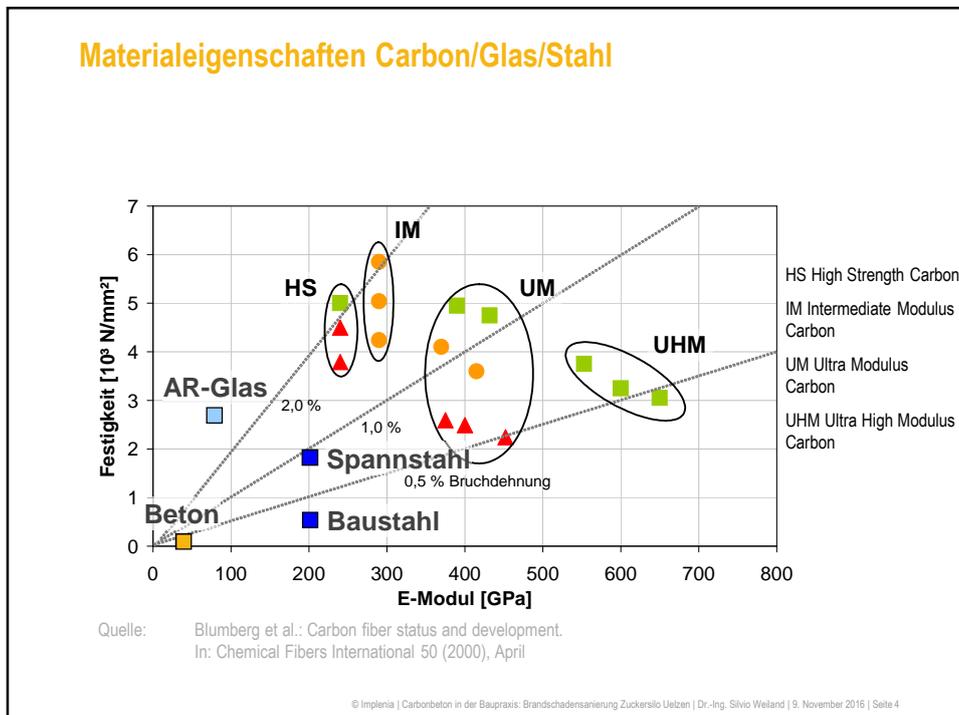
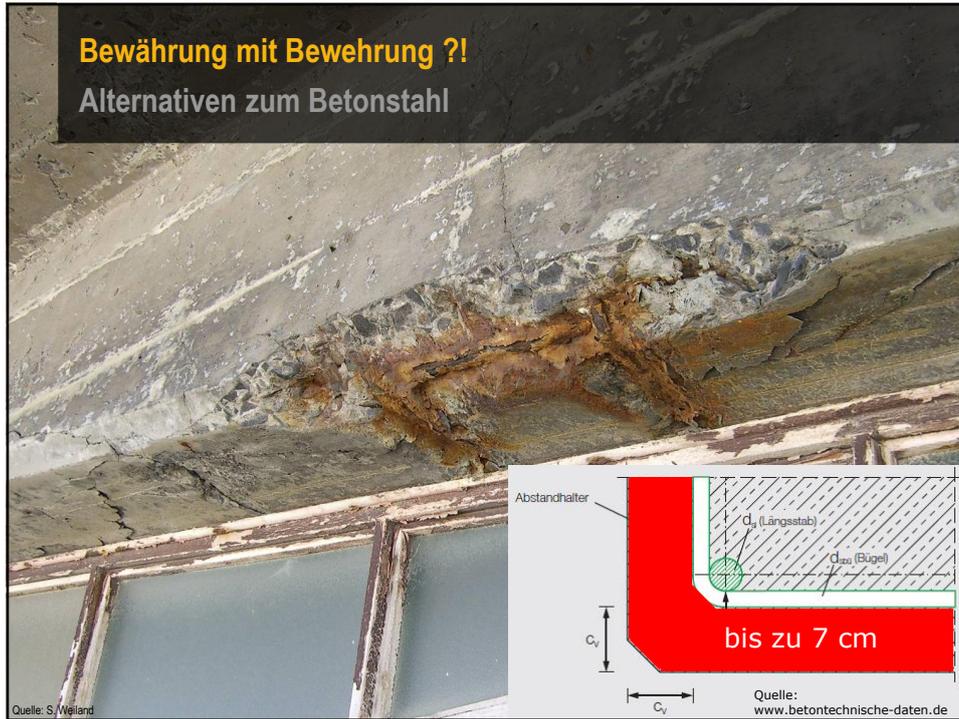


Carbonbeton in der Baupraxis

Brandschadensanierung eines Silos

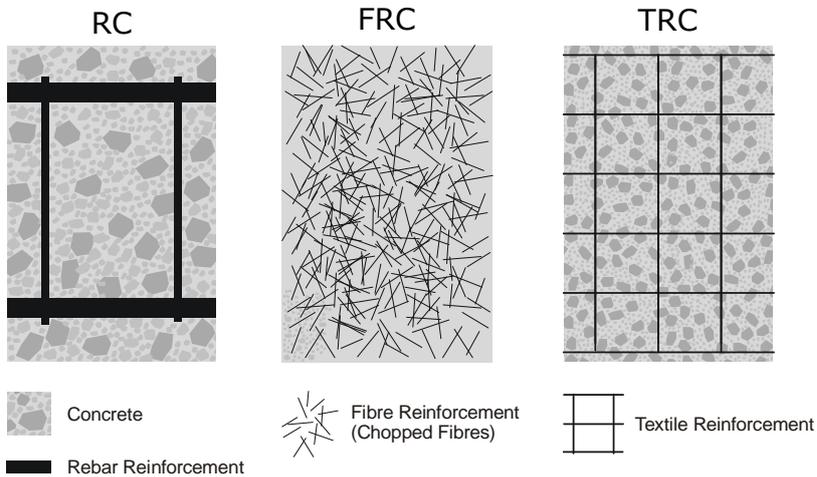
9. November 2016, Bad Nauheim







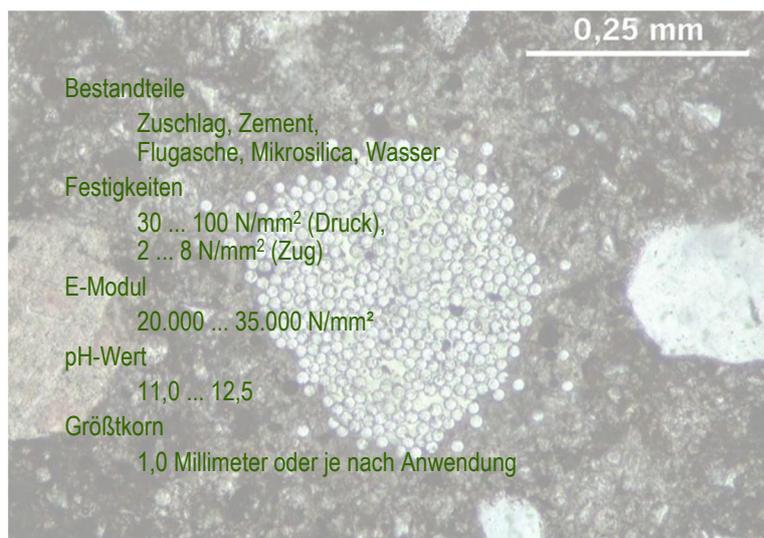
Verschiedene Bewehrungssysteme



[Quelle: Curbach, M. et al. (SFB528) | Technischen Universität Dresden]

© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 5

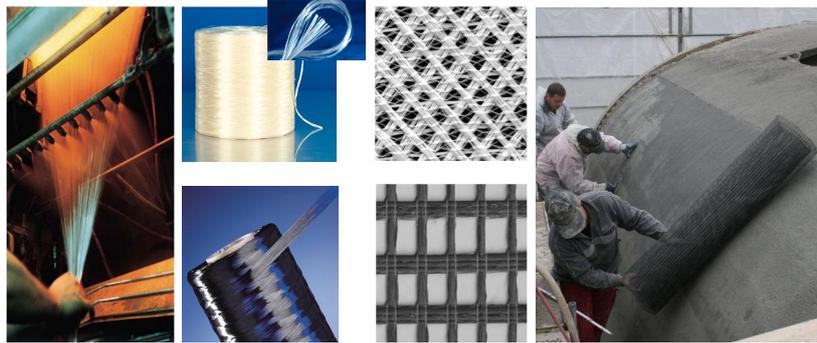
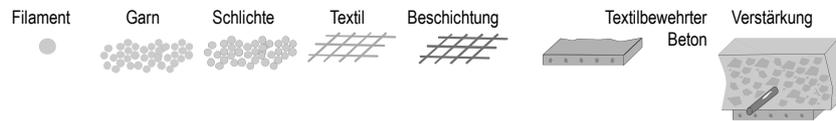
Mineralische Matrix: Feinbeton



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 6

Textilbewehrter Beton

Komponenten und Prozessstufen



Quelle: Curbach et al.: Sonderforschungsbereich 528 der Technischen Universität Dresden

© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 7

Carbonbeton / Textilbewehrter Beton

Textilbeton vs. Stahlbeton

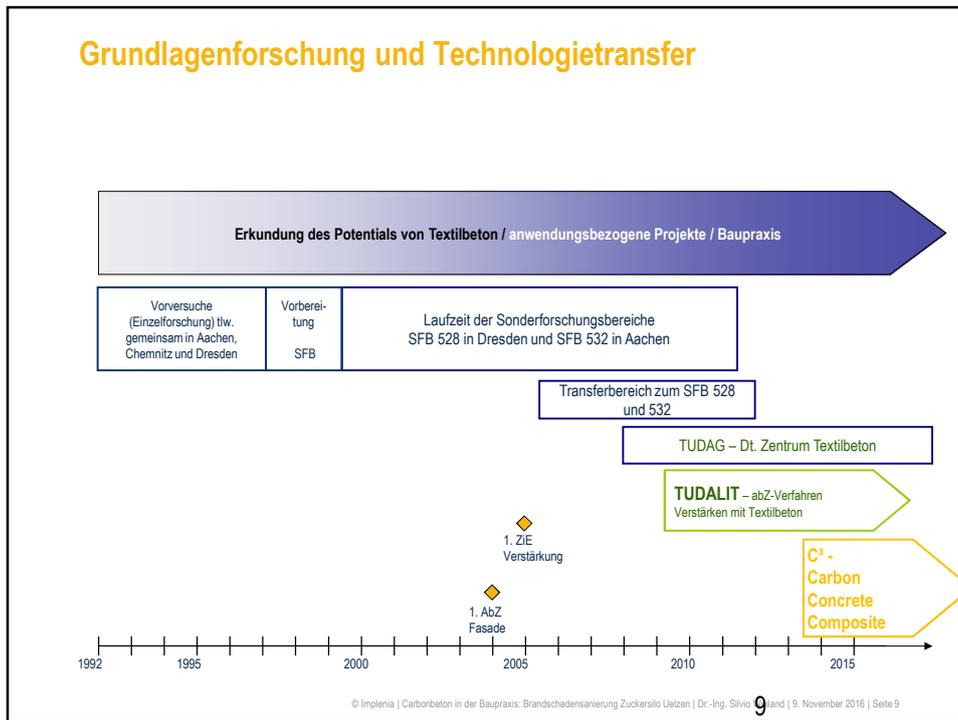
- ? **Keine Betondeckung für Korrosionsschutz** wie bei Stahlbeton erforderlich, da die verwendeten Bewehrungsmaterialien unter den üblichen Umgebungsbedingungen keine Korrosion zeigen.
- ? Sehr **dünne Bauteilgeometrien** werden möglich.
- ? **Kurze Verankerungslängen** und sehr feine Rißverteilung, weil über die im Vergleich zum Stabstahl vielfach größere Oberfläche sehr hohe Verbundkräfte übertragen werden können
- ? Textile Bewehrungen aus AR-Glas bzw. Carbon haben mit über 1000 N/mm² eine **deutlich höhere Festigkeit** als üblicher Bewehrungsstahl.



Foto: Harald Michler

© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 8

Grundlagenforschung und Technologietransfer



Erste abZ (2004) - Fassadenplatte



HERING

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK
Anstalt des öffentlichen Rechts

10829 Berlin, 16. Juli 2004
Königsplatz 31 I
Telefon: 030 78730-304
Telefax: 030 78730-302
GeschZ: II 15-133 1-677/1

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Zulassungsnummer: 2-333 1-677

Antragsteller: Hering Bau GmbH & Co. KG
Neudorfer 1 Hochhaus
57299 Burbach

Zulassungsgegenstand: Fassadenplatten aus Betonwerkstein mit rückseitig einbetonierten Befestigungselementen zur Verwendung bei heterofüllten Außenwandaufbauten

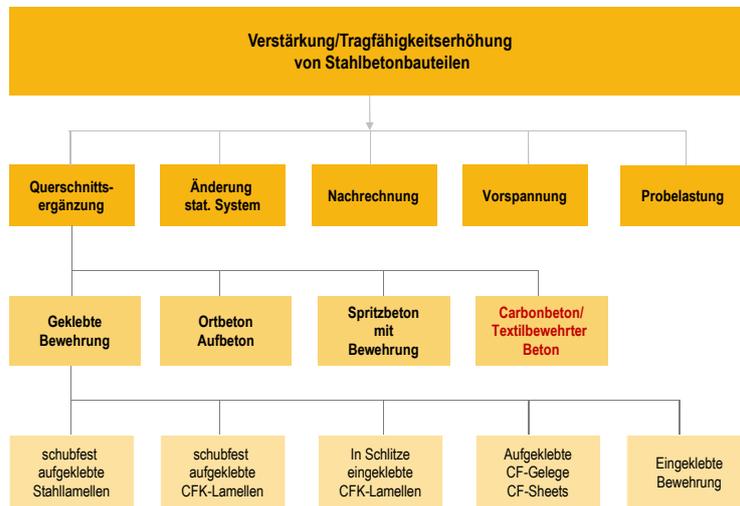
Geltungsdauer bis: 31. Juli 2006

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst sieben Seiten und vier Anlagen.

Dr. Ingrid Isenhardt
Präsidentin des Instituts für Bautechnik

© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 10

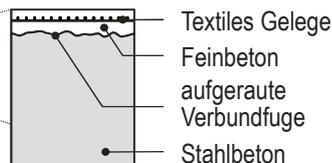
Verfahren zur Tragfähigkeitserhöhung / Instandsetzung



Carbonbeton / Textilbewehrter Beton

Anwendung als Instandsetzungsmaterial

- ? Aufräumen und Reinigen der Oberfläche, ggf. Vorarbeiten für Betoninstandsetzung
- ? lagenweise Auftragen
 - ? Feinbeton/Sprühbeton
 - ? Textile Bewehrung
- ? Oberflächenlage Feinbeton



Quelle: Curbach et al., Sonderforschungsbereich 528 der Technischen Universität Dresden

© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 12

Carbonbeton / Textilbewehrter Beton

Querschnittsergänzung: Verfahrensvergleich

Verstärkung/Instandsetzung – Ergänzung in der Zugzone

Spritzbeton mit Bewehrung

Textilbewehrter Beton
Carbonbeton

CFK-Lamellen/
geklebte Bewehrungen



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 13

Carbonbeton / Textilbewehrter Beton

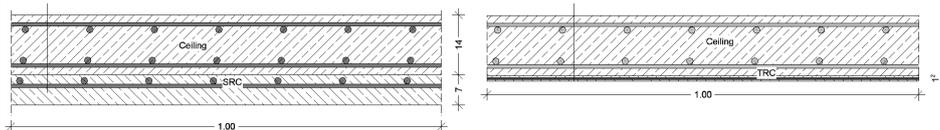
Verstärkung für vergleichbare statische Funktion

Spritzbeton mit
Bewehrung



Vorhandene
Stahlbetondecke hat eine
Grundbewehrung aus
BSt420
mit
 $3,77 \text{ cm}^2/\text{m}$
Stahlbewehrungsquerschnitt

Textilbewehrter Beton



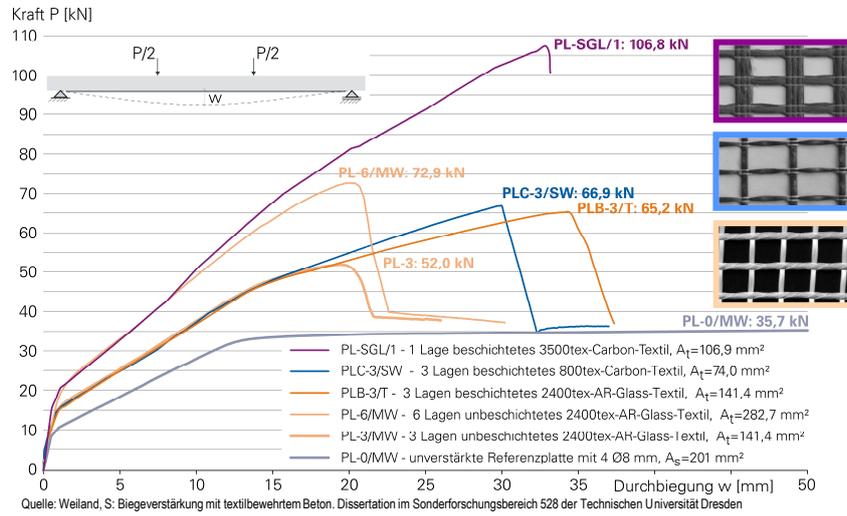
Betonverstärkung bei gleicher statischer Funktionen

Stahlbewehrung $2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$ BSt500
in 70mm Spritzbeton

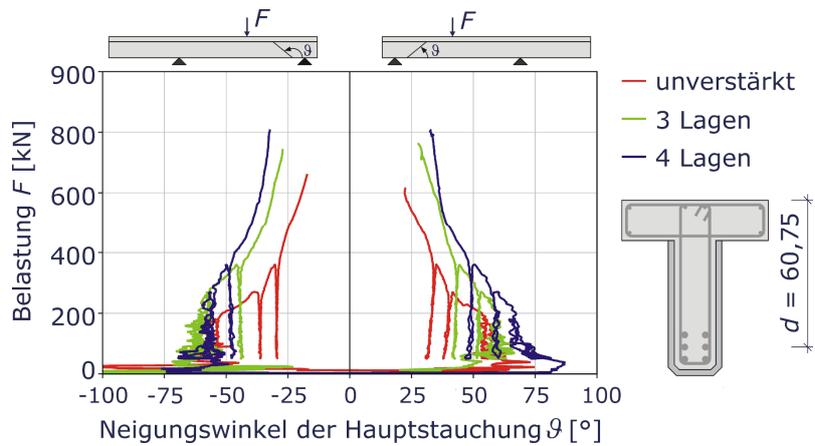
Textilbewehrung $1,7 \text{ cm}^2/\text{m}$
in 12mm Feinbeton

© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 14

Textilbewehrter Beton zur Verstärkung von Stahlbeton Biegeverstärkung (Versuchsergebnisse)

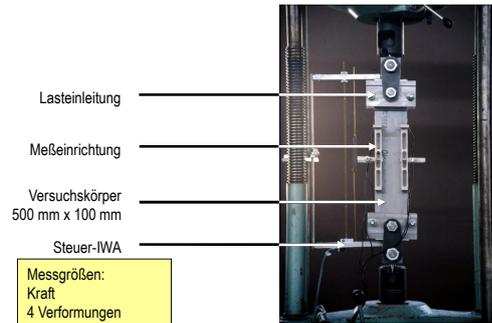


Querkraftverstärkung



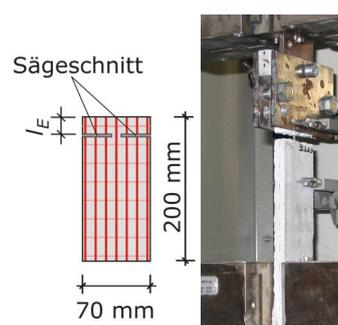
Prüfungen am Verbundwerkstoff

Tragverhalten
Dehnkörperversuche:



Quelle: Jesse/Curbach, TU Dresden

Verbundverhalten
Textilauszugsversuche:



Quelle: Lorenz/Ortlepp, TU Dresden

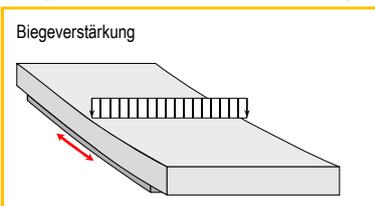
© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 19

Carbonbeton / Textilbewehrter Beton

Verstärkungsaufgaben / Anwendungsmöglichkeiten

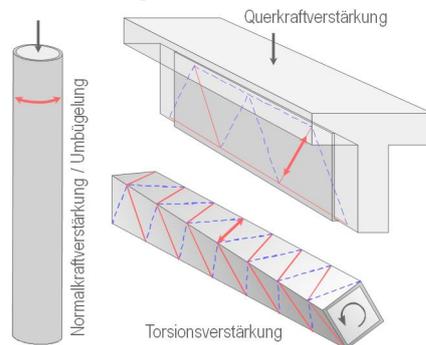
Zugzone von Stahlbetonbauteilen: Kraftübertragung und Rissbreitenbegrenzung

Allg. bauaufsichtliche Zulassung (abZ) Zustimmung im Einzelfall (ZiE)



abZ-31.10-182:

- ? Biegeverstärkung
- ? bis C50/60
- ? Bew.-Ø bis 20mm
- ? Innen, trocken
- ? 65% rel. Feuchte
- ? max. T=40°C
- ? bis zu 4 Lagen



- Einsatz im Außenbereich
- nicht vorw. ruhende Beanspruchung
- ggf. Tragfähigkeit im Brandfall
- ...

Bilder: Curbach et al., Sonderforschungsbereich 528 der Technischen Universität Dresden

© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 20



Beispiele aus der Baupraxis

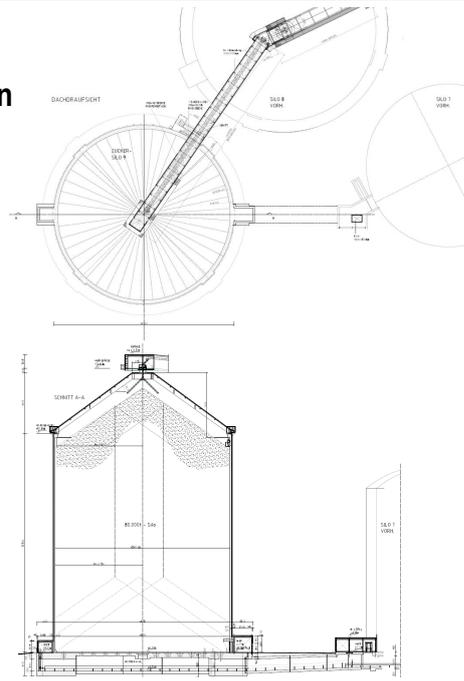
Erfahrungen sammeln und Weiterentwicklung über Praxis

- ? Referenzobjekte/Pilotanwendungen sind Transfertreiber
- ? Rückkoppelung aus der Industrie ist wichtig für Optimierung und Entwicklung der Textilbetontechnologie
- ? Besonderheit Bauwesen:
Zulassungsbestimmungen wie ZIE und ABZ
- ? Öffentliche und private Bauherren als Partner gewinnen
- ? Objekte von Entwurf bis zur Bauausführung gemeinsam verantworten
- ? Qualitätssicherung durch intensive Eigen- und Fremdüberwachung, inkl. baubegleitende Proben, Prüfkörper und Dokumentation

Einführung zum Projekt

Zuckersilo: Aufbau und Funktion

- ? Lagerkapazität 80.000 t Zucker
- ? Konditionierte Lagerung
- ? Befüllung von oben (Bandbrücke)
- ? Entleerung nach unten (Kanäle)
- ? Spannbetonsilo, ringförmig angeordnete Spannglieder
- ? Errichtet in Gleitbauweise, aus 8.000 m³ Beton und 900 t Stahl
- ? Baukosten ca. 14 Mio. EUR
- ? Inbetriebnahme zur Zucker-Kampagne 2013/2014
- ? Abmessungen:
 - ? Innendurchmesser 45,5 m
 - ? Wandstärke (Beton) 40 cm
 - ? Wandhöhe ca. 58 m
 - ? Gesamthöhe ca. 75 m



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 23

Schäden

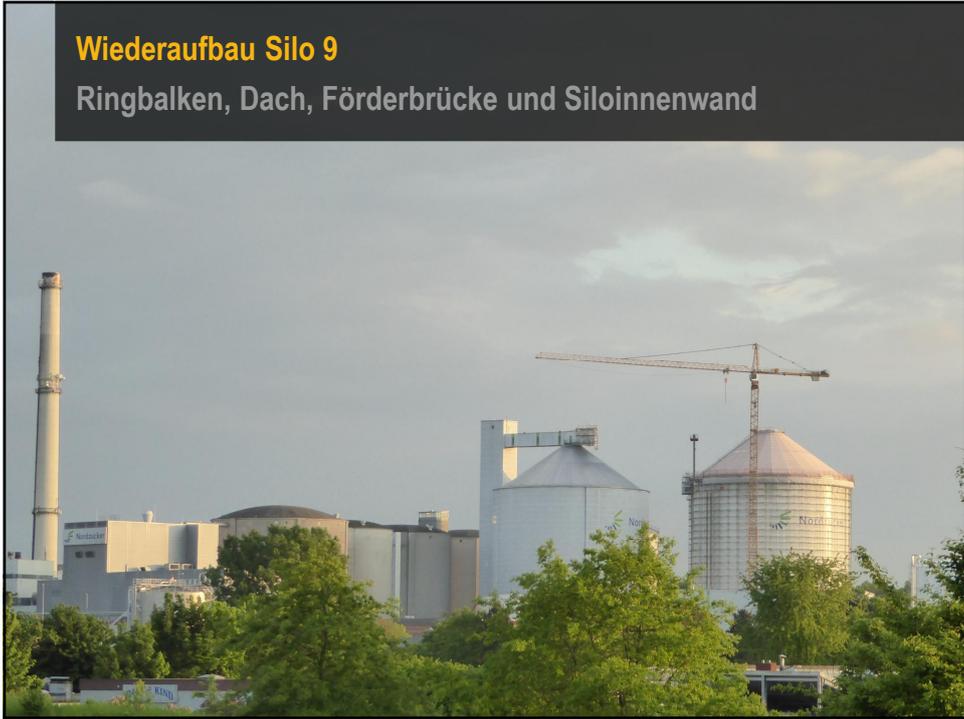
Brandspuren und Abplatzungen an der Siloinnenwand



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 24

Wiederaufbau Silo 9

Ringbalken, Dach, Förderbrücke und Siloinnenwand

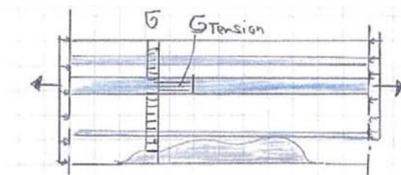


Wiederaufbau Silo 9

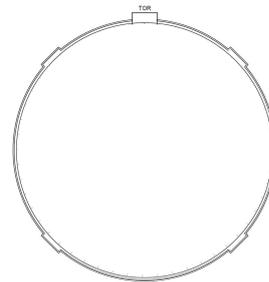
Siloinnenwand - Instandsetzungsprinzip

Silo entleert – unbelastet

? Silowand durch Vorspannung überdrückt

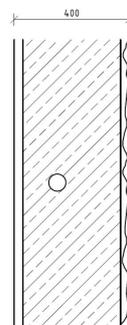
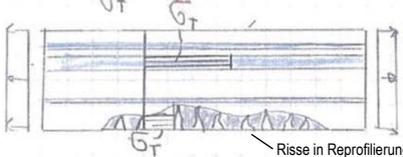


Schnitt Silowand



Silo gefüllt – belastet

? Zugspannung in Reprofilierung

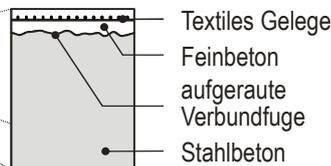


textilbewehrte Feinbetonschicht h= 24mm
mit 3 Lagen Tudalit-BZT2-V.Fraas
ab + 40 m 2 Lagen

Wiederaufbau Silo 9 - Siloinnenwand

Textilbewehrter Beton als Instandsetzungsmaterial

- ? Aufrauen und Reinigen der Oberfläche, ggf. Vorarbeiten für Betoninstandsetzung
- ? lagenweise Auftragen
 - ? Feinbeton/Sprühbeton
 - ? Textile Bewehrung
 - ? Oberflächenlage Feinbeton



Quelle: Curbach et al.: Sonderforschungsbereich 528 der Technischen Universität Dresden

Wiederaufbau Silo 9 - Siloinnenwand

Textilbewehrter Beton - Anwendungsgrundlagen



**Gutachten
zum Antrag auf
Zustimmung im Einzelfall**

➔

**Anwendung von Textilbeton bei dem
Wiederaufbau Silo 09 – Sanierung Silowand
Zuckerfabrik Uelzen, Nordzucker AG**

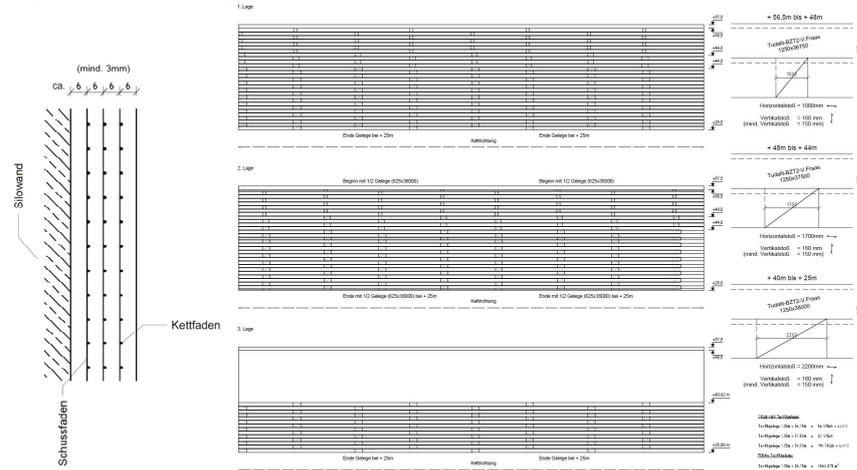


Wiederaufbau Silo 9 - Siloinnenwand

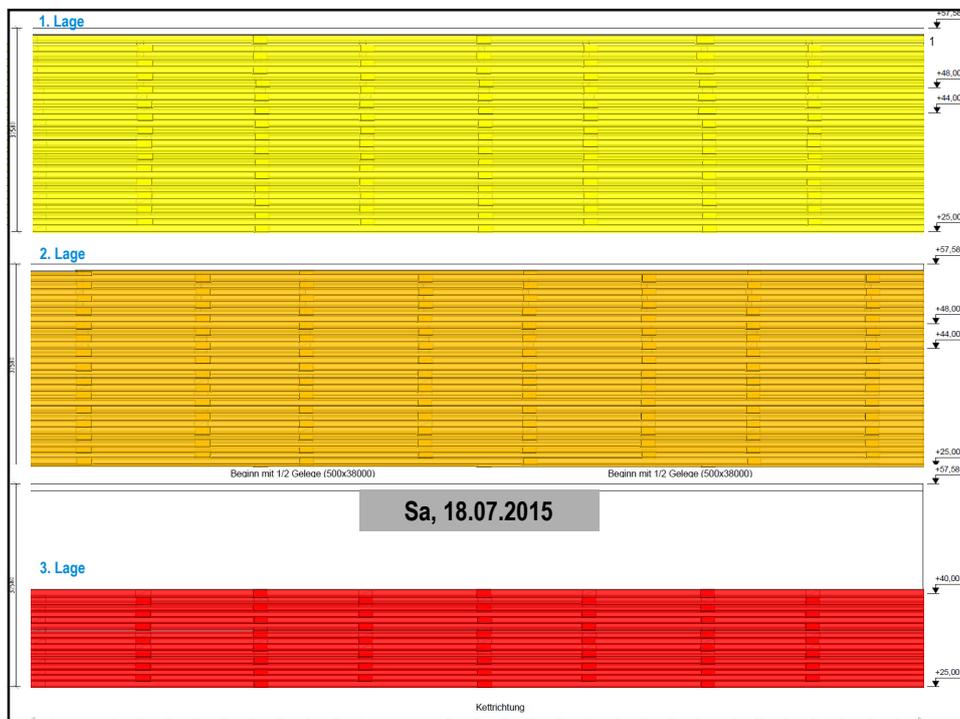
Verlegplan der Textilbewehrung nach Optimierung im Angebot

Detail Lagenaufbau der textilen Bewehrung

Abbildung 26/30a, Anordnung der Textillagen, Nr. 1/200



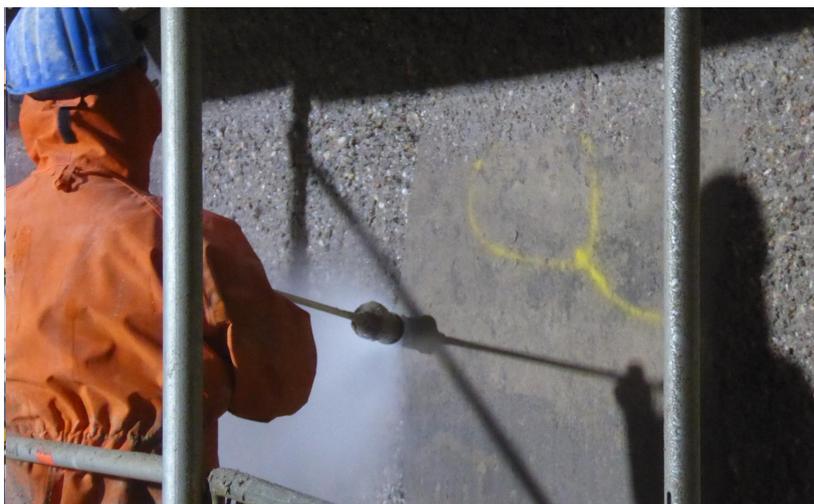
© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 29



Bauausführung durch Implenia Instandsetzung GmbH
Brandschadensanierung der Siloinnenwand mit Textilbeton



Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Abtrag des geschädigten Betons und Untergrundaufrauung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 32

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand

Textilbeton = Textil (V.FRAAS) + Feinbeton (Pagel TF-10)



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 33

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand

Textilbetonarbeiten (allg. Arbeitsablauf)

1. Untergrundvorbehandlung und Vornässen mind. 24h vorher beginnen.
2. Egalisierung auftragen und gleichmäßig über Korn abziehen.
3. Auftragen der 1. Fb-Lage auf Egalisierung (frisch-in-frisch od. Arbeitsfuge)
4. Einarbeiten der 1. Textillage in Umfangsrichtung in frischen Feinbeton

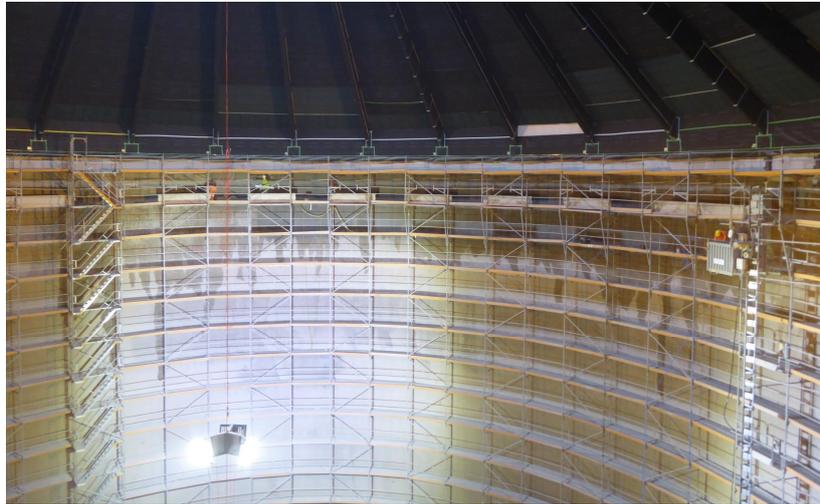
Schritte 3 und 4 wiederholen, bis erforderliche Lagenanzahl erreicht

ACHTUNG bei Arbeitsabschnitten ggf. Herstellen einer ausreichend rau profilierten Arbeitsfuge (Besenstrich o.ä.) erforderlich!



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 34

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Vornässen und Waschen des Altbeton



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 35

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Untergrundegalierung (Feinbeton)



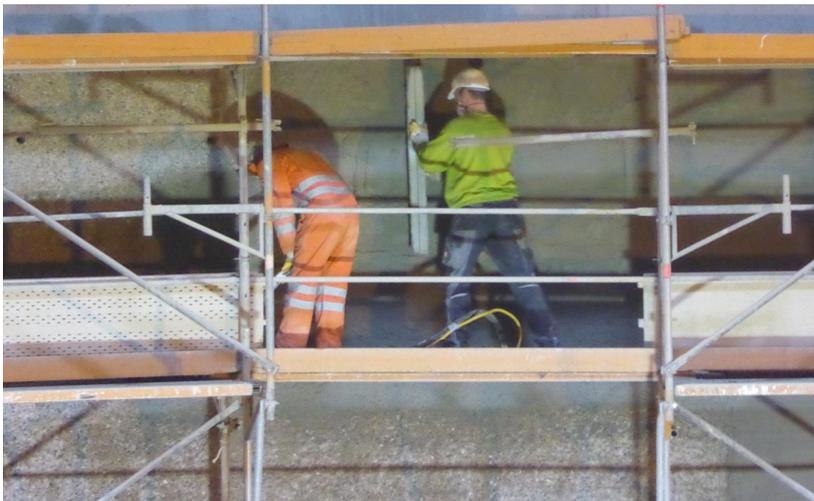
© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 36

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Untergrundegalierung (Feinbeton)



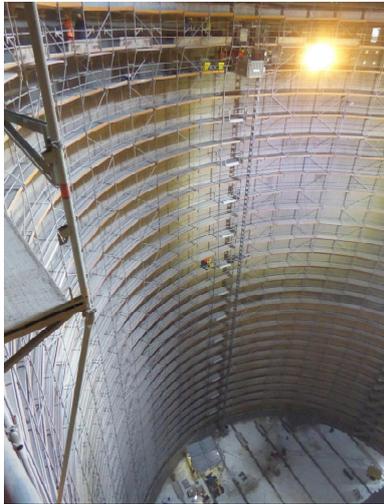
© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 37

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Untergrundegalierung (Feinbeton)



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 38

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Mischen und Fördern des Feinbeton



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 39

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – 1. Lage Feinbeton mit Textil



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 40

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Einbau der textilen Bewehrung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 41

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Einbau der textilen Bewehrung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 42

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Einbau der textilen Bewehrung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 43

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Einbau der textilen Bewehrung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 44

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Einbau der textilen Bewehrung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 45

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Einbau der textilen Bewehrung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 46

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Einbau der textilen Bewehrung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 47

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Decklage und Endoberfläche



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 48

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Endoberfläche im Übergangsbereich



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 49

Bauausführung – Instandsetzungsarbeiten Siloinnenwand
Textilbetonarbeiten – Übergangsbereich



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 50



Qualitätssicherung durch Eigen- und Fremdüberwachung
abZ Z-31.10-182 und in Anlehnung an DAfStb-RiLi-SIB

Überwachungspflicht: Prinzip der Fremd- und Eigenüberwachung

Eignungsnachweise für ausführendes Unternehmen

- Qualifizierte Führungskraft mit besonderen Kenntnissen (SIVV-Schein)
- Baustellenfachpersonal (SIVV- und Düsenführerschein sowie TeXB-Eignungsnachweis)
- Betriebliche Eignung (Werkzeuge, Prüf- und Mischgeräte, etc.)

Dokumentation

Qualitätssicherungsmaßnahmen

Vor der Ausführung:

- IST-Zustand und Betondruckfestigkeit bestimmen (siehe Planung)
- Oberflächenhaftzugfestigkeit (Erwartungswert $f_{ctm,surf} \geq 1,0 \text{ N/mm}^2$)
- Rautiefe bestimmen ($> 1,0$ nach abZ bzw. $> 1,5$ nach Ausschreibung)

Während der Ausführung

- Luftfeuchte und Temperatur bzw. Taupunkttemperatur
- Feuchtigkeit und Temperatur an der Bauteiloberfläche
- Herstellen von verschiedenen Prüfkörpern

Nach der Ausführung

- Kontrolle auf Hohlstellen

Qualitätssicherung durch Eigen- und Fremdüberwachung
Konsistenzprüfung des Feinbeton vor Einbau



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 53

Qualitätssicherung durch Eigen- und Fremdüberwachung
Nassschichtdicke der Feinbetonlagen



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 54

Qualitätssicherung durch Eigen- und Fremdüberwachung
Herstellen von textilbewehrten Probepplatten



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 55

Qualitätssicherung durch Eigen- und Fremdüberwachung
Probekörper für die ZiE und Fremdüberwachung (TU Dresden)



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 56

Qualitätssicherung durch Eigen- und Fremdüberwachung
Textilbetonarbeiten – Qualitätssicherung



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 57

Zusammenfassung und Projektübersicht
Brandschadensanierung der Siloinnenwand mit Textilbeton



Zusammenfassung und Projektübersicht

- ? Bauzeit: ca. 4 Monate (Mitte April bis Mitte Juli 2015)
- ? Textilbetonarbeiten 1 Woche vor geplanten Termin abgeschlossen
- ? Insgesamt 14.000 m² Carbontextil und ca. 300t Feinbeton verbaut
- ? Einarbeitungseffekt bei Textilbetonarbeiten von anfänglich 150 m² auf 800m² eingebautes Textil pro Tag
- ? Bauherr und Planer sind hoch zufrieden und stellen weitere Silosanierungen in Aussicht



© Implenia | Carbonbeton in der Baupraxis: Brandschadensanierung Zuckersilo Uelzen | Dr.-Ing. Silvio Weiland | 9. November 2016 | Seite 59



Implenia® denkt und baut fürs Leben.
Gern.