

Der Anreiz: Werkstoff leicht und nicht korrosionsanfällig

“Hebt toll und
rostet nicht!”

Zugfestigkeit



Carbonbeton im Bauwesen – *rechnet es sich?*

Einführung

- 1 Warum Textilbeton?**
- 2 Woraus besteht Textilbeton?**
- 3 Was sind die typischen Verarbeitungstechniken für Textilbeton?**
- 4 Was kann man mit Textilbeton machen?**
- 5 Wie geht man als Anwender an den Textilbetoneinsatz heran?**
- 6 Rechnet sich sein Einsatz?**

Vortrag Ralf Cuntze

*unter Verwendung von PPT-Unterlagen von J.Bielak, Dr. M. Butler, M.Lischka und Dr. F. Schladitz
sowie Dr.-Ing. I. Gaitzsch , H. Funke*

zu mir Ralf Cuntze (R C)



- Baustatiker und Hobby-Werkstoffmodellierer
- Unruheständler aus der Industrie,
- mit Carbon Composites e.V. (CCeV) in Augsburg liiert,
da Leiter der AG “Bemessung und Nachweis” in der Fachabteilung CC Bau
- seit 1970 im ‘Carbon-Geschäft’.

Mein Wunsch:

- Mithelfen, faserverstärkten Beton in die Anwendung zu bringen, dort, wo es Sinn macht.
- Mich einbringen, weil mein ‘alter’ Duz-Freund, Prof. Peter Offermann, Geburtsvater des deutschen Textilbetons ist.

Und, dass es sich lohnen wird, falls wir es sinnvoll machen, besagt eine Studie von Roland Berger und meinen auch Netzwerke wie CCeV, Tudalit, texton, C3-Clusterprojekt (Carbon Concrete Composite) entlang der Wertschöpfungskette

- Planermappe
- Fasern zeigen CF, GF, Basalt
- Stäbe und Bewehrungsgitter zeigen

Roland Berger has assessed the market for fiber reinforced concrete by building element evaluation and material analysis

Frische Marktuntersuchung von Roland Berger

Summary

Background/ objective

- > Roland Berger conducted a market study on concrete and fiber reinforced concrete to understand the future potential of steel alternatives in the construction market

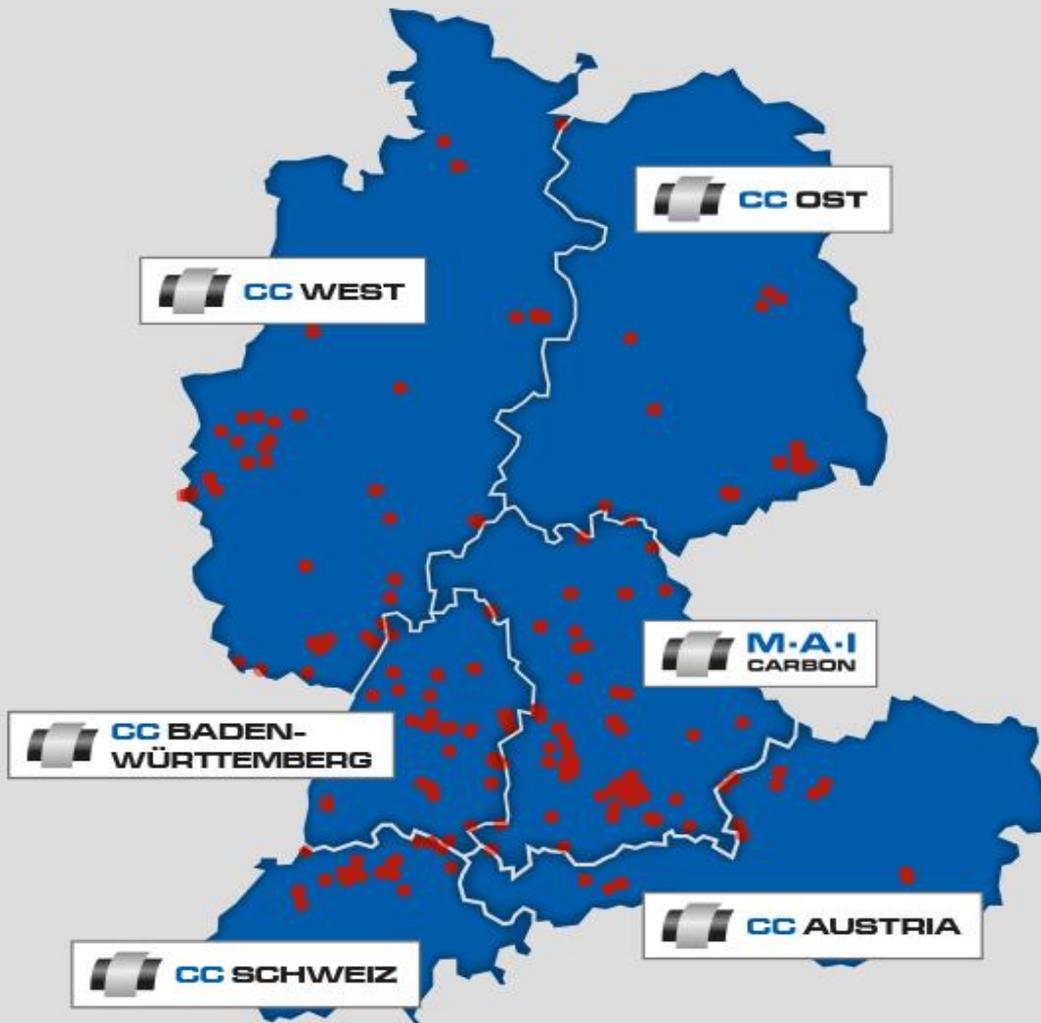
Approach

- > Evaluation of market size and potential for alternative reinforcement materials for 6 selected major countries
- > Potential reinforcement materials were evaluated for suitable materials and their respective types like fibers or meshes
- > The study was based on expert interviews for focus countries

Results

- > The focus market for concrete can be described by a market volume of 549m m³ or EUR 51 bn, with the primary market growing at c. 1% p.a. (real terms) over the next decades
- > The main reinforcement material today is construction steel with a market volume of 51 m t and EUR 30bn and varying reinforcement levels depending on construction segments and elements
- > Depending on building element designs, alternative reinforcement materials can be used, the future usage will much depend on the competitiveness vs. steel reinforcements

Das Kompetenz-Netzwerk Carbon Composite e.V. (CCeV)



Regionalabteilungen

| | |
|--|------|
|  CC BADEN-WÜRTTEMBERG | 2014 |
|  M-A-I CARBON | 2012 |
|  CC OST | 2012 |
|  CC WEST | 2016 |
|  CC AUSTRIA | 2012 |
|  CC SCHWEIZ | 2012 |

DACH-weite Fachabteilungen

| | |
|--|------|
|  CERAMIC COMPOSITES | 2008 |
|  CC BAU | 2011 |

Reaktion beim CCEV bzgl. dieser Zukunftsaussichten

mit **Gründung einer 'Fachabteilung CC Bau**

Arbeitsgruppen (AGs)-Beginn:

| | | |
|------------------------------|---------------------------------------|--------|
| Bemessung und Nachweis: | Prof. Dr.-Ing. habil. Ralf Cuntze VDI | (2011) |
| Faserverbundarmierter Beton: | Dr.-Ing. Ingelore Gaitzsch | (2016) |
| Faserverstärkte Kunststoffe: | Prof. Dr.-Ing. Jens Ridzewski | (2018) |
| Robotergetützte Fertigung: | Dipl.-Ing. Otto Kellenberger | (2018) |

= **Textilbeton** +
+ **Faser-Verstärkte Kunststoff-Bauteile (FVK-Bauteile)**

*.. und belegt durch viele Veranstaltungen
in Abstimmung mit und in Einbezug der vorhandenen erfahrenen Praktiker*



Veranstaltung des Carbon Composites e.V. mit der Bauinnung Augsburg und der Handwerkskammer für Schwaben, Augsburg
unterstützt von TUDALIT e.V.

am 8.12.2017 im Ausbildungszentrum der Bauinnung Augsburg, Stätzlinger Strasse 111, 86165 Augsburg.

Ansprechpartnerin: Dipl.-Ing. (FH) R. Brechenmacher, 0821-346 94 9-0, info@abz-augsburg.de

Zur Anwendung von Textilbeton inkl. einer Bauteilherstellung

Eine Informationsveranstaltung für Bauunternehmer, Bauhandwerker, Architekten, Planer, Bauherren und Auftraggeber, Baubehörden

- (9.00) **Begrüßung der Teilnehmer** (R. Cuntze)
- (9.10) **Grußwort des Instituts für Massivbau der TU München** (Prof. Dr.-Ing. O. Fischer)
- (9.25) **Grußworte der HWK Schwaben** (Dipl.-Wirtschafts-Ing. K. Ensenmeier) **und der Bauinnung Augsburg** (Dr. M. Kögl)
- (9.40) **Einführung ins Thema: Warum Textilbeton?** (M.Sc. J. Bielak, IMB, RWTH Aachen)

Themenblock 1 Woraus besteht Textilbeton?

- (10.00) **Feinbeton und Werkstoffverbund Textilbeton** (Dr.-Ing. M. Butler, Institut für Baustoffe TU Dresden)
- (10.30) **Textile Produkte** (R. Thyroff, V. Fraas GmbH, Geschäftsführer Solutions in Textile, Helmbrechts, Bayern, Geschäftsführer TUDALIT)

Kaffeepause (11.00)

8.12.2017

Themenblock 2 Was kann man mit Textilbeton machen?

- (11.30) **Anwendungsmöglichkeiten von Textilbeton im Neubau** (M.Sc.J. Bielak, IMB, RWTH Aachen)
- (12.00) **Verstärkung und Sanierung mit Textilbeton** (Dipl.-Ing. E. Erhard, Technischer Leiter Torkret GmbH, Essen und Leiter TD Ed. Züblin AG Direktion Bauwerkserhaltung, Stuttgart, Vorstand TUDALIT)

Mittagspause (12.30)

Themenblock 3 Typische Verarbeitungstechniken für Textilbeton

- (13.15) **Moderierte Videos zu den Textilbetontechnologien Laminieren, Gießen, Spritzen und Herstellung eines Bauelements** (B. Kölsch, betonedesignfactory, Schönborn, mit Bauinnung Augsburg) *Kaffee*

Themenblock 4 Wie gehe ich als Anwender an den Verbundwerkstoff Textilbeton heran?

- (14.45) **Zulassungsfragen und Baurecht** (Dipl.-Ing. F. Andretter, Oberste Baubehörde in Bayern, Sachgebiet IIB9 – Bautechnik)
- (15.15) **Die TUDALIT- Planermappe** (R. Cuntze für Dr.-Ing. S. Weiland, Bilfinger Instandhaltung)

Auswertung und Ausblick

- (15.45) **Wie geht es weiter?**
Fragen, Anregungen - Teilnehmer und Veranstalter kommen ins Gespräch

Ende gegen 16.00 Uhr mit Get Together

Gemeinsame Sitzung aller Arbeitsgruppen der CCeV-Fachabteilung „CC Bau“

am **Mittwoch, 28.02.2018** im **Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V Chemnitz**
Sächsisches Textilforschungsinstitut Chemnitz, Zentrum für textilen Leichtbau, Annaberger Str. 240, 09125 Chemnitz
Navi: Zoblitzer Str. 10, 09125 Chemnitz

| | |
|-----------|---|
| 9.00 Uhr | Begrüßung Prof. Jens Rüdzewski, Leiter Fachabteilung CC Bau; Dipl.-Ing.-Ök. Andreas Berthel, Geschäftsführer STFI |
| 9.15 Uhr | Faserverstärkte Verbundwerkstoffe im Bauwesen – von der Entwicklung in die Praxis Dr.-Ing. habil. Sandra Gelbrich, Technische Universität Dresden, Professur für Strukturleichtbau |
| 9.45 Uhr | Normung & Zulassung für den Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen im Baubereich – Ein Erfahrungsbericht Prof. Dr.-Ing. Jens Rüdzewski, IMA GmbH Dresden |
| 10.15 Uhr | Textile Herausforderungen für faserverstärkte Verbundwerkstoffe im Bauwesen – Antworten und Fragen Dipl.-Ing. Heike Metschies, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. Chemnitz |
| 10.45 Uhr | <i>Kaffeepause</i> |
| 11.15 Uhr | C² – Referenzmaterialien – aktueller Stand Dr.-Ing. Harald Michler, Technische Universität Dresden, Institut für Massivbau |
| 11.45 Uhr | Special Beton Dr.-Ing. Gregor Zimmermann, Dr.-Ing. Thomas Teichmann, G.TECZ ENGRNEERING GmbH |
| 12.15 Uhr | <i>Mittagspause</i> |
| 13.15 Uhr | Besichtigung des Sächsisches Textilforschungsinstituts – Technikum und Produktionsstätten Dr. rer. nat. Heike Illing-Günther, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. Chemnitz |
| 14.30 Uhr | Stützenumschnürungen mit Carbonbeton Dr.-Ing. Stefan Käseberg, HTWK Leipzig, Institut für Betonbau |
| 15.00 Uhr | Untersuchungen zu Herstellung und Konstruktion mehrfach gekrümmter Schalen aus Carbonbeton – Ein Werkbericht Dr.-Ing. Gerald Eisewicht, Dipl.-Ing. Peter Eisewicht, Dr.-Ing. Michael Zocher, BCS Natur- und Spezialbaustoffe GmbH Dresden |
| 15.30 Uhr | CC BAU - Angebote, Mitarbeit, Chancen Moderierte Plenumsdiskussion mit dem CC BAU-Team |
| 16.00 Uhr | Get Together |

CC BAU - Team

Dr.-Ing. Ingelore Gaitzsch, Leiterin der Arbeitsgruppe „Faserverbundarmierte Betone“
Prof. Dr.-Ing. Jens Rüdzewski, Leiter der Arbeitsgruppe „Faserverstärkte Kunststoffe im Bauwesen“
Prof. Dr.-Ing. habil. Ralf Cuntze, Leiter der Arbeitsgruppe „Bemessung und Nachweise“
Dr.-Ing. Thomas Heber, Geschäftsführer
Im Aufbau:
Arbeitsgruppe „Automatisierung im Bauwesen“, Dipl.-Ing. Otto Kellenberger

28.2.2018

**„Automatisierte Fertigung im Bauwesen von Bauteilen mit Polymermatrix oder Betonmatrix“
– Was ist erreicht? Was sind die Visionen?**

CCeV-Thementag von allen AG's der CCeV-Fachabteilung CC Bau

Zielgruppen: Bauwirtschaft, Architekten, Planer, Handwerker, Auftraggeber, Zulassungsstellen

am 10.04. 2018 beim CCeV, Am Technologiezentrum 5, D 86159 Augsburg, Raum: ??

Thementag: 95 € für Nicht-Mitglieder, frei für Vortragende. Folien: englisch, deutsch. Vorträge: 25 + 5 min Diskussion.

Anmeldung bei: Dr. T. Heber, thomas.heber@carbon-composites.eu

Agenda (Folien deutsch oder englisch, 25 + 5 min Diskussion)

| | | |
|-------|--|---------------------|
| 8:30 | Registrierung der Teilnehmer | 10.4.2018 |
| 9:00 | Einführende Worte (CC Bau: Cuntze, Kellenberger, Ridzewski, Gaitzsch) | |
| 9:15 | Grußwort zum Thementag. Prof. H. Jäger, Professur für Systemleichtbau und Mischbauweisen, TU Dresden; CCeV-Vorstandsvorsitzender | |
| 9:30 | Was ist der Technologiestand der roboter-gestützten Automatisierung generell im Bauwesen. O. Kellenberger, AlphaTeck, Augsburg | |
| 10:00 | Wie die Architektur die Automatisierung im Bauwesen nutzt und treibt. Prof. J. Knippers / V. Koslowski, Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen, Uni Stuttgart | |
| 10:30 | Kaffeepause | |
| 11:00 | Was ist der Stand der additiven Fertigung im 'Polymermatrix'-Bauwesen? Prof. J. Ridzewski, IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH, Dresden) | |
| 11:30 | 3D-Druck mit Beton – Was sind die Herausforderungen und Lösungsansätze? CONprint3D. Prof. V. Mechtcherine, Institut für Baustoffe, TU Dresden | |
| 12:00 | 3-Druck von Beton-Bauteilen – neue Möglichkeiten für Architekten und Ingenieure. Prof. J. Feix / M. Egger, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Bereich Massivbau und Brückenbau, Uni Innsbruck | |
| 12:30 | Mittagspause | |
| 13:30 | Vortragstitel | |
| 14:00 | Entwicklung der Baurobotik in den letzten 3 Jahrzehnten. Prof. T. Bock, Lehrstuhl Baurealisierung und Baurobotik, Bereich Architektur, TU München | |
| 14:30 | Plattenbewehrung – automatisch verlegbar. NN, Betonwerk Oschatz | Kümmere I. Gaitzsch |
| 15:00 | Kaffeepause | |
| 15:30 | Contour Crafting in Construction. W.H. Bittner, doka ventures, Umdasch Group, Amstetten, Österreich | |
| 16:00 | Resumee, Abschlussdiskussion zur Inhaltsbelegung der AG "Robotergestützte Fertigung" | |
| 16:15 | Get Together | |

Ihre Ralf Cuntze (08136-7754) und Otto Kellenberger

DACH-Veranstaltung der CC Bau-AGs

am 21.06.2018, Raum MY 01.09, bei der

ZHAW Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen, Gebäude MY, Lagerplatz 21, 8400 Winterthur.
Frau Sydow, 0041 58 934 69 82. CCeV-Kontakt Bernhard Jahn (Bernhard.Jahn@carbon-composites.eu).

Das Bauwesen ist eine Branche, bei der das Thema Hochleistungsfaserverbund einerseits noch nicht etabliert, andererseits jedoch ein enormes Anwendungspotential besteht. Vor diesem Hintergrund hat sich der Carbon Composites e.V. (CCeV) entschieden, das Thema für seine Mitglieder weiter aufzubereiten, zu vertiefen und gemeinsam voranzutreiben. Am 28. September 2017 wurde daher „CC Bau“ als CCeV-eigene Fachabteilung gegründet. CC Bau knüpft direkt an die bisherige Gemeinschaftsabteilung CC Tudalit von CCeV und Tudalit e.V. an. Auch in Zukunft wird die Fachabteilung CC Bau zum Mehrwert der Mitglieder eng mit anderen Netzwerken wie Tudalit e.V. und C³ – Carbon Concrete Composite e.V. kooperieren. Die Fachabteilung CC Bau bietet mit ihren Arbeitsgruppen eine Plattform für Kontakte, Wissenstransfer und Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet leichter faser- und textilverstärkter Verbundstrukturen für Anwendungen im Bauwesen. Eingeladen sind Vertreter aus Wissenschaft, Forschung und Lehre, Unternehmer aus der gesamten Wertschöpfungskette von textilverstärkten Verbundstrukturen sowie Planer, Vertreter von Behörden und interessierte Bauherren. Die Arbeitsgruppen unterstützen mit Vortrags- und Gesprächsangeboten die Entwicklung neuer Projekte und innovative Zusammenarbeit.

Thementag: Vortragende frei, Nicht-CCeVler 95€ + MwSt

Programm (Folien deutsch oder englisch, Vortrag 25 min + 5 min Diskussion),

| | | |
|-------|---|------------------|
| 9:00 | | 21.6.2018 |
| 9:15 | Begrüßung (Cuntze, Kurath) | |
| 9:30 | Mit Carbon stark vorgespannte, sehr dünne Betonplatten CPC. Prof. J. Kurath, ZHAW Winterthur, Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen | |
| 10:00 | 3D Carb. Prof. P. Ermanni/ 3D Carb-Beteiligter, ETH Zürich | |
| 10:30 | Kaffeepause | |
| 11:00 | 22 Jahre Forschung über mit Karbonfasern vorgespannten Beton an der EMPA. Prof. G. Terrasi, EMPA, Dübendorf | |
| 11:30 | Faserverbundwerkstoff-Visionen der 1970er und 80er Jahre: Update 2018. Prof. U. Meier, EMPA, Dübendorf | |
| 12:00 | Eigenschaften und Anwendungsfelder gestrickter textiler Bewehrungen. Prof. J. Feix / M. Egger, Institut Massivbau und Brückenbau, Uni Innsbruck | |
| 12:30 | Mittagspause | |
| 13:30 | Stickerei als Fertigungstechnologie für die Bautechnik. Prof. T. Bechtold, Textilchemie, Uibk Vorarlberg | |
| 14:00 | Zur Bemessung von Brücken und Dächern aus Faserverbundwerkstoffen. Prof. T. Keller, EPFL-ENAC-CCLAB, Lausanne | |
| 14:30 | CFK-Verstärkungen in Deutschland. Dr. H. Peters, Büro HPS (Carbon for Civil Engineering Stuttgart) T. Lepinski, Entecsol, Wittstock, | |
| 15:00 | Kaffeepause | |
| 15:30 | Die TUDALIT-Planermappe. (Autoren: U. Assmann / P. Offermann, TUDALIT Dresden. Zusammenstellung eines Vortrages durch R. Cuntze) | |
| 16:00 | ZHAW-Besichtigung | |
| | Get Together | |

Ihr Ralf Cuntze (08136-7754) mit Ingeborg Gaitzsch, Jens Ridzewski, Otto Kellenberger

1 Warum Textilbeton?

Um Schädigungsmechanismen nebst Folgen zu vermeiden wie:

- Stahlbewehrungskorrosion aufgrund von Carbonatisierung des Betons(pH-Wert gesenkt). Rost sprengt den Beton, Abplatzen
- Lochfrasskorrosion der Stahlbewehrung durch eingetragene Chloride
- Betonkorrosion (Sprengwirkung durch Reaktionen mit der Folge Volumenvergrößerung) infolge von: Sulfattreiben, Alkali-Kieselsäure-Reaktion, Kalktreiben, Frost-Tau-Wechsel

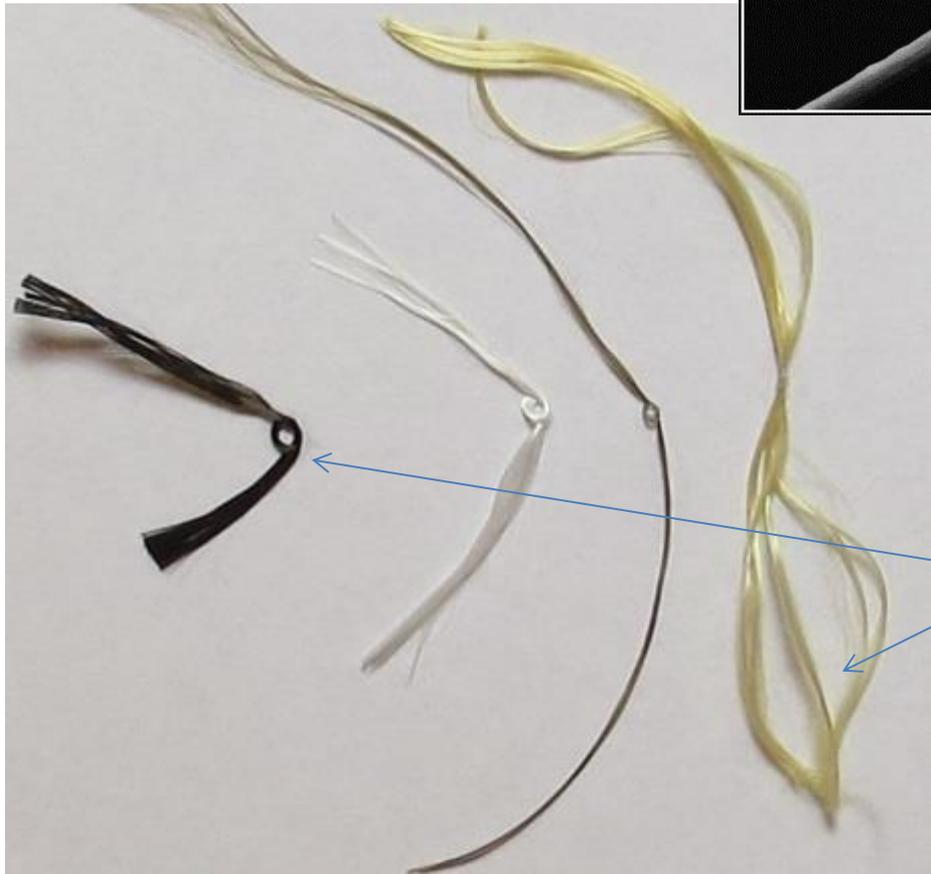
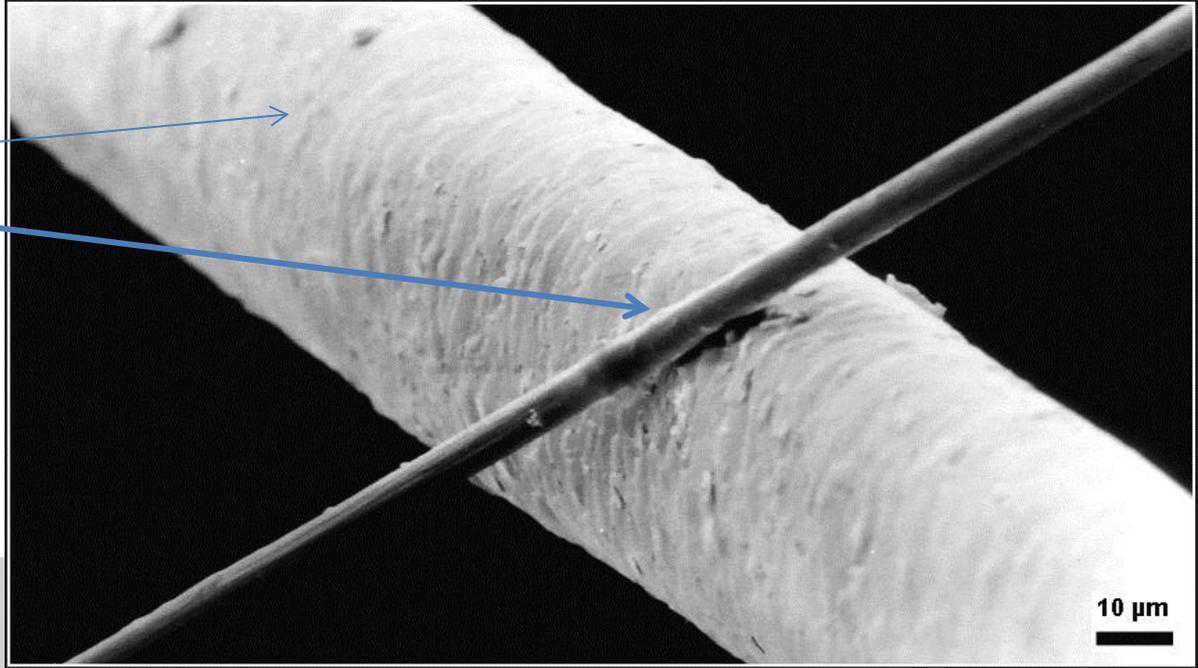
sowie zu erzielen:

- Lebensdauererhöhung gegenüber Stahlbewehrung
- Reduktion Energieverbrauch für Produktion
- Reduktion CO₂-Ausstoß

2 Woraus besteht Textilbeton?

- **Faserhalbzeuge (Verstärkung)**
- **Gesteinskörnungen = Zuschlagstoffe**
- **Zement (Bindemittel)**
- **Fliessmittel**

**menschliches Haar
und Carbonfaser**



Fasern:
Carbon, Glas, Basalt,
Aramid

Filament und Multifilamentgarn

M. Butler
TU Dresden, IMB



- Durchmesser: 6-7 μ m
- Festigkeit: >2000 MPa
- E-Modul: > 200 GPa

- Anzahl Filamente: $10^4 \dots 10^5$
- Festigkeit: 700 ... 3000 MPa
- E-Modul: 100 ... 200 GPa

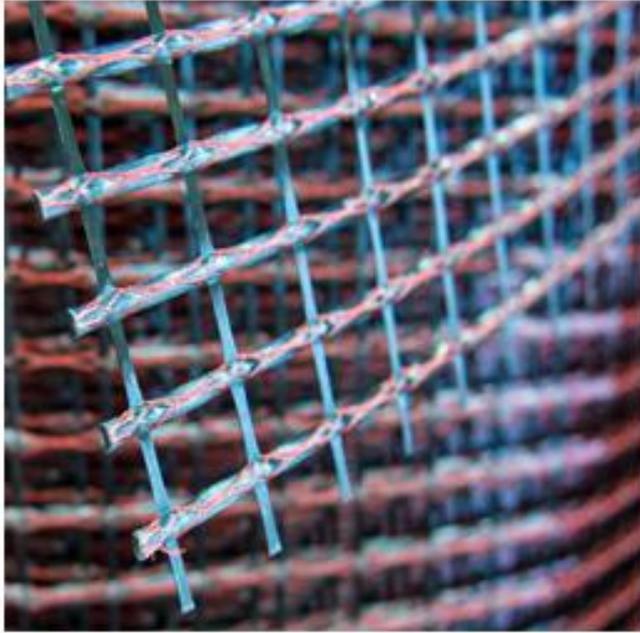
Filament = ∞ lange Einzelfaser

Garn, Roving, Tow

Textile Bewehrungen

M. Butler
TU Dresden, IMB

Beispiel: ~~Zweiaxiale Carbongelege~~ *gitter*



„Zulassungstextil“
der Fa. V.Fraas



Steg
Querkaftbewehrung
Korb

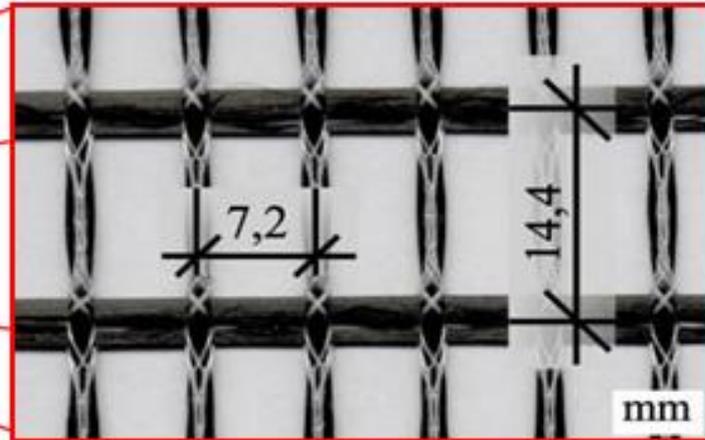
„Diagonaltextil“ aus der
Produktion ITM (TU Dresden)

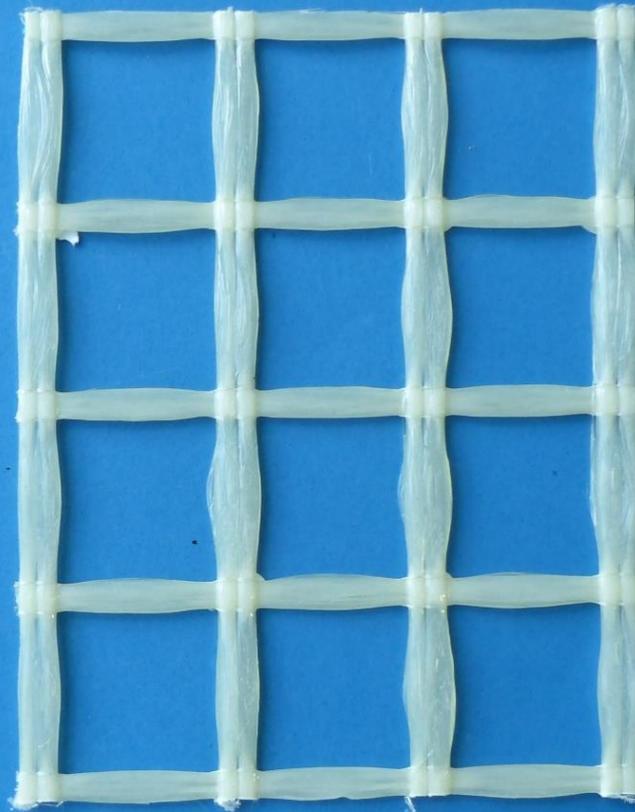
Wichtig: die Fasern, Rovings müssen gerade ausgerichtet sein !

Textile Bewehrungen

Gitter mit nurmehr
"mm-Maschenweite"

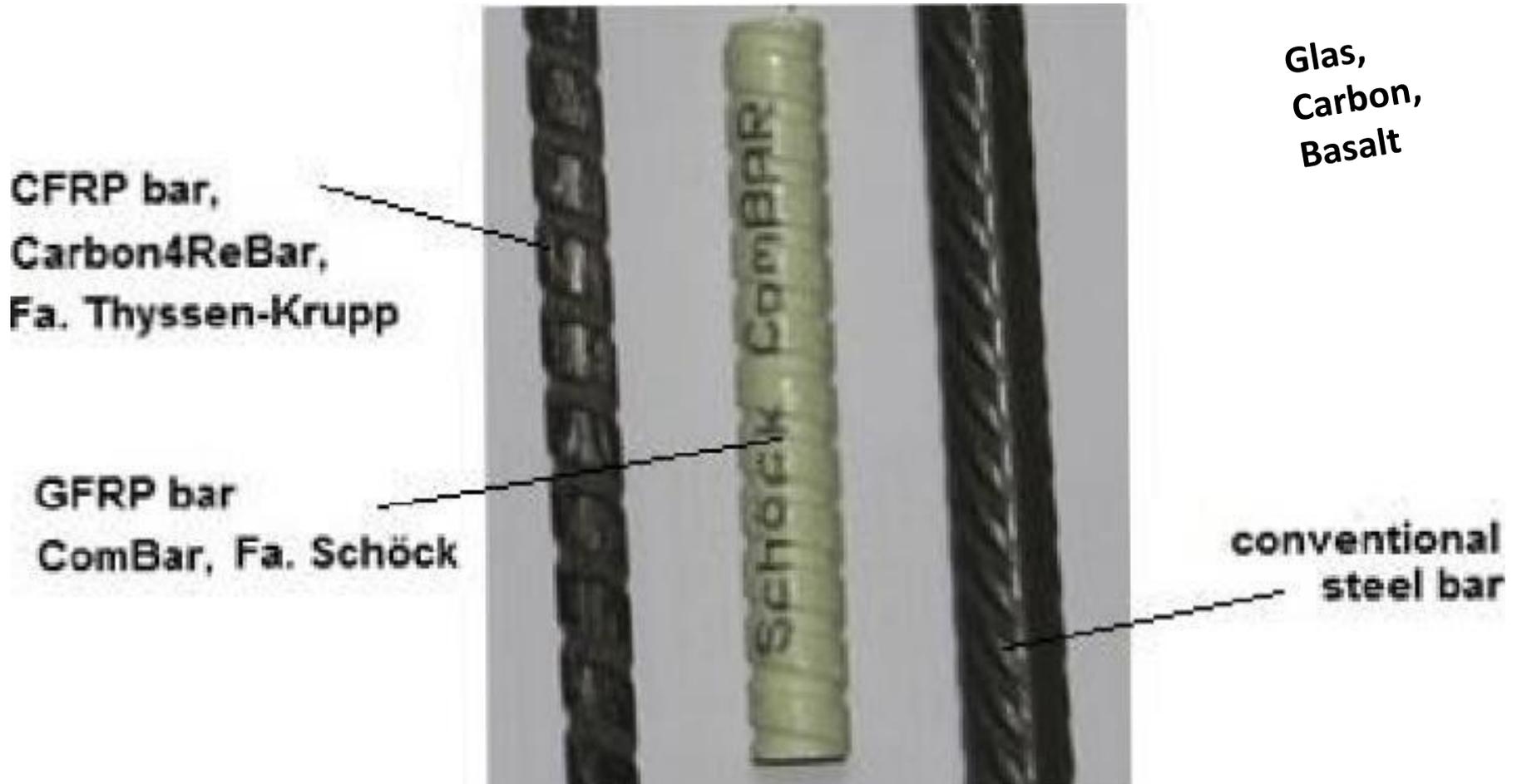
Leichte Gitter-Rolle





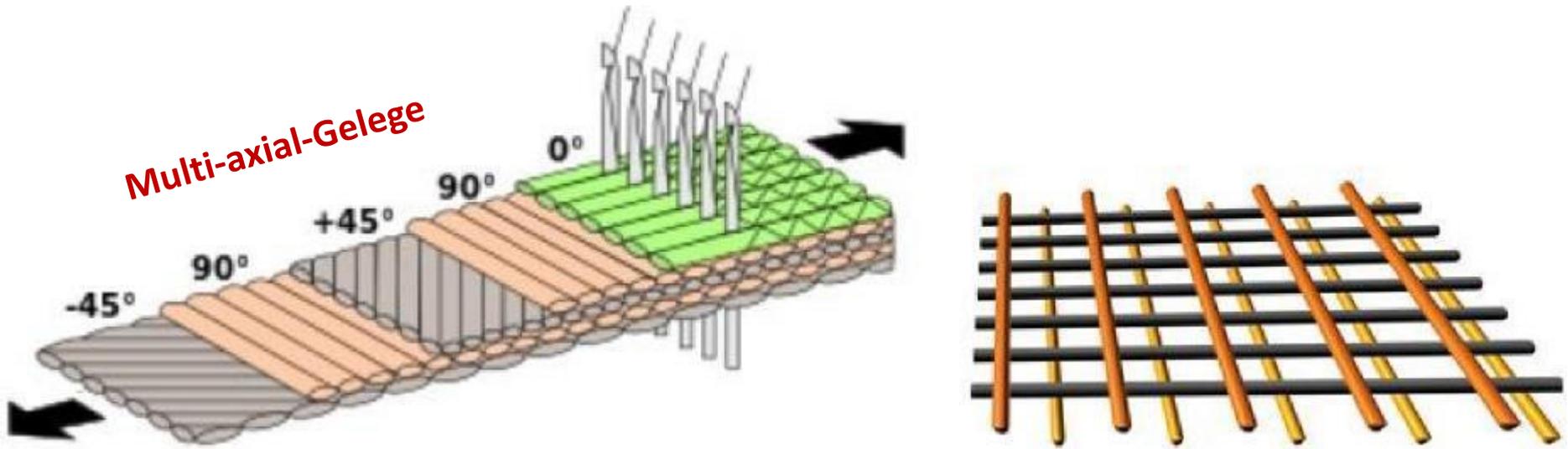
Bewehrung
Carbon – AR-Glas – Stahl

Bewehrungsstab-Varianten

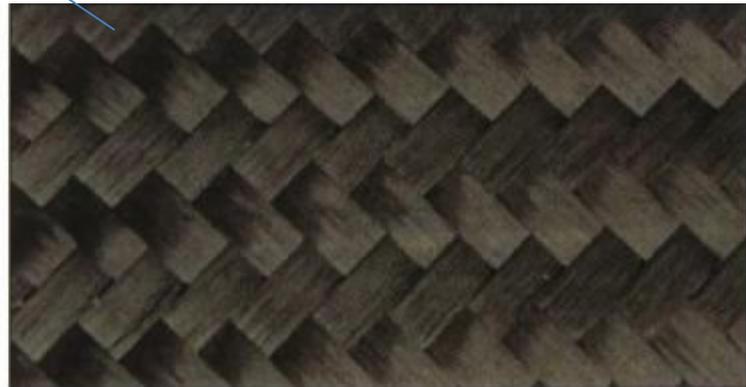


iPul Krauss-Maffei
Thyssen-Krupp
Schöck

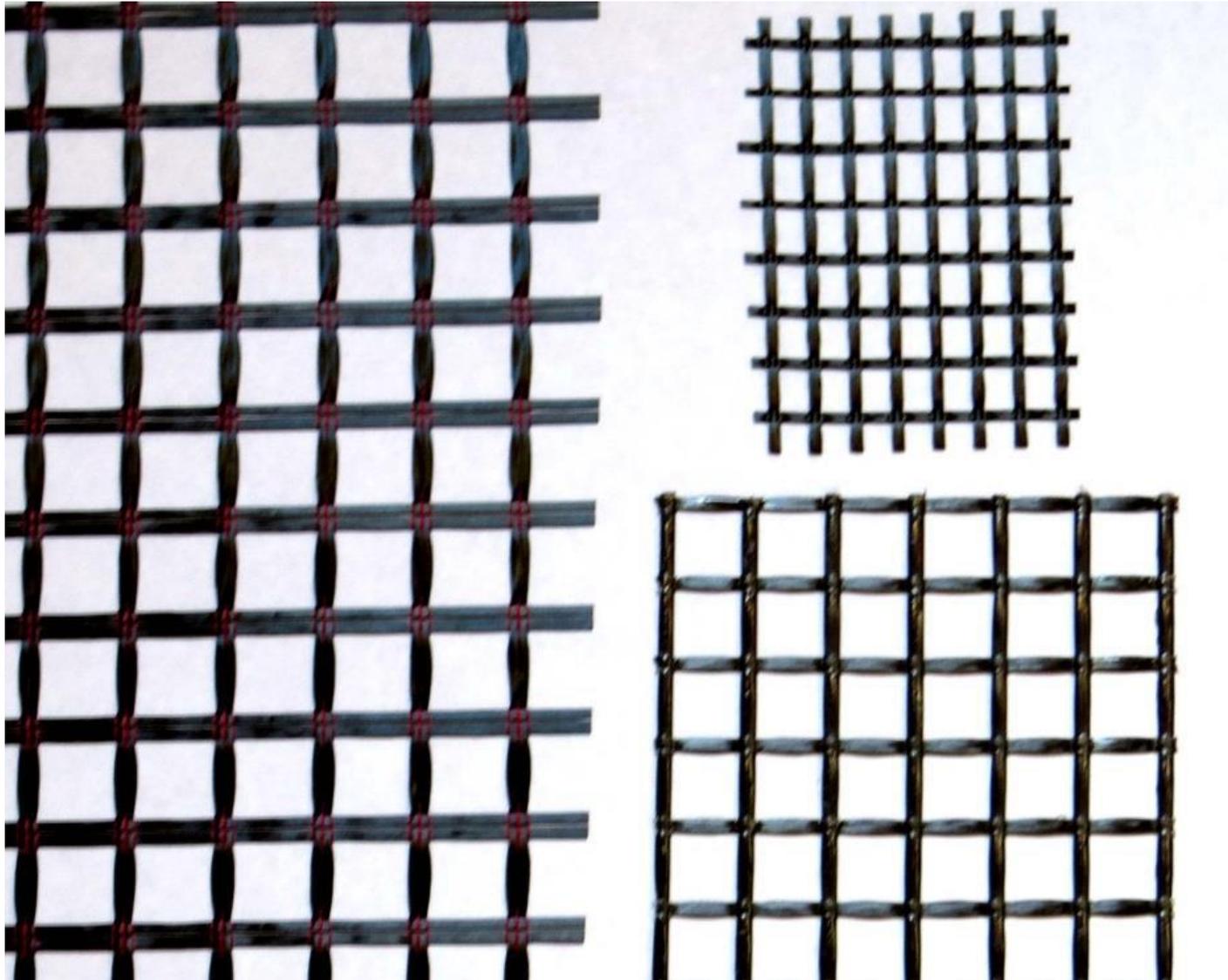
Gelege und Stab-Gitter (Bewehrungsmatte)



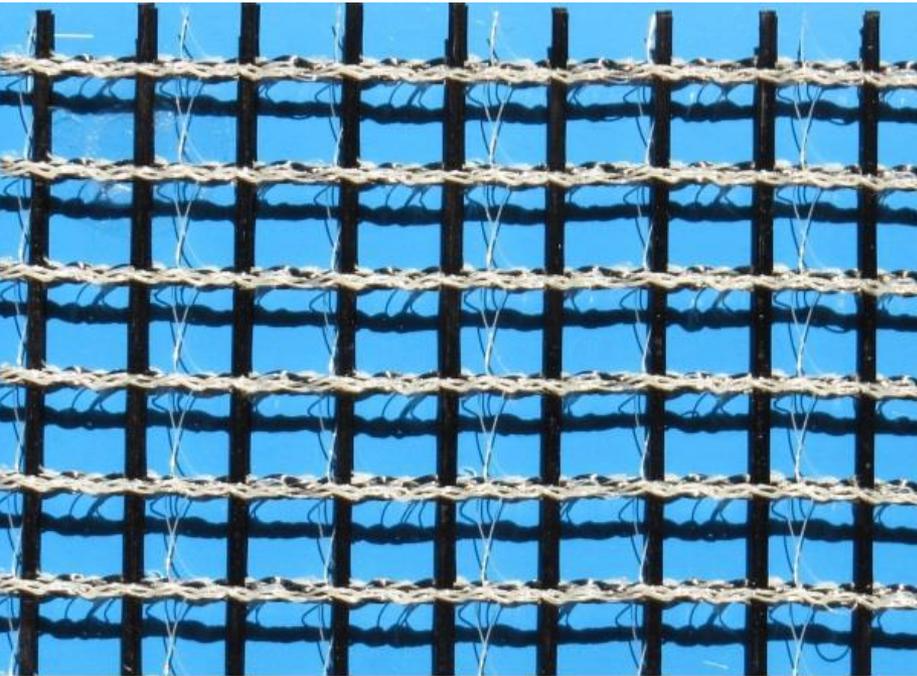
Gelege, Gewebe, Stab-Gitter



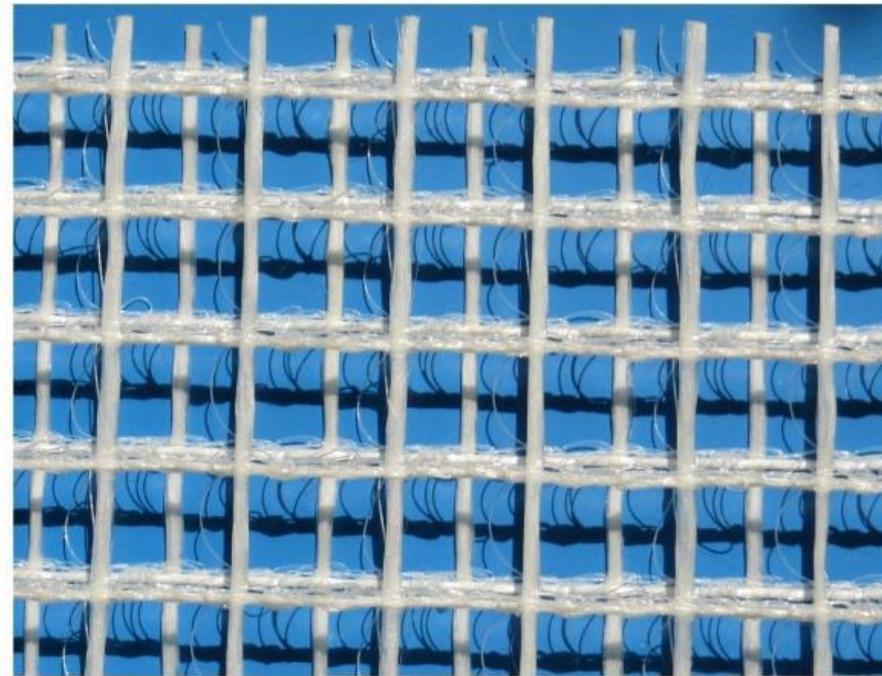
'Carbonfaser'-Gitter (Bewehrungs'matten') unterschiedlicher Maschenweite



Verschiedene Gitter , Carbon Faser (CF) und Glasfaser (GF) [Firma Fraas]



SITgrid500KA (Fraas) 15 mm x 15 mm
24 k C50 T024 EP , thread PE 0.3 mm



SITgrid701KB20 mm x 20 mm
AR-Glas Cemfil 5325 2400 tex, thread PE 0.30 mm

Verschiedene Glas-Gitter , hier [Firma Solidian]

Die Standardbreite der soligrd® Bewehrungen beträgt 1.250 mm, die Standardlänge 6.000 mm.

Der Faserquerschnitt in mm^2/m reicht von 50 bis 140 und darüber hinaus.

EP = Epoxidharztränkung
SB = Styrol-Butadien-Tränkung

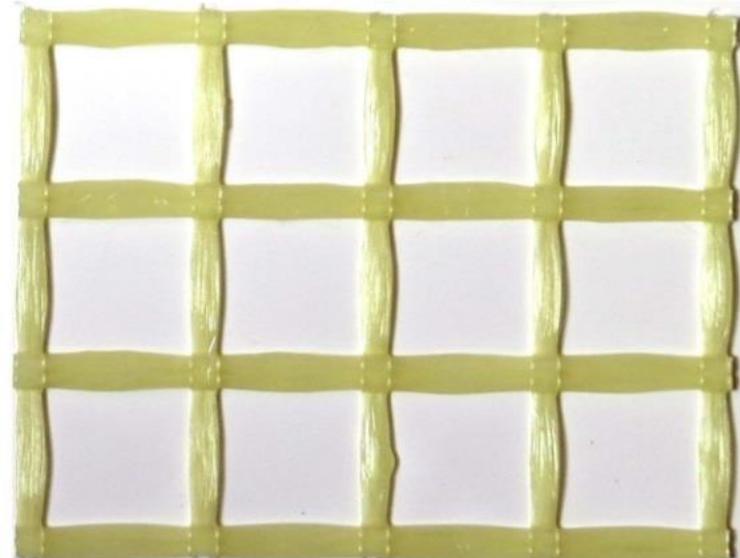
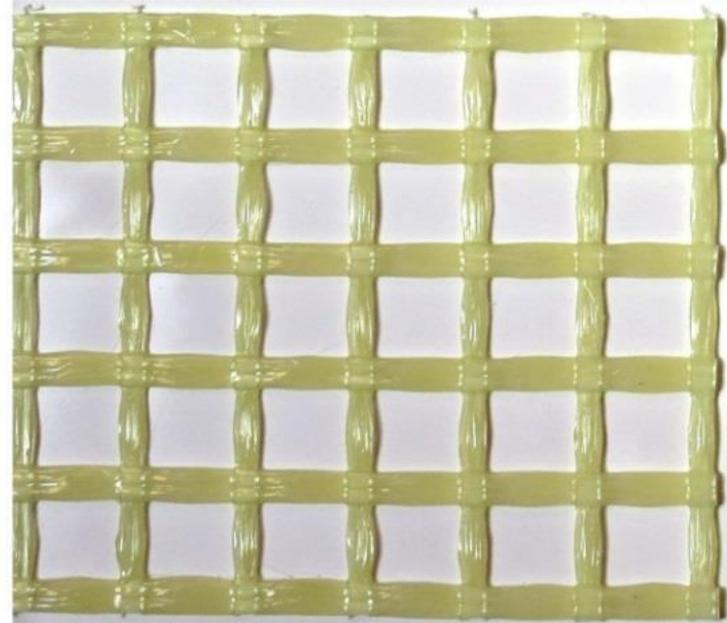
soligrd® Q 000 - Y BB - 99

Q = symmetrischer Aufbau
R = rechteckiger Aufbau

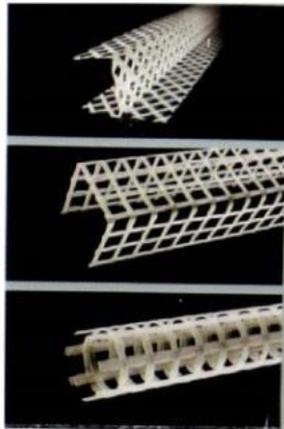
G = Glasfaser
C = Corborfaser

Achsenabstand der Rovings in mm

| | |
|------------------------|----------------------|
| soligrd® Q50-GEP-38 | soligrd® Q50-CEP-38 |
| soligrd® Q90-GEP-21 | soligrd® Q90-CEP-21 |
| soligrd® Q100-GEP-38 | soligrd® Q100-CEP-38 |
| ● soligrd® Q120-GEP-38 | |
| soligrd® Q140-GEP-25 | soligrd® Q140-CEP-25 |
| soligrd® Q140-GEP-38 | soligrd® Q140-CEP-38 |



**Bewehrungs
körbe**



Konstruktion und Produktionsverfahren

Art und Größtkorn der Gesteinskörnung

- Betondeckung
- Maschenweite des Bewehrungsgitters
- Anzahl Bewehrungslagen

Konsistenz

- Fertigungsverfahren (Gießen, Injizieren, Handlaminieren, Spritzen)

Verbund zur Bewehrung und mechanische Eigenschaften

- Rissanzahl und -abstand **GZG**
- Verformungen unter Last
- Tragfähigkeit **GZT**
- Fertigungsverfahren

Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit

Je nach Anwendungsfeld:

- frostbeständig
- wasserundurchlässig
- säurebeständig
- abriebfest
- hitzebeständig

Bei Verstärkung und Instandsetzung

- geringe Karbonatisierung
- hoher Permatationswiderstand (z.B. gegenüber Chloriden)

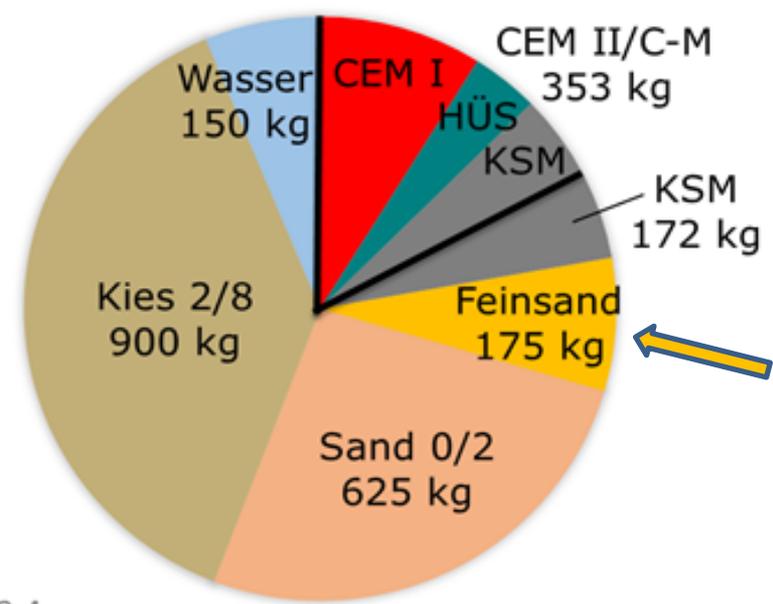
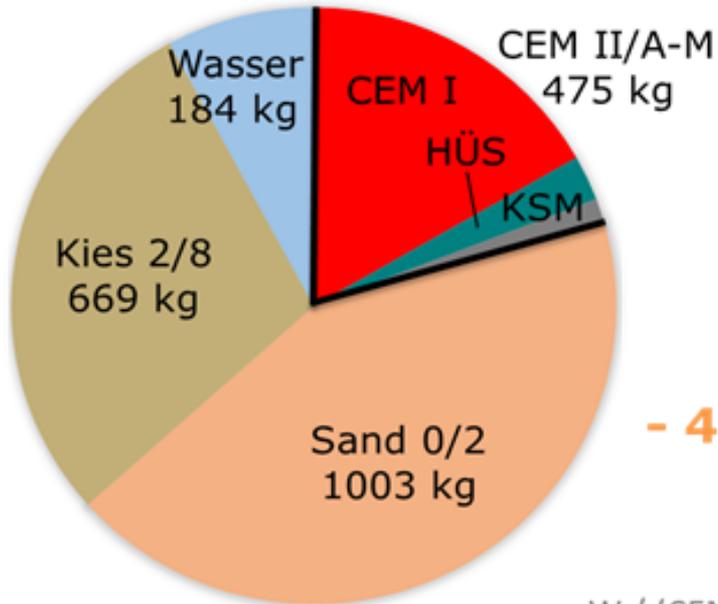
- Reduktion Energieverbrauch für Produktion
- Reduktion CO₂-Ausstoß (weniger Klinker brennen, neue Zusammensetzungen)
- Einsatz von nachhaltigen Zusatzstoffen

Betonzusammensetzung

Normalfester Beton für Gießverfahren

Referenz-Beton mit CEM II/A-M (S-LL)

C³-Beton mit CEM II/C-M (S-LL)

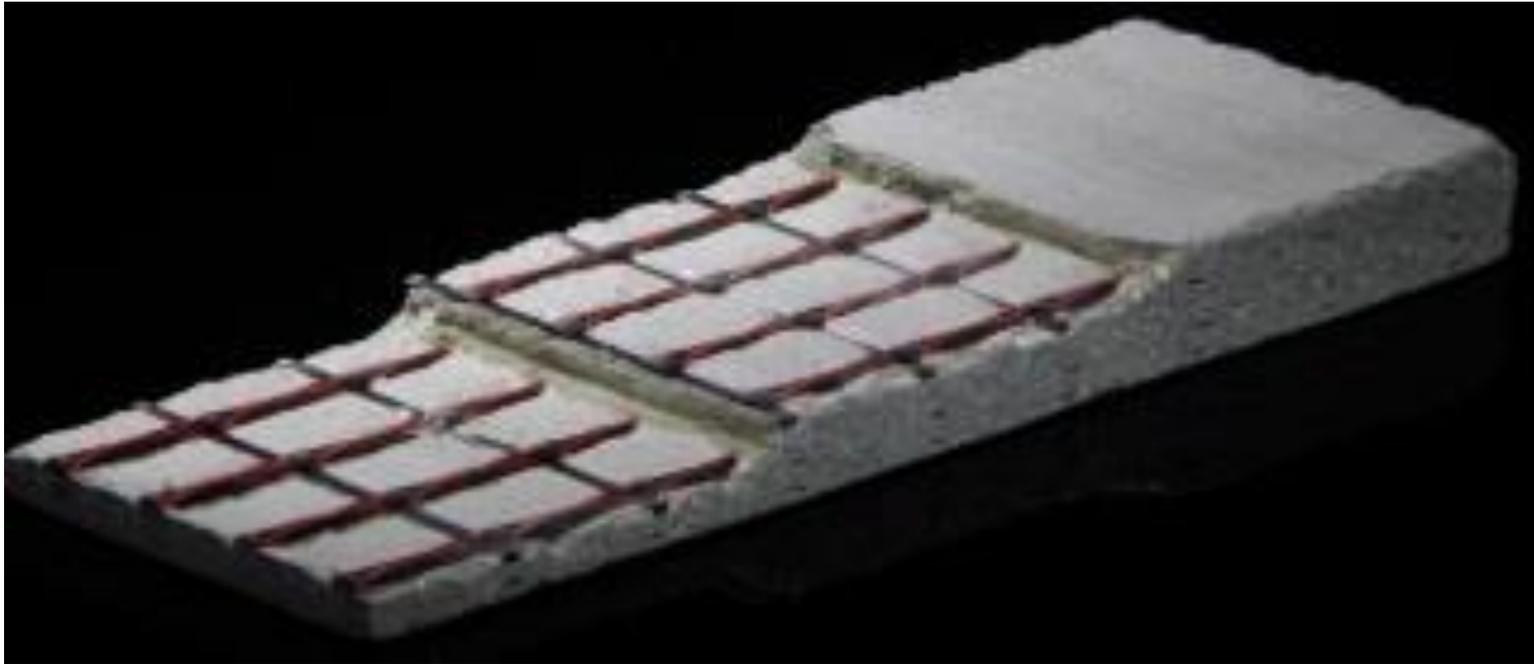


- 45 % CEM I

- $W / (CEM I + HÜS + KSM) = 0,4$
- Konsistenz F5 bis F6

KSM = Kalksteinmehl, HÜS = Hüttensand, CEM II = Portlandkompositzemente

Schichtaufbau eines Carbonbeton-Laminates



Montage der Abstandshalter
wegen viel geringerer Überdeckung
ein größeres Problem als bei Stb

Verankerungslänge = Überlappungslänge

Verstärkung für: N, M, Q,T

3 Was sind die typischen Verarbeitungstechniken für Textilbeton?

1. Spritzen
2. Laminieren
3. Gießen

Die mit M. Butler gekennzeichneten Folien stammen aus einem Stellvertretervortrag, den ich für ihn aus Krankheitsgründen halten musste!

Herstellen des Verbundes



Schichtenweiser Aufbau im
Laminierverfahren

- Spritzverfahren
- Nass- und Trocken-Spritzmörtel mit Mikrosilika, Größtkorn 2 mm
- Eignung für Anwendung bei Verstärkung und Instandsetzung



Fertigung im Gießverfahren

*2 Einführungs-Veranstaltungen in
Augsburg bereits durchgeführt !*

- Nass- und Trocken-Spritzmörtel mit Mikrosilika
- Größtkorn 2 mm
- Eignung für Anwendung bei Verstärkung und Instandsetzung



4 Was kann man mit Textilbeton machen?

Neubau:

Fassadenplatten, Fussgängerbrücken, Dachschalen,
Balkonplatten, Geschossdecken, Treppenstufen,
Freiformflächen (gestalterische Freiheit), Schalung,...

Sanierung/Wiederherstellung:

Strassenbrücken-Aufbeton, Silowände,
Industriefußböden, ...

Verstärkung Bauen im Bestand:

Geschossdecken, Stützen, ...

*Es lohnt sich dabei,
- schon aus Masse-Einspargründen -
zukünftig "Bauen neu denken"
auch wenn "leichter" bauen "schwerer" ist.*

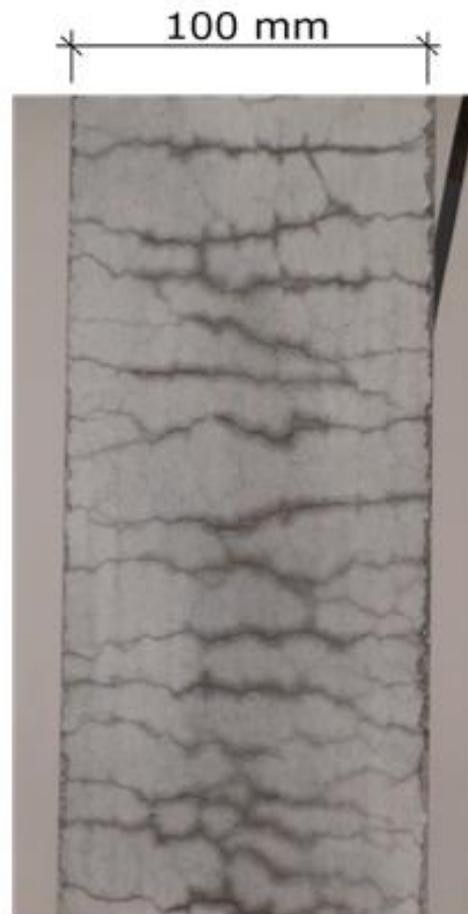
Dabei sind Neue Funktionalitäten einbaubar.

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

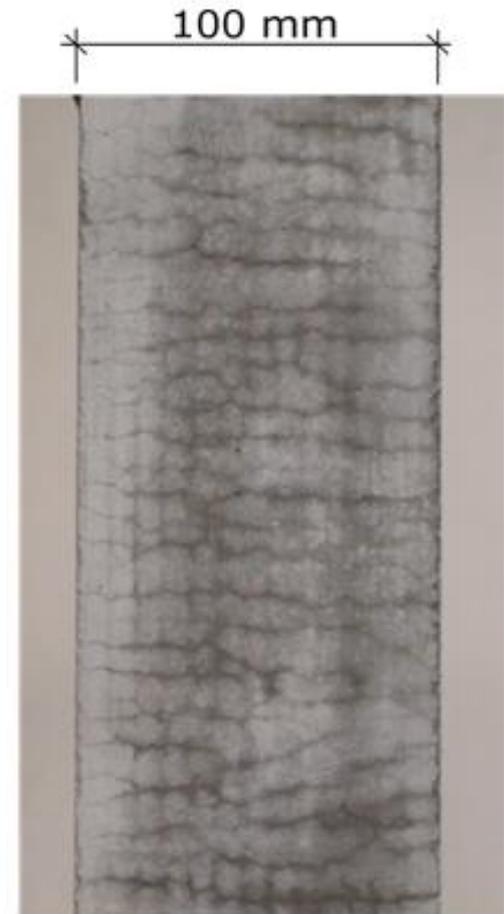
Rissbilder



keine Bewehrung



Textile Bewehrung



Textile Bewehrung + Kurzfaser

Böden

Darum Textilbeton!

Dünnwandigkeit



Beständigkeit



Lebenszykluskosten



CPC - slab construction



Vorspannung im Spannbett: Für ebene Platten gute Idee für Serienprodukt

5 Wie geht man als Anwender an den Textilbetoneinsatz heran?

... das zeigt für eine *Deckenplatten-Biegeverstärkung*
die folgende,
eine **abZ** –*abbildende Planermappe* von TUDALIT

Leichter bauen – Zukunft formen

TUDALIT®

Verstärken mit Textilbeton nach abZ Z-31.10-182

Ein Leitfaden
für planende Architekten und Ingenieure,
für Ausführungsunternehmen und für Bauherren

TUDALIT®

Leichter bauen – Zukunft formen

Gliederung der “Planermappe”

01. TUDALIT® – die Qualitätsmarke für textile Bewehrungen im Betonbau
02. Textilbeton im Überblick
03. Anwendung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung abZ Z-31.10-182
04. Konstruktion und Verfahren für Textilbetonverstärkungen
05. Bemessung
06. Bemessungssoftware
07. Produktdatenblätter und Materialproben
 - Bausatzkomponenten Gelege
 - Bausatzkomponente Feinbeton
08. Ausschreibungshilfen
09. Zertifizierte Unternehmen nach abZ
10. Hersteller, Service und Ansprechpartner
11. Vorschriften und Regelwerk
 - Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung abZ Z-31.10-182
 - Verzeichnis der anerkannten Prüfstellen
12. Referenzen und Beispiele für Verstärkungen und Rissanierungen mit Textilbeton



Verwendbarkeit von Textilbeton?

„1. Problem“: keine Technische Baubestimmung für:

- Epoxidharzgetränktes Carbontextil als Bewehrung einer Betonplatte,
- Besondere Elemente für die Befestigung

„2. Problem“: Abweichung von Technischen Baubestimmungen

- Überschreitung höchstzulässiger Mehlkorngelalte nach Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ des DAfStb (SVB- Richtlinie)
- Außerhalb der Norm liegendes Bemessungsverfahren
- Besonderes Herstellungsverfahren

„3. Problem“: Abweichung von vorhandenem Verwendbarkeitsnachweis (abZ)

- Anwendung im Außenbereich
- Verzicht auf Verbundfugen
- Änderung der Textilbewehrung

Lösung aller Probleme: Zustimmung im Einzelfall

mögliche
„Probleme“ bei
Verwendung
von Textilbeton

mögliche
„Lösung“ für
Verwendung
von Textilbeton

6 Rechnet sich der Textilbeton-Einsatz ?

| | Stahl | Basispreise | Carbon (TohoTenaxSTS40, 48k, 3200tex) |
|---|---|--|---|
| E-Modul: | steifer, rostet | 200000 MPa | CarbonTyp: 130000 MPa ($V_f = 60\%$) |
| Bewehrungswerkstoff: | Stahl | 1 €/kg | Carbonfaser (CF): 16 €/kg |
| Stab \varnothing 8 mm, 6 m : BSt500S, | 2,7 € | = 1,3 €/kg | ≈ 18 € (stark mengenabhängig) |
| Gittermatte : | 95 € (\equiv 7 €/qm = 1,9 €/kg) | <u>Vergleichsbasis: R335,6.00 x 2.30, \varnothing 8mm</u> | ⇒ 30 €/qm |
| | | | zum Vergleich: CF- Leinwandgewebe 240 g/qm \equiv 30 €/qm |
| Bindemittel: | Zement CEM II | | Pagelzement TF 10 (0-1mm) |
| Normalbeton: | | 140 €/t | Hochleistungsfeinbeton: ??? €/t |

*** Basispreise dokumentieren nicht die Attraktivität eines Baustoffs für seinen Einsatz, erst recht nicht bei anspruchsvolleren Anwendungen!**

*** Aspekte, wie Massereduktion, Mehr-Funktionalität, Gebrauchstauglichkeit und Nachhaltigkeit **müssen eingerechnet werden**. CF –Preis wird gegen 10 €/kg gehen.**

- Pagel TF 10: Hochleistungs-Feinbeton aus Portlandzement/Quarzsand als Matrix für die Kombination mit dem TUDALIT®-Textilgewebe abgestimmt
- chloridfrei und zementgebunden, schrumpfungsfrei durch kontrollierte Voluminierung
- niedriger Elastizitätsmodul in Verbindung mit einer hohen Biegezugfestigkeit
- niedriger w/z-Wert, frost- und tausalzbeständig
- pumpfähig und leicht zu verarbeiten.

AR-Glas: 4 €/qm)

MPa = N/nmm²

Wunsch: Vergleichs-Kostengrobschätzungen für z.B. Bewehr. R335A

Kilopreisverhältnis Carbonroving / Stahl $16 \text{ €} / 1 \text{ €} = 16$ gewichtsbezogen

Preisleistungsfähigkeit Zugfestigkeit gegenüber Stahl: $16 / [(\rho_{\text{stahl}} / \rho_{\text{CF}}) \cdot (f_{\text{Stahl}}/f_{\text{CF}})] = 16 / (5 \cdot 4) \approx \mathbf{1} !$

Kostenfaktor Normalbeton/Feinbeton: 4 (zu reduzieren)

(Bauteil aberteilweise erheblich dünner, Fassadenplatten ein Viertel der Dicke !)

STAB- (rebar) und Gittermatten-Bewehrung, UHPC

Schätzkosten pro Quadratmeter Deckenplatte : < ?? €/qm

Gittermatten-Bewehrung, UHPC (Klassifizierung anlog zu R-Lagermatten notwendig)

Schätzkosten pro Quadratmeter Deckenplattenverstärkung, 1 Textilschicht : < 70 €/qm

Gittermatten-Bewehrung, 'Normalbeton'

Schätzkosten pro Quadratmeter Deckenplattenverstärkung, 1 Textilschicht : < 70 €/qm

Dazu aber Einsparungen bei 50 Jahren Lebensdauer (noch besser für 100 Jahre) einrechnen:

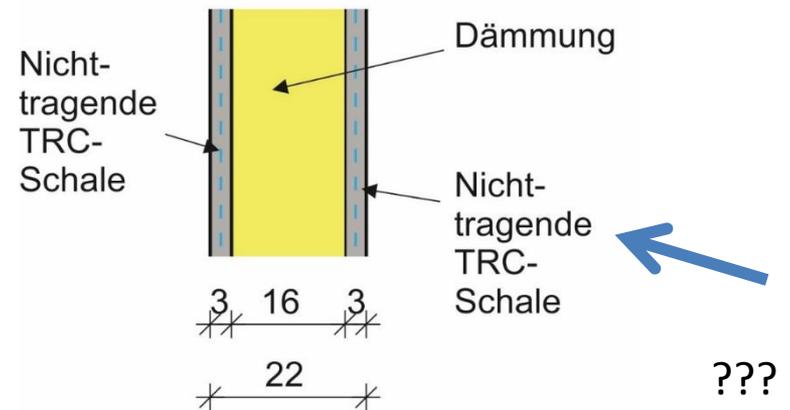
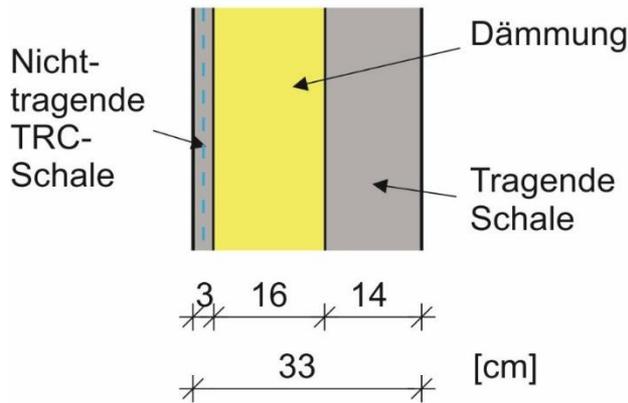
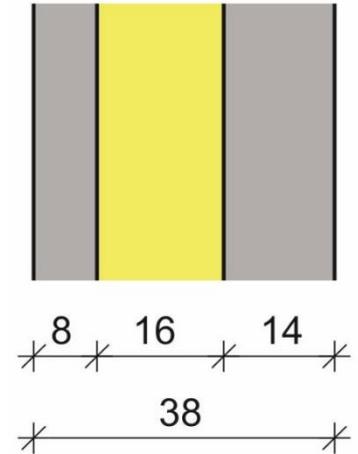
- *Dauerhaftigkeit, geringere Wartungskosten (abhängig vom Bauteil)
- *Kleinere Bauteilmasse: geringere Transportkosten und Bewehrungs-Verlegekosten
- *geringe Betonüberdeckung: 1 cm
- * CO₂-Einsparung (Klinkerbrennen), * Funktionalisierung einbringbar

Lohnt es sich also nicht für zukünftigen Einsatz bereits jetzt "Bauen neu denken" ?

Kosteneffizienz von Bauwerken: Hochbaubeispiel Sandwichwand

J. Bielak

- Reduktion der Wanddicke bei gleicher Dämmstoffdicke
- Bereits allgemeine bauaufsichtliche Zulassung abZ für Textilbeton-Vorsatzschale vorhanden
- Geplant: Tragende **Sandwich-Wand**



TRC = Textile-Reinforced Concrete



- Neue Einsatzmöglichkeiten
- Neue Gestaltungsformen
- Geringere Instandhaltungskosten
- Geringere Betondeckung
- Geringeres Gesamtgewicht des Tragwerks bzw. der Fassade



- Höhere Kosten der Ausgangsmaterialien
- Erst wenige Zulassungen + finale Regelwerke vorhanden
- Wenig Erfahrung im Markt vorhanden

Beispiel Hochbau: Bürogebäude Eastsite VIII, Mannheim

- Flächengewinn durch Reduktion der Wandstärke: 30 m²
- Bei hohen Mietpreisen und begrenzter Grundstücksfläche effizient!
- Beispiel:
 - Ca. 15 € / m² Mietpreis / Monat
 - 5400 € / Jahr Mehreinnahmen Miete



Kosten für Gutachten + Versuche amortisieren sich in kurzer Zeit

Beispiel Instandsetzung: Fahrbahndecke - Mühlbachtalbrücke



- Weniger Abtrag notwendig
- Geringere Aufbetonmenge erforderlich
- Rißbreitenverkleinerung durch kleinere Gitter-Maschenweite, Abdichtung gut
- Geringeres Gesamtgewicht des Tragwerks
- Bauzeit- + Montagezeitminimierung
- *Infrastuktur: Staukostenreduktion*
- *Geringere Instandhaltungskosten*



- Höhere Kosten der Baustoffe: CF-Gitter + Feinbeton
- Höhere Anforderungen an den ‚neuen‘ Feinbeton
- Aufbringung Textilbeton komplizierter
- ZiE-Notwendigkeit, erst wenige Zulassungen + finale Regelwerke
- Noch zu wenig Erfahrung vorhanden (Prof. Feix, Tirol)
- *Automatisierung zu erhöhen*
- ❖ ***Planungssicherheit ist zu verbessern***

*aus Masterarbeit Matthias Lischka
BPR Dr. Schäpertöns Consult*

Textilbetonbrücke Ebingen



Beispiel Ingenieurbauwerk Albstadtbrücke : Angebots- und Preisvergleich

von *Dipl.-Ing. (FH) Udo Hollauer*
Bau-Bürgermeister der Stadt Albstadt

| | |
|---------------------------|-----------|
| Aluminiumbrücke | 57.041 € |
| Textilbetonbrücke | 83.201 € |
| Vorgespannte Granitbrücke | 130.840 € |

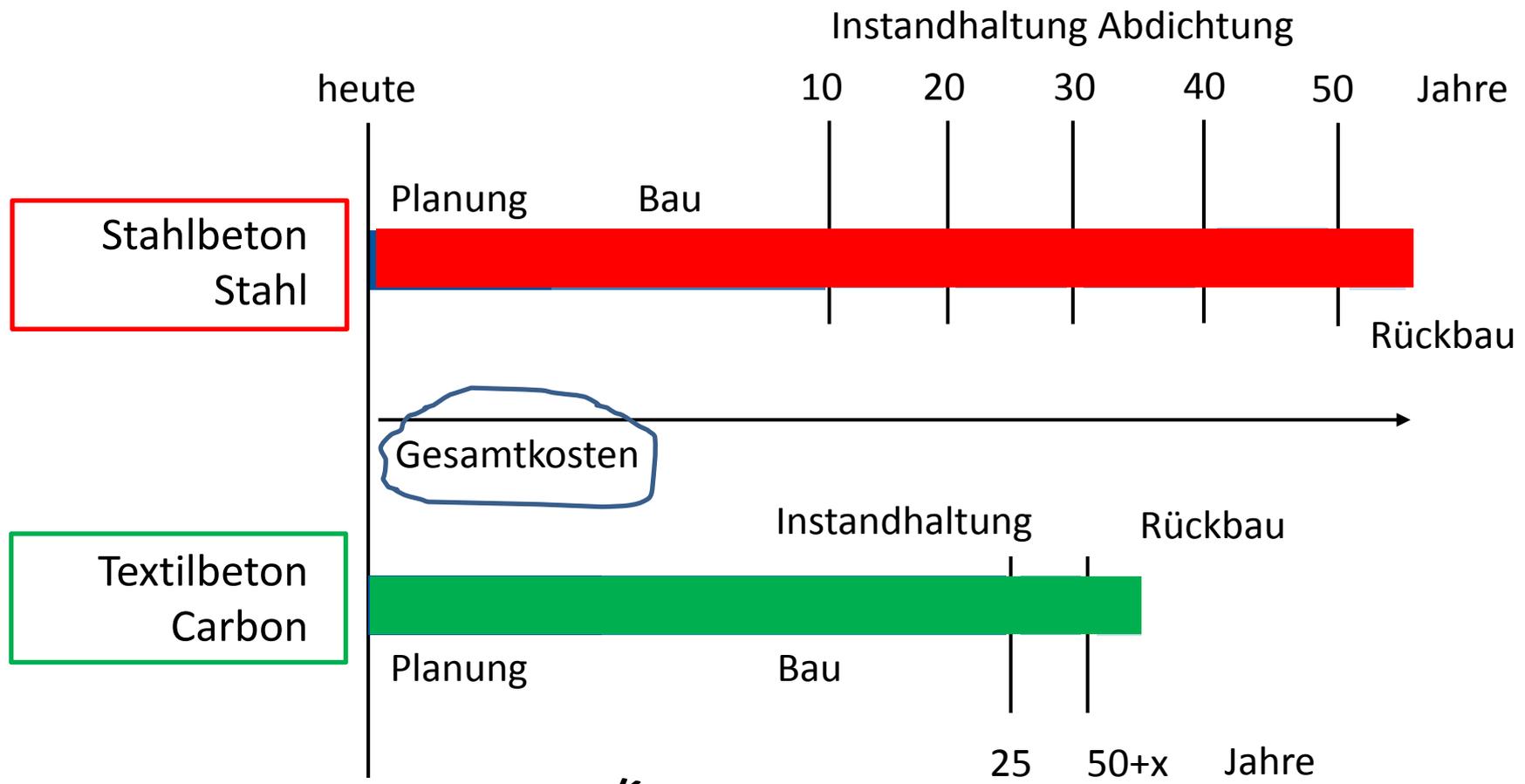
Weiterer Mehrwert der Textilbeton-Fußgängerbrücke:

- architektonisches Glanzlicht,
- filigrane und doch solide Bauweise,
- einzigartige Optik,
- lange Lebensdauer,
- geringer Unterhaltungsaufwand gegenüber einer Brücke aus Aluminium.



Kosteneffizienz von Bauwerken

Beispiel Textilbeton-Fußgängerbrücke (Lebenszyklusbetrachtung)



*Kostenaufsummation ist bei grün
letzlich günstiger als bei rot*

‘Lessons Learnt’ nach einfacher Stahlbeton-Vergleichsbetrachtung

- ❖ **Textilbeton ermöglicht hochbeanspruchbare, filigrane, leichte Konstruktionen**
- ❖ **Rostschäden gehören der Vergangenheit an. Sand und damit Beton werden teurer, also *Massen-Einsparungspotenzial nutzbar***
- ❖ **Bewehrung und Beton (*Zementtyp, W / Z -Wert, Kornverteilung, etc.*) müssen aufeinander abgestimmt sein sowie auch der Verbund von Textilbewehrung mit Beton (*Faserschlichte, Tränkung, Oberfläche*)**
- ❖ **Betonrezeptur sollte in Richtung der gewohnten Verarbeitung von üblichem Normalbeton gehen, um robuster, bauaufgabenspezifischer, anwendungsorientierter und preiswerter bauen zu können. Die gegenüber Normalbeton mehrfach höheren Feinbetonkosten sollten nach ‘Vereinfachung’ kleiner 2x werden können, was für viele Anwendungsfälle reicht**
- ❖ **Gebrauchstauglichkeit bedienen: Wasserundurchlässiger Beton durch die feinmaschigen CF-Gittermatten, Industriefußboden aus stochastisch verteilten kurzen Einzelfasern, etc.**
- **Kosten der CF werden bei größerer Herstellungsmenge auf etwa 10 €/kg noch fallen**
- **Nachhaltige Lebenszyklus-Betrachtung notwendig, nicht nur Baukostenvergleich!**
- **Automatisierung bei Konstruktionselementen senkt Kosten des Armierungsaufwands**
- **Aufwendige ‘Zustimmungen im Einzelfall’ bremsen leider eine häufigere Anwendung**
- **Datenblätter für die Werkstoffe und die Bemessung zu erstellen.**

‘Lessons Learnt’ bzgl. Einsatz im Vergleich Carbonbeton Stahlbeton

[Gaitzsch]

- **Falls die Bauaufgabe nur mit Carbonbeton gelöst werden kann**
- **Falls zusätzliche Funktionalitäten einen Mehrwert bieten**
- **Falls Lebenszykluskosten angesetzt werden.**

**Wenn es auch nur abZs für Fassadenplatten, Deckenbiegeverstärkung
gibt.**

Wie unten, kommen wir aber nie weiter.



***Gemeinsam nach vorn schauen und die Anwendungslücken für
eine möglichst einfachere Nutzung schließen !***

Eventuelle Diskussionsfolien

Ölförderung in kt Gewicht \equiv Betonmenge !

Graphic source:
Mutel, JEC

JEC
GROUP

Concrete
4,000,000 kT

Steel
1,578,079 kT

Plastics
299,000 kT

Aluminium
49,714 kT

Aluminum
57,770 kT (2016)

CFRP: 100 kT
CF: 64 kT (2016)

> x500 ! by weight
> x50 by revenues

Glass Fibre
4,700 kT

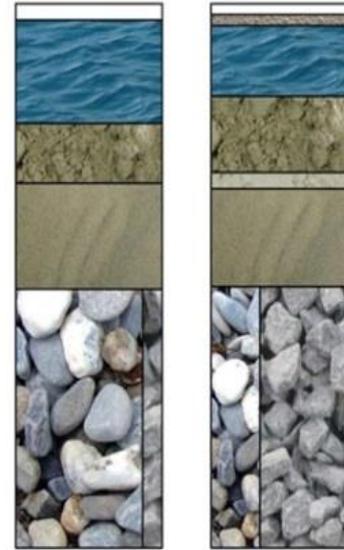
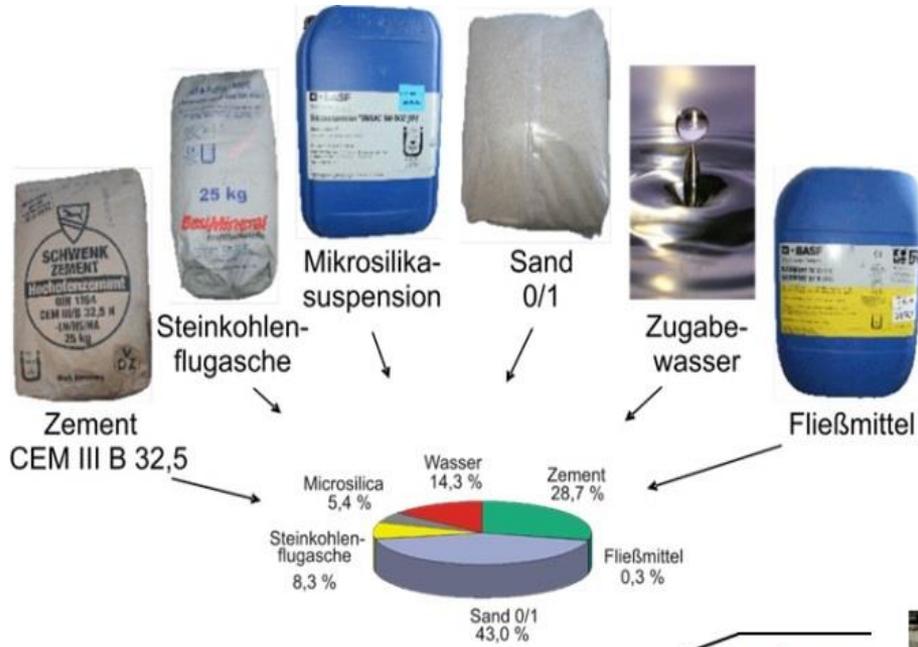
Wenig !

Titanium
192 kT

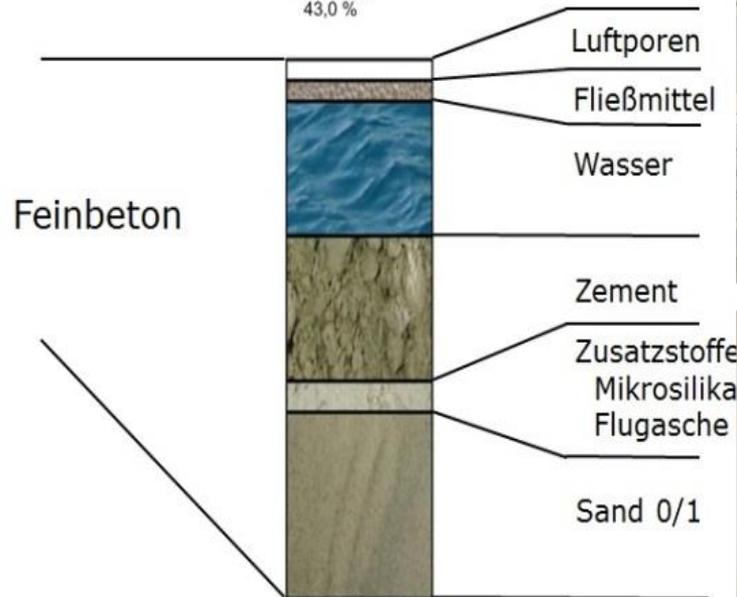
Carbon Fibre
41 kT

Mengenverhältnis CF / Stahl = 1/10000

Baumaterialien bei UHPC-Anwendung [s. F. Schladitz, C-cube]



various rods or bars



placing of a CF textile reinforcement mat

Ordnungsschema für faserverstärkte Bauteile mit Polymermatrix und für FVK-verstärkte Betonmatrix [Vorschlag: Cuntze mit Kimm, Heppes, Diestel]

| | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------|--|--|-------------------------------|---|----------------------|---|
| Normalbeton Feinbeton HPC, UHPC | Betonmatrix | Wasser + Zement (bspw. CEM I; CEM II) + Zuschlagstoffe (Sand, Kies, Schotter) + ggf. Zusatzmittel wie z.B. Fließmittel, Verzögerer | | Größtkorn ≤ 8 mm | | | | Faserbeton FRC (Stahl, Carbon, AR-Glas, AR-Basalt) | | |
| | | | | Größtkorn ≤ 2 mm | | | | | | |
| Stahlbeton Carbonbeton AR-Glasbeton Basaltbeton <i>vereinfachende Begriffe</i> CarbonFK GlasFK AramidFK BasaltFK NaturfaserFK | Bewehrungsform | FVK-Verstärkter Beton | | | | | | | | |
| | | UDRC | | Textilbeton (TRC) | | | | | | |
| | | 1D | 2D | Bewehrungsausrichtung | | | | 2D/2.5D | 3D | 2D/2.5D |
| | | Litze Stab Lamelle | | R, Q Gitter'matte' (grid) | Atlasgewebe (satin) Köpergewebe (twill) | Gewirk warp- knitted fabric | Geflecht braided fabric | Vlies (fleece) orientiert, wirr Sitgrid031 | ? | Kurzfaser für Matrix- Verbesserung evtl. auch Langfaser |
| | | UD-Schicht Lamina, ply (= Lamelle) prepreg tape | Gelege MAG (NCF) | | Leinwandgew. (plain weave) | Gestrick weft- knitted fabric | | | | |
| | | Halbzeuge für <u>Tragende Verstärkung</u> (Endlosfaser) | | | | | | | | |
| | | Faser-Verstärkter Kunststoff FVK (FRP) | | | | | | | | 'Faser- kunststoff' |
| Duromer (thermoset) | Polymermatrix | FVK, | | | | | | | SMC / BMC | |
| Thermoplast (thermoplastic) | | Harzsysteme: EP, TP, ... mit Katalysatoren, etc | | | | | | | | |

Profile, Bauelemente

FRC = fiber-reinforced concrete, TRC = textile-reinforced concrete, UHPC = ultra-high performance concrete, UDRC = unidirectionally reinforced concrete (keine textile Verarbeitung),

2. Textilbeton im Überblick

Textilbeton ist ein Verbundwerkstoff aus speziellen Feinbetonmatrixes und Bewehrungen aus gitterartigen textilen Gelegen. Die Gelege bestehen aus Carbonfasern oder anderen geeigneten Hochleistungsfasern, z. B. alkaliresistenten Glasfasern. Das Größtkorn der mineralischen Matrix liegt in der Regel zwischen 1 bis 4 mm.

Die textilen Carbonbewehrungen korrodieren nicht. Deshalb sind beim Textilbeton mit Carbonbewehrung – im Gegensatz zum Stahlbetonbau – keine dicken Betondeckungen erforderlich. Die Mindestbetonüberdeckungen beim Textilbeton müssen lediglich den Verbund von textiler Bewehrung und der Betonmatrix sicherstellen und liegen ebenso wie die Bewehrungsdurchmesser im Millimeterbereich.

Textilbetonkomponenten für die Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT® nach abZ



Bild 2.1 Carbonfilamente



Carbonroving



Gittergelege (textile Bewehrung)

Bilder: Frank Schladitz

Textile
Gitter



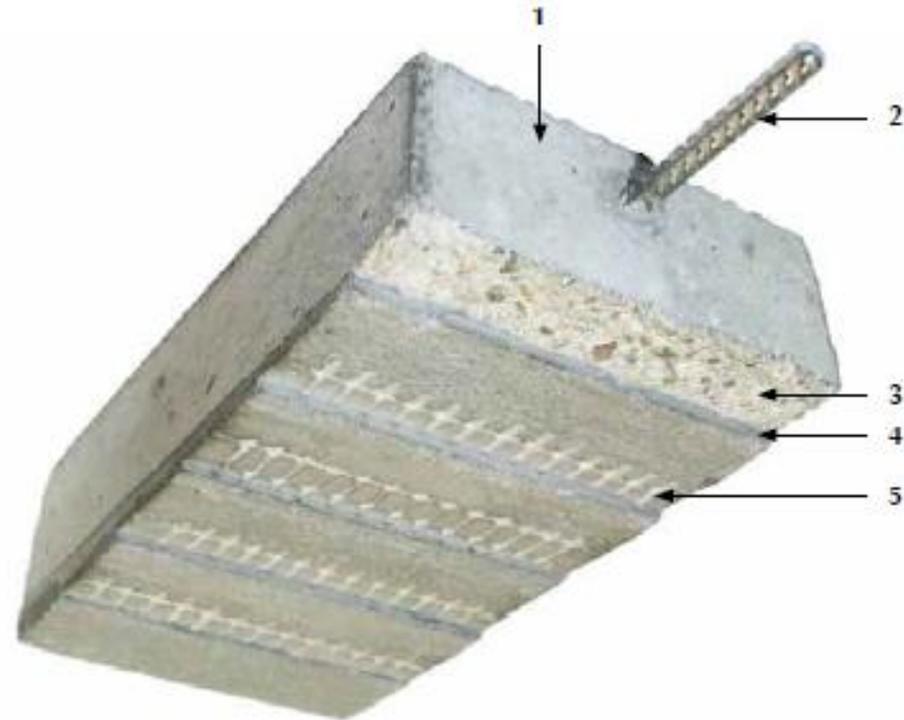
Inhaltsstoffe:

- Zement CEM III B 32,5
- Steinkohlenflugasche
- Mikrosilikasuspension
- Sand 0/1
- Fließmittel

4. Konstruktion und Verfahren für Verstärkungen mit Textilbeton nach abZ

4.1 Konstruktion

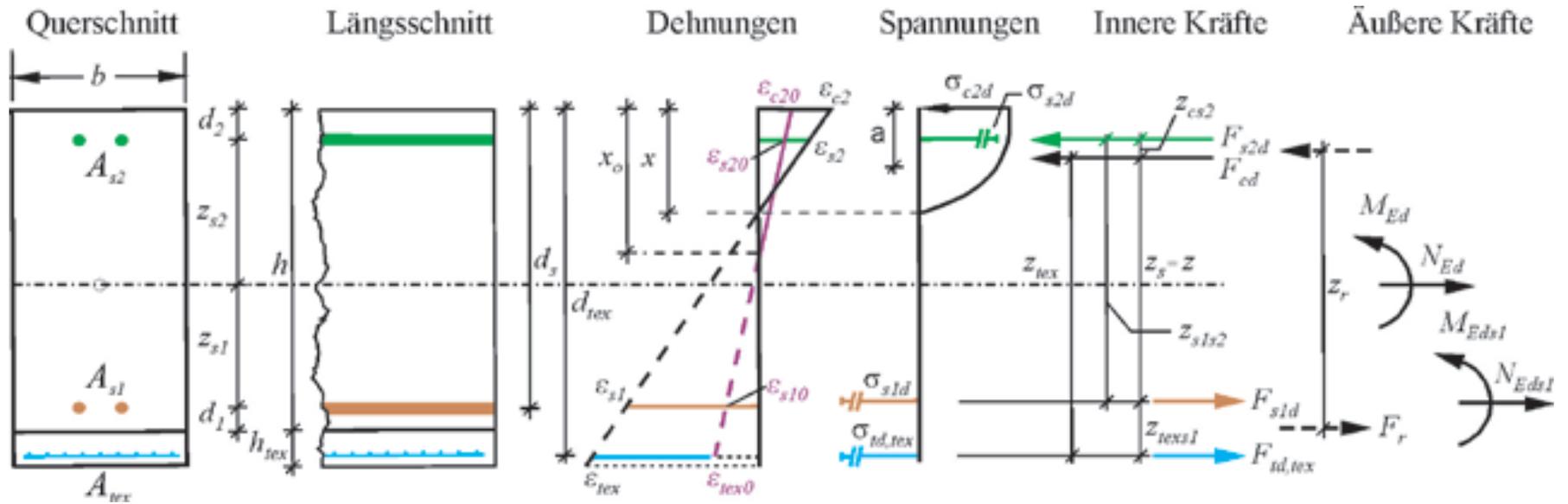
Nachfolgend wird anhand von Prinzipdarstellungen die Konstruktion einer Verstärkung mit textilen Carbonbewehrungen gezeigt. Die Anforderungen an die Ausführung einer Verstärkung werden unter 4.2 im Detail behandelt; ein Bemessungsbeispiel enthält Kapitel 5.



- 1 Bestandsbauteil
 - 2 Stahlbewehrung des Bestandsbauteils
 - 3 Vorbereitete Altbetonoberfläche
 - 4 Feinbetonlage
 - 5 Textilbewehrung (max. 4 Lagen)
- Achtung: Bild zeigt AR-Glasbewehrung

Bild 4.1 Untersicht eines 4lagig textilbetonverstärkten Stahlbetonbauteils (Prinzipausführung; hier: AR-Glas-Bewehrung)

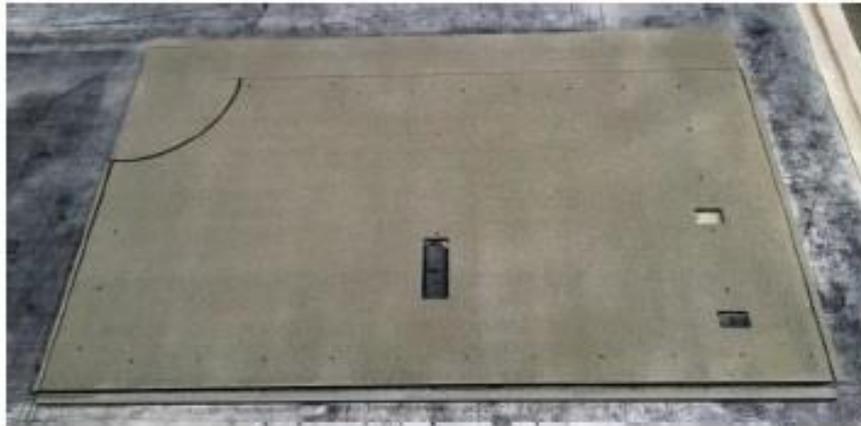
Verstärkung: Biegeträger, Deckenplatte



From the factory to the construction site

CPC: Carbon-Prestressed Concrete

Machining center is controlled directly via BIM data



- No obstacles caused by upright rebars
- Easily sawed and milled due to lack of metal reinforcement



- Significantly lighter than filigree slabs
- Transport without special cranes

Looking for partner for large scale production



Zustimmungsverfahren „ZiE“

Hinweise und Vorlagen auf der Homepage des St
<https://www.stmi.bayern.de/buw/baurechtundtechnik/bautechnik/einzelfall/index.php>

Wer kann den Antrag stellen?

- Jeder der am Bau beteiligten mit berechtigtem Interesse wie Bauherr, Baufirma, Hersteller, Planer, Generalunternehmer...

Erforderliche Unterlagen?

- Antragsschreiben (Muster OBB) mit Begründung und Projekterläuterung und Einsatzbereich
- Objektbezogenes Gutachten (übergeordnetes GA)
- Übersichtspläne, evtl. einzelne (wenige) Detailpläne
- ggf. Vollmacht

1 x gedruckt
+
1 x digital

Wofür kann ein Antrag gestellt werden?

- Ungeregelte Bauprodukte/Bauarten
- Bauprodukte/Bauarten mit wesentlichen Abweichungen zu Techn. Baubestimmungen

Tipp:

Vorbesprechung mit Projekterläuterung und
Vorabstimmung bzgl. Zeitplan, Gutachter, Inhalte etc. mit OBB möglich