Dyckerhoff

# Dyckerhoff BAUSTOFFE
## für Hochleistungsbetone

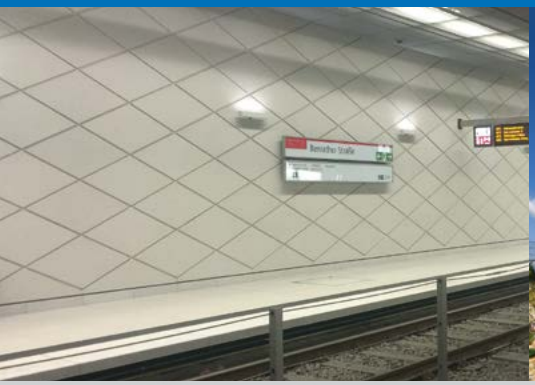


Foto: Bart van Hoek

# 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 betontechnologischer Sicht in der Regel nicht." (www.beton.wiki)

**Gebräuchliche Abkürzungen**

**UHPC**
**U**ltra **h**igh **p**erformance **c**oncrete
(Ultrahochleistungsbeton)

**UHFB**
**U**ltra**h**och**f**ester **B**eton
(Schweiz: **U**ltra-**H**ochleistungs-**F**aser**b**eton)

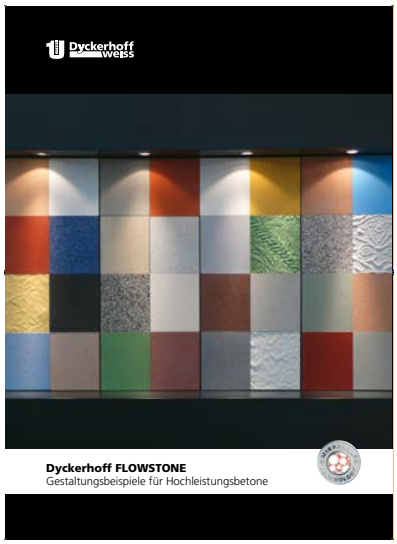
**Einsatzmöglichkeiten**
Die bauaufsichtlichen Regelungen sind in Deutschland sehr engmaschig und Hochleistungsbetone lassen sich oftmals nur schwer in die geltenden Normen einordnen. Die alternativ mögliche Zustimmung im Einzelfall (ZiE) oder die Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (abZ) sind zeit- 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 praxisgerechten 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) |

Kurzbeschreibung

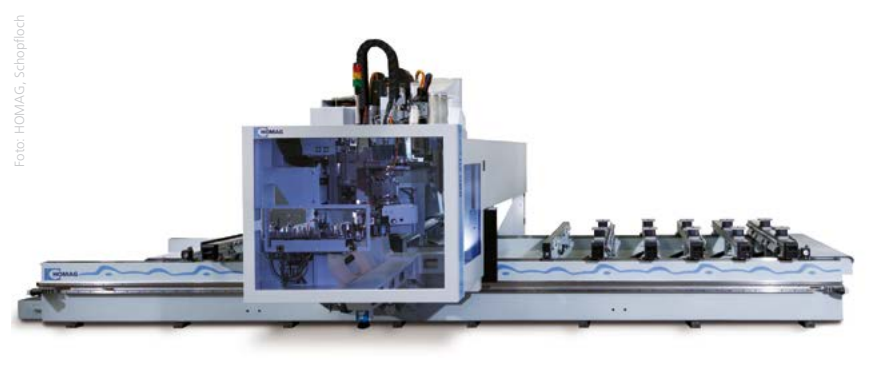


Foto: HOMAG, Schopfloch

Maschinenbett mit NANODUR

## Bindemittelvormischung für selbstverdichtende Betone im Fertigteilwerk

### Maschinenbetten und Werkzeuggestelle

Im Bereich technischer UHPC liegt das Anwendungsfeld Maschinenbau außerhalb aller bauaufsichtlichen Regelungen. Ultrahochleistungsbeton 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 Nacharbeitung 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, ausgesteuert durch synthetische Oxide, sowie 41 % ausgewählte Quarzfeinsande im NANODUR Compound 5941 ermöglichen in Verbindung mit Sand 0/2 und Hartgesteinsplitt 2/5 mm einen einfach herzustellenden UHPC.

Foto: FPT Robotik, Amtzell

Roboterzelle

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/m³] | 1.050 | 1.050 | 1.050 |
| Sand 0/2 mm (luftrocken) | [kg/m³] | - | 430 | 1.150 |
| Splitt 2/5 mm (luftrocken) | [kg/m³] | - | 880 | - |
| Durigid 1/3 mm | [kg/m³] | 1.193 | - | - |
| Durigid 3/6 mm | [kg/m³] | 430 | - | - |
| Mikrostahlfasern 020/10 | [kg/m³] | - | 60 | - |
| PCE-Fließmittel | [kg/m³] | 17 | 15 | 18 |
| Wasser | [kg/m³] | 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

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 Transportbeton

**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 Zahnrädern sowie Sicheln zur Sonnennachverfolgung wurden mit der UHPC-Grobkornmischung hergestellt.

**Garnelenfarm**

In Grevesmühlen entstanden modulare Konstruktionen aus miteinander verklebten UHPC Einzelelementen als doppelstöckige 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 m³ 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 Kantenläge 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 mm³ 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

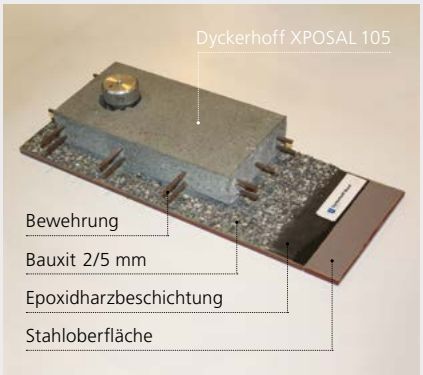
**Instandsetzung mit XPOSAL 105 auf Basis von Dyckerhoff VARIODUR 30**
Die alte Waalbrücke (Ewijk-Brücke) wurde im Jahr 1976 gebaut. Sie ist eine der Stahlbrücken in den Niederlanden, die vor der Sanierung der aktuellen Verkehrsbelastung nicht mehr gewachsen war.

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 m³ 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/m³ 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/m³ (± 5 %) |
| Biegezugfestigkeit | 10 MPa (± 25 %) |
| statischer E-Modul | 50.000 MPa (± 10 %) |
| Autogenes Schwinden | ≤ 3,0 ‰ |
| Frost-Tausalz-Widerstand | ≤ 100 g/m² |
| Chloridmigration | ≤ 2,0 * $10^{-12}$ m²/sec |
| Grobe Gesteinskörnung 2/5 mm | AKR-beständig |
| Stahlfasern (L = 12,5 mm, D = 0,4 mm) | ≥ 75 kg/m³ (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 Hohlraumfüllung mit besonderen Additiven wie Silikastaub, die zudem durch die puzzolanische 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. Einzeln 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 verarbeitbaren 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 |
| **Festbetoneigenschaften nach 28 Tagen** | | | | |
| 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)

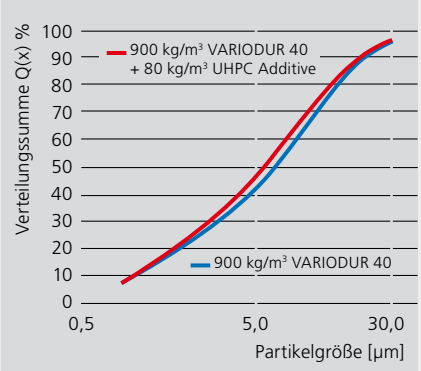


**VARIODUR**

| | |
|---|---|
| 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 Mikrostahlfasern. Beton der Festigkeitsklasse C130/145 kann mit Fasergehalten von 200 – 250 kg/m³, w/z-Werten von 0,20 bis 0,24 und Zementanteilen von 42 – 49 % entsprechend der vorgesehenen Anwendung variiert werden.

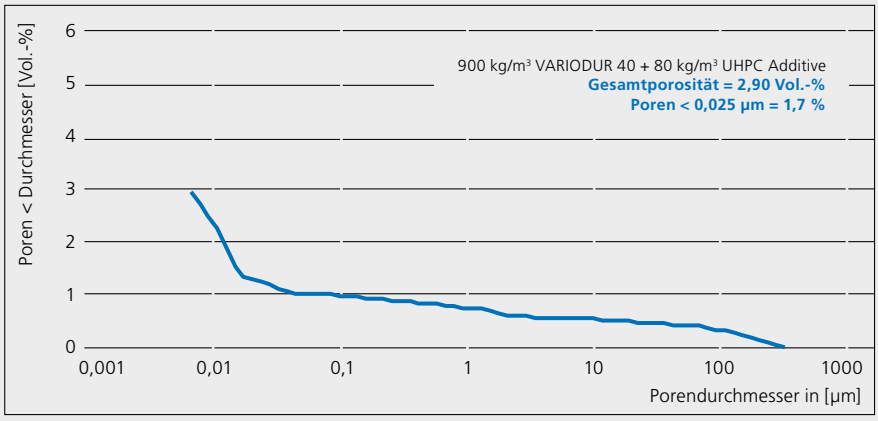
Die faserreiche UHFB-Mischung ist im Gefälle standfest und bei Verdichtung mit einem Fertiger für die Brückenertüchtigung gut verarbeitbar. Wichtig bei dünnen Verstärkungen ist insbesondere das Zugtragverhalten. Hier kann es erforderlich sein, die dichte Packung des Zementsteins weiter zu erhöhen.

Dafür bietet sich das UHPC Additive CEM III/C 52,5 N als weiteres Bindemittel an, dessen feinteilige Partikel mit $d_{95}$ < 9,5 µm zu einem noch dichteren Gefüge führen. Bei 80 kg/m³ blieb in der Standardfeinkornrezeptur der Wasseranteil mit knapp 200 kg/m³ konstant, d.h. der w/z-Wert ging von 0,22 auf 0,20 zurück.

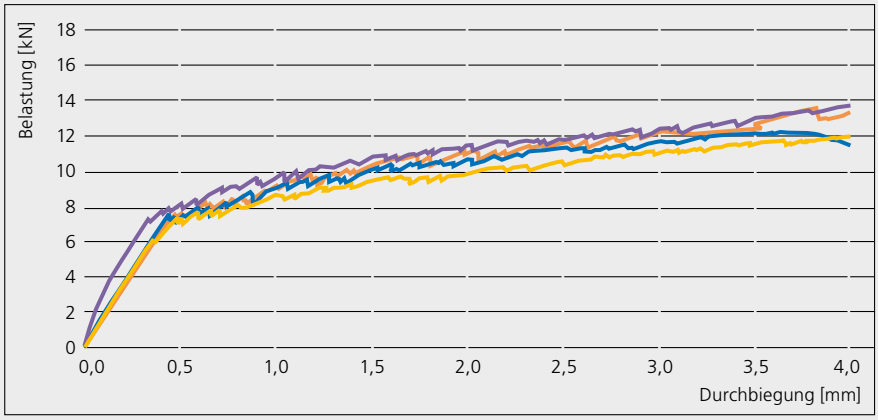
Mit Lasergranulometrie wird die Verschiebung in den feineren Bereich der Korngrößenverteilung sichtbar und so wird der Porenraum deutlich reduziert.

Insgesamt führt dies zu einer dichteren Packung des Zementsteins und damit zu einer hohen Nachrissbiegezugfestigkeit an Balken 36 x 100 x 500 mm³.

**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 **„Silber"** 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 unbekannte 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.



Gestaltung: wellKOM, Kommunikationsdesign GmbH Stand: 04/2021



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