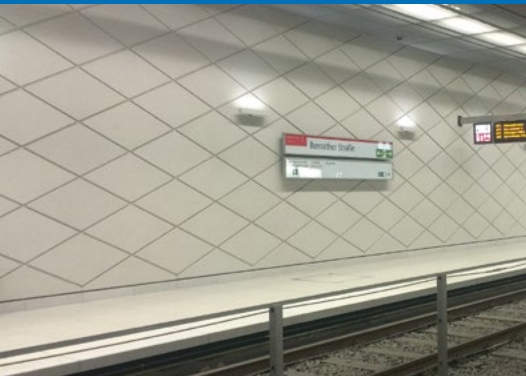
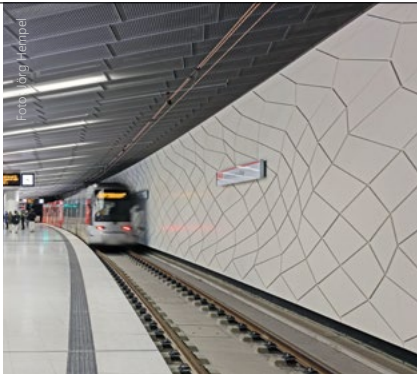


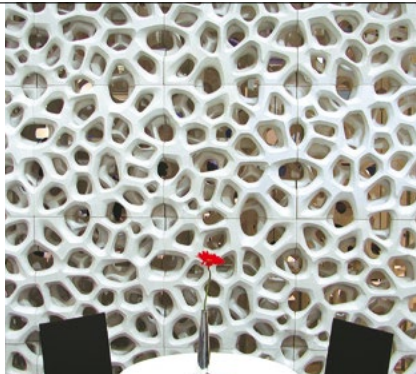
## Dyckerhoff BAUSTOFFE für Hochleistungsbetone



# Hochleistungsbetone (HPC) für Betonwerkstein und Fertigteile mit Dyckerhoff FLOWSTONE®



Wehrhahn-Linie, Düsseldorf



Wabenwand

## FLOWSTONE

Anwendung:	Betonelemente
Verdichtung:	selbstverdichtend
Produktion:	Vorfertigung
Bindemitteltyp:	Vormischung aus Zement und Steinmehl
Farbe:	weiß und grau

Kurzbeschreibung

## Einleitung

„Der Begriff ‚Hochleistungsbeton‘ soll verdeutlichen, dass für viele Anwendungen Dauerhaftigkeitskriterien vorrangig bzw. gleichrangig zur Festigkeit von Interesse sind. Hochfester Beton und Hochleistungsbeton unterscheiden sich aus beton-technologischer Sicht in der Regel nicht.“ (www.beton.wiki)

## Gebräuchliche Abkürzungen

### UHPC

Ultra high performance concrete (Ultrahochleistungsbeton)

### UHFB

Ultrahochfester Beton (Schweiz: Ultra-Hochleistungs-Faserbeton)

## Einsatzmöglichkeiten

Die bauaufsichtlichen Regelungen sind in Deutschland sehr engmaschig und Hochleistungsbetone lassen sich oftmals nur schwer in die geltenden Normen einordnen. Die alternativ mögliche Zustimmung im Einzelfall (ZiE) oder die Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (abZ) sind zeit- und kostenaufwendig und beschränken geeignete Einsatzfelder dauerhafter Hochleistungsbetone.

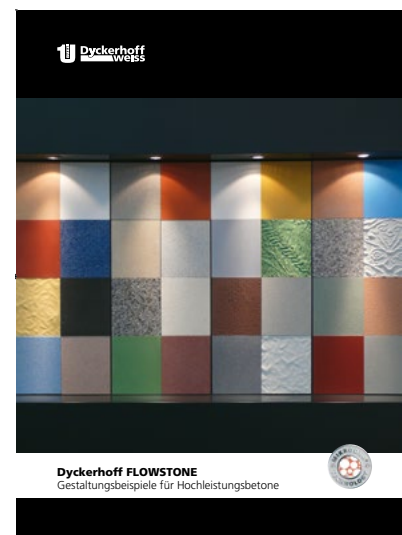
## Bindemittelvormischung für selbstverdichtende Betone im Fertigteilwerk

Bei Dyckerhoff FLOWSTONE handelt es sich um ein graues oder weißes Bindemittel für die Herstellung von Hochleistungsbetonen unter praxisingerechten Bedingungen.

Dies bedeutet, dass auf Basis Dyckerhoff FLOWSTONE fließfähige bzw. selbstverdichtende Betone realisiert werden können. Der Festbeton ist gekennzeichnet durch hohe Dichtigkeit sowohl im Gefüge als auch an der Oberfläche und damit besonders geeignet für dünne, porenarme Bauteile mit geringer Verschmutzungsneigung. Der Wasser/Zement-Wert liegt deutlich  $< 0,40$ ; die Biegezugfestigkeiten können je nach verwendeter Gesteinskörnung bis zu 15 MPa betragen. Die Druckfestigkeiten liegen in der Regel  $> 100$  MPa. Damit lassen sich Betonteile mit scharfen Kanten und hohen Dauerhaftigkeitseigenschaften, wie z.B. einem sehr hohen Frost-Tausalz-Widerstand und einem sehr hohen Verschleißwiderstand herstellen.

## Anwendungsgebiete FLOWSTONE

- hochwertige Betonwerksteinplatten für den Innen- und Außenbereich
- Betonwaren mit sehr hohem Frost-Tausalz-Widerstand
- großformatige Platten
- Betonwerksteinfassaden
- Betonmöbel für den Innen- und Außenbereich
- Mauerabdeckungen
- Säulen und Balustraden
- Fensterbänke und Laibungsplatten
- Stufen
- Fertigteile
- Sonderelemente



# Ultrahochleistungsbetone (UHPC) für den Maschinenbau mit Dyckerhoff NANODUR® Compound 5941

## NANODUR

Anwendung:	Maschinenbau
Verdichtung:	selbstverdichtend
Produktion:	Fertigteilwerk
Bindemitteltyp:	Vormischung aus Zement und Steinmehl
Farbe:	grau (und weiß)

Foto: HOMAG, Schlopfloch



Maschinenbett mit NANODUR

Kurzbeschreibung

## Bindemittelvormischung für selbstverdichtende Betone im Fertigteilwerk

### Maschinenbetten und Werkzeug- gestelle

Im Bereich technischer UHPC liegt das Anwendungsfeld Maschinenbau außerhalb aller bauaufsichtlichen Regelungen. Ultrahochleistungs Beton entwickelt sich als attraktive Alternative zu metallischen Werkstoffen und Polymerbeton (Mineralguss).

UHPC wird hier nur in selbstverdichtender Einstellung verwendet, da die komplexen

Geometrien der Schalungen vollständig ohne Verdichtung zu füllen sind. Das ist ein großer Vorteil gegenüber Polymerbeton, der massive Stahlschalungen für lange und intensive Verdichtung sowie erhebliche Nacharbeit zur Herstellung perfekter Oberflächen benötigt.

**NANODUR Compound 5941** ist eine Bindemittelvormischung, die sich weltweit in üblichen Betonmischanlagen mit gängiger Gesteinskörnung bewährt hat.

59% Norm- und Feinstzementkomponenten, angesteuert durch synthetische Oxide, sowie 41% ausgewählte Quarz-



Roboterzelle

feinsande im NANODUR Compound 5941 ermöglichen in Verbindung mit Sand 0/2 und Hartgesteinsplitt 2/5 mm einen einfach herzustellenden UHPC.

Mit besonderer Gesteinskörnung ist sogar ein E-Modul von 80.000 MPa möglich, der dem von Aluminium entspricht.

Neben einem geeigneten PCE-Fließmittel empfiehlt sich der Einsatz von Schwindreduzierer, um Zwängungen bei der Erhärtung und Formänderungen des fertigen Bauteils zu minimieren.

Rezepturbeispiele		Grobkorn E80	Grobkorn E45	Feinkorn
NANODUR Compound 5941 grau	[kg/m <sup>3</sup> ]	1.050	1.050	1.050
Sand 0/2 mm (lufttrocken)	[kg/m <sup>3</sup> ]	-	430	1.150
Splitt 2/5 mm (lufttrocken)	[kg/m <sup>3</sup> ]	-	880	-
Durigid 1/3 mm	[kg/m <sup>3</sup> ]	1.193	-	-
Durigid 3/6 mm	[kg/m <sup>3</sup> ]	430	-	-
Mikrostahlfasern 020/10	[kg/m <sup>3</sup> ]	-	60	-
PCE-Fließmittel	[kg/m <sup>3</sup> ]	17	15	18
Wasser	[kg/m <sup>3</sup> ]	149	158	168
Mechanische Kennwerte nach 28 Tagen Lagerung der Prüfkörper unter Wasser bei 20 °C				
3-Punkt-Biegezugfestigkeit*	[MPa]	23	20	18
Prismendruckfestigkeit*	[MPa]	180	150	130
Zylinderdruckfestigkeit**	[MPa]	150	130	120
Statischer E-Modul**	[MPa]	80.000	50.000	45.000

\* Prisma 4 cm x 4 cm x 16 cm

\*\* Zylinder d = 15 cm, h = 30 cm

# Ultrahochleistungsbetone (UHPC) im Bauwesen mit Dyckerhoff NANODUR® Compound 5941

4



Parabolrinnen-Solarkollektor



Fischzuchtbecken, Garnelenfarm

## NANODUR

Anwendung:	Sonderbauteile
Verdichtung:	selbstverdichtend
Produktion:	Fertigteilwerk und Transportbeton
Bindemitteltyp:	Vormischung aus Zement und Steinmehl
Farbe:	grau und weiß

Kurzbeschreibung

## Bindemittelvormischung für selbstverdichtende Betone im Fertigteilwerk und für Trans- portbeton

### NANODUR Compound 5941

Die nicht genormte Bindemittelvormischung hat sich auch bei technischen Anwendungen in der Bauindustrie bewährt. In mehreren Projekten waren unbewehrte großformatige UHPC-Platten (Länge rund 3 m bei 4 cm Dicke) wirtschaftlicher als Fassadenplatten aus Naturstein.

### Parabolrinnen

Auf Initiative der TU Kaiserslautern entwickelte ein interdisziplinäres Konsortium zu Forschungszwecken einen Großdemonstrator aus Hochleistungsbeton. Als Reflektoren der beiden 12 m langen und 6 m breiten Parabolrinnen dienen aufgeklebte Spiegelbleche aus Aluminium. Auch Auflager und Mechanik in Form von Zahnradern sowie Sichel zur Sonnennachverfolgung wurden mit der UHPC-Grobkornmischung hergestellt.

### Garnelenfarm

In Grevesmühlen entstanden modulare Konstruktionen aus miteinander verklebten UHPC Einzelementen als doppel-

stöckige Garnelenzuchtanlage von 35 m Länge und 5 m Breite. Die Elemente mit nur 6 cm Wandstärke wurden aus der Grobkornmischung ohne Bewehrung hergestellt – die unteren bereits mit integrierten Stützen für die oberen. Nach Abschluss der Montage erfolgte der Verschluss der Stöße durch Einkleben von UHPC-Laschen mit Reaktionsharzklebstoff. Zur Abdichtung der Fugen zwischen Laschen und Beckenelementen kam ein hydraulischer Mörtel mit Trinkwasserzulassung zum Einsatz.

### Brückenertüchtigung

Bei einem Pilotprojekt in Österreich wurde auf Vorschlag der TU Graz die Praxistauglichkeit einer Verstärkung von Brücken mit UHPC erfolgreich erprobt. 40 m<sup>3</sup> UHPC mit NANODUR Compound 5941 wurden in einem Transportbetonwerk aufbereitet und als Ortbeton eingebaut. Ziel war eine Tragfähigkeitserhöhung mit gleichzeitiger Abdichtung als Ersatz für den bituminösen Belag. Die Sieblinie musste für einen Einbau bei bis zu 4,5% Gefälle optimiert werden. An Würfeln mit 100 mm Kantenlänge wurden Druckfestigkeiten von 146 MPa nach 28 und 172 MPa nach 98 Tagen sowie eine Biegezugfestigkeit von 11,5 MPa an Balken 150 x 150 x 700 mm<sup>3</sup>

im 4-Punkt-Versuch erzielt. Der E-Modul erreichte 52.000 MPa.



Brückenertüchtigung mit UHPC...



...erzielt erhöhte Tragfähigkeit

# Hochleistungsbeton (HPC) zur Brückenertüchtigung mit Dyckerhoff XPOSAL® 105 (auf Basis VARIODUR® 30 CEM II/B-S 52,5 R)

## XPOSAL 105

Anwendung:	Straßenbau, Brücken
Verdichtung:	Rüttelbeton für den Einbau mit Fertiger
Produktion:	Transportbeton
Bindemitteltyp:	Normzement
Farbe:	grau

Kurzbeschreibung



Ewijk-Brücke, Niederlande



XPOSAL 105 von Dyckerhoff Basal

## Normzement für Transportbeton

### Instandsetzung mit XPOSAL 105 auf Basis von Dyckerhoff VARIODUR 30

Die alte Waalbrücke (Ewijk-Brücke) wurde im Jahr 1976 gebaut. Sie ist eine der Stahlbrücken in den Niederlanden, die vor der Sanierung der aktuellen Verkehrsbelastung nicht mehr gewachsen war.

Eine in den Niederlanden schon mehrfach angewandte Methode ist die Verstärkung der Tragplatte durch eine Decklage aus bewehrtem hochfestem Beton (C90/105). Dadurch werden die Spannungen in der Tragplatte im Vergleich zu einer Asphaltdecklage bis zu 80% reduziert und damit die Lebensdauer der Brücke deutlich erhöht.

Die Zusammensetzung des hochfesten Betons hat Dyckerhoff Basal zusammen mit dem Wilhelm Dyckerhoff Institut in Wiesbaden entwickelt. Das Ergebnis: Dyckerhoff XPOSAL 105 steht für einen robusten hochfesten Beton der Druckfestigkeitsklasse C90/105 auf Basis von Dyckerhoff VARIODUR 30 CEM II/B-S 52,5 R.

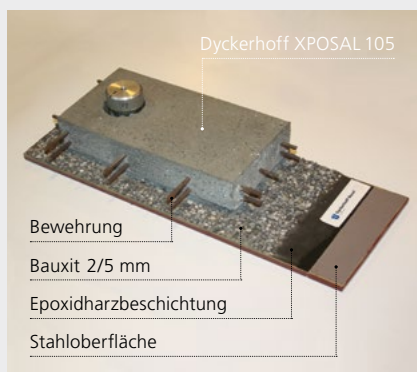
Sämtliche Betonlieferungen erfolgten von der Dyckerhoff Basal Anlage in Arnheim. Insgesamt wurden an 20 Betoniertagen im Zeitraum von Juni bis Dezember 2016 ca. 2.400 m<sup>3</sup> Dyckerhoff XPOSAL 105 ausgeliefert, zweimal wurde auch nachts betoniert.

Für den Einbau dieses 8 cm starken Betons entwickelte das Auftragnehmer-Konsortium

(Strukton und Ballast Nedam) einen speziellen Einbaufertiger, der hohe Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des Betons stellt. Der Einbauzug kann auf einer Breite von 12 m mit hoher Verdichtungsenergie eine sehr starke Verbindung zwischen Beton und Stahl herstellen. Mit einer Geschwindigkeit von 20 cm pro Minute wurden 100 m Brückendecke an einem Tag gefertigt. Für eine optimale Haftung auf der Stahloberfläche wurde eine Haftbrücke aus Bauxit und Epoxidharz aufgetragen. Es kamen sowohl konventionelle Stahlbewehrung als auch 75 kg/m<sup>3</sup> Stahlfasern zum Einsatz, die mit einer neuen Dosieranlage im Werk zugegeben wurden.

### Betontechnische Daten Instandsetzung Ewijk-Brücke

Festigkeits-/Expositionsklasse	C90/105; XF4
Ausbreitmaß	F3 / F4: 450 – 500 mm
Verarbeitbarkeitszeit	≥ 2 Stunden
Luftgehalt	≤ 2,0%
Dichte	≤ 2.500 kg/m <sup>3</sup> (± 5%)
Biegezugfestigkeit	10 MPa (± 25%)
statischer E-Modul	50.000 MPa (± 10%)
Autogenes Schwinden	≤ 3,0‰
Frost-Tausalz-Widerstand	≤ 100 g/m <sup>2</sup>
Chloridmigration	≤ 2,0 * 10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /sec
Grobe Gesteinskörnung 2/5 mm	AKR-beständig
Stahlfasern (L = 12,5 mm, D = 0,4 mm)	≥ 75 kg/m <sup>3</sup> (homogen verteilt)



## Ultrahochfester Beton (UHFB)

mit Dyckerhoff VARIODUR® 40 CEM III/A 52,5 R (und UHPC Additive CEM III/C 52,5 N)



UHFB-Turm, VENTUR 4.0



Grobkornmischung

### VARIODUR

Anwendung:	konstruktiv im Bauwesen
Verdichtung:	Rüttelbeton
Produktion:	Transportbeton, Fertigteilwerk
Bindemitteltyp:	Normzement
Farbe:	grau

Kurzbeschreibung

### Normzement für Transportbeton und Fertigteilwerk

**Ultrahochfeste Betone (UHFB)** basieren auf einer Optimierung der Packungsdichte des Zementsteins. Erreicht wird dies bekanntlich durch Hohraumfüllung mit besonderen Additiven wie Silikastaub, die zudem durch die puzzolische Reaktion das Zementsteingefüge zusätzlich verdichten. Diese Betone sind im Transportbetonwerk schwierig zu mischen und erfordern erhöhten Aufwand bei der Dosierung der Ausgangsstoffe und der Eigenüberwachung.

Hochleistungsbetone sind aber sehr viel einfacher auch mit moderner Zementtechnologie herstellbar, wie die bisherigen Erfahrungen mit Premiumzementen aus der Dyckerhoff MIKRODUR®-Technologie zeigen. Einzelne gesichtete Komponenten unterschiedlicher Korngrößen aus genormten Zementbestandteilen werden gezielt mit einem Basiszement zur Einstellung besonderer Eigenschaften gemischt. Dyckerhoff Premiumzemente VARIODUR sind Normzemente, deren Einsatz keine aufwendigen Zulassungsverfahren erfordert.

Die geplante DAFStb-Richtlinie „UHFB“ wird neue Festigkeitsklassen definieren, die dann auch Eingang in die Neufassung der Betonnormen finden werden: **C130/145**, **C150/165** und **C175/190**.

Zum Nachweis der Leistungsfähigkeit des VARIODUR 40 CEM III/A 52,5 R Normzements wurden einfache UHFB-Rezepturen **ohne Silikastaub** und ohne die oftmals praktizierte spezielle granulometrische Abstufung der Gesteinskörnung getestet. Die Grobkornrezeptur enthält Grubensand 0/2 mm und Basalt Edelsplitt 2/5 mm sowie zur Einstellung einer gut verarbeit-

baren Konsistenz ein speziell konzipiertes PCE-Fließmittel für niedrige Wasser/Zement-Werte.



Zylinder für Festigkeitsprüfungen

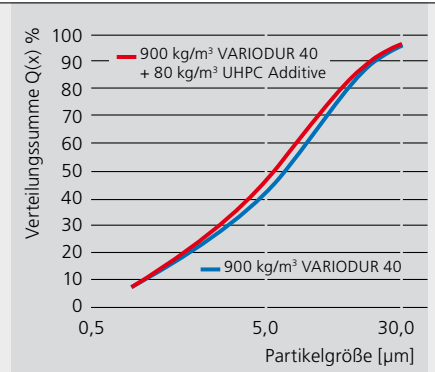
### UHFB-Rezepturen mit hoher Leistungsfähigkeit

		Grobkorn		Feinkorn
VARIODUR 40 CEM III/A 52,5 R	[kg/m³]	700	900	900
UHPC Additive CEM III/C 52,5 N	[kg/m³]	-	-	80
Quarzfeinsand 0,063/0,25 mm	[kg/m³]	-	1.230	1.150
Rheinsand 0/2 mm	[kg/m³]	480	-	-
Basalt Edelsplitt 2/5 mm	[kg/m³]	1.300	-	-
Mikrostahlfasern	[kg/m³]	-	200	200
PCE-Fließmittel für niedrige w/z-Werte	[kg/m³]	17	25	22
Wasser (inkl. Wasser aus PCE)	[kg/m³]	136	196	196
w/z-Wert	-	0,20	0,22	0,20
Ausbreitmaß	[mm]	430	450	510
<b>Festbetoneigenschaften nach 28 Tagen</b>				
Druckfestigkeit 10-er Würfel	[MPa]	162	157	173
Druckfestigkeit Zylinder	[MPa]	158	145	157
statischer E-Modul Zylinder	[MPa]	55.600	43.900	46.800
Biegezugfestigkeit	[MPa]	-	22,0	22,3

# Ultrahochfester Beton (UHFB)

mit Dyckerhoff VARIODUR® 40 CEM III/A 52,5 R (und UHPC Additive CEM III/C 52,5 N)

<b>VARIODUR</b>	
Anwendung:	Verstärkungen
Verdichtung:	Fertiger, manuell
Produktion:	Transportbeton, Fertigteilwerk, Trockenmörtel
Bindemitteltyp:	Normzement
Farbe:	grau



Kurzbeschreibung

Feinkornmischung, ca. 8 % Neigung

Korngrößenverteilung

## Normzemente für Transportbeton und Fertigteilwerk

Die einfache Feinkornrezeptur mit PCE-Fließmittel für niedrige w/z-Werte enthält VARIODUR 40 CEM III/A 52,5 R, einen Quarzfeinsand und Mikrostahtfasern. Beton der Festigkeitsklasse C130/145 kann mit Fasergehalten von 200 – 250 kg/m<sup>3</sup>, w/z-Werten von 0,20 bis 0,24 und Zementanteilen von 42 – 49 % entsprechend der vorgesehenen Anwendung variiert werden.

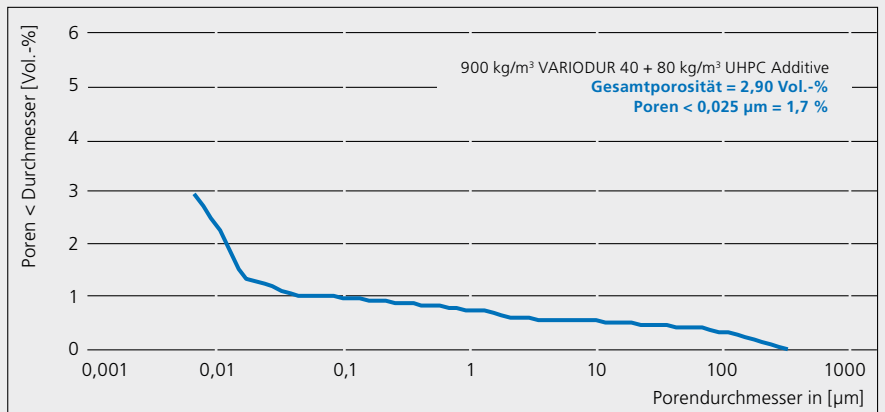
Die faserreiche UHFB-Mischung ist im Gefälle standfest und bei Verdichtung mit einem Fertiger für die Brückenertüchtigung gut verarbeitbar. Wichtig bei dünnen Verstärkungen ist insbesondere das Zugtragverhalten. Hier kann es erforderlich sein, die dichte Packung des Zementsteins weiter zu erhöhen.

Dafür bietet sich das UHPC Additive CEM III/C 52,5 N als weiteres Bindemittel an, dessen feinteilige Partikel mit  $d_{95} < 9,5 \mu\text{m}$  zu einem noch dichteren Gefüge führen. Bei 80 kg/m<sup>3</sup> blieb in der Standardfeinkornrezeptur der Wasseranteil mit knapp 200 kg/m<sup>3</sup> konstant, d.h. der w/z-Wert ging von 0,22 auf 0,20 zurück.

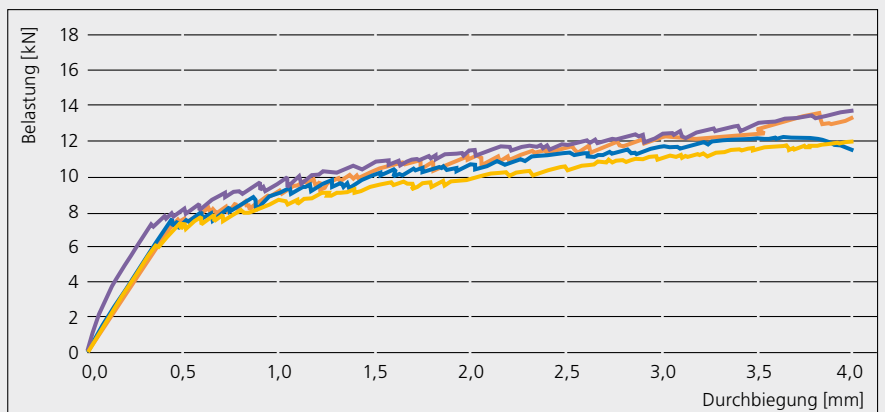
Mit Lasergranulometrie wird die Verschiebung in den feineren Bereich der Korngrößenverteilung sichtbar und so wird der Porenraum deutlich reduziert.

Insgesamt führt dies zu einer dichteren Packung des Zementsteins und damit zu einer hohen Nachrissbiegezugfestigkeit an Balken 36 x 100 x 500 mm<sup>3</sup>.

### Quecksilberdruckporosimetrie



### Kraft-Weg-Diagramm





Die deutschen Zementwerke Amöneburg, Deuna, Geseke, Göllheim, Lengerich, Neuss und Neuwied der Dyckerhoff GmbH wurden vom **Concrete Sustainability Council (CSC)** mit dem Siegel „Gold“ für ökologisch, sozial und ökonomisch verantwortliches Handeln ausgezeichnet.



Für weitere Informationen und individuelle Beratung stehen wir gerne zur Verfügung:

Verkaufsgebiet Grauzement Nordwest, Niederlande und Belgien, Dänemark  
Dyckerhoff GmbH  
Lienener Straße 89  
49525 Lengerich  
Telefon +49 5481 31-327 und -436  
Telefax +49 5481 31-590  
verkauf-nordwest@dyckerhoff.com

Verkaufsgebiet Grauzement Südost, Schweiz  
Dyckerhoff GmbH  
Biebricher Straße 68  
65203 Wiesbaden  
Telefon +49 611 676-1237 und -1241  
Telefax +49 611 676-61237 und -61241  
verkauf-suedost@dyckerhoff.com

Verkauf Weisszement  
Dyckerhoff GmbH  
Biebricher Straße 68  
65203 Wiesbaden  
Telefon +49 611 676-1171 und -1172  
Telefax +49 611 609092  
weisszement@dyckerhoff.com

Export  
Dyckerhoff GmbH  
Biebricher Straße 68  
65203 Wiesbaden  
Telefon +49 611 676-1282  
Telefax +49 611 676-1320  
export@dyckerhoff.com  
www.dyckerhoff.com

Verkaufsgebiet Luxemburg, Frankreich  
Cimalux S.A.  
B.P. 146  
L-4002 Esch-sur-Alzette  
Telefon +352 55 25 25 297  
Telefax +352 42 08 44  
info@cimalux.lu  
www.cimalux.lu

Die in dieser Informationsschrift enthaltenen Angaben sind allgemeine Hinweise, die uns unbekannt chemische und/oder physikalische Bedingungen von Stoffen, mit denen unsere Produkte vermischt, zusammen verarbeitet werden, oder sonst in Berührung kommen (z.B. infolge unterschiedlicher Baustellenbedingungen) nicht berücksichtigen können. Sie sind deshalb unter Umständen für den konkreten Anwendungsfall nicht geeignet. Daher sind vor dem Einsatz unserer Produkte auf den Einzelfall bezogene Prüfungen und Versuche erforderlich. Die Angaben in dieser Informationsschrift beinhalten keine Beschaffenheitsgarantie.

Dyckerhoff GmbH, Produktmarketing  
Postfach 2247, 65012 Wiesbaden, Deutschland  
Telefon +49 611 676-1187  
marketing@dyckerhoff.com www.dyckerhoff.com