbeton hergestellt.

Die Bauwerke werden in offener Baugrube zwischen Spundwänden unter Einrichtung einer bauzeitlichen Entspannung des unteren Grundwasserleiters ausgeführt.

#### Betonqualität

Für die tragenden Bauteile legte die Ausschreibung fest, die Betone so herzustellen, dass sie neben den geforderten Eigenschaften



Bild 4: Betonage Trogbauwerk



Bild 5: Bahnübergang Hohenthurm



Bild 6: Detail Trogwand



Bild 7: Detail Schalung Trogbauwerk

wie Festigkeit, Widerstand gegen Frost – Tausalz – Einwirkung und gegen schwachen chemischen Angriff eine möglichst hohe Dauerhaftigkeit, z.B. Wassereindringtiefe < 30 mm und einen hohen Karbonatisierungswiderstand besitzen. Weiterhin sollten die eingesetzten Betone eine möglichst geringe Formänderung infolge von Schwinden und Hydratationswärme unter Beachtung des Bauverfahrens und Bauablaufs aufweisen.

Um diesen Forderungen gerecht zu werden, wurde von der ausführenden Firma Porr als Massenzement für alle Bauwerke der CEM III/A 32,5 N-LH/NA der Firma SCHWENK aus dem Werk Bernburg gewählt. Durch seine Eigenschaften wie langsame Festigkeitsentwicklung und niedrige Hydratationswärme sowie niedriges Alkaliäquivalent konnte insbesondere die Hydratationswärmeentwicklung im Bauteil stark begrenzt werden. Ebenso erwies sich dieser Zement als optimal hinsichtlich des Zusammenhaltens der Betone im F3 Bereich und der Blutneigung.

Alle Betonflächen der Tröge, Stützwände und Unterbauten waren in Sichtbetonqualität gemäß Merkblatt Sichtbeton des DBV als Sichtbetonklasse 3 auszuführen. Schon bei der Herstellung der Musterwand zeigte sich, dass mit dem CEM III/A 32,5 N-LH/NA eine sehr helle, gleichmäßige Betonoberfläche erzielt werden konnte. Es wurde eine Schalung mit einseitig gehobelten Brettern gleichen Querschnitts mit profilierten Seiten (Nut und Feder) verwendet und die Schalungsstöße versetzt angeordnet.

Gleichzeitig gelang es mit dieser Schalung die Verformungen so zu begrenzen, dass unter dem Betonierdruck an Fugen und Stößen



<b>Betonzusammensetzung</b>	
Expositionsklassen	XC4, XD2, XF2, XF3, XA2/WA
Festigkeitsklasse	C 30/37
Konsistenzklasse	F3
Norm	Beton nach Eigenschaften (DIN EN 206/DIN 1045-2)
Größtkorn	16 mm
Festigkeitsentwicklung	langsam

Tabelle 1

Bezeichnung	Dichte kg/dm <sup>3</sup>	Menge	Gehalt kg/m <sup>3</sup>
Sand 0/2	2,64	38 %	672
Kies 2/8	2,63	20 %	353
Kies 8/16	2,61	42 %	736
CEM III/A 32,5 N-LH/NA	3,00	320 kg	320
SFA	2,1	80 kg	80
Frischwasser	1,0	169 kg	169
BV/FM	1,06	0,50 %	1,60

Tabelle 2

keine Ausblutungen von Zementleim auftraten. Die Schalungskanten wurden durch 1,5/1,5 cm starke, dreieckige Profileleisten gebrochen. Alle Sicht- und sonstigen Betonoberflächen sind sauber, absatzfrei und nahezu porenlos in einer sehr hellen, gleichmäßigen Farbtonung hergestellt worden. Nach der Betonage wurde der Frischbeton 3 – 4 Tage in der Schalung belassen und nach dem Ausschalen sofort mit Folien bzw. Dämmmatten gegen Auskühlung und Austrocknung geschützt.

Die Baustelle wurde bei einer anerkannten Prüfstelle zur Fremdüberwachung angemeldet. Die Eigenüberwachung der Baustelle als ÜK 2 Überwachung erfolgte durch die Firma Zert Plus aus Bitterfeld. Ergänzend zur DIN 1045 kamen folgende Frischbetonprüfungen zur Anwendung :

- Ermittlung des Ausbreitmaßes zu Beginn eines jeden Betonierabschnittes (die ersten drei Fahrzeuge)
- Jedes weitere Fahrzeug nach Augenschein
- Mindestens einmal je Stunde bzw. jede fünfte Lieferung Ermittlung des Ausbreitmaßes

Neben der ständigen Kontrolle der Konsistenz wurde der Wasser-Zement-Wert, die Druckfestigkeit, Wasserundurchlässigkeit und die Temperatur geprüft. Den Beton lieferte die Firma Berger Transportbeton GmbH aus den Werken Radefeld und Delitzsch. Auch an diesen Werken wurde der Frischbeton im Rahmen der Eigenüberwachung durch das werkseigene Labor entsprechend geprüft.

**Mario Lietzmann**  
Bauberatung

**Daniel Berger**  
Berger TB GmbH

#### An dem Projekt waren folgende Firmen beteiligt:

##### **Auftraggeber:**

Deutsche Bahn

##### **Bauausführung:**

Porr Deutschland GmbH Infrastruktur Ingenieurbau Berlin

##### **Bauzeit:**

September 2015 bis Dezember 2016

##### **Betonlieferant:**

Berger Beton GmbH

##### **Zement:**

SCHWENK Zement KG, Lieferwerk Zementwerk Bernburg

# SCHWENK verbessert seine Verkehrsanbindung in Mergelstetten



Überlastete LKW-Autobahnparkplätze auf den durch Frachtverkehr stärker genutzten Routen lassen jeden Abend die LKWs bis auf den Verzögerungstreifen stehen. Dieser Umstand ist u.a. den fehlenden Abstellplätzen geschuldet. Derzeit wird durch eine erhöhte und auch wahrnehmbare Bauaktivität versucht dieses Defizit auszugleichen. Auch bei einem frachtintensiven Unternehmen wie der SCHWENK Zement KG wird diesem Thema Sorge getragen. So wurde im vergangenen Jahr die Werkseinfahrt des Standortes Mergelstetten für LKWs an das südliche Ende verlegt, um den Verkehrsknoten Hainenbachstraße Ecke Carl-Schwenk-Straße zu entlasten und die Abstellmöglichkeiten für LKWs zu verbessern. Dies geschah im Zuge der Neugestaltung

der B19 zwischen Herbrechtingen und Heidenheim/Mergelstetten. Die Erstellung eines Kreisverkehrs war ein Teil des Projekts (Bericht in der Bauberatung Informiert 2014). Über diesen erfolgt nun die Anbindung der SCHWENK Zement KG und ELM Ersatzbrennstoff GmbH & Co. KG an den Schwerlastverkehr.

Um die täglich rund 160 LKWs reibungslos abfertigen zu können, entstehen direkt vor dem ebenfalls neu entstandenen Versandgebäude 24 LKW- und 20 PKW-Stellplätze. Letztere sind für die LKW-Fahrer und den Werksverkehr vorgesehen. Diese komfortable Stellplatzsituation ermöglicht es den Logistikpartnern z.B. auch zu Nachtzeiten anzureisen und damit die Fahrzeiten zu op-



Bild 2: Verdichten und Abziehen der Betonfläche



Bild 3: Nachbehandlung mittels Curingauftrag



Bild 1: Lagesicherung der Dübelkörbe

timieren. Ein weiterer Nutzen besteht für SCHWENK in der verbesserten Koordinierbarkeit und Abwicklung der Aufträge, um Stoßzeiten zu entzerren.

Für eine belastbare Lösung wurde natürlich ein betonlastiges Konzept gewählt, hier kamen die am Kreisverkehr auf WS geprüften Betonrezepturen zum Einsatz. Um den Standzeiten zu jeder Jahreszeit Sorge zu tragen, Spurrillen und Verdrückungen vorzubeugen, entschied sich Firma SCHWENK für einen Straßenbeton auf Schottertragschicht. Der Einbau erfolgte mit einer Rüttelbohle durch die Firma BERGER, Generalunternehmer für dieses Bauvorhaben war die Firma Noller Bauunternehmung

GmbH aus Niederstotzingen. Als Oberflächentextur kam ein Besenstrich zur Ausführung, da die Griffigkeit im Vordergrund stand. Eine Lärmbelastung bei den geringen Überrollgeschwindigkeiten konnte nachrangig behandelt werden. Damit entfiel die Waschbetonoberfläche beim Variantenvergleich. Innerhalb von rund drei Monaten konnten die Bauarbeiten am Anschluss Kreisverkehr und dem Parkplatz erfolgreich abgeschlossen werden.

**David Zühlsdorf**  
Bauberatung



Bild 4: Luftbild des Standorts Mergelstetten

#### An dem Projekt waren folgende Firmen beteiligt:

**Bauherr:**

SCHWENK Zement KG, Werk Mergelstetten

**Architekt:**

Scherr + Klimke AG, Ulm

**Bauausführung:**

Noller Bauunternehmung GmbH, Niederstotzingen

**Beton:**

SCHWENK Beton Heidenheim GmbH & Co. KG, Heidenheim

**Betontechnische Begleitung:**

SCHWENK Technologiezentrum GmbH & Co. KG, Allmendingen

**Zement:**

SCHWENK Zement KG, Lieferwerk Zementwerk Mergelstetten

# Nachbehandlung von Beton – ein notwendiges Übel?



## Einführung

Die Nachbehandlung von Beton wurde in der Vergangenheit in unseren Seminaren immer wieder zur Sprache gebracht. Jeder Betonfachmann weiß, welche negativen Folgen es haben kann, wenn die Nachbehandlung unterschätzt wird. Wir möchten Sie mit diesem Artikel weiter sensibilisieren und Hinweise geben, wie Sie die Betonnachbehandlung noch besser organisieren können als bisher.

## Ausgangslage

Im Fokus steht immer die Aufgabe den eingebrachten und verdichteten Beton vor schädigenden Einflüssen solange zu schützen, bis der Beton einen ausreichenden „Selbstschutz“ erlangt hat. Welche schädigenden Einflüsse können das sein? In erster Linie wären die Witterungsbedingungen wie Sonne, Wind, extreme Temperaturen, Luftfeuchtigkeit und Regen zu nennen. Aber auch Erschütterungen, Stöße oder Beschädigungen können die Betonrandzone schwächen. Je nach Betonzusammensetzung und Betontemperatur ist ein ausreichender Widerstand des jungen Betons früher oder später erreicht. Das Ziel aller Bemühungen muss sein, einen Beton zu entwerfen, der ein moderates, plastisches Fröhschwinden erzielt und eine ausreichende Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Betonrandzone unter den aktuell gegebenen Umgebungsbedingungen sicherstellt und dies immer im Blickfeld eines ökonomisch vertretbaren Nachbehandlungsaufwandes. Entsprechende Entscheidungshilfen geben uns Tabellen in der DIN EN 13670, DIN 1045-3, ZTV-Ing., ZTV Beton-StB und ZTV-W. In diesen Normen wird die Nachbehandlungszeit in Abhängigkeit der Festigkeitsentwicklung des Betons ( $r$ -Wert) und den tatsächlich vorherrschenden Umgebungsbedingungen festgelegt. Der

$r$ -Wert ergibt sich als Quotient aus der ermittelten 2-Tage-Druckfestigkeit zur 28-Tage-Druckfestigkeit während der Erstprüfung. Als Hintergrund dieser Tabellen für die Nachbehandlungszeiten sind die Nachbehandlungsklassen 1 bis 4 laut DIN EN 13670 zu nennen. Hier werden den Nachbehandlungsklassen prozentuale Anteile der charakteristischen Druckfestigkeit nach 28 Tagen zugeordnet (35 %, 50 % und 70 % der Endfestigkeit). Es wird davon ausgegangen, dass bei Erreichen der vorgegebenen Festigkeit die oberflächennahe Schicht (Betonrandzone) zu diesem Zeitpunkt ausreichenden Widerstand gegen die Umwelteinflüsse erlangt hat. Weitere wertvolle Hinweise gibt Ihnen auch das Zement-Merkblatt B8 – „Nachbehandlung und Schutz des jungen Betons“ des IZB, welches kostenlos unter [www.beton.org](http://www.beton.org) zu beziehen ist. Soweit wird die praxisgerechte „Theorie“ allgemein auf den Baustellen umgesetzt.

## Besondere Verfahren

Es gibt jedoch auch eine Reihe von Bauvorhaben, bei denen die zuvor beschriebenen Anwendungen meist wegen ökonomischen Zwängen nicht ausgeführt werden. Bei diesen Bauvorhaben werden neue wissenschaftliche Erkenntnisse genutzt, die speziell auf die konkrete Bausituation eingehen. Als Erstes soll hier die Ermittlung der temperaturabhängigen Festigkeitsentwicklung genannt sein. Das Prinzip der gewichteten Reife des Betons ist zwar schon lange bekannt, aber die Auswerteeinheiten haben in den letzten Jahren einen bedeutenden technischen Aufschwung erlebt. Trotz ihrer robusten Ausführung für den Baustelleneinsatz ist es möglich geworden, dass die Daten zeitnah über Funk oder online an den Bearbeiter (Prüfstellenleiter oder Bauleiter) gesendet werden und so schnelle Entscheidungen zur Nachbehandlung



Bild 1: Einbau einer Verkehrsfläche aus Beton

getroffen werden können. Die Geräte BR 2000 von Zertplus, Smart Rock2 von Schleibinger, der Reifecomputer von Tegelaar und von DOKA der „Concremote“ sind in der Lage Bauteiltemperaturen zu messen und die entsprechenden Betondruckfestigkeiten zu jedem beliebigen Zeitpunkt zu berechnen. Um die Werte zu verifizieren besteht immer die Möglichkeit über eine temperaturgesteuerte Klimatrube Erhärtungswürfel bei der aktuellen Bauteiltemperatur zu lagern und zum Zeitpunkt „x“ die Druckfestigkeit an diesen Probewürfeln zu bestimmen. Mit diesen Geräten können Sie nicht nur die Druckfestigkeit ermitteln lassen, sondern auch die Kerntemperatur und die Temperatur der Betonrandzone des Bauteils erfassen. Somit haben Sie die Möglichkeit die notwendigen Nachbehandlungsmaßnahmen zeitnah festzulegen. Um Risse durch Temperaturspannungen zwischen Kern und Oberfläche zu vermeiden, sollte die Temperaturdifferenz max. 20 Kelvin betragen (bei massigen Bauteilen < 15 K).

Eine fachgerechte Nachbehandlung zielt immer darauf ab, die Kapillarporosität der Betonrandzone zu minimieren. Die Kapillarporosität  $p_k$  kann rechnerisch mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$p_k = \frac{W - 0,4 \cdot \alpha \cdot Z}{1000} \cdot \frac{1}{\rho_w} \cdot 100 \text{ in Vol.-%}$$

Hierbei ist der Faktor 0,4 gleich der Anteil des chemisch und chemisch-physikalischen gebundenen Wassers (etwa 40 M.-%) bei vollständiger Hydratation ( $\alpha = 1$ ) des Zementes.

W	Wassergehalt in kg
$\alpha$	Hydratationsgrad
$\rho_w$	Dichte des Wassers in kg/dm <sup>3</sup>
Z	Zementgehalt in kg

Viel bekannter ist die Grafik von T. C. Powers, die die Abhängigkeit von Kapillarporosität, Hydratationsgrad, w/z-Wert und Wasserdurchlässigkeit des Zementsteines darstellt (Bild 2).

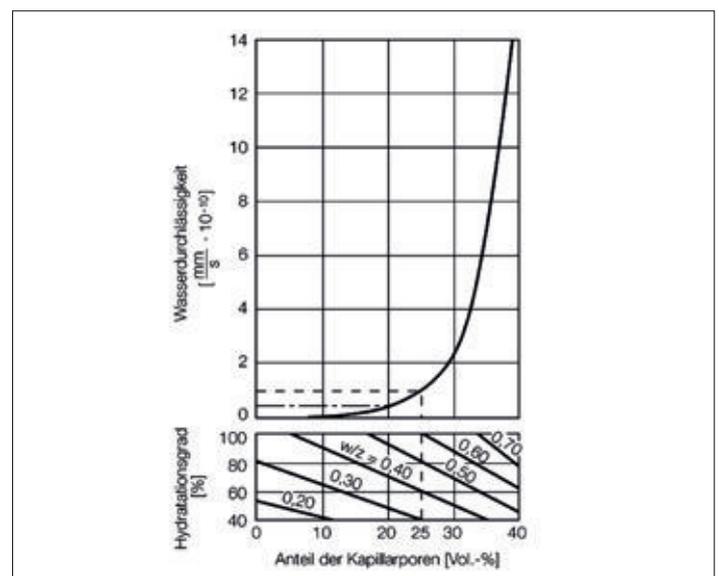


Bild 2: Powers-Diagramm (Zement-Merkblatt B8 „Nachbehandlung von Beton“ 2011)



Bild 3: Nicht nur der Beton benötigt Schutz



Bild 4: Betonoberfläche an der Randabschalung

Die folgenden Maßnahmen der Nachbehandlung des Betons dienen in erster Linie dazu, einen möglichst hohen Hydratationsgrad im Zementstein zu erzielen.

- Belassen in der Schalung
- wasserhaltende Abdeckungen (Verdunstungsschutz)
- Kombination von Verdunstungsschutz mit Wärmedämmung
- Besprühen, Nebeln, Fluten
- Aufbringen von Nachbehandlungsmitteln (auch in Kombination mit Verdunstungsschutz)

Wird der Hydratationsgrad bei gleichbleibendem w/z-Wert durch geeignete Maßnahmen verbessert, dann sinken die Kapillarporosität und somit auch die Wasserdurchlässigkeit. Eine kritische Größe der Kapillarporosität wird bei ca. 25 Vol.-% erreicht. Steigt der Wert weiter an, erhöht sich die Wasserdurchlässigkeit sehr schnell, weil diese Funktion durch eine exponentielle Kurve gekennzeichnet ist.

Es ist immer wieder eine Herausforderung auf der Baustelle die frisch betonierten Betonoberflächen vor Verdunstung zu schützen. Ganz besonders betrifft es die Flächen, die laut Ausschreibung eine vorgeschriebene Oberflächenstruktur aufweisen müssen. Um hier keine Schäden zu produzieren, sollten die Oberflächen

eine Zwischennachbehandlung erfahren. Das folgende Nomogramm (Bild 5) zeigt in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen und der Betontemperatur, wie viel Wasser auf einem Quadratmeter Beton in einer Stunde verdunsten kann.

Am speziellen Beispiel ist zu erkennen, dass die ermittelte Verdunstungsmenge etwa  $0,6 \text{ kg/m}^2\text{h}$  entspricht. Es wird ca. drei Stunden dauern bis das gesamte Anmachwasser aus der oberen 1 cm dicken Betonschicht verdunstet ist. Wenn die Umgebungstemperaturen ungünstiger sind, steigt die Verdunstungsrate auf ein Vielfaches an. Bei dieser Verdunstung tritt innerhalb des Betons ein negativer Kapillardruck (Unterdruck) auf, der bewirkt, dass Wasser aus tieferen Schichten an die Oberfläche transportiert wird.

Der HTWK Leipzig ist es nach umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit gelungen diesen Unterdruck mit einem Sensor zu messen und aufzuzeichnen. Mit diesem Sensor kann eine gesteuerte Nachbehandlung durchgeführt und auch nachgewiesen werden.

Der Kapillardrucksensor (Bild 6 und 8) wird in den verdichteten Frischbeton eingesetzt und die Datenübertragung über Funk gestartet. Der Nutzer kann online den Kapillardruckverlauf beobachten und bei Erreichen einer Warnschwelle mit der Nachbe-

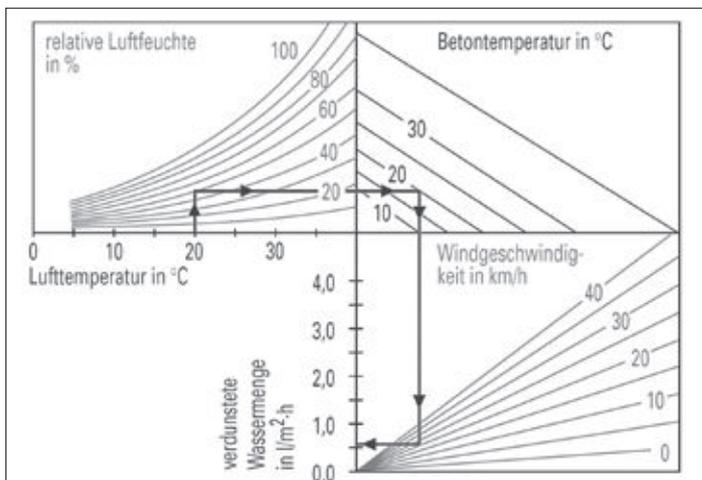


Bild 5: Nomogramm zur Ermittlung der Verdunstungsrate (Zementtaschenbuch 2008, S. 472)

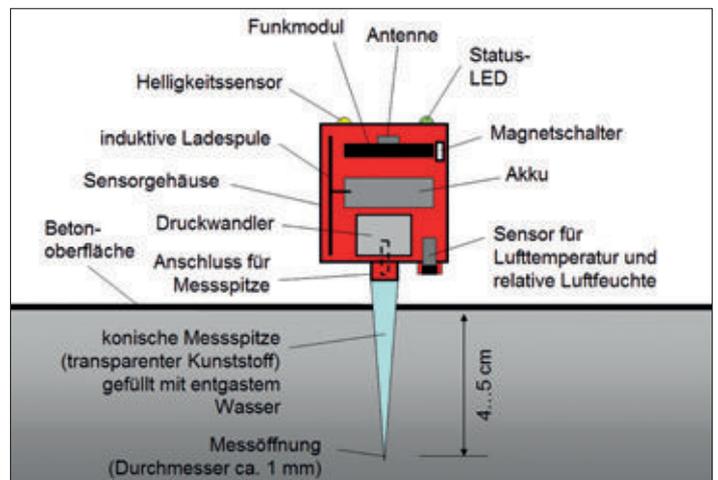


Bild 6: Schematischer Aufbau des Kapillardrucksensors (FTZ Leipzig)



Bild 7: Betonoberfläche mit flüssigem Nachbehandlungsmittel

handlung (z.B. Sprühnebel) der Oberfläche beginnen. Durch das extern zur Verfügung gestellte Wasser des Sprühnebels wird der Kapillardruck sich wieder normalisieren und erst wieder ansteigen, wenn die Oberfläche erneut abtrocknet bzw. mattfeucht wird. Diese Prozedur kann beliebig oft durchgeführt werden, bis das plastische Schwinden beendet ist und der Beton erhärtet. Das plastische Schwinden ist abhängig von der Betonzusammensetzung, der Verdunstungsrate und der Bauteilgeometrie. Im nachfolgenden Diagramm (Bild 9) ist beispielhaft die gesteuerte Nachbehandlung gegenüber einer nicht nachbehandelten Betonfläche messtechnisch erfasst und eignet sich so als Dokumentation für die Bauunterlagen abgelegt werden.

Die Kapillardruckmessung kann für verschiedene Anwendungsbereiche eingesetzt werden. Im Folgenden werden die wichtigsten Anwendungen aufgeführt:

- **Untersuchung von Betonzusammensetzungen hinsichtlich der Schwindgefährdung**
- **Abschätzen der Erfordernis von Nachbehandlungsmaßnahmen**
  - Beginn der Nachbehandlungsmaßnahme
  - Zwischennachbehandlung (DIN EN 13670)

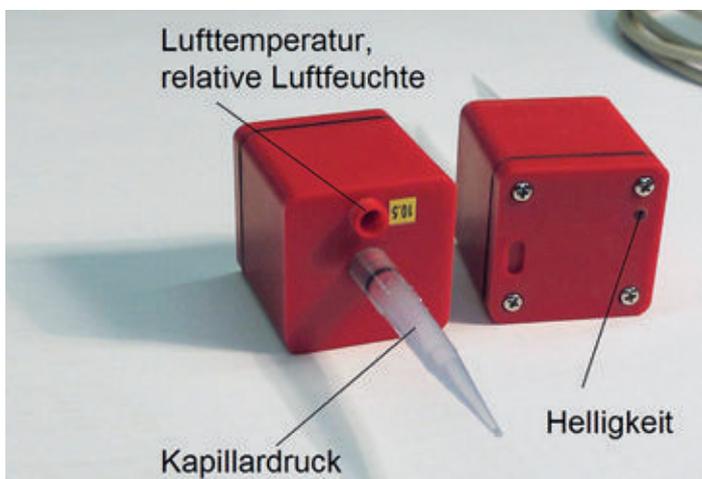


Bild 8: Original Kapillardrucksensor (FTZ Leipzig)

■ **Abschätzung / Nachweis / Dokumentation der Wirksamkeit von Nachbehandlungsmaßnahmen**

- Änderung des Kapillardruckverlaufs
- Vergleich mit Referenzkurven

■ **Hilfsmittel zur aktiven Steuerung der Nachbehandlung**

- Auftragszeitpunkt von Nachbehandlungsmitteln
- Anpassung der Nachbehandlungsintensität
- Steuerung von Benebelungsanlagen

**Fazit**

Diese Ausführungen haben gezeigt, dass zur Nachbehandlung nicht nur der Verdunstungsschutz zählt. Zur Wahl eines vernünftigen Nachbehandlungskonzeptes gehören die ganzheitlichen Betrachtungen von Festigkeitsentwicklung, Wärmeentwicklung und Oberflächenschutz des jungen Betons. Es gehört bei anspruchsvollen Bauvorhaben und Betonrezepturen einfach dazu, die verschiedenen Rezepturen im Labor zu testen und dann mit einem speziell abgestimmten Nachbehandlungskonzept den Praxiseinsatz durchzuführen. Eine solche Vorgehensweise, die eine gute Kommunikation zwischen Planer, Baustelle/Betonwerk und Betonlieferant erfordert, wird stets zum Erfolg führen.

**Roland Mellwitz**  
Bauberatung

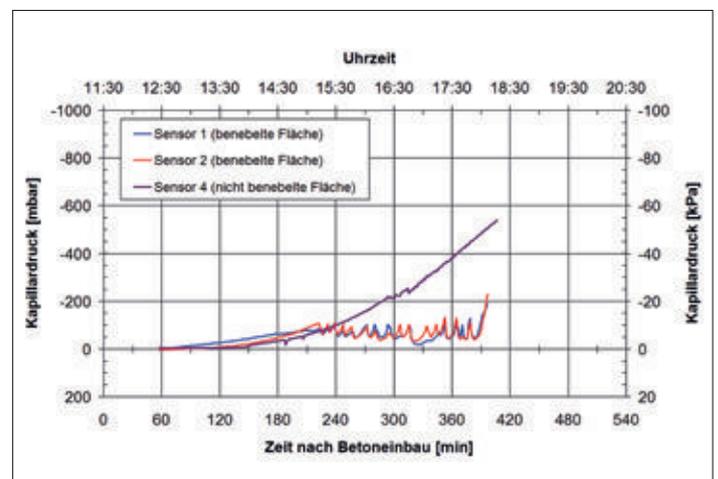


Bild 9: Nachbehandlungsdiagramm (V. Slowik, M. Schmidt „Kapillare Schwindrissbildung im Beton“, Bauwerk Verlag, 2010)

# Ausführung eines Industriebodens beim Neubau des DS Smith Werkes in Erlensee, Main-Kinzig-Kreis



## Einführung

Die DS Smith Gruppe ist ein führender internationaler Anbieter recycelbarer Konsumgüterverpackungen mit mehr als 26.000 Mitarbeitern in über 36 Ländern. So ist DS Smith beispielsweise der zweitgrößte Hersteller von Wellpappe-Produkten in Europa. Bisher betrieb das Unternehmen ein Werk in Hanau, das mit seiner Lage in einem Mischgebiet allerdings nicht mehr den Anforderungen eines hocheffizienten Industriebetriebes entsprach. Deshalb wurde auf dem Areal eines ehemaligen Fliegerhorstes, im Bereich der beiden Gemeinden Erlensee und Bruchköbel, ca. 10 km vom alten Standort in Hanau entfernt, ein neues Display & Consumer Packaging Werk errichtet. (Bild 1).

Auf einer Fläche von 88.000 m<sup>2</sup> wurden dort rund 45.000 m<sup>2</sup> mit Produktions- und Logistikflächen sowie Büro-, Konferenz- und Sozialräumen für die Mitarbeiter bebaut. Insgesamt beträgt die Investitionssumme über 50 Millionen Euro! Am 26. August 2015 fand der Spatenstich für den Neubau statt. Die Fertigstellung des Projektes sowie der Umzug der ca. 250 Mitarbeiter erfolgt aktuell. Mitte November 2016 ist die offizielle Eröffnung geplant.

## Projektbeschreibung

Das neue Display & Consumer Packaging Werk setzt sich aus einer Funktionshalle mit fünf Einheiten sowie einem Bürogebäude (Bild 4, Seite 26) zusammen. Dabei besteht die Gebäudekonstruktion aus Stahlbetonfertigteilen wie Stützen, Abfangträgern und Dachbindern. Die Fassade wurde in Stahlbeton-Sandwich-Fassadenelementen bzw. Isopaneelsystem ausgeführt. Insgesamt waren bei dem Bauvorhaben 48.000 m<sup>2</sup> Industrieboden auszuführen über die im vorliegenden Artikel explizit berichtet wird.

## An dem Projekt waren folgende Firmen beteiligt:

### Nutzer:

DS Smith Packaging Deutschland Stiftung & Co. KG

### Bauherr:

Delfina Grundstücksverwaltungsgesellschaft mbH & Co. Vermietungs KG

### Beton:

BeHaGe – Betonhandelsgesellschaft mbH & Co. KG

### Generalübernehmer:

Goodman Cardinal Logistics (LUX)

### Projektmanagement:

DAL Bautech Baumanagement und Beratung GmbH

### Generalunternehmer:

Firmengruppe Max Bögl

### Zement:

SCHWENK Zement KG, Lieferwerk Zementwerk Karlstadt

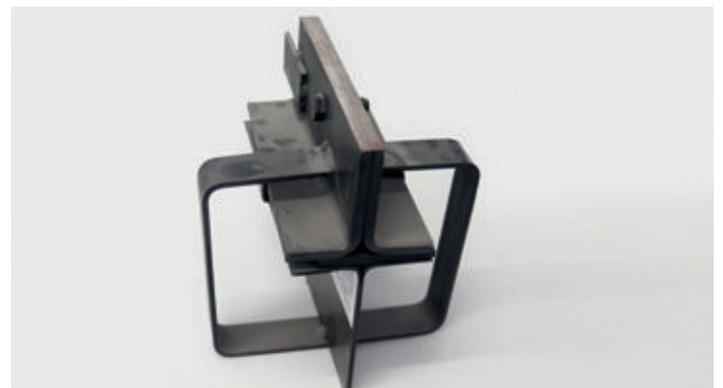


Bild 2: Fugenprofil mit Querkraftübertragung



Bild 1: Ehemaliger Fliegerhorst Langendiebach in Erlensee

### Anforderungen an den Industrieboden

Die Planung und Baubegleitung des Industriebodens wurde von dem Büro Industrieboden Dr. Meyer GmbH, Osnabrück durchgeführt, Subunternehmer für das Gewerk war die Firma LE Floortech GmbH.

Die Stärke der Bodenplatte beträgt entsprechend den jeweiligen statischen Anforderungen zwischen 180 und 200 mm. Es wurden Feldgrößen von jeweils ca. 1.200 m<sup>2</sup> ausgeführt (ca. 35 x 35 m), wobei an den Rändern der Bodenplatte, zu aufgehenden und durchdringenden Bauteilen hin, jeweils ein elastischer Randstreifen eingebaut wurde. Zur Ausbildung der Fugen und Sicherstellung der Querkraftübertragung in diesem Bereich wurden Stahlschalungs-Profile (Bild 2) eingebaut, bzw. im Bereich der Brandschutz-tore sog. Sinuswellenprofile.

Als Beton kam ein C 30/37 unter Zugabe von 25 kg/m<sup>3</sup> Stahlfasern zum Einsatz. Vor Beginn der Betonierarbeiten wurde eine 2-lagige PE-Folie auf den Boden verlegt. Diese Folie soll den Wasserverlust des Frischbetons verhindern und Bewegungen des Festbetons auf dem Untergrund ermöglichen.

Die Oberflächenvergütung erfolgte durch Aufbringen einer mineralischen Hartstoffeinstreuung (ca. 4 kg/m<sup>2</sup>). Damit wurde eine widerstandsfähige Oberfläche erzielt, die für den intensiven Staplerverkehr während der Nutzung geeignet ist. Die Betonoberfläche war maschinell zu glätten (Flügelglätter) und durch Abdecken mit Folie für 7 Tage nachzubehandeln. Abschließend wurde die Oberfläche verkieselt (chemische Betonverfestigung) um jegliche Staubentwicklung auszuschließen.

### Betontechnologie

Die geforderte Festigkeitsklasse des Betons war C 30/37, verbunden mit den Expositionsclassen XC4, XF1, XA1, XM2 (mit Oberflächenbearbeitung). Die Einbaukonsistenz lag dabei im oberen F4 (490 – 550 mm) Bereich. Als Zement kam SCHWENK CEM II/A-S 42,5 R aus dem SCHWENK Zementwerk Karlstadt zum Einsatz. Dieser Zement enthält neben Portlandklinker noch Hüttensand als weiteren Hauptbestandteil, wodurch er eine gute Nacherhärtung aufweist. Durch die Wahl der Zementfestigkeitsklasse 42,5 konnte auch bei kühler Witterung mit dem Glätten zeitnah begonnen werden (temperaturabhängig nach ca. 7,5 bis 8,5 Stunden). Zur objektiven Beurteilung des für das Glätten wichtigen Erstarrungszustandes des Betons, wurde die sogenannte Betonsonde nach Humm eingesetzt (Bild 3).



Bild 3: Prüfung des Erstarrungszustandes des Betons mit der Humm-Sonde



Bild 4: Neubau des DS Smith Display & Consumer Packaging Standortes in Erlensee (Animation aus dem Internet DS Smith)

Dabei handelt es sich um einen 520 mm langen Rundstab mit einem Durchmesser von 20 mm, an dem ein Fallgewicht mit einer Masse von 0,5 kg befestigt ist. Die Fallhöhe des Gewichtes beträgt 200 mm. Am unteren Ende befinden sich Markierungen zur Bestimmung der Eindringtiefe. Der Versuch ist in der Durchführung dem Proctorversuch sehr ähnlich, lediglich wird als Ergebnis die Eindringtiefe in den Beton abgelesen.

Die Prüfung mit der Humm-Sonde durch das SCHWENK Technologiezentrum im Zuge der Erstprüfung erbrachte eine gute Korrelation mit der praktischen Ausführung an der Baustelle. Im Bereich einer Eindringtiefe der Humm-Sonde von ca. 40 bis 20 mm konnte mit dem Glätten des Betons begonnen werden (Diagramm 1).

Die grobe Gesteinskörnung des Betons bestand aus Basalt (Größtkorn 16 bzw. 22mm). Als Stahlfasern wurden 25 kg/m<sup>3</sup> Stahldrahtfaser mit Endverankerung (Firma krampeharex, Typ DE50/1,0 N; l=50 mm, d=1,00 mm) im Fahrmischer zudosiert (Bild 5). Um die gewünschte Konsistenz bei dem vorgegebenen w/z- Wert von 0,50 sicher zu erreichen, kam ein PCE Fließmittel der Firma BASF (Master Glenium SKY 643) zum Einsatz.

Der Beton wurde von dem in unmittelbarer Nähe des Bauvorhabens gelegenen TB Werk der BeHaGe (Betonhandelsgesellschaft mbH & Co.KG) aus Erlensee, geliefert. Es handelt sich bei der BeHaGe um eine Gesellschaft, die dem SCHWENK Transportbetonring (TBR) angehört. Für die werkseigene Produktionskont-

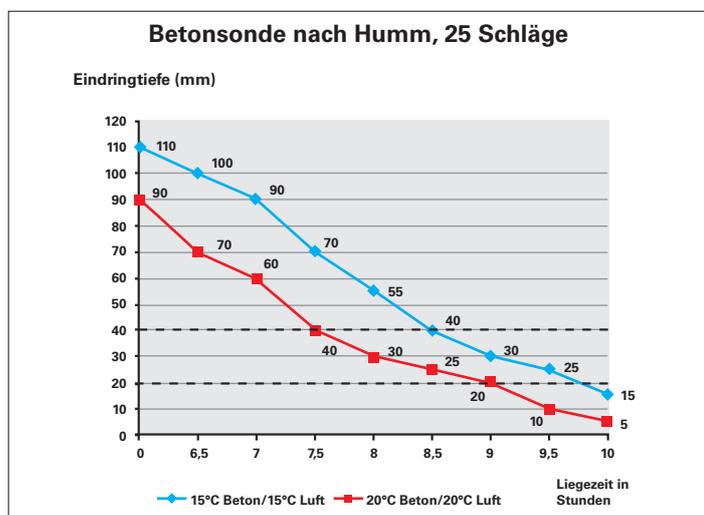


Diagramm 1: Erstarrungszustand des Betons



Bild 5: Dosierung der Stahlfasern in den Fahrmischer

rolle und damit betontechnologisch verantwortlich, war das SCHWENK Technologiezentrum GmbH & Co. KG.

### Ausführung

Insgesamt wurden ca. 2000 m<sup>3</sup> Beton C 30/37 ohne Stahlfasern und 6.200 m<sup>3</sup> Beton mit Stahlfasern im Halleninnenbereich eingebaut. Zusätzlich waren auch noch weitere 1.400 m<sup>3</sup> Luftporenbeton im Außenbereich der Halle herzustellen.

Um die sehr hohen Anforderungen an die Ebenheit entsprechend der DIN 18202 sicher zu erfüllen wurde der Beton mit einem Laser Sreed Gerät eingebaut. Dabei handelt es sich um einen selbstfahrenden und lasergesteuerten Betonfertiger, der eine sehr hohe Ebenheit und vollständige Verdichtung des Betons gewährleistet (**Bild 6**).

Nach dem Einbau und dem Erreichen der notwendigen Grünstandsfestigkeit des Betons wurde zunächst die mineralische Hartstoffeinstreuung (4 kg/m<sup>2</sup>) aufgebracht. Dabei handelt es sich um einen werksgemischten Trockenmörtel, mit dem ein hoher Verschleißwiderstand der fertigen Fläche erzielt wird. Nach einer kurzen Wartezeit, nach dem Aufbringen der Einstreuung, wurde die Fläche 2 mal geglättet, wobei der letzte Glättvorgang erst kurz vor dem Erstarrungsende des Betons durchgeführt wurde.

Unmittelbar daran anschließend wurde die Fläche zur Nachbehandlung für sieben Tage mit einer PE-Folie abgedeckt (**Bild 7**). Damit steht dem Beton das zur Hydratation notwendige Wasser kontinuierlich zur Verfügung, und das Fröhschwinden des Betons wird außerdem weitestgehend verhindert. Nach dem Entfernen der Folie wurde der Boden dann abschließend zusätzlich chemisch vergütet um die Abriebfestigkeit nochmals zu erhöhen.

Die Arbeiten wurden in der Zeit von Februar 2016 bis April 2016 ausgeführt, wobei die tägliche Einbauleistung zwischen 300 und 340 m<sup>3</sup> Beton betrug.

### Zusammenfassung

Der ausgeführte Industrieboden erfüllt hinsichtlich Betonqualität, Ebenheit, Fugenausbildung und Optik alle Anforderungen, die bei einem Industriebetrieb zu erfüllen sind (**Bild 8 und 9**). Er ist das Ergebnis des gelungenen Zusammenwirkens aller Beteiligten, beginnend von der Planung über die Konzeption, Lieferung und Überwachung des Betons bis hin zur Ausführung und Nachbehandlung des Industriebodens durch die Baufirma.

**Wolfgang Hemrich**  
Bauberatung

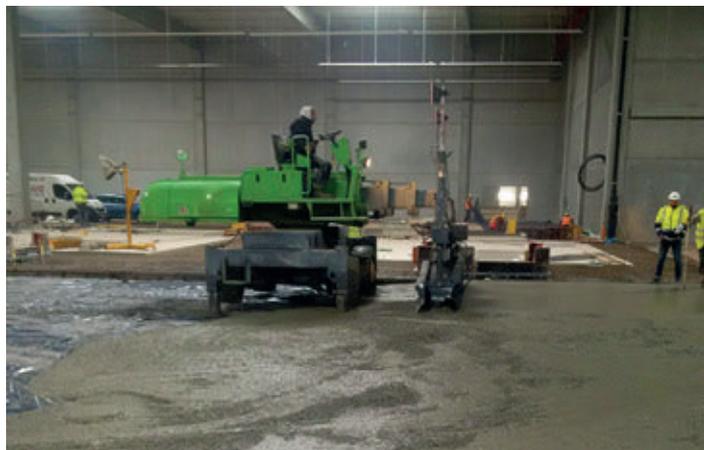
**Uwe Mehling**  
SCHWENK Technologiezentrum  
GmbH & Co. KG

---

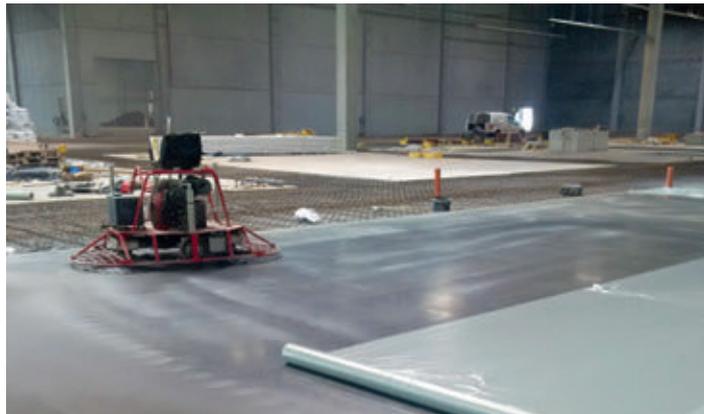
### Quelle:

Leistungsbeschreibung der Firmengruppe Max Bögl  
Zweckverband Entwicklung Fliegerhorst Langendiebach (Internet)

---



**Bild 6:** Einbau des Betons mit dem Laser Sreed



**Bild 7:** Sofortige Nachbehandlung des Betons nach dem Glätten

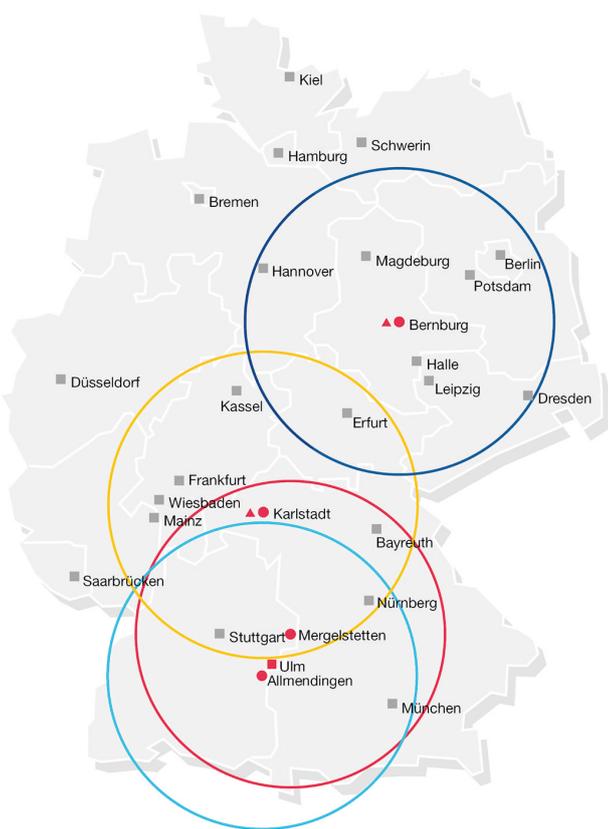


**Bild 8:** Fugenausbildung



**Bild 9:** Fertiger Boden noch vor Inbetriebnahme

# Liefergebiete



- Hauptverwaltung der Baustoffgruppe SCHWENK und Sitz der SCHWENK Zement KG Bauberatung
- Werksstandort der SCHWENK Zement KG
- ▲ Verkaufsbüro der SCHWENK Zement KG
- Liefergebiet Allmendingen (Zemente)
- Liefergebiet Bernburg (Zemente und Spezialbaustoffe)
- Liefergebiet Karlstadt (Zemente und Spezialbaustoffe)
- Liefergebiet Mergelstetten (Zemente und Spezialbaustoffe)

Stand Januar 2017

Die Angaben in dieser Druckschrift beruhen auf derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Mit der Herausgabe dieser Druckschrift verlieren frühere Druckschriften ihre Gültigkeit. Änderungen im Rahmen produkt- und anwendungstechnischer Weiterentwicklungen bleiben vorbehalten. Es gelten für alle Geschäftsbeziehungen unsere Verkaufs- und Lieferbedingungen in der jeweils aktuellen Version.

Bildquellen:  
Depositphotos: S.2 (arquiplay77), S. 7 (Brian A. Jackson), S. 10 (chungking)  
iStock (by Getty Images): S.4 (Simon Cigoj)  
Alle weiteren Fotos: SCHWENK Zement KG

## SCHWENK Zement KG

Hindenburgring 15 | 89077 Ulm | [info@schwenk.de](mailto:info@schwenk.de)

### Verkaufsbüros:

#### Bernburg

Telefon: + 49 3471 358-500

Telefax: + 49 3471 358-516

#### Karlstadt

Telefon: + 49 9353 797-451

Telefax: + 49 9353 797-499

### Beratung:

Unsere Bauberatung informiert Sie in allen anwendungstechnischen Fragen.

#### Ulm

Telefon: + 49 731 9341-123

Telefax: + 49 731 9341-398

#### Bernburg

Telefon: + 49 3471 358-500

Telefax: + 49 3471 358-516

### E-Mail

[info.bauberatung@schwenk.de](mailto:info.bauberatung@schwenk.de)



# SCHWENK