

**DUCON Security**

**Explosionsschutz**

**Trümmerschutz**

**Durchschusshemmung**

**Durchbruchhemmung**

**[www.ducon.eu](http://www.ducon.eu)**

## DUCON-Security

### **DUCON® ALS SICHERHEITSBETON ZUM SCHUTZ VON KRITISCHEN INFRASTRUKTUREN**

DUCON Security ermöglicht mit geringen Bauteilstärken eine effektive Erhöhung des Schutzes von Gebäuden vor gewaltsamen Ereignissen (Terror, Krieg, o.ä.). Dabei lässt sich DUCON aufgrund vieler Gestaltungsmöglichkeiten an das architektonische Gesamtbild anpassen. Mit dem Sicherheitsbeton wurden zahlreiche kritische Infrastrukturen, Botschaften, Hochhäuser, Gemeindezentren, Hochsicherheitsrechenzentren und Kernkraftwerke geschützt.

- Trümmerschutdecken und Fassaden
- Explosionsschutz + Trümmerschutz (Anti-Terror)
- Beschuss- und Durchbruchhemmung
- Erdbebenschutz
- Schutzwände
- Stützenummantelung
- Mobiler Schutzcontainer gegen Explosion und Beschuss

Zum Schutz vor Explosionen kann bereits mit nur 4 cm dünnen Schichten, eingebunden in die Aussenwand, eine erhebliche Steigerung der Schutzwirkung erzielt werden. Die Beschusssicherheit von Bauwerken kann mit DUCON nachhaltig vergrößert werden.

### **SCHLAGWÖRTER:**

- „all-in-one“ • Trümmerschutz • Explosionsschutz • Anprallschutz • einbruchhemmend
- durchschusshemmend



Bild: DUCON-Security als Sicherheitsbeton



Bsp. Schutzfassade Generalkonsulat

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Die DUCON-Technologie</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DUCON Security</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Härtungsmaßnahmen</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Durchschuss- und Durchbruchhemmung</b>	<b>6</b>
<b>2.3</b>	<b>Explosionsschutz</b>	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Referenzen</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Technische Daten</b>	<b>13</b>

## Einleitung

DUCON®	Die Kombination aus ultrahochfestem Beton und räumlicher Mikroarmierung zu einem <b>Hochleistungsbeton</b> mit herausragenden Eigenschaften.
Unternehmen	2004 vom Erfinder der DUCON-Technologie Dr.-Ing. Stephan Hauser gegründetes, <b>international tätiges Unternehmen</b> mit Sitz in Darmstadt.
Einsatzbereiche	Die Geschäftsbereiche <b>Security, Overlay sowie Architectural &amp; Design</b> beschreiben das Anwendungsspektrum: Von Sicherheitsbeton für gefährdete Einrichtungen über hochleistungsfähige Industrieböden für die Automobil- und Chemieindustrie bis hin zu filigranen Sonderbauteilen für Architekten und Designer.
Entscheidende Vorteile	Im Vergleich zum Stand der Betontechnologie ist DUCON <b>dünnere, leichter und duktiler</b> bei gleichzeitig <b>höchster Tragfähigkeit</b> .
Referenzprojekte	Die genannten Referenzprojekte erstrecken sich von der kritischen Infrastruktur, Hochsicherheitsrechenzentren, Chemieindustrie bis hin zu gefährdeten Einrichtungen. Die Projektbeschreibungen geben einen sehr guten Einblick in die vielfältigen Anwendungsbereiche der DUCON-Technologie.
Kontakt	<b>DUCON Europe GmbH &amp; Co. KG</b> Berliner Allee 47 64295 Darmstadt <a href="mailto:info@ducon.eu">info@ducon.eu</a> <a href="http://www.ducon.eu">www.ducon.eu</a>

## 1. Die DUCON-Technologie

### DUCON – (DUctile CONcrete)

DUCON® ist ein innovativer, patentierter Hochleistungswerkstoff, der sich neben seiner hohen Festigkeit durch eine hohe Energieabsorption (Duktilität) und Dauerhaftigkeit auszeichnet und ermöglicht zugleich die Realisierung geringer Bauteilstärken (ab 15 mm). DUCON wird aufgrund seiner hohen Schutzwirkung gegenüber Explosion, Anprall, Beschuss und Erdbeben vorwiegend zum Schutz von gefährdeten Einrichtungen und kritischen Infrastrukturen eingesetzt.

Die Anwendungspalette dieses modernen Hochleistungswerkstoffes reicht von Sicherheitsbeton (Anti-Terror), Industrieflächen, filigranen Treppenläufen, Fassaden und architektonischen Sonderbauteilen bis hin zur dünnen Tischplatte.

#### **Als Faustformel für den Explosionsschutz gilt:**

DUCON ist mindestens viermal so leistungsfähig wie herkömmlicher Stahlbeton und kann somit im Vergleich zu Stahlbeton mit halber Bauteilstärke und somit halbem Bauteilgewicht ausgeführt werden.

**DUCON verkörpert aktuell die dünnste Konstruktion bei gleichzeitig hoher Tragfähigkeit und Schutzwirkung im Betonbereich.**

#### **Highlights DUCON:**

- Dünnste Lösung für Explosionsschutz (One World Trade Center New York, Deutsche Botschaft Kabul: unversehrt nach Terroranschlag am 31.05.2017)
- Dünnste freitragende Betontreppe der Welt (Faltwerkterruppe, 80 mm dünn)
- Dünnste Dachschale der Welt („Parapluie“, 25–30 mm, Tsuboi-Award 2013)
- Dünne energieeffiziente Gebäudehülle, 11m lang, 55mm dünn, thermisch aktiviert (ETA Fabrik)
- Dünnes Betonhaus, 30 mm Wand- und Dachdicke („Haus im Weinberg“, TU Kaiserslautern, Innovationspreis Rheinland-Pfalz 2012)
- Fugenlose Industrieböden und Dichtschichten

#### **Anwendungsgebiete:**

- Baulicher Schutz von gefährdeten Einrichtungen und kritischen Infrastrukturen
- Fassaden, Architekturbeton
- Instandsetzung von Gebäuden und Verkehrsflächen
- Abdichtung von Bauwerken (WHG-Flächen)



Bild: "Parapluie" d = 25 – 30mm  
= dünnste Dachschale



Bild: Freitragende Faltwerkterruppe d=80mm  
= dünnste Betontreppe

## 2. DUCON®-Security

### 2.1 Härtungsmaßnahmen

DUCON Härtungsmaßnahmen im Bestand

Ein Material-Aufbau für multiple Performance („all in one“ Lösung)

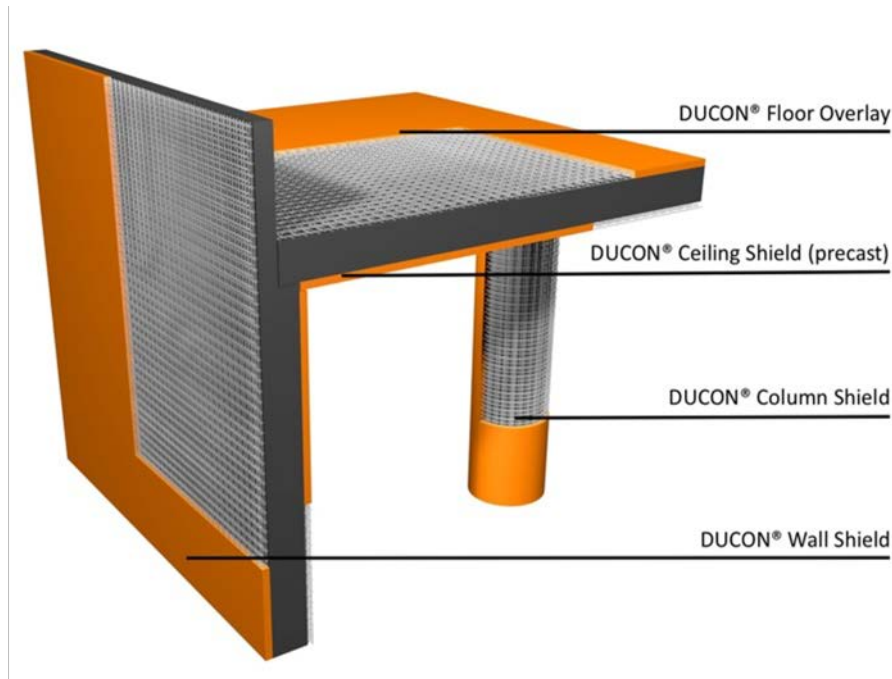


Bild: DUCON-Security

#### Eigenschaften:

- Hohe Tragfähigkeit
- Hohe Durchschusshemmung
- Hoher Explosionsschutz
- Hoher Trümmerschutz
- Hohe Dauerhaftigkeit
- Hohe Duktilität und Energieabsorption

#### VORTEILE:

- hohe Schutzwirkung bei gleichzeitig dünner und leichter Ausführung
- Verstärkung bei laufendem Betrieb
- Kurze nutzungsbedingte Ausfallzeiten
- Keine Zusatzlasten auf die bestehende Struktur
- Absorption größter dynamischer Einwirkungen
- Nachhaltige Lösung

#### Zertifikate:

Die Spreng- und Beschussversuche als auch Anprall und Durchbruchversuche wurden an zertifizierten Prüfstellen in Deutschland, Europäischen Partnerländern und USA durchgeführt.

## 2.2 Durchschuss- und Durchbruchhemmung

### Durchschusshemmung:

Die engmaschige, räumliche Mikroarmierung der DUCON-Technologie ermöglicht einen hohen Widerstand gegenüber Beschuss. Mit einer Bauteilstärke von nur 10 cm wird bereits die hohe Widerstandsklasse PM9 (FB7) erfüllt. Zudem gewährleistet der Baustoff Schutz gegen Multihit-Beschuss. Dabei entstehen nur lokale Schädigungen.

Die Durchschusshemmung wurde für alle Beschussklassen der VPAM PM 2007 bis PM14 bestimmt.



Bild: Beschussversuche mit 12,7mm x 112mm Hartkerngeschoss inkl. Brandsatz (API)

### Durchbruchhemmung:

Die Durchbruchhemmung ist eine Kenngröße zum Widerstand eines Bauteils gegenüber der Einwirkung von Werkzeugen gemäß eines Tatmittelkataloges. DUCON erfüllt bereits ab einer Bauteilstärke von 7,5 cm die höchste Durchbruchhemmungsklasse RC6 nach DIN EN 1627.



Bild: Bsp. Sauerstofflanze > 4.000°C



Durchbruchversuch nach Anspannung

## 2.3 Explosionsschutz

DUCON-Beton erfüllt schon heute höchste Sicherheitsanforderungen bei nur sehr geringen Bauteilstärken. Der Explosionsschutz von DUCON konnte in Versuchen mit Kontaktladung nachgewiesen werden. Während bei Stahlbeton – trotz höherer Festigkeiten – glatte Durchschüsse mit Trümmerwurf beobachtet wurden, entstand bei DUCON hingegen lediglich ein Sprengabdruck ohne Trümmerwurf. Somit besteht nach der Sprengung weiterhin eine vollständige Schutzwirkung durch DUCON.

Die DUCON-Technologie kommt zum Explosionsschutz maßgeblich in Wänden und Mauern von Neubau und Bestand zum Einsatz. Aufgrund der Schlankheit der Bauteile sind auch Fassadenkonstruktionen möglich. Mit dem Baustoff wurden bereits mehrere gefährdete Infrastrukturen wie öffentliche Einrichtungen, Botschaften, Rechenzentren oder Kernkraftwerke erfolgreich geschützt.



Bild: Stahlbeton mit Durchschuss+Trümmerwurf vs. DUCON mit lokaler Schädigung, keine Durchdringung

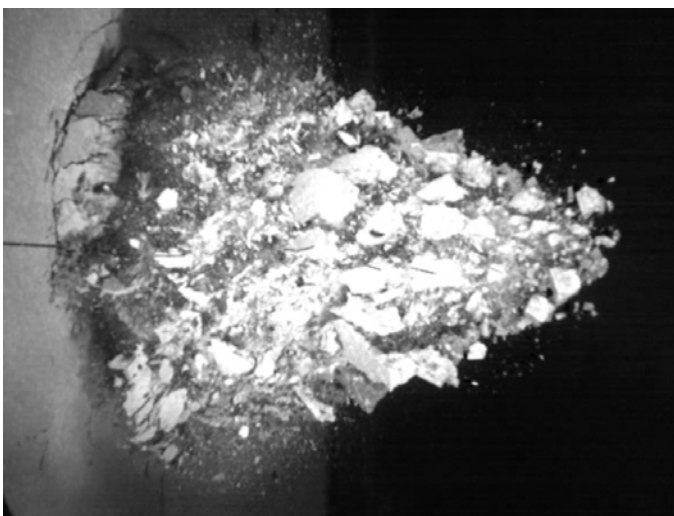


Bild: Stahlbetonversagen



Rückseite: DUCON vs. Stahlbeton (rechts)

## Schutzwände / Schutzfassaden

Diverse Schutzwände aus DUCON kamen zur Sicherung von gefährdeten Einrichtungen wie Botschaften und Gemeindezentren in Europa und in diversen Krisengebieten zum Einsatz. Dabei wurden fest installierte Wände als auch temporäre mobile Wände ausgeführt.



Bild: Schutzwand gegen Explosion, Schutzmauer von deutschen Botschaften

**Funktion:** Vollständige Schutzwirkung gegen Explosionen (Fern-, Nahbereich und Kontaktdetonation)

**Referenzprojekte:** Explosionsschutzwände One World Trade Center, New York  
Schutzmauern von deutschen Botschaften (Kabul etc.)  
Schutzwand von kritischer Infrastruktur (Energieversorgung)



Bild: Fassade World Trade Center, NY



Schutzwand gefährdete Einrichtung, Deutschland



## Stützenummantelung

DUCON-Beton steigert in Form einer Ummantelung nicht nur den Widerstand von Stahlbetonstützen gegen Explosion und Anprall, sondern auch gegen die Einwirkungen aus Erdbeben. Die dünne Ummantelung mit DUCON verhindert das Ausbrechen des Stahlbetons infolge Explosion und Erdbeben und sichert somit die Standsicherheit der Gebäudestruktur. Damit ist der Schutz von Hochhäusern vor einem „Progressive Collapse“ möglich.

Ummantelungen und Stützenverstärkungen sind in Neubau und Bestand als Fertigteile oder Ort-beton ausführbar. Stützenverstärkungen mit DUCON sind aufgrund der kurzen Ertüchtigungszeit-räume zudem sehr wirtschaftlich.

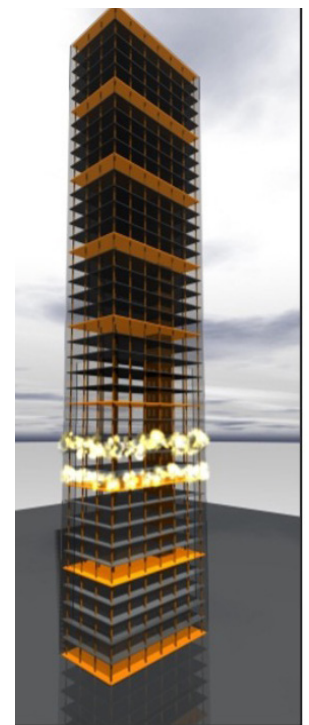


Bild: Stützenverstärkung für Explosions-, Anprall- und Erdbebenschutz

**Funktion:** "All in one"  
Verstärkung einer Bestandsstütze als Traglasterrhöhung, Anprall-, Explosions- und Erdbebenschutz

**Referenzprojekte:** Europäische Zentralbank EZB Frankfurt, GSA Building Washington, Hoch2 Wien

## Explosionsschutz + Trümmerschutz

Neben Schutzmaßnahmen gegen Explosion und Anprall wie Schutzwände, explosions sichere Fassaden, Stützenummantelungen oder Schutzräume kommt DUCON auch als Verstärkungslösung für Geschossdecken zum Trümmerschutz zum Einsatz.

Hierbei wird DUCON entweder als Aufbetonschicht auf oder unterhalb von Bestandsdecken als eine Art Fangnetz und Explosionswiderstand für darüber oder darunterliegende Gebäudeteile eingesetzt.

Ein beispielhaftes Szenario ist eine Autobombe in einer Tiefgarage mit einem öffentlichen Raum oberhalb der Parkebene.

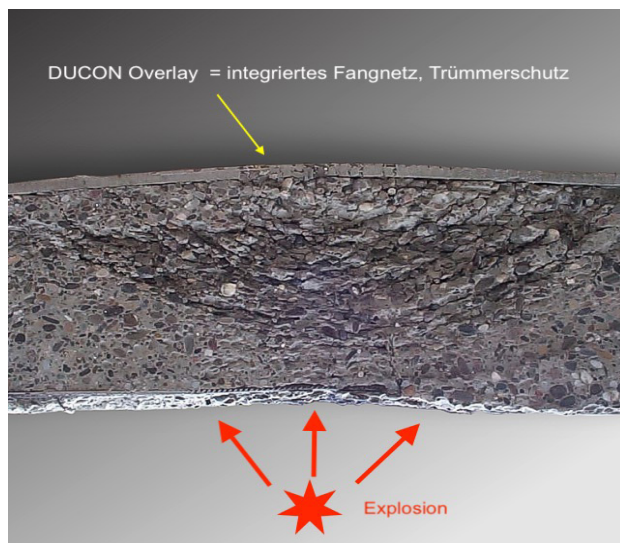


Bild: DUCON-Overlay als Fangnetz

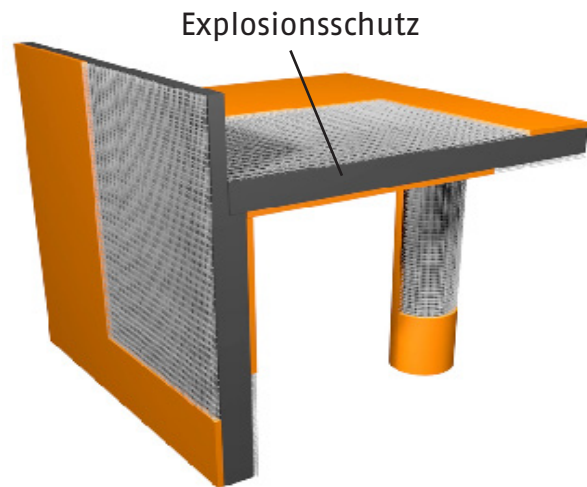


Bild: Overlay als Explosions- + Trümmerschutz

**Funktion:** Explosions- + Trümmerschutz gegen Bomben  
Bsp. Autobombe in Tiefgarage und Schutz von darüber liegenden Bereichen

**Referenzprojekte:** Hochsicherheitsrechenzentren, Technikräume TV Sender, Serverräume

DUCON-Security	Geplante Schutzmaßnahme
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kein Abbruch der Bestandsdecke erforderlich</li> <li>• Lediglich Ersatz des vorhandenen Estrichs = geringe Zusatzlast keine Veränderung der Türhöhen</li> <li>• Kosten-Nutzenfaktor: Nutzungsausfall hier nicht maßgebend, sondern effektiver Schutz (Anti-Terror)</li> <li>• Zusätzlicher Trümmerschutz erfüllt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbruch der Geschossdecke</li> <li>• Neubau einer dickeren Stahlbetondecke = höheres Gewicht</li> <li>• Neue Zusatzlasten erfordern zusätzliche Stützenverstärkung</li> <li>• Möglicher Trümmerwurf der Betonstücke werden nicht verhindert</li> <li>• Längerer Nutzungsausfall</li> </ul>

## 2.4 Anwendungsbeispiele

DUCON-Security kann zusätzlich zu den unter 2.2 bis 2.3 beschriebenen Funktionen thermisch aktiviert werden. Durch den patentierten Aufbau mittels der Einbindung von Kapillarrohrmatten in die Mikroarmierung können aufgrund der Wärmeleitfähigkeit der dünnen DUCON-Schicht folgende Funktionen erzielt werden:

- Schutzplatten und -wände
- Bridge Armor (Schutz kritischer Infrastrukturen)
- Security Container (Explosion, Beschuss, Durchbruch)
- Kühlflächen (Wärmetauscher)
- Beschuss- und explosionshemmende Sicherheitsschleusen (d = 100mm)
- Panic Room (monolithisch, d = 100mm)

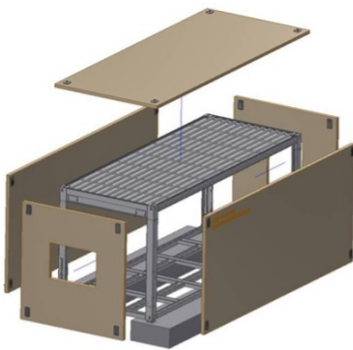


Bild: Security-Container

Panic Rooms + Unterstände

Sicherheitsschleusen

**Funktion:** Gefährdete Schutzräume

**Referenzprojekte:** Schutzcontainer Chemieindustrie, Panic Room NATO, Schleusen Nationalbank

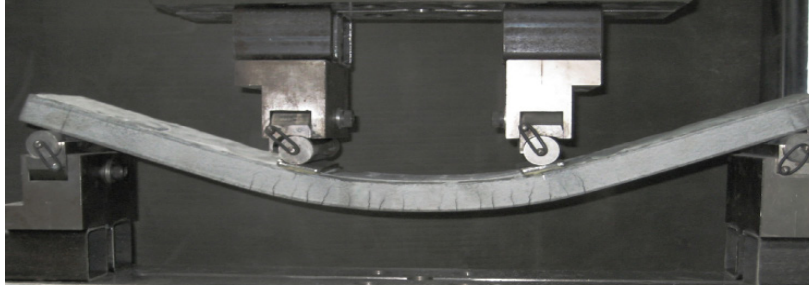
### 3. Referenzen

Die nachfolgenden Referenzen sind Beispiele für die Vielseitigkeit der Anwendungen zum Schutz von kritischen Infrastrukturen und gefährdeten Einrichtungen.  
DUCON als Anti-Terrorbeton und Schutzmaßnahme gegen Havarien und Naturkatastrophen.

<b>World Trade Center</b>	<b><i>New York, USA</i></b>
<b>German Embassy</b>	<b><i>Kabul, Afghanistan</i></b>
<b>European Central Bank</b>	<b><i>Frankfurt, Germany</i></b>
<b>JFK Airport</b>	<b><i>New York, USA</i></b>
<b>GSA Building</b>	<b><i>Washington D.C., USA</i></b>
<b>High Security Data Centers</b>	<b><i>Europe</i></b>
<b>German general consulate</b>	<b><i>France</i></b>
<b>LNG Terminal</b>	<b><i>Southeast Asia</i></b>
<b>Daimler Benz Production Plant</b>	<b><i>Europe</i></b>
<b>Philharmonic Opera Hall</b>	<b><i>Hamburg Germany</i></b>
<b>Tappan Zee Bridge,</b>	<b><i>USA</i></b>
<b>Nuclear Power Plants</b>	<b><i>Germany, USA</i></b>
<b>Panic Room</b>	<b><i>NATO</i></b>
<b>Police Station</b>	<b><i>New York, USA</i></b>

#### 4. Technische Daten

**Beschreibung:** Selbstverdichtender mikrobewehrter Hochleistungsbeton  
= Räumliche Mikroarmierung + Ultra-Hochfester Beton



**Schutzwirkung:** Mind. gleiche Schutzwirkung bei < 50% der Bauteildicke und Gewicht von Stahlbeton (entspricht 4- bis 9-fache Leistungsfähigkeit von DUCON vs. Stb)  
Darüber hinaus kein Trümmerwurf

<b>Technische Daten:</b>	Druckfestigkeiten:	100 – 200 N/mm <sup>2</sup>
	Biegezugfestigkeiten:	20 – 75 N/mm <sup>2</sup>
	Zentr. Zugfestigkeiten:	9 – 20 N/mm <sup>2</sup>
	Schubtragfähigkeit:	3 – 16 N/mm <sup>2</sup>
	Elastizitätsmodul:	> 38.000 N/mm <sup>2</sup>
	Rohdichte:	25 KN/m <sup>3</sup>
	Bauteilstärken:	ab 10 mm
	Ableitfähigkeit:	Erdableitwiderstand 1,5 < 1000, DIN 61340-4-1
	Duktilitätsgrad:	> 8 (extrem duktil)
	Schwinden:	0,5 – 0,6 ‰ (ohne Mikrobewehrung: 0,9‰)
	Bruchenergie:	G <sub>f</sub> = 50 – 80 kN/m (unbew. Beton 0,1 – 0,15 kN/m)
	Beschusshemmung:	FB7: FMJ PB HC bei d = 8 cm (DIN EN 1522) FB13 mit d = 10-15cm FB14 mit d = 15-20cm
	Einbruchhemmung:	RC6 mit d = 7,5 cm (DIN EN 1627) RC5 mit d = 5,0 cm
	Explosionsschutz:	> 1,0 bar bei d = 6 cm (gefährdete Einrichtung) > 10 bar msec Impuls bei d = 6 cm

**Weitere Merkmale:** Extrem duktil, d.h. große Verformbarkeit  
Hohe Tragfähigkeit, hohe Schlagfestigkeit, hohe Energieaufnahme  
Hohe Dauerhaftigkeit, Rissbreitenbeschränkung  
Hohe Abriebfestigkeit, hoher Frost-Tausalz-Widerstand  
Elektromagnetische Abschirmung (Faradayscher Käfig)  
Gute Wärmeleitfähigkeit und –speicherkapazität, elektrische Leitfähigkeit  
Multifunktional, einstellbare Materialeigenschaften

**Herstellung:** Einbau der räuml. Mikroarmierung mit anschließender Mörtelinfiltration  
Baukastensystem bewirkt einfache, schnelle und wirtschaftliche Ausführung

## **DUCON Europe GmbH & Co. KG**

Berliner Allee 47  
64295 Darmstadt  
info@ducon.eu

[www.ducon.eu](http://www.ducon.eu)