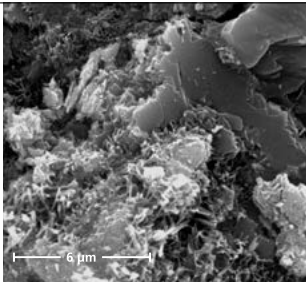




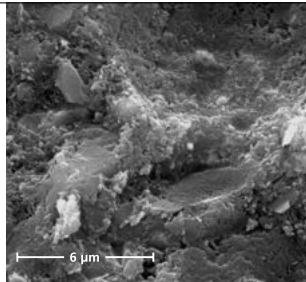
**Dyckerhoff VARIODUR®**  
Premiumzement für Hochleistungsbetone



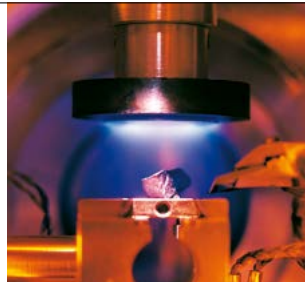
# Dyckerhoff VARIODUR® Premiumzement mit MIKRODUR®-Technologie



Normaler Beton



Hochleistungsbeton mit MIKRODUR-Technologie



Rasterelektronenmikroskop (REM)



Auswertung REM

Dyckerhoff Premiumzemente VARIODUR ermöglichen Betone mit außergewöhnlichen Eigenschaften ohne aufwändige Zulassungsverfahren, da sie als Normzemente ausschließlich aus genormten Zementbestandteilen hergestellt werden.



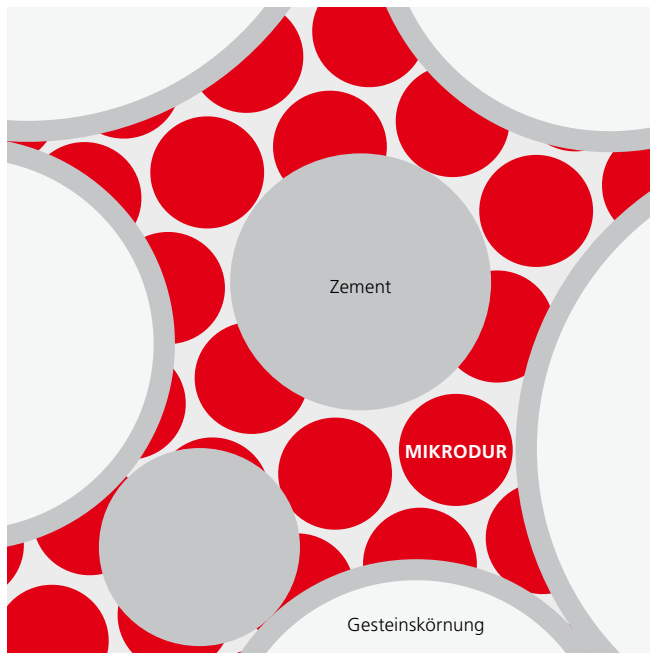
Dyckerhoff Premiumzemente sind Hochleistungsbindemittel zur Herstellung besonders anspruchsvoller Betone. Die gleich bleibende hohe Produktqualität wird bereits im Zementwerk bei der Auswahl der Rohstoffe durch einen speziellen Sichtung- und Mischprozess mit intensiver Qualitätskontrolle sichergestellt.

Dyckerhoff VARIODUR CEM II/B-S 52,5 R, CEM III/A 52,5 R und CEM III/A 52,5 N-SR (na) sind Normzemente zur Herstellung von hochfesten und ultrahochfesten Betonen mit hohem Widerstand gegen aggressive Medien.

Dyckerhoff Premiumzemente werden durch die einzigartige MIKRODUR-Technologie granulometrisch optimiert. Im Beton entsteht so durch Zwickelfüllung der Zementsteinmatrix ein extrem dichtes Gefüge. Gezielt abgestufte Anteile an Hütten-sandfeinmehlen stellen eine hohe Beständigkeit sicher.

### Expositionsklassen

Klasse	Beschreibung der Umgebung	Beispiele für die Zuordnung der Expositionsklassen
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung nach DIN EN 206-1: 2001-07, Tabelle 2	Behälter von Kläranlagen; Güllebehälter
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung nach DIN EN 206-1: 2001-07, Tabelle 2, und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung nach DIN EN 206-1: 2001-07, Tabelle 2	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Gärfuttersilos und Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung





Naturzugkühler



Herstellung von Betonrohren



Kläranlage



Hochfester Massenbeton

Betone mit Dyckerhoff VARIODUR empfehlen sich für alle Bauteile, die durch aggressive Medien beansprucht werden. VARIODUR 50 wurde auf hohen Sulfatwiderstand getestet und ist als SR-Zement eingestuft (Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung: DIBt Nr. Z-3.11-1938).

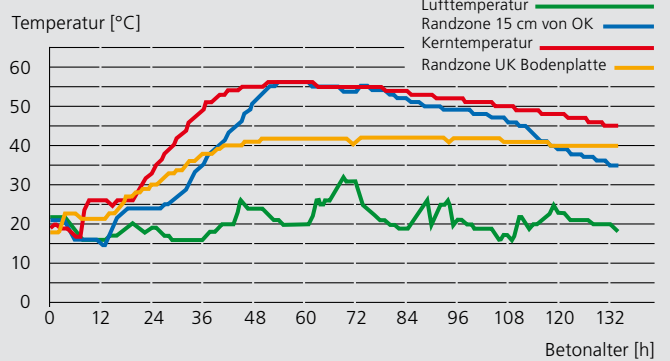
### Dyckerhoff VARIODUR zur Herstellung von Naturzugkühlern

Auf die Verfahrenstechnik abgestimmte Zementrezepturen verbinden Beständigkeit mit schneller Frühfestigkeitsentwicklung für hohe Kletterleistungen. Die Hochleistungsbetone zeichnen sich darüber hinaus durch ein gleichmäßiges Erscheinungsbild in heller freundlicher Sichtbetonqualität aus.

### Dyckerhoff VARIODUR für den Einsatz bei Abwasserbauteilen

Dichtes Gefüge mit guten Früh- und Endfestigkeiten stellt einen hohen Widerstand gegen starken Angriff durch wechselnde aggressive Medien sicher. Dies ist bei Ortbetonbauteilen in Kläranlagen ebenso wichtig wie bei der Herstellung von Betonrohren im Fertigteilwerk.

### Hydratationswärmeentwicklung Bodenplatte Bauteil A Kranhaus Süd, Köln



### Dyckerhoff VARIODUR für hochfesten Massenbeton

Optimierte gleichmäßige Hydratationswärmeentwicklung auf niedrigem Niveau bei gleichzeitig hohem Festigkeitspotenzial für besondere Beanspruchungen. Sulfatbeständig und hoher Widerstand gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung. Beim 21 x 32 x 1,60 m mächtigen Fundament des Kranhauses Süd in Köln kam hochfester Massenbeton C60/75 mit der Konsistenz F5 zum Einsatz. Bei einer maximalen Kerntemperatur von 55 °C betrug die Differenz zur Randzone weniger als 15 K.

#### Zementdaten (Mittelwerte)

Dyckerhoff VARIODUR		VARIODUR 30 CEM II/B-S 52,5 R	VARIODUR 40 CEM III/A 52,5 R	VARIODUR 50 CEM III/A 52,5 N-SR (na)
Wasseranspruch	[%]	30	31	32
Erstarrungsbeginn	[min]	175	180	220
Hellbezugswert	[Y]	50	53	55
Druckfestigkeit N <sub>2</sub>	[MPa]	38	34	28
Druckfestigkeit N <sub>7</sub>	[MPa]	63	60	56
Druckfestigkeit N <sub>28</sub>	[MPa]	72	73	74

# Instandsetzung und Erweiterung von Brücken mit Spezialbeton auf Basis von Dyckerhoff VARIODUR



Beispiel: Instandsetzung...



... Hollandse Brug



Beispiel: Brückenerweiterung...



... im Projekt SAAone

## Instandsetzung von Fahrbahnplatten (Almere)

„Hollandse Brug“ ist der Name der Brücke, die im Zuge der Autobahn A 6 Amsterdam mit der erst 1975 gegründeten Stadt Almere auf dem Flevolandpolder verbindet. Die 350 m lange Stahlbetonbrücke erhielt im Jahr 2010 eine neue Brückenplatte mit einem Spezialbeton von Dyckerhoff Basal, hergestellt mit dem Premiumzement Dyckerhoff VARIODUR 50 CEM III/A 52,5 N-SR (na). Für die Instandsetzung der mehr als 10.000 m<sup>2</sup> großen Straßenfläche wurden rund 2.000 m<sup>3</sup> Transportbeton von Dyckerhoff Basal in Almere geliefert.

Die Instandsetzung sah auf der vorhandenen Brückenkonstruktion eine 17 cm dicke Betonplatte vor, die für zusätzlichen Oberflächenschutz mit 8 mm Epoxidharz beschichtet wurde. Die Anforderungen an den Beton nach 48 Stunden waren bei mindestens 50 % Hüttensandanteil im Zement eine hohe Haftzug- und schnelle Druckfestigkeit von > 35 MPa sowie eine Restfeuchte < 2,5 % für den Auftrag des Epoxidharzes.

### Betontechnische Daten Instandsetzung Almere

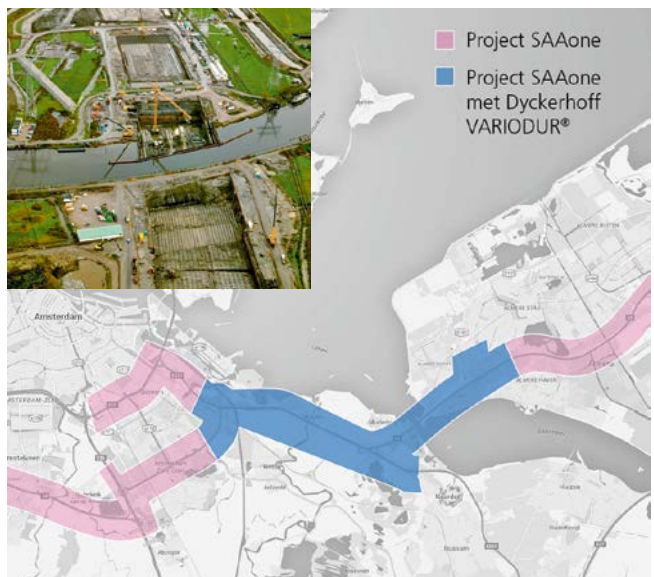
Festigkeitsklasse		C60/75
Expositionsklasse		XC4, XD3, XF4
Konsistenz		F4
CEM III/A 52,5 N-SR (na)		340 kg/m <sup>3</sup>
Flugasche		50 kg/m <sup>3</sup>
w/z-Wert		0,45
Druckfestigkeit	2d	40 MPa
Druckfestigkeit	7d	65 MPa
Druckfestigkeit	28d	80 MPa
Abwitterung CDF Test		348 g/m <sup>2</sup>

Zusätzlich waren hoher Frost-Tausalz-Widerstand (Expositions-klasse XF4), schwindarmes Erhärten und Rissefreiheit gefordert.

## Erweiterung Projekt SAAone (Amsterdam-Almere)

Bei dem im Jahr 2016 hergestellten Bauwerk handelt es sich um eine Erweiterung der zu schmal gewordenen bereits bestehenden Brücke über das Gooimeer und das IJmeer zwischen Amsterdam und Almere.

Die Brücke über den Amsterdam-Rhein-Kanal ist freitragend konstruiert. Der hierfür verwendete hochfeste Transportbeton der Festigkeitsklasse C70/85 wurde ebenfalls mit Dyckerhoff VARIODUR 50 CEM III/A 52,5 N-SR (na) produziert. Entscheidend waren die geringe Hydratationswärmeentwicklung sowie der hohe Frost-Tausalz-Widerstand des Hochleistungsbetons.





Beispiel: Instandsetzung...



... Ewijk-Brücke



Einbau des hochfesten Betons...



...mit speziellem Fertiger

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

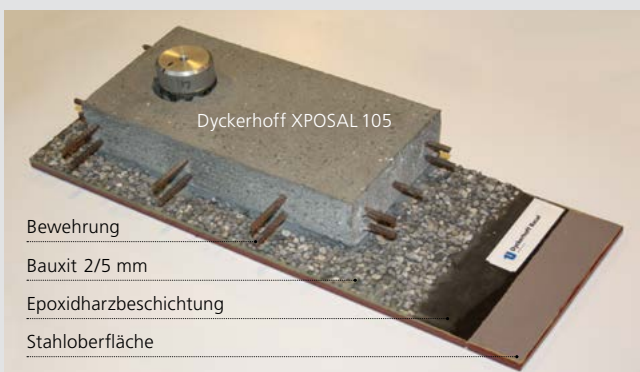
Die alte Waalbrücke (Ewijk-Brücke) wurde im Jahr 1976 gebaut. Sie ist eine der Stahlbrücken in den Niederlanden, die vor der Sanierung der aktuellen Verkehrsbelastung nicht mehr gewachsen war.

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. Als zusätzliche Maßnahme zur Sicherstellung einer optimalen Konsistenz von Dyckerhoff XPOSAL 105 bekamen die Mischfahrzeuge „Regenhauben“, um das Eindringen von Regenwasser zu vermeiden.



#### Betontechnische Daten Instandsetzung Ewijk

Festigkeits-/Expositionsklasse	C90/105; XF4
Fließmaß	F3 / F4: 450 – 500 mm
Verarbeitbarkeitszeit	≥ 2 Stunden
Luftgehalt	≤ 2,0 %
Dichte	≤ 2.500 kg/m <sup>3</sup> (± 5 %)
Biegezugfestigkeit	10 MPa (± 25 %)
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 = 12,5mm, D = 0,4mm)	≥ 75 kg/m <sup>3</sup> (homogen verteilt)

# UHFB

## Ultrahochfester Beton



Stützen (d = 7 cm)



Treppenstufen (d = 3 cm)



Fischzuchtbecken (d = 6 cm)...



... aus verklebten Elementen

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.

Hochleistungsbetone sind aber sehr viel einfacher auch mit moderner Zementtechnologie möglich, wie die vorgenannten Praxisbeispiele verdeutlichen. Die DAfStb-Richtlinie „UHFB“ enthält hohe Festigkeitsklassen, die dann auch Eingang in die Neufassung der Betonnormen finden werden: C130/145, C150/165 und C175/190.

Während C175/190 wohl nur durch extrem hohe Dosierung von Mikrostauffasern darstellbar sein wird, ist C150/165 mit moderater Dosierung und C130/145 gänzlich ohne Mikrostauffasern bei Verwendung von Dyckerhoff VARIODUR 40 in Verbindung mit geeigneten Fließmitteln möglich.

Sonderbauteile wie Stützen mit 7 cm Durchmesser, ein Treppensexponat mit 3 cm dicken Stufen sowie mit 30 °C warmem Salzwasser gefüllte doppelstöckige Fischzuchtbecken mit 6 cm Wandstärke zeigen Einsatzmöglichkeiten für UHFB auf. (Anwendungsbeispiele aus ULTRALITH der Benno Drössler GmbH & Co. Bauunternehmung KG, Siegen, auf Basis von Dyckerhoff NANODUR® Compound 5941)

Im konstruktiven Bereich sind aktuell allerdings nur Normzemente einsetzbar und zum Nachweis der Leistungsfähigkeit wurde mit VARIODUR 40 CEM III/A 52,5 R eine einfache UHFB-Rezeptur ohne Silikastaub und ohne die oftmals praktizierte spezielle granulometrische Abstufung der Gesteinskörnung getestet.

Zum Einsatz kamen Grubensand 0/2 mm und Basalt Edelsplitt 2/5 mm sowie zur Einstellung einer gut verarbeitbaren Konsistenz ein spezielles PCE-Fließmittel für niedrige Wasser/Zement-Werte.



Wichtig bei den Festigkeitsprüfungen ist, dass nur absolut fehlerfreie Stahlformen zum Einsatz kommen und Zylinder vor der Prüfung planparallel geschliffen werden.

### UHFB-Rezeptur mit hoher Leistungsfähigkeit

VARIODUR 40 CEM III/A 52,5 R		700 kg/m <sup>3</sup>
Grubensand 0/2 mm		480 kg/m <sup>3</sup>
Basalt Edelsplitt 2/5 mm		1.300 kg/m <sup>3</sup>
PCE für niedrige w/z-Werte		16,8 kg/m <sup>3</sup>
Wasser (inkl. Wasser aus PCE)		136 kg/m <sup>3</sup>
w/z-Wert		< 0,20
Ausbreitmaß		430 mm
Druckfestigkeit 10-er Würfel	7d	147 MPa
Druckfestigkeit Zylinder	7d	137 MPa
statischer E-Modul Zylinder	7d	54.000 MPa
Druckfestigkeit 10-er Würfel	28d	162 MPa
Druckfestigkeit Zylinder	28d	158 MPa
statischer E-Modul Zylinder	28d	55.600 MPa



### C<sup>3</sup> Carbon Concrete Composite (BMBF)

Gegenüber aktuell auf dem Markt verfügbaren Betonen werden die neuen C<sup>3</sup>-Hochleistungsbetone eine größere Dauerhaftigkeit, einen optimierten Verbund zur Carbonbewehrung und eine deutlich verbesserte Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz aufweisen. Baukonstruktionen aus C<sup>3</sup>-Hochleistungsbetonen zeichnen sich durch mechanische Leistungsfähigkeit bei geringerem Umwelteinfluss aus und lassen eine verlängerte Lebensdauer erwarten.

Aufgabe im C<sup>3</sup>-Teilprojekt B2 waren neue Bindemittelkonzepte mit erhöhter Menge an Kompositbestandteilen. Das Ergebnis ist VARIODUR C (Carbon), der mit >100 MPa Druck- und >10 MPa Biegezugfestigkeit im Beton die Projektanforderungen erfüllte.

#### Rezepturbeispiel VARIODUR C

<i>normfähig als CEM VI (S-LL) 52,5 N nach Inkrafttreten der neuen EN 197-1</i>		
VARIODUR C		620 kg/m <sup>3</sup>
Granitsplitt 2/5 mm		840 kg/m <sup>3</sup>
Sand 0/2 mm		530 kg/m <sup>3</sup>
Sand BCS 413		250 kg/m <sup>3</sup>
PCE-Fließmittel		16 kg/m <sup>3</sup>
Wasser		145 kg/m <sup>3</sup>
w/z-Wert		0,23
Prismendruckfestigkeit*	28d	120 MPa
3-Punkt-Biegezugfestigkeit*	28d	12 MPa
*Prisma 4 cm x 4 cm x 16 cm; Prüfkörperlagerung 28 Tage unter Wasser bei 20 °C		

Die Entwicklung des Bindemittelkonzepts für VARIODUR C (Carbon) wurde unterstützt und gefördert durch:

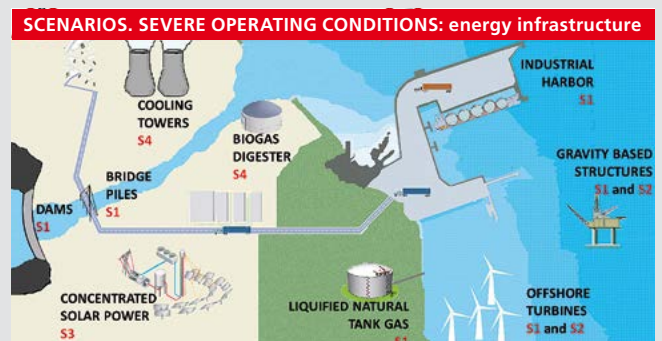


### LORCENIS (Europäische Union)

#### Long lasting Reinforced Concrete for Energy Infrastructure under Severe Operating Conditions

Infrastrukturprojekte sind immer mit großen Investitionen verbunden, wobei die Bauwerke oftmals unter ungünstigen Randbedingungen errichtet werden müssen. Offshore-Windkraftanlagen in Nord- und Ostsee bei tiefen Temperaturen und Eisgang, Solarkraftwerke in heißen Wüstenregionen stellen hohe Anforderungen an die Baustoffe bei extremen Temperaturwechseln. Kühltürme und Biogasanlagen werden darüber hinaus noch mit aggressiven Medien beaufschlagt.

Dyckerhoff arbeitete im LORCENIS-Projekt an neuen Konzepten mit VARIODUR zur Herstellung besonders dauerhafter und widerstandsfähiger Betone.



- Scenario 1 (S1):** Cold ΔT°, ice impact, abrasion, corrosion, freeze thaw, deep sea
- Scenario 2 (S2):** Mechanical fatigue
- Scenario 3 (S3):** Hot ΔT°
- Scenario 4 (S4):** Acid corrosion



Dieses Projekt wurde im Rahmen der Finanzhilfvereinbarung Nr. 685445 aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union finanziert.

# Dyckerhoff VARIODUR in Mörteln



Sanierung des Mauerwerks der Brücke  
Einsiedelstein im Zuge der BAB 1



Fugenmörtel auf Basis VARIODUR 50  
bei der Talbrücke Höllenbach

VARIODUR eignet sich sehr gut als Bindemittel zur Herstellung hochwertiger Zementmörtel.

Beim Umbau und der Sanierung der denkmalgeschützten Brücken Einsiedelstein und Höllenbach im Zuge des 6-streifigen Ausbaus der Bundesautobahn A1 zwischen Wermelskirchen und Wuppertal Langerfeld kam VARIODUR 50 CEM III/A 52,5 N-SR (na) in Versetz- und Verfugmörteln für die Natursteinverblendung sowie im Hinterfüllmörtel zum Einsatz.

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

Verkaufsgebiet 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 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

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

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

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 +49 611 676-1181  
marketing@dyckerhoff.com www.dyckerhoff.com