

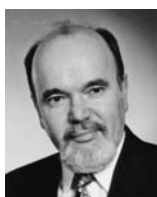
**German technology for a British railway**  
**Railway platforms with high electrical resistance**  
**for Britain**

**Deutsche Technologie für englische Bahn**  
**Bahnsteige für England mit hohem elektrischen**  
**Widerstand**

# German technology for a British railway Railway platforms with high electrical resistance for Britain

## Deutsche Technologie für englische Bahn Bahnsteige für England mit hohem elektrischen Widerstand

**Autoren**



Dipl.-Ing. Werner Schultz studierte in Essen Bauingenieurwesen und war anschließend in der Prüfstelle der Hochtief AG Essen tätig, zuletzt als stellv. Prüfstellenleiter. Danach Tätigkeit als Prüfbeauftragter im Rahmen der Güteüberwachung des Deutschen Beton Vereins. Anschließend wechselte er zur BauMineral in den technischen Vertrieb für Steinkohl-leflugasche. Seit 1991 ist der Bauberater der Dyckerhoff AG und Projektleiter für die Entwicklung von Bindemitteln mit erhöhtem Widerstand gegen chemischen Angriff. Er ist Mitglied im Arbeitsausschuss Technik und Normung des Bundesverbandes Mineralische Rohstoffe MIRO, Mitglied im DIN Normenausschuss Spritzbeton und im Deutschen Spiegelausschuss für die Europäische Spritzbetonnormung. Außerdem ist er als Dozent im Rahmen der Erweiterten betontechnologischen Ausbildung (E-Schein) tätig.  
werner.schultz@dyckerhoff.com

The construction company Hering Bau in Burbach/Germany was commissioned by Dockland Light Railway (DLR), with subcontracting through the British company Taylor Woodrow, to manufacture precast components for seven railway stations with a total of 540 m of platforms, 3 m wide. The platforms, according to the tender text of DLR, were specified for a useful life of 120 years. The requirements made on the concrete composition and the construction were accordingly stringent.

Hering Bau was in charge of planning, designing, manufacturing, delivering and erection the precast platforms. The specifications of the DLR for the concrete composition are summarized in **Table 1**.

For the resistance to freeze-thaw with de-icing salt, the CDF test method with an upper limit value of 1,500 g/m<sup>2</sup> (average value) and 1,800 g/m<sup>2</sup> (individual value) was agreed upon.

**Further requirements:**

- » Minimum concrete cover 45 mm
- » Tolerances for the course of the platform edge to the track
  - vertical ± 5 mm
  - horizontal + 0 mm, - 5 mm
- » SRT values (Skid Resistance Tester – grip measuring device)
  - plane surface > 45
  - inclined surface > 65

Requirement specification/Anforderungsliste		
Concrete strength class Beton-Festigkeitsklasse	C 40 / 50	C 40 / 50
Cement type Zementart	CEM II / B - V	CEM III / B
Cement content kg/m <sup>3</sup> Zementgehalt kg/m <sup>3</sup>	380	380
W/c ratio W/Z-Wert	0.35	0.35
Exposure classes Expositionsklassen	XC4 / XD3 / XF4	XC4 / XD3 / XF4
Maximum particle size Größtkorn mm	20	20
Consistency class Konsistenzklasse	F 3	F 3
Air-entraining agent LP-Gehalt	without air-entraining agent ohne LP	without air-entraining agent ohne LP

**Table 1** Concrete/cement requirement specification.

**Tabelle 1** Anforderungsliste Beton/Zement.

Die Bauunternehmung Hering Bau in Burbach erhielt von der „Dockland Light Railway“ (DLR) über die englische Firma Taylor Woodrow den Auftrag über die Produktion von Fertigteilen für sieben Haltepunkte für insgesamt 540 m Bahnsteige mit einer Breite von 3 m. Gemäß Ausschreibungstext der DLR waren die Bahnsteige auf eine geplante Lebensdauer von 120 Jahren auszulegen. Entsprechend streng waren die Anforderungen an Betonzusammensetzung und Konstruktion.

Hering Bau war für Planung, Design, Herstellung, Lieferung und Montage verantwortlich. Die Vorgaben der DLR zur Betonzusammensetzung sind in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Für die Frost- Tausalzbeständigkeit wurde das deutsche CDF-Prüfverfahren mit einem oberen Grenzwert von 1.500 g/m<sup>2</sup> (Mittelwert) und 1.800 g/m<sup>2</sup> (Einzelwert) vereinbart.

**Weitere Anforderungen:**

- » Betondeckung mind. 45 mm
- » Toleranzen für den Verlauf der Bahnsteigkante zum Gleis
  - vertikal ± 5 mm
  - horizontal + 0 mm, - 5 mm
- » SRT-Werte (Skid Resistance Tester – Griffigkeitsmessgerät)
  - ebene Fläche > 45
  - geneigte Fläche > 65

Requirements/Anforderung	
Concrete strength class Beton-Festigkeitsklasse	C 40 / 50
Cement type Zementart	CEM III / A 52,5 R
Cement content kg / m <sup>3</sup> Zementgehalt kg / m <sup>3</sup>	380
W/c ratio W/Z-Wert	0.35
Exposure classes Expositionsklassen	XC4 / XD3 / XF4
Maximum particle size mm Größtkorn mm	20
Consistency class Konsistenzklasse	F 3
Air-entraining agent LP-Gehalt	without air-entraining agent ohne LP

**Table 2** Mixture approved by DLR.

**Tabelle 2** Von DLR genehmigte Betonrezeptur.

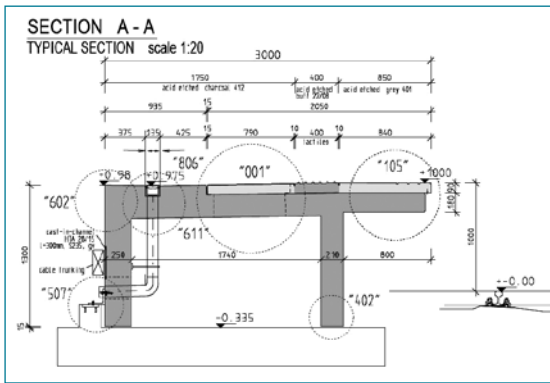


Fig. 1 Build-up of a platform unit.

Abb. 1 Aufbau des Bahnsteigelementes.

- » Load case train derailment  
300 kN horizontal impact load right-angled to the platform edge and 100 kN parallel to the platform edge
- » Electrical resistance of the platform surface related to an area of 1.0 m<sup>2</sup>: 1,000 Ω at a test voltage of 1,000 V direct current

The last-mentioned requirement, following a proposal of Hering Bau and with the consent of DLR, was first tested by RWE Eurotest on representative samples and subsequently on completed precast platform units prior to leaving the plant in Burbach to forestall a possible expensive return transport from London that may have become necessary after subsequent testing.

The specification for an electrical insulation of the platform surface was solved by implementing an innovative construction developed especially for this purpose. The platform slab was divided into a facing layer of 90-mm thickness and a bearing course 180 mm thick. The two layers were separated from each other by a non-conductive sheet of plastic. The Thermomass system from CSM was used to establish the mechanical bond between the two layers. This system involves GFRP bonding needles with very high electrical resistance.

Fig. 1 shows the build-up of a railroad platform unit.

The CEM II/B – V (Portland fly ash cement containing 65 to 79% Portland cement clinker and 21 to 35% siliceous fly ash) is unobtainable in Germany; the alternative CEM III/B is unsuitable, even in strength class 42,5 that would be required in a precast plant to achieve the necessary early strengths. Investigations that had been carried out at an earlier date show however (see references) that concretes made with cements containing granulated slag tend to have a higher electrical resistance than concrete made with portland cements, so that it was decided, in consultation with DLR, to use a CEM III/A 52,5 R – Variodur 40 from the Neuwied plant of Dyckerhoff AG in Germany. The mix design that was approved and realized by DLR is presented in Table 2.

Four concrete mix designs had to be integrated in one precast platform unit:

- » Structural concrete, using light-weight aggregate and with a concrete density of 2.15 kg/dm<sup>3</sup>, and
- » Facing concretes in anthracite, yellow and grey with mildly acidified surfaces

Fig. 2 shows the result of this challenging production.



Fig. 2 Result: the completed platform unit.

Abb. 2 Das gefertigte Bahnsteigelement.

- » Lastfall Zugentgleisung  
300 kN horizontale Anpralllast rechtwinklig auf die Bahnsteigkante und 100 kN parallel zur Bahnsteigkante
- » Elektrischer Widerstand der Bahnsteigoberfläche bezogen auf eine Fläche von 1.0 m<sup>2</sup>: 1.000 Ω bei einer Prüfspannung von 1.000 V Gleichstrom

Die letztgenannte Forderung wurde auf Vorschlag der Firma Hering Bau und mit Zustimmung der DLR durch RWE – Eurotest zunächst an repräsentativen Musterstücken und später an den fertigen Bahnsteigfertigteilen vor dem Verladen in Burbach überprüft, um bei einer späteren Überprüfung in London einen evtl. notwendigen teuren Rücktransport zu vermeiden.

Gelöst wurde die Forderung nach einer elektrischen Isolierung der Bahnsteigoberfläche durch eine für diesen Einsatzzweck entwickelte Konstruktion. Die Bahnsteigplatte wurde in eine 90 mm starke Vorsatzschicht und eine 180 mm dicke Tragschicht zerlegt. Die beiden Schichten wurden durch eine nichtleitende Folie aus Kunststoff voneinander getrennt. Für die mechanische Verbindung der Schichten wurde das Thermomass Verbundsystem der Firma CSM eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Verbundnadeln aus GFK Material, die einen sehr hohen elektrischen Widerstand aufweisen.

Die Abb. 1 zeigt den Aufbau des Bahnsteigelementes.

Der von DLR vorgeschlagene CEM II/B – V (Portlandflugaschezement mit 65 bis 79 % Portlandzementklinker und 21 bis 35 % kieselsäurereiche Flugasche) ist in Deutschland nicht erhältlich, die Alternative CEM III/B ist auch in der Festigkeitsklasse 42,5 für die in einem Fertigteilwerk notwendigen hohen Frühfestigkeiten nicht geeignet. Ältere Untersuchungen zeigen jedoch (s. Literaturverzeichnis), dass Betone mit hüttensandhaltigen Zementen einen tendenziell höheren elektrischen Widerstand aufweisen, als Betone mit Portlandzement, so dass man sich mit DLR auf die Verwendung eines CEM III/A 52,5 R – Variodur 40 aus dem Werk Neuwied der Dyckerhoff AG einigte. Die durch DLR genehmigte und ausgeführte Betonrezeptur ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Die Fertigung musste vier Betonrezepturen in einem Bahnsteigfertigteil integrieren:

- » Tragbeton unter Verwendung von Leichtzuschlag und einer Betonrohichte von 2,15 kg/dm<sup>3</sup> sowie
- » Vorsatzbetonen in Anthrazit, Gelb und Grau mit gesäueren Oberflächen

Abb. 2 zeigt das Ergebnis dieser anspruchsvollen Fertigung.



Dr.-Ing. Ditmar Hornung,  
Dyckerhoff AG Wiesbaden  
1968–1975 Studium/Promotion Technische Universität Dresden; 1975–1990 Tätigkeit im Zementwerk Deuna/Thüringen in verschiedenen technischen Funktionen; 1991–2004 Verantwortlich für Produktqualität, Produktentwicklung, Produktanwendung bei der Deuna Zement GmbH (Dyckerhoff AG). Schwerpunkte Rheologie von Baustoffmischungen, Kompositzemente mit Hüttensand- und Kalksteinehlen; 2005 – Ltr. Produktprogrammentwicklung und Anwendungsberatung Zement bei der Dyckerhoff AG.  
[ditmar.hornung@dyckerhoff.com](mailto:ditmar.hornung@dyckerhoff.com)



Dipl.-Ing. Reiner Grebe  
Geb. 1960; 1980–1985 Studium Bauingenieurwesen an der TU Darmstadt; 1986–1988 Ingenieurbüro Cornelius-Schwarz-Zeitler, Darmstadt; 1988–1997 Bauunternehmen Müller Gönnern GmbH, Angelburg; seit 1997 Leiter des technischen Büros in der Hering Bau GmbH & CO. KG, Burbach.  
[reiner.grebe@hering-bau.de](mailto:reiner.grebe@hering-bau.de)

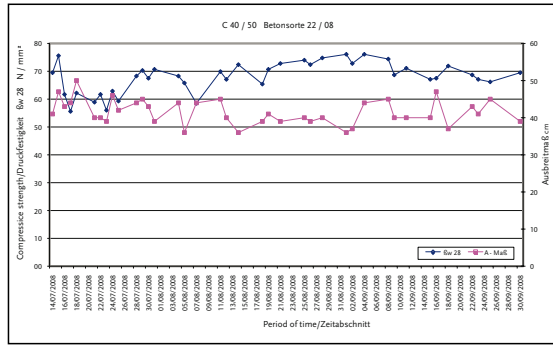


Fig. 3 Compressive strength of C40/50 concrete grade 22/08 yellow.

Abb.3 Druckfestigkeit des C40/50 Betonsorte 22/08 Gelb.

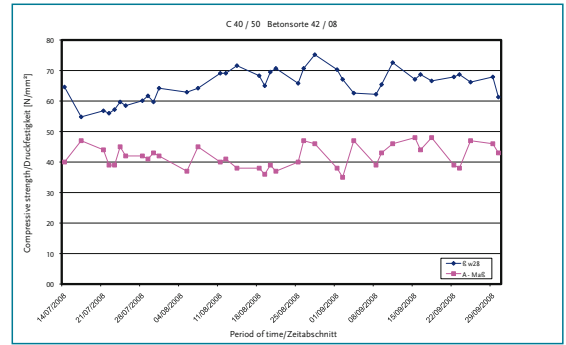


Fig. 4 Compressive strength of C40/50 concrete grade 42/08 concrete grey.

Abb. 4 Druckfestigkeit des C40/50 Betonsorte 42/08 Betongrau.

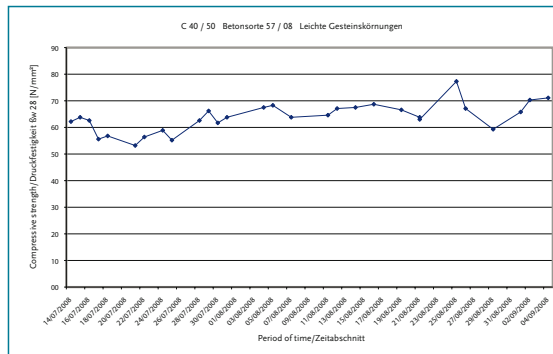


Fig. 5 Compressive strength of C40/50 concrete grade 57/08 light weight aggregates.

Abb. 5 Druckfestigkeit des C40/50 Betonsorte 57/08 Leichte Gesteinskörnung.

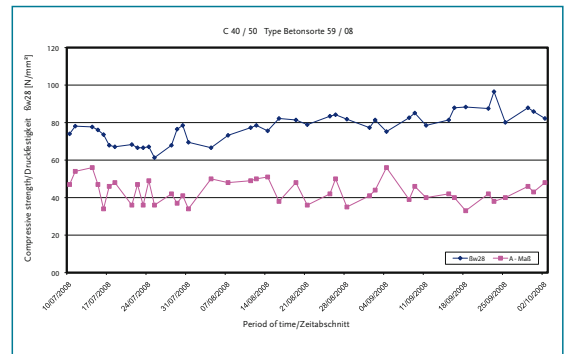


Fig. 6 Compressive strength of C40/50 concrete grade 59/08 anthracite.

Abb. 6 Druckfestigkeit des C40/50 Betonsorte 59/08 Anthrazit.

The comprehensive test program that accompanied the production provided for the following tests:

**Electrical resistance values**

On the test specimens resistance values of above 30 MΩ related to 1 m<sup>2</sup> of platform area were measured.

**Grip as per TP Griff-StB (SRT)**

Scale values of 66 were measured on the acidified surfaces and of 69 on the finely washed surfaces.

**Compressive strength of the concrete**

The compressive strength values determined within the scope of factory production control showed that the required compressive strength for a C 40/50 was reliably achieved over the entire production period (Figs. 3 to 6). The early strength required for the production after 20 hours was in all cases sufficient to ensure reliable and secure continuation of the work.

**Resistance to freeze-thaw with de-icing salt**

The resistance to freeze-thaw with de-icing salt was determined, in consultation with the client, DLR, in accordance with the CDF method recognized in Germany, specifying an upper limit value for surface scaling of 1,500 g/m<sup>2</sup> (average value) and 1,800 g/m<sup>2</sup> (individual value). Figs. 7 to 10 show that these limit values were fallen below with a considerable safety margin without the addition of an artificial air-entraining agent.

Das umfangreiche produktionsbegleitende Prüfprogramm umfasste die Prüfung von:

**Elektrischen Widerstandswerten**

An den Prüfkörpern wurden Widerstandswerte von über 30 MΩ bezogen auf 1 m<sup>2</sup> Bahnsteigfläche gemessen.

**Griffigkeit nach TP Griff-StB (SRT)**

An den gesäuerten Oberflächen wurden Werte von 66 Skt. und an den feingewaschenen Oberflächen 69 Skt. gemessen.

**Betondruckfestigkeit**

Die im Rahmen der Eigenüberwachung ermittelten Druckfestigkeitsergebnisse zeigten, dass die geforderte Druckfestigkeit für einen C 40/50 über den gesamten Produktionszeitraum sicher erreicht wurde (Abb. 3 bis 6). Die für die Produktion notwendige Frühfestigkeit nach 20 Std. war in allen Fällen ausreichend für ein zuverlässiges und sicheres Weiterarbeiten.

**Frost- Tausalzbeständigkeit**

Die Frost- Tausalzbeständigkeit wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber DLR nach dem in Deutschland anerkannten CDF-Verfahren bestimmt, mit einem festgelegten oberen Grenzwert für die Abwitterung von 1.500 g/m<sup>2</sup> (Mittelwert) und 1.800 g/m<sup>2</sup> (Einzelwert). Die Abb. 7 bis 10 zeigen, dass diese Grenzwerte mit großem Sicherheitsabstand unterschritten wurden, ohne dass ein künstlicher Luftporenbildner zugegeben wurde.

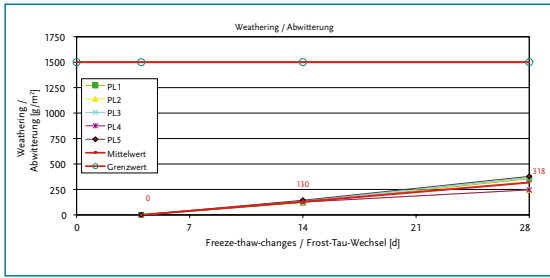


Fig. 7 Surface scaling of C40/50 concrete grade 22/08 yellow.  
Abb. 7 Abwitterung des C40/50 Betonsorte 22/08 Gelb.

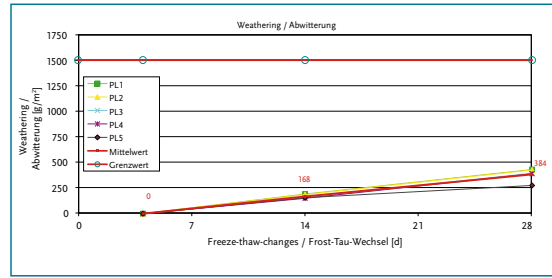


Fig. 8 Surface scaling of C40/50 concrete grade 42/08 concrete grey.  
Abb. 8 Abwitterung des C40/50 Betonsorte 42/08 Betongrau.

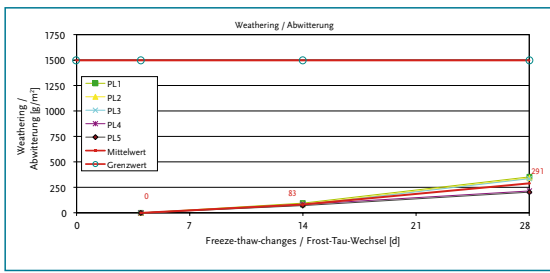


Fig. 9 Surface scaling of C40/50 concrete grade 57/08 lightweight aggregates.  
Abb. 9 Abwitterung des C40/50 Betonsorte 57/08 Leichte Gesteinskörnung.

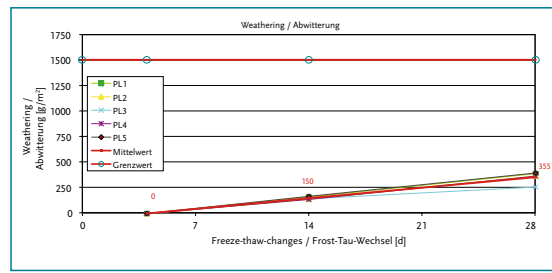


Fig. 10 Surface scaling of C40/50 concrete grade 59/08 anthracite.  
Abb. 10 Abwitterung des C40/50 Betonsorte 59/08 Anthrazit.

**Production of the high-performance cement**

The cement, CEM III / A 52,5 R Variodur 40, required for the production was manufactured at the Neuwied plant of Dyckerhoff AG in Germany by separately grinding the individual components portland cement clinker and blast-furnace slag, as presented in the following production scheme.

Subsequently, the two components were mixed in a high-performance mixer in the specified ratios – here: 40% blast-furnace slag and 60% Portland cement – and directly conveyed from the mixer to the transport vehicle. The target value of the mean particle diameter for the cement manufactured was in this way checked by laser granulometer during the loading process for every tank

**Produktion des Hochleistungszementes**

Der für die Fertigung benötigte Zement CEM III/A 52,5 R Variodur 40 wurde im Werk Neuwied der Dyckerhoff AG durch getrennte Mahlung der Einzelkomponenten Portlandzementklinker und Hüttensand hergestellt, wie im nachfolgenden Produktionsschema (Abb. 11) dargestellt.

Anschließend wurden beide Komponenten in den vorgegebenen Anteilen, hier 40 % Hüttensand und 60 % Portlandzement, in einem Hochleistungsmischer gemischt und aus dem Mischer direkt in das Fahrzeug verladen. Der Zielwert des Lageparameters  $d'$  für den so hergestellten Zement wurde während des Beladungsvorgangs für jedes Silofahrzeug mit dem Lasergranulometer überprüft, ebenso der  $SO_3$ -Gehalt. Bevor das Fahrzeug das

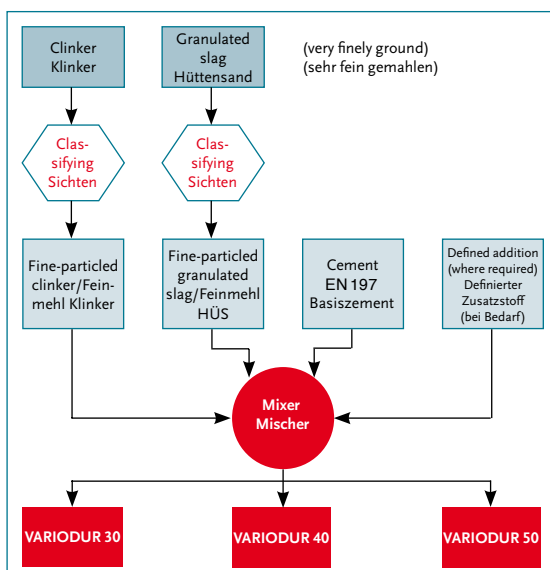


Fig. 11 Production scheme of the cement.  
Abb. 11 Produktionsschema des Zementes.

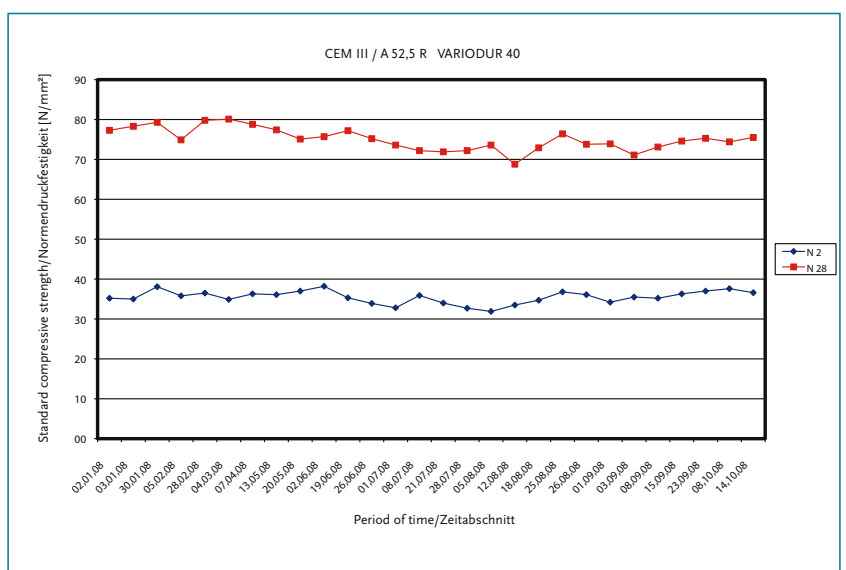


Fig. 12 Normative compressive strength CEM III/A 52,5 R after 2 and 28 days.  
Abb. 12 Normdruckfestigkeiten CEM III/A 52,5 R nach 2 und 28 Tagen.



Fig. 13 The installed elements in everyday use.

Abb. 13 Die montierten Bahnsteigelemente im alltäglichen Einsatz.

truck; the same applies to the  $\text{SO}_3$  content. These values were made available to the plant before the vehicle left and could be directly corrected, if required. The loading process for every silo truck, compared to loading from a cement silo, was only insignificantly delayed by the check. However, because these cements are high-performance binders and because the concretes made from them are frequently subjected to extremely high loadings, the quality assurance measures specified by Dyckerhoff AG were mandatory and served the safety of the concrete units made with them.

The standard compressive strength of N 2 of the cement manufactured in the described way averaged at  $35 \text{ N/mm}^2$ , N 28 at  $75 \text{ N/mm}^2$  (Fig. 12). The carefully determined mix design of the concrete ensured that the required compressive concrete strength of a C 40/50 and the needful early strength regarding the cycle times were reached at all times by using this CEM III.

### Summary

The early strengths essential for a precast plant, the required final strengths, the specified electrical resistance as well as grip and resistance to freeze-thaw with de-icing salt were reliably attained during the entire production period. The completed aesthetically challenging platforms are shown in Fig. 13.



Hering Bau GmbH & Co. KG  
Neuländer 1  
D-57299 Burbach  
Tel.: +49 2736 27-0  
Fax: +49 2736 27-109  
www.heringinternational.com

Werk verließ, lagen diese Werte vor und konnten bei Bedarf zu unmittelbaren Korrekturmaßnahmen führen. Der Beladungsvorgang dauerte durch diese Überprüfung nur unwesentlich länger als bei Verladung aus einem Zementsilo. Da es sich bei diesen Zementen jedoch um Hochleistungsbindemittel handelt und die daraus hergestellten Betone oft extremen Beanspruchungen ausgesetzt sind, ist diese durch die Dyckerhoff AG festgelegte Qualitätssicherungsmaßnahme zwingend notwendig und dient der Sicherheit der damit hergestellten Betonbauteile.

Die Normendruckfestigkeit N 2 des so hergestellten Zementes lag i.M. bei  $35 \text{ N/mm}^2$ , N 28 bei  $75 \text{ N/mm}^2$  (Abb. 12). Durch die sorgfältige Rezeptierung der Betone konnte mit diesem Hochofenzement somit die geforderte Betondruckfestigkeit eines C 40/50 und die für kurze Taktzeiten in einem Fertigteilwerk notwendige Frühfestigkeit zielsicher erreicht werden.

### Zusammenfassung

Die für ein Fertigteilwerk wichtigen Frühfestigkeiten, die erforderlichen Endfestigkeiten, der elektrische Widerstand sowie Griffigkeit und Frost- Tausalzbeständigkeit wurden über den gesamten Produktionszeitraum sicher erreicht. Die ästhetisch sehr ansprechenden fertigen Bahnsteige zeigt die Abb. 13.

Werner Schultz, Ditmar Hornung, Reiner Grebe

### References/Literatur

- A.M. Neville, Electrical properties of concrete in „Properties of Concrete, Fourth and Final Edition“ Verlag Jon Wiley & Sons, Inc.
- G. Lohmeyer, Spezifischer elektrischer Widerstand von Beton in „Beton-Technik, Handbuch für Planer und Konstrukteure“ Verlag Bau und Technik
- K. Wesche, Einfluss der Zementart auf den elektrischen Widerstand von Beton in „Baustoffe für tragende Bauteile“ Band 2, Bauverlag
- RWE Eurotest, Prüfbericht Nr. 08.09.00.240, Elektrische Widerstandsmessungen an Betonfertigteilstücken mit Variodur 40, CEM III / A 52,5 R (unveröffentlicht)



Dyckerhoff AG  
Biebricher Straße 69  
65203 Wiesbaden  
Tel.: +49 611 676-0  
Fax: +49 611 676-1040  
www.dyckerhoff.de