



**Fusion zu einem der
weltgrößten Netzwerke (ca. 400 Mitglieder)
für den multi-materialen Leichtbau
mit Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen**



Composites United e.V.

Kerninformationen

- 50 % KMU-Mitglieder
- Industriegetriebenes Netzwerk
- 5 Cluster und 3 nationale Netzwerke
- **Fach-Netzwerk:**
 - *CU Bau und
 - *Ceramic Composites
- Spitzencluster MAI Carbon

Strategie & Ziele

- Entwicklung und Förderung von Hochleistungs-Leichtbau-Verbundwerkstoffen
- Beschleunigung und Förderung von Innovationsprozessen
- Neue Geschäftsmodelle und Technologiezugang



Fach-Netzwerk



Unsere Vision

Unsere Vision ist, dass die gesamte Bauwirtschaft – Bauherren, Architekten, Planer, Zulassungsstellen sowie Bauunternehmen – aus Wissen und Überzeugung Bauprodukte mit faserverstärkter Beton- und Polymermatrix vertrauensvoll und materialgerecht mit entsprechenden Zulassungen einsetzt.

Unsere Mission

CU Bau - als internationales Fach-Netzwerk des Composites United e.V. - **treibt für seine Mitglieder aus Industrie und Wissenschaft die Akzeptanz und den flächendeckenden Einsatz von faserverstärkten Werkstoffen im Bauwesen voran.**

Im Netzwerk CU Bau sind vier Arbeitsgruppen aktiv



Entwicklung des 'Fach-Netzwerks CU Bau'



2 Bereiche wurden im vorherigen CC Bau in 2017 zusammengeführt:
bisher: **Textilbeton** (CFK-bestimmt) +
dazu: **Faser-Verstärkte Kunststoff-Bauteile** (FVK, mehr GFK-bestimmt).

4 Arbeitsgruppen (AGs):

Bemessung und Nachweis:	Prof.-Dr.-Ing. habil. Ralf Cuntze	(2011)
Faserverbundarmierter Beton:	Dr.-Ing. Ingelore Gaitzsch	(2016)
Faserverstärkte Kunststoffe:	Prof. Dr.-Ing. Jens Ridzewski	(2017)
Automatisierte Fertigung:	(R. Cuntze)	(2017)

Vorstandsvorsitzender

neuer Geschäftsführer : Roy Thyroff, *Roy Thyroff Consulting* - **danke, dass Du zu uns gekommen bist**
alter Geschäftsführer : Dr.-Ing. Thomas Heber, *CU* - **danke für Deinen tollen Einsatz.**

„Vom Werkstoff bis zur Zulassung von Bauteilen aus Polymermatrix und Betonmatrix“

22. Oktober 2019 beim Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gGmbH, Über der Nonnenwiese 1, 99428 Weimar

Zielgruppen: Bauwirtschaft, Architekten, Planer, Handwerker, Auftraggeber, Zulassungsstellen
Veranstaltung der CC Bau-AGs „Bemessung und Nachweis“ und „Faserverstärkter Kunststoff“

CCeV-Kontakt: Bernhard Jahn (Bernhard.Jahn@carbon-composites.eu).

Teilnehmergebühr: 95 € für Nicht-Mitglieder, frei für CCeV-Mitglieder, Vortragende und Presse.

Folien: englisch, deutsch. Vorträge: 25 + 5 min Diskussion

8:30	Registrierung der Teilnehmer, Begrüßungskaffee
8:45	Einführende Worte mit Ausrichtung CC Bau. R. Cuntze / J. Ridzewski
9:00	Vorstellung Institut: Dr.-Ing. Barbara Leydolph, IAB Weimar
9:15	Verwendete Baustoffe mit Schwerpunkt Carbonbeton: M. Butler, Institut für Baustoffe, TU Dresden
9:30	Fertigungsverfahren: Bauteile mit Polymermatrix. J. Ridzewski, IMA Dresden
10:00	Fertigungsverfahren: Bauteile mit Betonmatrix. G. Eisewicht, BCS Natur- und Spezialbaustoffe GmbH Dresden
10:30	Kaffeepause
11:00	Festigkeitsmodellierung der Baustoffe Beton und Lamelle. R. Cuntze, CC Bau Augsburg
11:30	Lasten, Sicherheitskonzept und Zulassungsaspekte. S. Rempel, Solidian Albstadt
12:00	Dimensionierungsbeispiel, GFK-Behälter (nach BtV 2010). M. Oppe, Büro Knippers-Helbig Stuttgart
12:30	Mittagspause
13:30	Dimensionierungsbeispiel, Faserbetonbauteil. B. Wietek, Sistrans, Tirol
14:00	Dimensionierungsbeispiel, CF-Textilbeton-Bauteile: S. May, Carbocon-GmbH Dresden
14:30	Dimensionierungsbeispiel, CLT-Modellierung und Bemessung einer Textilbeton-Schale. D. Franitza, FE-Union GbR, Chemnitz

Verwandte Veranstaltung in 2019

“Carbonbeton-Anwendungen in der Praxis - auf der Baustelle und im Fertigteilwerk“

Transformation von praktischem Anwendungswissen.

Zielgruppe: Hersteller, Sanierer, Vertreter der Betonbranche
am 25. Februar, Donnerstag, als Podium integriert bei den
Ulmer Betontagen vom 23. - 26.02.2021



08:30	<i>Kaffeepause – Networking</i>
09:00	Einführende Worte <i>Prof. Dr.-Ing. habil. Ralf Cuntze, CU Bau, Augsburg. CompositesUnited e.V., CUeV (formerly CCeV)</i>
09:15	Digitale Entwicklung – von der Faser zum textilen Gelege. <i>Roy Thyroff, rothycon – Roy Thyroff Consulting, Naila Abteilungsgeschäftsführer CU Bau</i>
09:30	<u>Carbonbeton: Zwischen Theorie & Praxis.</u> <i>Dipl.-Ing. Oliver Heppes, GOLDBECK Bauelemente Bielefeld SE</i>
12:10	Größer, stärker, wirtschaftlicher - <u>Carbonbewehrungen</u> in neuen Dimensionen. <i>Dipl.-Ing. Stephan Gießler, Solidjan, Albstadt</i>
12:40	<i>Mittagspause und Besuch der Ausstellung</i>
14:00	Tragwerksplanung des C⁺-Ergebnishauses „CUBE“ – Bemessung, Nachweisführung und Zulassung im Einzelfall. <i>Dipl.-Ing. Hendrik Ritter, Assmann Beraten und Bauen, Dresden</i>
14:30	<u>Modulare Brückenbauwerke aus Carbonbeton</u> <i>M.Sc. Sven Bosbach, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, RWTH Aachen</i>
15:00	<u>Bauen mit CPC-Carbonbetonplatten, einer komplett neuen Bauweise in Beton – Verfahren, Konstruieren, Bemessen.</u> <i>Prof. Joseph Kurath, ZHAW Winterthur, Schweiz</i>
15:30	Stadtbahnbrücke Stuttgart: CFK-Zugglieder finden Akzeptanz. <i>Prof. Dr. Urs Meier, EMPA, Dübendorf, Schweiz</i>
16:00	Ausgewählte Ingenieurbauwerke - nachträgliche Bauteilverstärkung mit Carbon-Faser-Kunststoffen „CFK“ (geklebte Lamellen). <i>Dr.-Ing. Horst Peters, HPTL Carbon GmbH, Ditzingen</i>

Angesprochen sind heute
alle 4 CU Bau-AGs !

CU-Thementag

**„Richtlinien, bauaufsichtliche Zulassungen und Bauartgenehmigungen
für die potenziellen Anwender Architekten, Tragwerksplaner und Bauherrn“**

am 19. November, 2020, als Zoom-Videokonferenz

Einige Vereinbarungen zum Ablauf:

- ✓ Beginn 8:30 Uhr
- ✓ 25 min Vortrag + 5 min Diskussion nach dem Vortrag
- ✓ Diskussionsbedarf zu einem Vortrag?

Hand-Icon bitte anklicken, falls eine Frage gestellt oder ein Kommentar gegeben wird.

Nach der Veranstaltung kann bitte gern weiter diskutiert werden.

Was muss alles im faserverstärkten Bauwesen bemessen werden?

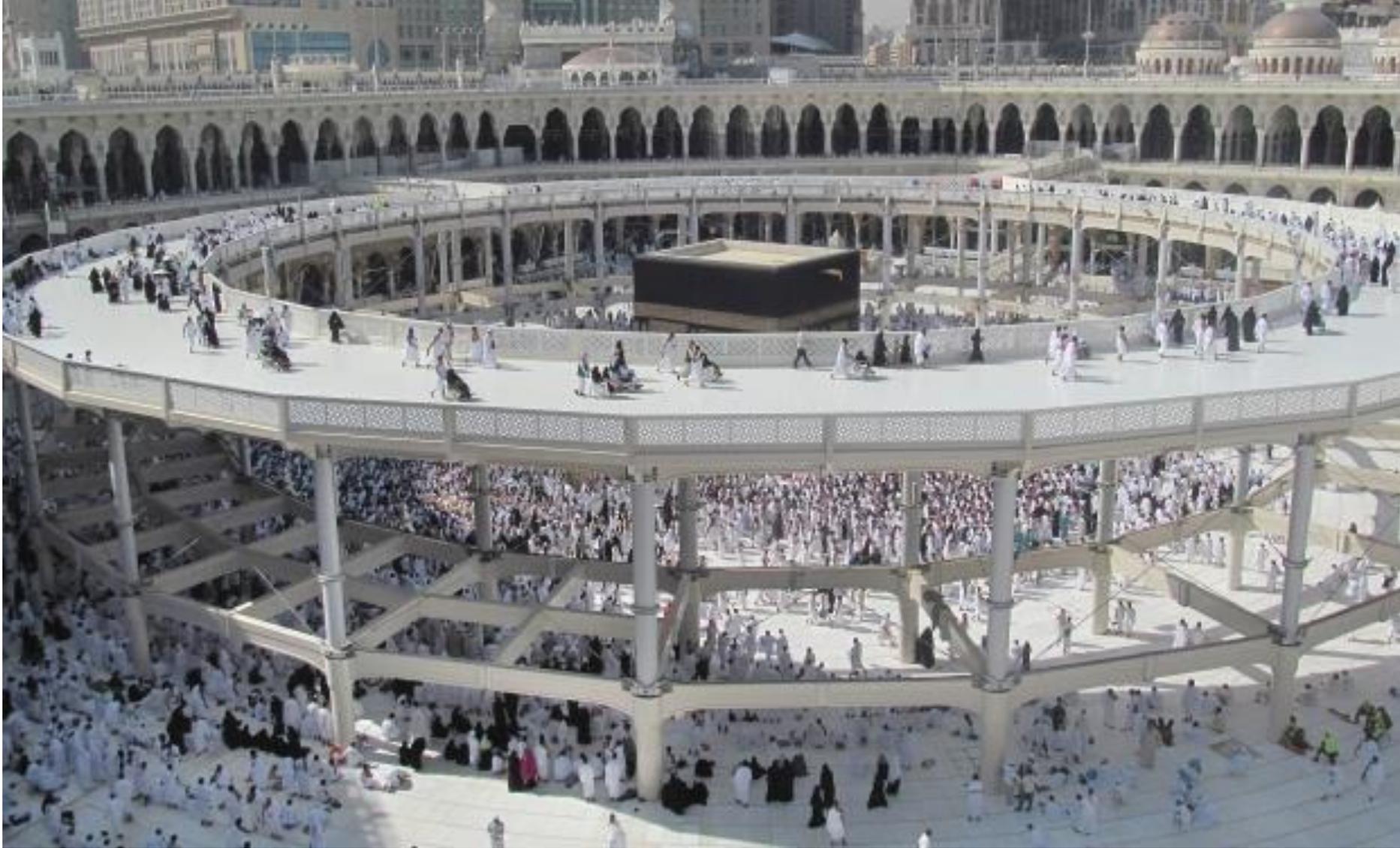
Aufgaben für die zu erstellenden 'Standards'

Bauteile mit:

- Carbonbeton CB mit seiner Bewehrung aus Textil-Gitter und Stab-Gitter, sowie Verstärkung mit Lamellen ← Gitter-Matten, Gelege, Gewebe
- Endlos-Faserverstärkung mit Carbon-Fasern CF, Glas-Fasern GF, Basalt-Fasern BsF (BF kennzeichnet bereits 70 Jahre die Bor-Faser !), Aramidfaser AF
→ GFK, CFK, BsFK
- (Kurz-)Faser(verstärktem)-Beton, aber auch langfaser-verstärkt
- Vorspannung anstatt üblicher schlaffer Bewehrung
- Additive Fertigung mittels Mörtelstrangablage (3-Druck ist hier falscher Name)

*Einige Anwendungen mit Hinweis,
welcher zukünftiger Standard
anwendbar wäre,
sind nun aufgeführt*





**Mekka, CFK-Pilgerweg-Konstruktion um die Kaaba. Inner Φ 80 m, 400 t CFRP
[Premier Composite Technologie PCT, Dubai, Vancouversun.com]**

Wäre zu dimensionieren nach : BÜV-Empfehlung Stand 08 / 2010

“Tragende Kunststoffbauteile im Bauwesen [TKB] - Entwurf, Bemessung und Konstruktion – „



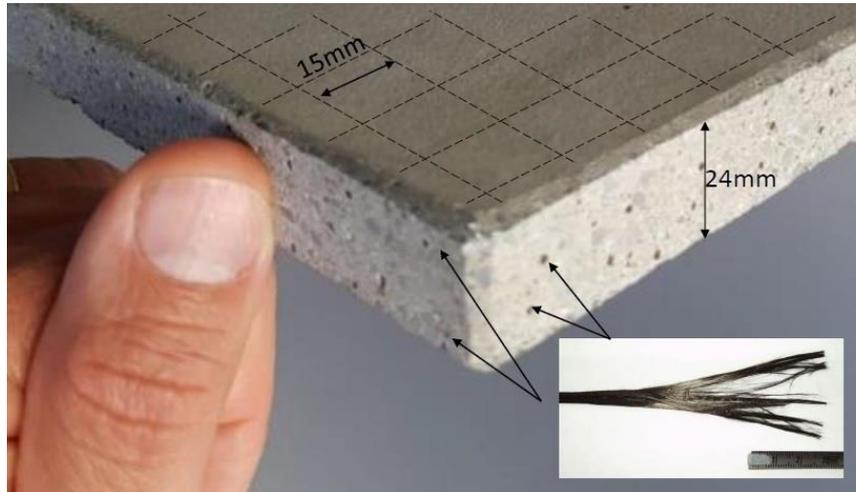
Test tower [Jahn/Sobek] querschwingungenvermeidende GF-Gewebe-Verkleidung des Thyssen-Krupp-Testturms für Hochgeschwindigkeitsaufzüge Rottweil, 245m, und der Prophetenmoschee, Medina SA,2010 [ILEK in cooperation with SL-Rasch]



**SOLIDIAN
Fußgängerbrücke
Albstadt**

**schlaffe
Bewehrung**

**Wäre zu dimensionieren nach: D 36 DAfStb UA Nichtmetallische_{nm} Bewehrung:
DAfStb-Richtlinie "Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung"**



200g Carbon
und 55kg Beton
pro m² Platte

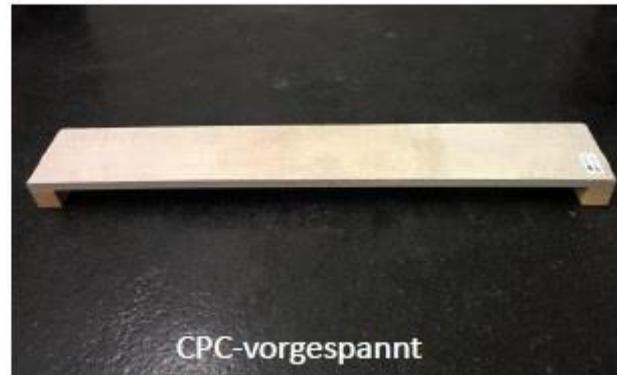


CPC 24mm

Carbon-Prestressed Concrete

Versuch

Nach dem Versuch

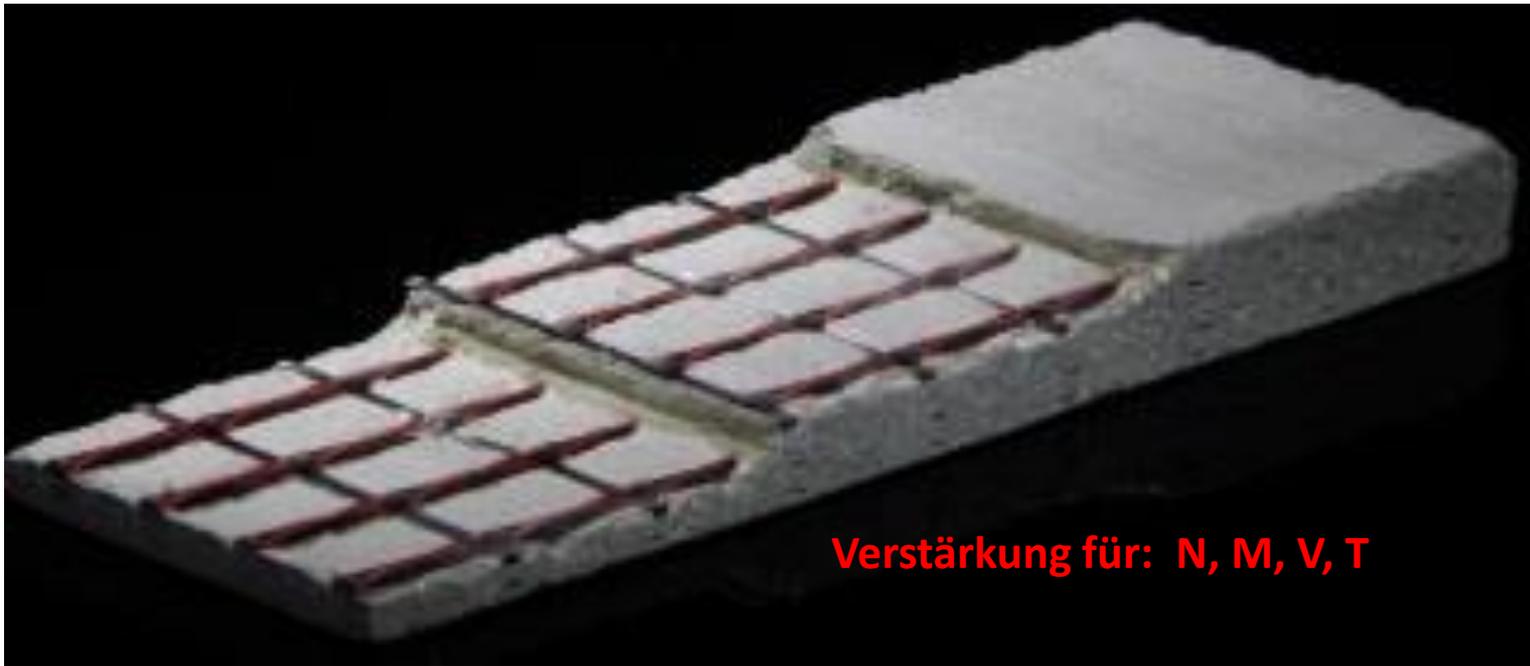


Bleibende Verformung aufgrund
der gedehnten Stahllarmierung

Vorspannung : Der Beton wird druck-aktiviert, dadurch wird die Steifigkeit des Bauteils massiv erhöht, Carbon-Festigkeit kann voll genutzt werden. Steifigkeit für Gebrauchslasten bleibt

**Wäre wünschenswerterweise ebenfalls zu dimensionieren mit
begonnener DAfStb-Richtlinie "Betonbauteile mit nichtmetallischer_{nm} Bewehrung"**

Rechen-Modell “ Geschichtetes Carbonbeton-Laminat“ anwendbar ?



Verstärkung für: N, M, V, T

Stichpunkte: Mittragende Breite der Platte, unterschiedliche Gitterweite.
Bei kleiner Gitterweite ‘verschmierbar’. Damit Anwendungsmöglichkeit der sog. ‘Schichtenweise Bruchanalyse’ der sich aus ‘verschmierten Schichten zusammensetzenden Platte gemäß der von den alten Holzbauern praktisch aufgestellten Klassischen Laminat-Theorie (CLT) für Lamellen.
Dazu siehe auch VDI 2014 “Entwicklung von Bauteilen aus Faserkunststoffverbund – Blatt 3, Berechnung“ (Freigabe 2006, R. Cuntze; englisch und deutsch)

**Wäre wünschenswerterweise ebenfalls zu dimensionieren mit
begonnener DAfStb-Richtlinie “Betonbauteile mit nicht-metallischer_{nm} Bewehrung“**

Additive Fertigung: Hauptverfahren 'Mörtelstrang-Ablage'



credits:

Apis Cor (<https://static.dezeen.com>)

Huashang Tenda (<https://www.youtube.com>) TRR 277

Steckbrief Ralf Cuntze VDI, *ein interdisziplinäres Ingenieur-Leben*

1952 nachmittägliche, bauhandwerkliche “Lehre” bei seinem Bauingenieurvater

1959 Studium ‘Konstruktiver Ingenieurbau’ (Hannover), 1968 Promotion in ‘Strukturdynamik’

1978 Habilitation ‘Leichtbau im Bauwesen’ (TU München)

1968 Baurezession → *als Statiker nun in Maschinenbau, Luft- und Raumfahrt*

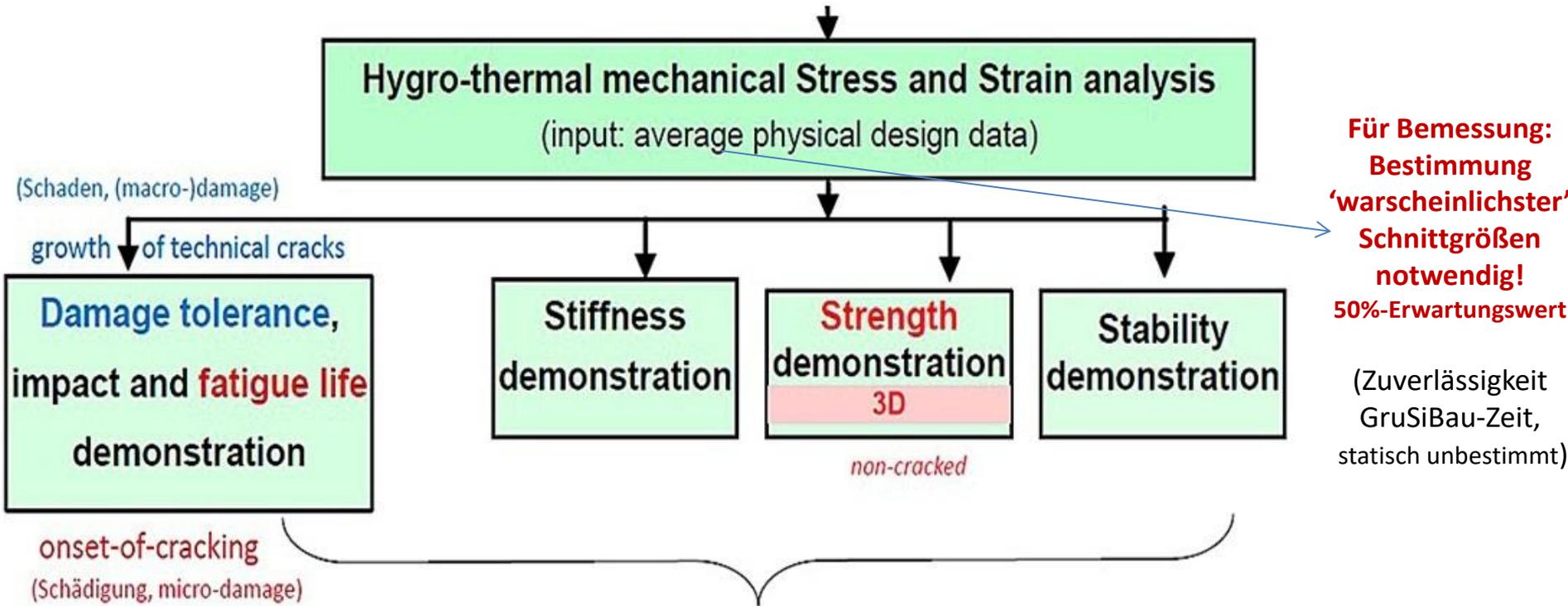
1970-2004 MAN-Technologie, *Leiter der Hauptabteilung ‘Struktur- und Thermalanalyse’*

Entwicklung und Bau: Ariane-Trägerraketen 1-5; Windenergie: GROWIAN 103m Φ , Aeroman, WKA 60 (1. weltweite Windenergiekonferenz abgehalten 1979, Cuntze/Windheim); Solarenergie: Turm und Feld, Wärmetauscher; Gasultra-Zentrifugen zur Urananreicherung; Antennen, ‘Jule Verne’ Transfer Vehicle zur ISS Raumstation; Hochdrucktanks; Keramikbauteile: Thermalschutz Raumfahrtbauteile-Wiedereintritt, Bremsen) etc.

Theor.Arbeitsgebiete: *FEA, Strukturzuverlässigkeit (Sicherheitskonzepte), Bruchmechanik, Stabilität, Werkstoffmodelle*

- * *Seit 1970 im CFK-Geschäft*, auch Glas- und Kevlaranwendungen (CLT-Anwendung seit damals)
- * *Daneben Bauingenieurtätigkeiten*: Supermärkte, Bewehrungspläne, Pfahlgründung, Erbauer der 5. deutschen Kletteranlage (entworfen, betoniert und selbst mit Berggestein ummauert)
- * Gutachter für DFG, BMFT, BMBF
- * Mitherausgeber von vielen Standardblättern/Handbüchern in Raumfahrt und Luftfahrt
- * *Herausgeber der von Bauingenieuren initiierten VDI-Ri 2014 ‘Entwicklung von Bauteilen aus Faserkunststoffverbund’*
- *Gewinner der World-Wide-Failure Exercises-I, -II für uni-direktionale Verbundwerkstoffe gegen alle teilnehmenden Institute der Welt – als Privatperson – (betrifft Lamelle)*
- *Baustoff-Modellierung mit 3D-Visualisierung von Beton (Daten: Curbach) und Plexiglas (weltneu!)*
- *2009 Gründer AG ‘Bemessung und Nachweis’ (≡ Engineering) im Maschinenbau*
- *2010 Gründer AG ‘Ermüdung, Betriebsfestigkeit’ für Maschinenbau und für Bauwesen*
- * *2011 Gründer AG ‘Bemessung und Nachweis’ im Bauwesen*
- * *2017 Gründer AG ‘Automatisierte Fertigung im Bauwesen inkl. Serielles Bauen’*

Nachweise



... dazu brauchen wir 'Standards' !

Wenn es um das Erstellen neuer Standards geht, ist das Verwenden sinnvoller selbsterklärender Begriffe mit entscheidend für die Akzeptanz

Im Laufe meines langen Ingenieurlebens musste ich deswegen zu einem Ober-Oberlehrer mutieren:

Das schafft keine Freunde! *(Auch Ober-Oberlehrer können natürlich sich irren)*

Es ist nämlich unglaublich, was alles umsonst gearbeitet wird, weil man annimmt, sich zu verstehen.

Am schlimmsten ist die Verwirrung bei den Begriffen durch zu wenig Mühe beim Einführen.

Warum geben z.B. allein wir Bauingenieure der Druckspannung ein positives Vorzeichen ?

Auch noch im Zeitalter der weltweiten Standards!

In Festigkeitsbedingungen muss das mechanisch richtige Vorzeichen einer Spannung eingesetzt werden, weil Zug- und Druck-Spannungen vorkommen.

Nach Durcharbeitung der Standard-Entwürfe vom letzten Jahr

‘Tragende Kunststoffbauteile im Bauwesen’ und ‘Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung’

muss ich anmerken:

„Wir müssen klare, für Ingenieure allgemein verständliche Begriffe schaffen.

Für das zukünftig absolut notwendige Zusammenwirken vieler Ingenieurdisziplinen an ein und demselben einem Projekt ist dies ein Muss, im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit.“

Dazu einige Beispiele aus den letzten Jahren.

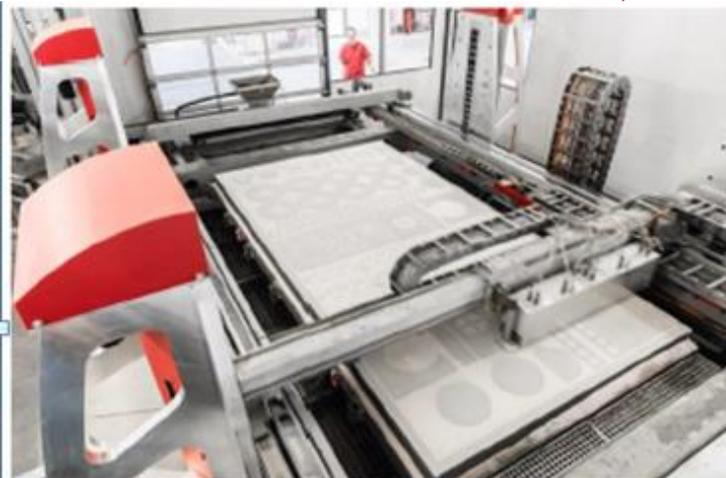
Einige Faserverbund-bezogene Begriffe + ‘3D-Druck’ im Bauwesen (ganz aktuell)

Echter 3D Druck und sogenannter '3D-Druck' im Bauwesen

VDI 3405 definiert bereits das, was fälschlicherweise als '3D-Druck' bei uns Bauleuten bezeichnet wird als „*Kaltes Extrusionsverfahren, wobei der pastöse Baustoff über eine Düse abgelegt wird*“ !

Mir ist es so auch nach Jahren noch rätselhaft, weshalb man den unklaren Begriff '3D-Druck' benutzt, aber als Verfahren deutlich "Extrudierte Ablage von *Beton*-Strängen (Raupen)" vorliegen hat. Letztere Bezeichnung versteht jeder, der ansonsten so klare Verfahrensbegriffe wie Mauern, Gießen und Spritzen benutzt. **Beim eigentlichen 3D-Druck, den Voxeljet z. B. zur Herstellung von Schalung anwendet, wird der Gesamtquerschnitt inklusiv 'Öffnungen' aus sehr dünnen Schichten aufgebaut, mm-dünn. Bei der Ablage von Betonsträngen wird auf einem Pfad abgelegt, und es liegt der Gesamtquerschnitt erst bei Pfadende vor und das in cm-dicken Lagen.**

Pulverbasiertes Binder-Jetting für 3D-gedruckte Schalungen.
Particle-bed binding



Tobias King,
Voxeljet



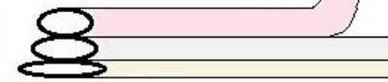
Mortar Strand Depositing

Freek Bos
Eindhoven

extruder nozzle

Problem

layer 3
layer 2
layer 1



Zu: Additives Fertigungsverfahren “Mörtelstrang(raupen)ablage“

Schwerpunkte bisher:

- ❖ Digitale Fertigung
- ❖ architektonische Kunstwerke
- ❖ kaum Tragwerke, Kurzfaserbewehrung teilweise
- ❖ druckbeanspruchte Gebäudehüllen.

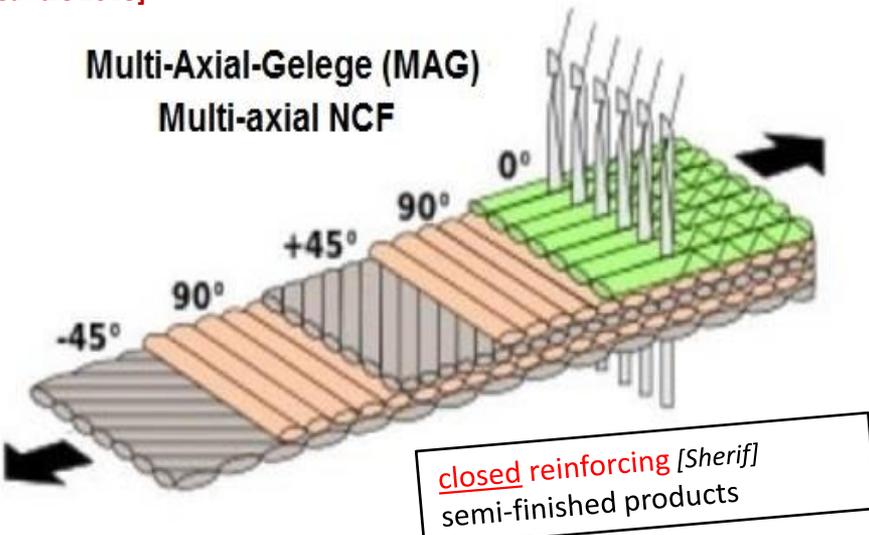
Schwerpunkte der realen Bauindustrie:

- Kosten?, Zeitersparnis?, Markt?
 - Rezeptur des Mörtels + Aushärtungsprozedur (ablegezeitabhängig, analog Polymermatrix)
 - Guter Verbund der übereinanderliegenden Raupen notwendig
 - **Baustoffcharakterisierung voran treiben: Qualitätssicherung von Mörtel, Fasern, Beton und Fertigungsverfahren**
 - **Fertigungsverfahren mit Bewehrung biegebeanspruchter Bauteile**
- Schaffung der Voraussetzungen für bauaufsichtliche Zulassungen und Bauart-Genehmigungen für Tragfähigkeitsnachweis GZT etc.

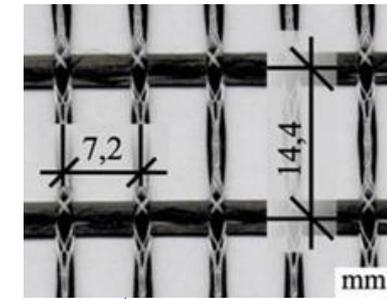
Standardisierung kommt hier auch auf uns zu. (Dr. Eckfeldt)
Veranstaltungen bei mir im Juli und vor Kurzem bei Kollege Mechtcherine in Dresden.

Einige Begriffe bei endlos-faserverstärkten Bewehrungs-Produkten im Ingenieurbereich

[Cuntze 2018]



textile Gitter, Bewehrungsmatten
fiber grid mats



stiff reinforcement
Q-mats and R-mats
deliverable from stock

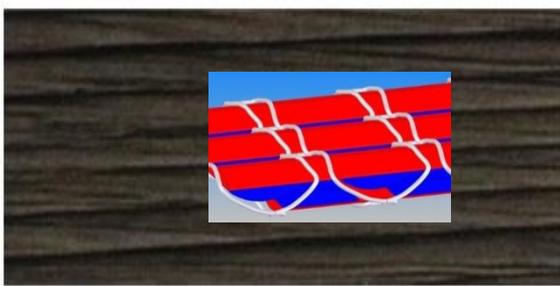
UD-Gelege
Non-Crimp Fabrics (NCF)

Gewebe
woven fabrics

Warp= Kette, Fill (Weft) = Schuss

open reinforcing [Sherif]
semi-finished products

pre-preg roll



flexible grid roll for
beam reinforcement

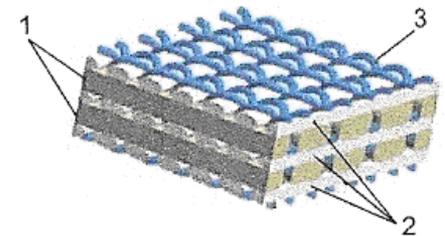


+ shotcrete

Tape, UD-lamina,
Lamella

Lamelle \equiv Gelege-Streifen,
schmaler Gelege-Streifen \equiv strip, tape
breites Gelege-Stück \equiv sheet
Gelege = extremes Gitter, kein Faserabstand)

not yet in construction



(a lamella may consist of one UD-layer or from an angle-ply layer in case of shear reinforcement)



DIBt : aus Impulsseminar 11. Carbon- und Textilbetontage

„Verfahren für eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung abZ /allgemeine Bauartgenehmigung aBG“

- Das DIBt ‘kümmert’ sich um Verfahren für eine abZ mit aBG.
→ *Damit wird’s in Zukunft leichter für’s Bauen*
- In der Abteilung ‘Konstruktiver Ingenieurbau’ wurden thematisiert:
Bauteile aus Textilbewehrtem Beton + Nichtmetallische Bewehrung aus Faser-
Verbund-Werkstoff (FVW)
- Stand der Normung mit ‘Nicht-metallischer Bewehrung’:
 - * EN 1992-1.1 für FVW-Stäbe, CFK-Verstärkung, Klebung von Lamellen
 - * DAfStb-Richtlinie zur Bemessung von Betonbauteilen mit ‘Nicht metallischer Bewehrung’ wird erstellt (umfassender als EN 1992, derzeitiger Entwurf wird derzeit überarbeitet)
- Bei “Abweichung“ von der Technischen Baubestimmung oder “ungeregelt“ ist generell abZ + aBG erforderlich (z. B. Solidian erfüllt dies für Sandwichwand, Kleingebäude).
Zumindest ist Zustimmung im Einzelfall ZiE notwendig.

[DIBt: Alex, Seiffarth, Eckfeldt, Shuaeb-Sultani]

**„Wie wollen wir leicht und sinnvoll bauen,
falls keine Harmonisierung der folgenden Unterlagen erfolgt?“**

So habe ich es beim Lesen empfunden.

**D 36 DAfStb UA Nichtmetallische_{nm} Bewehrung: (Entwurf, in Bearbeitung)
DAfStb-Richtlinie "Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung".**

Anwendungsbereich dieser DAfStb-Richtlinie

Dieses Dokument gilt für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten aus Beton, die mit nichtmetallischen Bewehrungselementen bewehrt sind. Bewehrungselemente sind dabei in der Regel Stäbe und bi-axiale Gitter.

BÜV-Empfehlung Stand 08 / 2010 (Neuentwurf, derzeit überarbeitet)

"Tragende Kunststoffbauteile im Bauwesen [TKB] - Entwurf, Bemessung und Konstruktion –"

**Übrigens: Es werden von der Bundesbahn und dem Germanischen Lloyd
noch zwei weitere Entwürfe erstellt, die uns Bauingenieure betreffen werden.**

Was mich als Ko-Autor und Herausgeber traurig macht, ist,
(nachdem ich 2 Freizeitjahre als 'Industriemann' von 1980 -2006 darin investiert habe)

dass die **VDI 2014 Richtlinie, Blatt 3,**
“Entwicklung von Bauteilen aus Faserkunststoffverbund
– Berechnung“

den Mitgliedern der Ausschüsse wohl nicht richtig bekannt ist.

Dabei ist die Richtlinie **durch Bauingenieure 1980 veranlasst** worden
und dann in der Mehrheit von solchen fertig gestellt worden !

(Enthält übrigens die Klassische Laminattheorie CLT
≡ *Schichtbrettanalyse unserer früheren 'Holzbauer' !*)

C3 V1.2 PG1+PG2
DAfStb D 152

Am Baumechanik-Lehrstuhl (war ich 7 Jahre) lernte ich, dass eine Druckspannung negativ ist und man in Festigkeitsbedingungen das Vorzeichen richtig einsetzen muss.
Warum schaffen wir die überholte **Ausnahme** nicht endlich ab?
Welche Gründe gibt es weltweit noch dafür?

Arbeitspapier Bemessung

Sicherheitskonzept, Bemessungs- und Konstruktionsregeln, Prüfverfahren

29. Entwurf vom 15. April 2019

Es gilt die Vorzeichenregelung nach EC 2 (Druck „+“; Zug „-“)

BMBF-Förderkennzeichen: 03ZZ0312

Auch wir Bauleute leben nicht in einer eigenen Begriffswelt.

HARMONISIERUNG ist wichtig und abzurufen wegen Internationalität und Einbezug von mehr Ingenieurdisziplinen

Gebrauch der unterschiedlichen FEA-Manuals wird dadurch fehlerbehafteter!

Muss es sein, dass man im Euro Code 2 noch immer

- eine mathematische Festlegung umkehrt und es damit
- es umgekehrt als in anderen Ingenieurdisziplinen macht, sowie
- inkompatibel ist zu den für Beton unter Druck von uns heranzuziehenden mathematisch definierten Mohrschen Spannungen $\sigma_I > (\text{positiver}) \sigma_{II} > \sigma_{III} \text{ ??}$

Lösungsvorschlag: Es so wie in anderen Ingenieurdisziplinen machen

t = tensile, c = compressive (das heißt EC 2 m. E. praktisch nicht !!)

AUFGEFALLEN 1: bei Vorträgen und beim Lesen der Entwürfe zu den Standards

ohne Wertung aufgelistet

- Composites: Können metallischer, nicht-metallischer und von hybrider Natur sein
- Textilbeton: Werkstoffverbund aus 2 praktisch nicht verschmierbaren Komponenten, nämlich Beton und Bewehrung. Die Bewehrungsmatte ist textiltechnisch hergestellt. Bewehrungsfasern sind CF, GF, Bs (Basalt)
- Carbonbeton: Carbonfaser-verstärkter Beton. Die Bewehrungsstruktur muss nicht mit speziellen Textilmaschinen hergestellt sein
- Gitter, Matte (mehr deutsch) oder Fasergitter (mehr englisch) verwenden. Sind laut Sherif als offene Bewehrungsstrukturen gekennzeichnet (Bezeichnung Gelege wäre falsch, da dieses eine dichte Ablage laut alter Festlegung ist)
- Verbundwerkstoff und Werkstoffverbund (lange benutzte Begriffe): Lässt sich Carbonbeton beispielsweise modellmäßig zu einem Werkstoff verschmieren (hängt von Gitter-Maschenweite ab, mittragender Breite), dann ist er ein Verbundwerkstoff, wenn nicht, dann ist **Carbonbeton ein Werkstoffverbund** s. a. Annex
- Im Bauwesen wird der Begriff charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung nicht prinzipiell für einen Mittelwert (oft auch typischer Wert genannt) benutzt, sondern leicht abgemindert als 5% Fraktile oder 95%-Quantile falls $V_G > 10\%$ = Streuung/ Mittelwert
- Für Festigkeitsverteilungen habe ich bisher nur die logarithmische Normalverteilung LogNV verwendet. Diese Verteilung geht nicht (festigkeits-physikalisch unsinnig) ins Negative. Wenn man die NV trotzdem benutzt, müssen Grenzen als Variationskoeffizient angegeben werden: Anwendung der **Normalverteilung** (negative Festigkeiten möglich) für Festigkeiten - anstelle LogNV - **ohne Angabe von Anwendungsgrenzen**, definiert durch einen Variationskoeffizienten (richtig gut definiert in **, falls $V_G < 10\%$) m. E. nicht richtig
- **Bemessungskennlinie** angegeben als **Abminderung der mittleren Spannungs-Dehnungs-Kurve über die charakteristische Kennlinie**, nach Eurocode 2 mit 5%-Quantile, zu einer durch einen Teilsicherheitsbeiwert γ weiter abgeminderten Bemessungskennlinie ist mechanisch nicht begründbar für einen sicheren Nachweis GZG und GZT! In Fällen wie Einfeldträger und Membranschale eventuell anwendbar. s. a. Annex

Stimmt für mich auch nicht wegen ** K. **Holschemacher**. Entwurfs- und Berechnungstabellen für Bauingenieure, 6. Auflage, Bauwerk Beuth, 2013 überein, der bei Steifigkeitsgrößen den wirklichen Mittelwert nimmt. Bei charakteristischen Tragwiderstand Festigkeit und einer Einwirkung passt die ‚praktische‘ Abminderung von 5% bzw. 95% Quantile für $V_G > 10\%$ (dann beginnen sich NV und LogNV sehr zu unterscheiden).

Wohl Vereinfachung: zur einfacheren Erfassung des Übergangs Probekörper-Grundgesamtheit und um NV beibehalten zu können)

- Fraktilen, Vertrauenswahrscheinlichkeit C beim Übergang Probekörper-Grundgesamtheit, Umweltfaktoren für Faserstränge in Textilgittern und in Stäben sind noch nicht abgestimmt

AUFGEFALLEN 2: bei Vorträgen und beim Lesen der Entwürfe zu den Standards

- Im Bauwesen wird mit **c** drei Mal indiziert: **concrete, compressive, carbon** → schafft Verwirrung
- Ermüdungstests: Es ist keine schadensgleiche Ersatzbeanspruchung sondern es muss heißen schädigungs-gleiche Ersatzbeanspruchung
- Beim Nachweis für veränderliche Einwirkungen klar unterscheiden: Schädigung (mit Schädigungsakkumulation bei Ermüdung) und Schaden (Anwendung eines Schadenstoleranzkonzepts bei einem technischen Riß)
- Manchmal wohl **anstatt Zeitfestigkeit** (veränderliche Beanspruchung) den Begriff **Zeitstandfestigkeit** (statisch) **wohl benutzt** !? Das ist nicht korrekt! Begriff Betriebsfestigkeit fehlt für die aufgeführten Blockdiagramme. Zeitstandfestigkeit durch Zeitfestigkeit ersetzen *s. a. Annex*
- Den im Bauwesen benutzten Begriff Dauerzugfestigkeit gibt es m. E. nicht. Es scheint die Dauerstandfestigkeit (statisch, static fatigue inklusiv Static Fatigue, für GFK zu beachten) unter Zug im Text gemeint zu sein und diese ist nicht zu verwechseln mit Dauerfestigkeit (zyklisch, cyclic fatigue)
- Filament: Endlosfaser. In Additiver Fertigung auch für einen (endlosen) extrudierten Polymerfaden benutzt
- Die **symbolischen Bezeichnungen der 'alten' Holzbauer $\perp, ||$** werden **international bei der faserverstärkter Polymer-Matrix verwendet und sollten auch bei faserverstärkter Beton-Matrix verwendet werden**. Müssen wir für Faserstrang eines Gitters und Lamelle ebenfalls tun *s. a. Annex*. Es darf bei ausgehärteten Faserstrang nicht der Index f für Faser (Festigkeit) benutzt werden, da der ausgehärtete Verbund zu bezeichnen ist, also $||$ falls faser-parallel
- „Beton unter Zug ist als gerissen zu betrachten“. Ist dies noch im Sinne von Nachhaltigkeit bei den UH-Betonsorten?
- Es taucht manchmal noch der Begriff der 'Zulässigen Spannungen' auf. Dieser Begriff darf nicht bei Anwendung eines partiellen Sicherheitskonzepts als Nachweisformat verwendet werden *s. a. Annex*

Buchstaben, Zeichen, Indizierung, Begriffe

- Im Bauwesen wird unser Buchstaben f (Festigkeit) zunehmend durch den englischen Begriff R (resistance) abgelöst, was zu einer Vereinheitlichung führt
- maximum $\sigma = \sigma_{\max} \equiv R$ (ist Definition!). Die Festlegung der Zugfestigkeit trotzdem als R_m mit dem Index $m =$ maximale ist überflüssig und Unsinn, weil es nicht um eine maximale Festigkeit geht, sondern um eine maximal ertragbare Spannung und die ist σ_{\max} ! Einen Index m könnte man höchstens bei σ setzen aber nicht als R_m . Dies ist ein Konflikt im Bauwesen bezüglich Stahl und Beton
- Bei Stahl wird der Index t für tension nicht indiziert (*Hauptanwendungsbereich von Stahl ist halt Zug*), beim Beton wird der Index c für compression nicht indiziert (*Hauptanwendungsbereich ist Druck*) . Bauleute nutzen aber beide Baustoffe
- Im Bauwesen wird der Baustoff indiziert, beim Beton z. B. mit $c =$ concrete. Dies wird in den Ingenieurwissenschaften üblicherweise nur dann gemacht, wenn man die Werkstoffpartner in einer Mischungsregel kennzeichnen muss. In Tabellen steht der Baustoff ja in der Überschrift. *Damit wäre Indexreduktion möglich*
- Index k für charakteristisch (karakteristisch?) ist nicht selbsterklärend.
- Für Epoxidharz die verständliche Standardbezeichnung E_p schreiben. Ist nur ein Buchstabe mehr. Ähnlich für PU
- Faserverbundwerkstoff (FVW) umfasst FaserVerstärkten Kunststoff (FVK), FaserKunststoffVerbund (FKV) und FaserVerstärktenBeton (FVB), *s. a. Annex (Faserverbundkunststoff ist kein Standard-Terminus sondern RWTH-Spezialität)*
- B ist für die Borfaser seit mehr als 60 Jahren festgelegt. Vorschlag für Basalt Bs
- Heavy Tow: Bei den Gittern verwendetes Faserhalbzeug, bestehend aus 48 k (50k) oder 96 k Filamenten. (1) $100\text{ k-CF-tow} = 6667\text{ tex} \approx 6.7\text{ kg/km}$. (2) $105\text{ filaments} = 2 \times 3300\text{ tex} \equiv 1\text{ kN}$

Auch ein Ober-Oberlehrer kann irren, sollte aber äußern dürfen

Wünsche zu Vereinfachung und Klarstellung von Bezeichnungen

- ❖ Indizes für compressive und tensile : oben setzen
- ❖ Indizes für Werkstoffe/Baustoffe : unten setzen
- ❖ Mittelwerte durch Überstrich kennzeichnen. Statistik benutzt schon immer den Überstrich für einen Mittelwert und nicht den Index m wie in f_m
- ❖ $R_{p0.2} = f_y$ (yield ist nicht klar genug) und $R_{c0.2}$ als technische Fließgrenzen $R_{0.2^t}$, $R_{0.2^c}$ schreiben. Kommt damit in ein gleiches System der Indizes-Setzung wie die Festigkeiten
- Im Bauwesen f endgültig durch R ersetzen. Wir schreiben zwar seit knapp 40 Jahren $S(\text{stress}) < R^{**}$ (resistance, strength) als zu lösende Aufgabe beim Probabilistischen Sicherheitskonzept, verwenden dann aber wohl als einzige Ingenieurdisziplin weiter einen uns deutschsprachigen vertrauten Buchstaben, nämlich f .

Bemessungswert : $f_d = \text{festigkeit}_{\text{design}}$ ('denglisch')

Sollte man dann nicht doch auch - wie in ** - für den Bemessungs-Widerstand

gleich $R_d = \text{Resistance}_{\text{design}}$ also (English) schreiben ?

- Schön wäre es, wenn Unterlagen einen Querverweis gäben, wo etwas steht, falls es nicht in der betrachteten Unterlage enthalten ist. Beispiel Kurzfaserbeton mit Fasern aus Stahl St, Basalt Bs oder Carbon C
- Warum verwenden wir z. B. nicht unseren deutschen Begriff Additive Fertigung (AF), der begrifflich das notwendige Digitale Vorgehen nicht ausschließt, sondern noch *Additive Manufacturing (AM, "Handarbeit")*

** : s.a. K. Holschemacher „Sicherheitskonzept und Lastannahmen“ in *Entwurfs- und Berechnungstabellen für Bauingenieure*, 6. Auflage. Bauwerk Beuth

**Bei CU Bau decken wir ab
faserverstärkte Bauteile mit Polymermatrix und mit Betonmatrix
→ damit soll auch Harmonisierung abgedeckt werden.**

**Warum sollte das aktuell bei
BÜV 10 mit D36 DAfStb
z. B. nicht gelingen ??**

Wunsch:

Da es unterschiedliche Unterlagen geben wird, die sich überlappen, ist es notwendig zu harmonisieren.

BÜV 2010 sollte schon allein wegen der Faserverstärkungsbegriffe mit dem faserverstärkten Betonbereich harmonisiert werden.

Es heißt doch schließlich für die Überarbeitung von BÜV 10

‘Tragende Kunststoffbauteile des Bau-Überwachungsvereins ‘:

“Sinnvolle Klammerung der bereits vorhandenen Normen.

Tragende Kunststoffbauteile, verstärkt und unverstärkt, sollten zu einem üblichen, auf Basis von Normen berechenbaren Baustoff werden” !

Packen wir’s an, bevor z. B. un-passende Begriffe voll eingeführt sind !

Versuchen wir alle zusammen, einen Weg zu finden.

.. noch einige wichtige Anmerkungen zur Agenda.
Dann übernimmt Herr Thyroff die Moderation.

09:00	<p>Herausforderungen beim Inverkehrbringen von Bauprodukten aus faserverstärkten Kunststoffen – Von Dimensionierungshilfen bis zur Zertifizierung. <i>Prof. Dr.-Ing. Jens Ridzewski, Leiter der Zertifizierungsstellen für Bauprodukte (LBO/BauPVO, IMA Dresden). Erster Vorstand von CU Bau</i></p>
09:30	<p>Bauaufsichtliche Zulassungen. <i>Dr. –Ing. Lars Eckfeldt oder Dr. –Ing. <u>Rolf Alex</u>, DIBt, Berlin</i></p>
10:00	<p>Vorhabenbezogene Bauartgenehmigungen. <i>Dr. Hans-Alexander Biegholdt, Landesstelle für Bautechnik Sachsen , Leipzig</i></p>
10:30	Pause
11:00	<p>DAfStb-Richtlinie "Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung" . <i>Dr.-Ing. Christoph Alfes und Dipl.-Ing. Anett Ignadiadis, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Dr.-Ing. <u>Norbert Will</u>, Institut für Massivbau der RWTH Aachen University</i></p>
11:30	<p>Zustimmungen im Einzelfall für carbonbewehrte Fassadenplatten. <i>Dipl.-Ing. Reiner Grebe, Hering-Bau, Burbach</i></p>
12:00	<p>Zulassungsverfahren in der Luftfahrt: Wie macht man es vergleichsweise im Helikopterbereich? <i>Dipl.-Ingenieure <u>Victoria Larmande</u>, <u>Mattia Minciotti</u>, Rupert Pfaller, Eurocopter Deutschland, Donauwörth</i></p>
12:30	Pause
13:30	<p>Entwicklung, 'Zulassungsprozess' und Marktaufbau von neuen Bau-Produkten in der Schweiz - Beispiel Vorgespannte Carbonbetonplatte CPC. <i>Prof. Dipl.-Ing. Josef Kurath, Fachgruppe Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen, ZHAW Winterthur</i></p>
14:00	<p>Zustimmungen im Einzelfall - vorhabenbezogene Bauartenehmigungen an konkreten Carbonbeton-Praxisbeispielen. <i>Dipl.–Ing. Alexander <u>Schumann</u>, Technischer Geschäftsführer, und Dipl.-Ing. Sebastian May, CarboCon GmbH Dresden</i></p>
14:30	<p>Bauart oder Bauprodukt? Weg der abZ einer Parkhausdeckenplatte aus Carbonbeton. <i>Dipl.-Ing. Oliver Heppes, GOLDBECK Bauelemente, Bielefeld</i></p>
15:00	Pause
15:30	<p>Neue Märkte erschließen – Vorteile und Nutzen von Standards für Unternehmen. <i>Alexandra Horn, DIN – Leiterin KMU und Verbandskooperationen, Deutsches Institut für Normung, Berlin</i></p>
16:00	<p>Ende ZiE für das erste '3D-gedruckte' Haus in Deutschland'. Dr.-Ing. Fabian Meyer–Brötz, Leitung 3D Construction Printing, Peri GmbH, Weissenhorn</p>

Anhang

**Rechtzeitig ein Babylon verhindern,
das ist mein Anliegen!**

Vor einigen Jahren wurde ich gebeten – bedingt durch meine Tätigkeit im Carbonbeton-Bereich –, für die verschiedenen, in diesem Bereich zusammenwirkenden Disziplinen ein Glossar zu machen, damit die Sprache ‘gemeinsamer’ wird.

Dies ist erledigt: *Cuntze R. (2019) Deutsche Fachbegriffe mit Erklärung und Definition. In: Fachbegriffe für Kompositbauteile – Technical terms for composite parts. Springer Vieweg, Wiesbaden.*

Natürlich kann man mit einem solchen Buch nur eine Weiterentwicklung anstoßen.

Die Arbeit am Glossar habe ich auf mich nehmen können, da ich bereits die **VDI 2014 , Blatt 3 (Development of Fibre-Reinforced Plastic Components, Analysis. Beuth Verlag, 2006. in German and English)** in 2006 herausgegeben hatte und bereits noch früher bei verschiedenen Standards auf möglichst einfache und klare Darstellung bedacht war. Es war trotzdem mehr als 1 Mannjahr Freizeitarbeit.

Mein Hobby ist die Aufstellung von 3D-testbasierten Festigkeitsbedingungen für Isotrope (u.a. Betonarten) und für Faserverstärkte Werkstoffe (GFK, CFK, Carbonbeton).

Bedingt durch die Arbeit mit Festigkeitsbedingungen für alle Disziplinen und besonders nach Abschluss des Glossars, ergab sich die Idee „selbsterklärende, disziplinen-übergreifende Festigkeitsbezeichnungen“ zu generieren (siehe dazu auch die 3 Tabellen unten).

In diesem Zusammenhang liegt mir am Herzen: BÜV 10 Neuentwurf + DAfStb-Richtlinie „Nichtmetallische Bewehrung“.

Proposal for an Order Scheme for Fiber-Reinforced Composites

isotropic	Normal-Concrete	Concrete matrix	water + cement (CEM I, CEM III) + aggregate (sand, gravel) + possibly additives, such as super-plasticiser, retarder				max. grain > 4 mm ¹⁾	Fiber Reinforced Concrete GFRC CFRC PPFRC PBOFRC	F(R)C	
	Fine ¹⁾ Concrete						max. grain < 4 mm			
anisotropic	Reinforcement Form		<i>grid-type reinforcing structures</i>						Fiber Composite Materials FCM	
			Fiber-Concrete-Composite FCC							
			UDRC		Textile-Reinforced Concrete TRC					
			rope bar	rebar grid	R-, Q-grid		embroidered sandwich	non-woven (randomly oriented, oriented)		short fiber long fiber
			1D	2D Reinforcement Alignment		2D	2D – 3D			2D – 3D
semi-finished products for reinforcements (endless fiber, long fiber)							for matrix improvement			
CFRP GFRP AFP BsFRP		FRP	UD ply lamella strips	NCF lamella sheet		fabric	non-woven (randomly oriented, oriented)			
			Fiber-Polymer-Composite FPC							
isotropic	Polymer matrix		<i>closed reinforcing structures</i>					SMC, BMC	FP	
			Resin Systems: thermosets, thermoplastics, with catalysts etc.							

In the notation, self-explaining symbols are used if a property is addressed. A lamina, defined to be the calculation unit, may consist of several physical layers or plies (prepregs). Green means applied abbreviations.

Self-explaining, symbolic Notations for Strength Properties

		Fracture Strength Properties									<i>f</i> → <i>R</i> läuft bereits !! Nichts neu erfinden !
loading		tension			compression			shear			
direction or plane		1	2	3	1	2	3	12	23	13	
9	general orthotropic	R_1^t	R_2^t	R_3^t	R_1^c	R_2^c	R_3^c	R_{12}	R_{23}	R_{13}	friction properties
5	UD	$R_{//}^t$ NF	R_{\perp}^t NF	R_{\perp}^t NF	$R_{//}^c$ SF	R_{\perp}^c SF	R_{\perp}^c SF	$R_{//\perp}$ SF	$R_{\perp\perp}$ NF	$R_{//\perp}$ SF	$\mu_{\perp\perp}, \mu_{\perp\parallel}$ $R_{\perp\perp} \Rightarrow R_{\perp}^t$ if brittle
6	fabrics	R_W^t	R_F^t	R_3^t	R_W^c	R_F^c	R_3^c	R_{WF}	R_{F3}	R_{W3}	Warp = Fill
9	fabrics general	R_W^t	R_F^t	R_3^t	R_W^c	R_F^c	R_3^c	R_{WF}	R_{F3}	R_{W3}	$\mu_{W3}, \mu_{F3}, \mu_{WF}$
5	mat	R^t	R^t	R_3^t	R^c	R^c	R_3^c	R^τ	R^τ	R^τ	(≡UD material with turned direction)
2	isotropic matrix	R^t SF	R^t SF	R^t SF	deformation-limited, cylindrical test specimen bulges: What is then R^c ?			R^τ	R^τ	R^τ	μ
		R^t NF	R^t NF	R^t NF	R^c SF	R^c SF	R^c SF	R^τ NF !	R^τ NF	R^τ NF	μ

$$\{R\} = (R_{//}^t, R_{//}^c, R_{\perp}^t, R_{\perp}^c, R_{\perp\perp})^T$$

NOTE: *As a consequence to isotropic materials (European standardisation) the letter R has to be used for strength. US notations for UD material with letters X (direction 1) and Y (direction 2) confuse with the structure axes' descriptions X and Y. *Effect of curing-based residual stresses and environment dependent on hygro-thermal stresses. *Effect of the difference of stress-strain curves of e.g. the usually isolated UD test specimen and the embedded (redundancy) UD laminae. $R_{//}$:= 'resistance maximale' (French) = tensile fracture strength (superscript t here usually skipped), R:= basic strength. Composites are most often brittle and dense, not porous! SF = shear fracture

Monr-Coulomb: Die innere Werkstoffreibung μ ist eine Funktion des bekannten Kennstoffs $\mu(\phi)$ ist kein korrekter Nachweis möglich. Anders ausgedrückt: **Festigkeitswerten allein ist das „Festigkeitsgeschäft“ von spröden Werkstoffen nicht richtig durchführbar!** Die μ -Werte kann man alle messen. Es reicht mit Abkürzung μ aus.

		Elasticity Properties									
direction or plane		1	2	3	1	2	3	12	23	13	
9	<i>general orthotropic</i>	E_1	E_2	E_3	G_{12}	G_{23}	G_{13}	ν_{12}	ν_{23}	ν_{13}	comments
5	<i>UD, \cong non-crimp fabrics</i>	$E_{ }$	E_{\perp}	E_{\perp}	$G_{ \perp}$	$G_{\perp\perp}$	$G_{ \perp}$	$\nu_{ \perp}$	$\nu_{\perp\perp}$	$\nu_{ \perp}$	$G_{\perp\perp} = E_{\perp} / (2 + 2\nu_{\perp\perp})$ $\nu_{\perp } = \nu_{ \perp} \cdot E_{\perp} / E_{ }$ <i>3 is perpendicular to quasi-isotropic 2-3-plane</i>
6	<i>fabrics</i>	E_W	E_F	E_3	G_{WF}	G_{W3}	G_{WF}	ν_{WF}	ν_{W3}	ν_{W3}	<i>Warp = Fill</i>
9	<i>fabrics general</i>	E_W	E_F	E_3	G_{WF}	G_{W3}	G_{F3}	ν_{WF}	ν_{F3}	ν_{W3}	<i>Warp \neq Fill</i>
5	<i>mat</i>	E	E	E_3	G	G_3	G_3	ν	ν_3	ν_3	$G = E / (2 + 2\nu)$ <i>1 is perpendicular to quasi-isotropic mat plane</i>
2	<i>isotropic for comparison</i>	E	E	E	G	G	G	ν	ν	ν	$G = E / (2 + 2\nu)$

Hygro-thermal properties							
direction, or plane	1	2	3	1	2	3	
<i>general orthotropic</i>	α_{T1}	α_{T2}	α_{T3}	α_{M1}	α_{M2}	α_{M3}	comments
<i>UD, \cong non-crimp fabrics</i>	$\alpha_{T }$	$\alpha_{T\perp}$	$\alpha_{T\perp}$	$\alpha_{M }$	$\alpha_{M\perp}$	$\alpha_{M\perp}$	
<i>fabrics</i>	α_{TW}	α_{TW}	α_{T3}	α_{MW}	α_{MW}	α_{M3}	<i>Warp = Fill</i>
<i>fabrics general</i>	α_{TW}	α_{TF}	α_{F3}	α_{MW}	α_{MF}	α_{M3}	<i>Warp \neq Fill</i>
<i>mat</i>	α_T	α_T	α_{T3}	α_M	α_M	α_{M3}	
<i>isotropic for comparison</i>	α_T	α_T	α_T	α_M	α_M	α_M	

Helpful “To turn the right screw” in design

is the delivery of *equivalent stresses* σ_{eq} and of *material stressing efforts* Eff^{mode}

modal material stressing effort Eff^* (in German “Werkstoffanstrengung”)

The relationship for Eff in the activated failure mode is

$$Eff^{mode} = \sigma_{eq}^{mode} / \bar{R}^{mode}$$

mode equivalent stress mode associated average strength
(in test data mapping bar over \bar{R})

analogy to ‘Mises’ $\sqrt{3 \cdot J_2}$

$$Eff^{yielding\ mode} = \sigma_{eq}^{Mises} / \bar{R}_{0.2}$$

$$Eff^{fracture\ mode} = \sigma_{eq}^{fracture\ mode} / \bar{R}^t$$

LL:

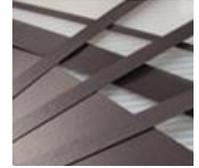
- Even for anisotropic UD-material mode-wise equivalent stresses σ_{eq} are determinable with the FMC-based SFCs. WIKIPEDIA and literature tell the opposite ! Not well informed?
- Material stressing effort Eff = artificial technical term, created together with QinetiQ, UK, during the WWFES. (*Kunstwort, entspricht deutscher Werkstoff-Anstrengung*)
- If several modes are acting, classical σ_{eq} cannot be generated anymore, Eff must be taken !
- Eff is applicable in linear and non-linear analysis !
- Eff = sum of accumulated static damaging portions under increasing loading.

$Eff :=$ Material View of the ‘Stress Man’

Strength Denotations for Fiber-Reinforcements of the Matrices Concrete and Polymer

Lamella, UD-lamina: transversely-isotropic material, 'closed reinforcing', 2D and 3D stress states

Strength denotations longtime used for polymer matrix: $\{R\} = (R_{\parallel}^t, R_{\parallel}^c, R_{\perp}^t, R_{\perp}^c, R_{\perp\parallel})^T$



Fabrics: 'closed reinforcing', 3D

Strength denotations longtime used for polymer matrix $\{R\} = (R_W^t, R_W^c, R_F^t, R_F^c, R_{WF}, R_3^t, R_3^c, R_{3F}, R_{3W})^T$

Orthotropic F = W: →the number of strengths reduces from 9 to 6. In the plane, strengths with suffix 3 are zero

$$\{R\} = (R_W^t, R_W^c, R_F^t, R_F^c, R_{WF})^T$$

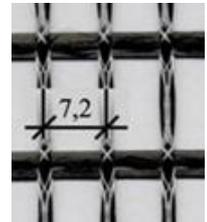
Textile Fiber grids: 'open reinforcing', 2D

According to the textile process the indexing of the grids (R-mat, Q-mat) can follow weft and fill of fabrics and according to the usual plane loadings, basically to be employed in dimensioning, number of strengths reduces for the orthotropic R-mat fiber grid

$$\{R\} = (R_W^t, R_W^c, R_F^t, R_F^c, R_{WF})^T$$

for the Q-mat both directions are equally reinforced: the suffix _F is equal to _W.

$$\{R\} = (R_{\parallel W}^t, R_{\parallel W}^c, R_{WF} \text{ depends on model})^T$$



Note: Is the spacing of the tows dense enough to permit 'smearing' in the analysis model then above denotations could be used, R_{WF} is then to be determined.

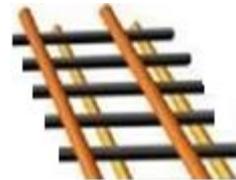
Bar-grids of pultruded bars: 'open reinforcing', 2D plane

There are practically necessary tensile strength and compressive strength of the bar.

Strength denotations longtime used for polymer matrix $\{R\} = (R_{\parallel}^t, R_{\parallel}^c)^T$

With the improved production of pultruded bars the possibility is given to mass-optimize the reinforcement of a serial part, if a dominant load case is ruling the design.:

Should be also used for the fiber strand (Faserstrang) in the fiber grids.



LL: Decisive is a straight orientation of the fibers in the tows. Of further influence on the strength is the tow crossing. R_{\parallel}^c is < R_{\parallel}^t because there is usually not enough support for the fiber strand to not become in-stable. It is then an instability-linked structural property and not a strength and material property.

Bruchkörper, UHPC, für GZT umschnürter Säulenfuß

Bedeutung mehrachsiger Tragkapazität

3D-compressed isotropic brittle, dense materials have some benefit. This shall be substantiated. In the IFM-test data set two informative stress states could be found

$$(\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III})^T = (-160, 0, 0)^T \text{ MPa} \quad \text{and} \quad (\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III})^T = (-224, -6, -6)^T \text{ MPa}.$$

These two measured fracture stress states ■, ● are depicted on the fracture body, defined by $Eff = 100\%$, help to explain the designations ‘strength’ and ‘multi-axial strength-carrying capacity’:

Essential for the designer is that a small bi-axial (confined) compression of -6 MPa lets increase the tolerable ‘axial loading’ from 160 MPa to 230 MPa. For both the cases Eff remains constant at 100% which is the maximum material stressing effort and which defines the surface of the fracture body. There is no increase of the value of the standard compressive strength R^c , because R^c is specified as uni-axial fracture stress linked to specified test conditions.

Figure: UHPC, side and top view of the fracture failure body with indicated cross-sections $I_1 = \text{constant}$; fracture stress states ■, ●. The three principle axes can be exchanged. $m = 2.6$.

$$\begin{aligned} \text{Normal Fracture} \quad F^{NF} &= c^{NF}(\Theta^{NF}) \cdot \frac{\sqrt{4J_2 \cdot \Theta^{NF} - I_1^2 / 3 + I_1}}{2 \cdot R} = 1 & \text{Shear Fracture} \quad F^{SF} &= c_1^{SF} \cdot \frac{3J_2 \cdot \Theta^{SF}}{R^2} + c_2^{SF} \cdot \frac{I_1}{R} = 1 \\ Eff^{NF} &= c^{NF} \cdot \frac{\sqrt{4J_2 \cdot \Theta^{NF} - I_1^2 / 3 + I_1}}{2 \cdot R} = \sigma_{eq}^{NF} / R^t & Eff^{SF} &= \frac{c_1^{SF} \cdot I_1 + \sqrt{(c_2^{SF} \cdot I_1)^2 + 12 \cdot c_1^{SF} \cdot 3J_2 \cdot (\Theta^{SF})}}{2 \cdot R} = \sigma_{eq}^{SF} / R^t \end{aligned}$$

Two-fold failure danger can be modelled by using the well known invariant J_2 , including $d = \text{non-circularity parameter}$

$$\Theta^{NF} = \sqrt{1 + d^{NF} \cdot \sin(3\vartheta)} = \sqrt{1 + d^{NF} \cdot 1.5 \cdot \sqrt{3} \cdot J_2 \cdot J_2^{-1.5}} \quad \text{and} \quad \Theta^{SF} = \sqrt{1 + d^{SF} \cdot \sin(3\vartheta)} = \sqrt{1 + d^{SF} \cdot 1.5 \cdot \sqrt{3} \cdot J_2 \cdot J_2^{-1.5}}$$

Lode angle ϑ , here set as $\alpha \sin(\beta \cdot \vartheta)$ with ‘neutral’ shear meridian angle 0° ; tensile meridian angle 30° ; compr. m. a. -30°

A yield body is rotational symmetric, then $\Theta = 1$

A two-fold acting mode makes the rotational symmetric fracture body 120° -symmetric and is captured by $\Theta(J_2)$

Equation of the fracture body: $Eff = [(Eff^{NF})^m + (Eff^{SF})^m]^{1/m} = 1 = 100\% \text{ total effort}$

$$c_2^{SF} = (1 + 3 \cdot \mu) / (1 - 3 \cdot \mu), \quad \mu = \cos(2 \cdot \theta_n^\circ \cdot \pi / 180),$$

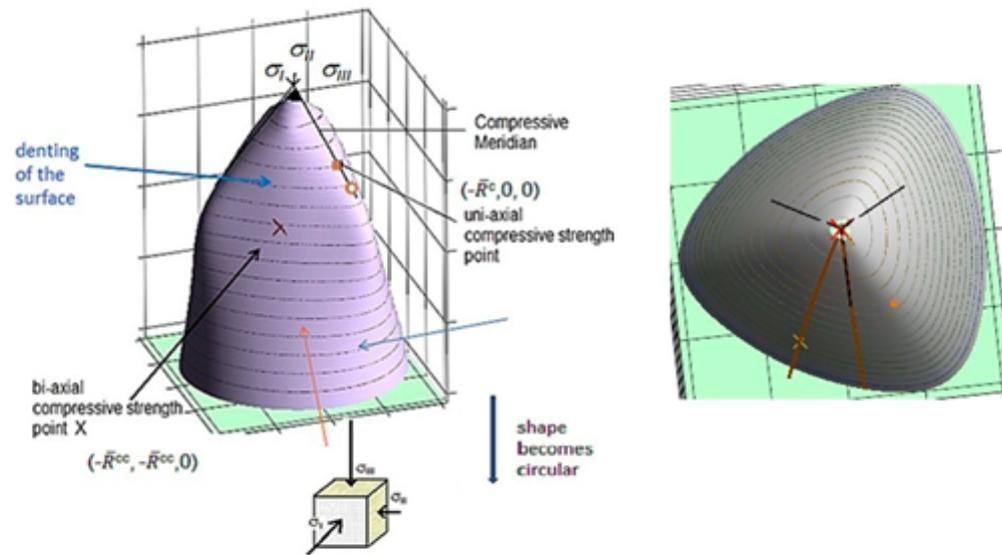
from fracture plane angle θ_n° : $45^\circ (\mu = 0)$, $50^\circ (\mu = 0.174)$

$c^{NF} \cdot \Theta^{NF}$ from the two points $(R^t, 0, 0)$ and $(R^t, R^t, 0)$ or by a minimum error fit, if data is available, and $c^{SF} \cdot \Theta^{SF}$ from the two points $(-R^c, 0, 0)$ and $(-R^c, -R^c, 0)$ or by a minimum error fit
The failure surface is closed at the upper end: The closing cap shape is assumed on the safe side.

Notes: (1) The chosen NF-function enables to map a straight line of test data in the principle stress plane. (2) If the failure body is fully rotational symmetric then $c^{NF}(\Theta^{NF}=1 \text{ or } d^{NF}=0) = 1$. (3) Above NF can manage inward and outward dents by $c^{NF}(\Theta^{NF}) < 1$ which renders the 120° -symmetry

Fig.8 displays the fracture failure body of the UHPC. Remarkable is the pretty triangle-shaped cross-section inherent to brittle isotropic materials. It depicts an outstanding 120° -symmetry, which is linked to the ratio of R^t / R^c .

On the UHPC fracture body the uni-axial and the bi-axial strength points are marked.



Modellwahl, als **Verbundwerkstoff** oder **Werkstoffverbund** ?

Verbundwerkstoff ‘*composite material*‘:

Verbund unterschiedlicher Werkstoffe, der **homogenisierbar** und dann als homogenisierter Verbund über seine ‘verschmierten‘ Verbundeigenschaften **modellierbar** und berechenbar ist.

(*Beispiele: (Kurz-)Faserbeton, SMC, UD-Schicht = Lamelle, poriger Schaum, Beton, Laminat*).

Werkstoffverbund ‘*material composite*‘:

Verbund unterschiedlicher Werkstoffe, bei denen strukturmechanisch bereits eine Verbundkonstruktion vorliegt.

(*Beispiele sind Textilbewehrung im Beton, Sandwich-Halbzeug, Metall mit CFK-Verstärkung, Stab-Verstärkungsgitter. Es handelt sich um Komponenten, die praktisch sehr selten zu einem Werkstoff verschmiert werden können. Leider wird Textilbeton trotzdem oft einfach als Verbundwerkstoff bezeichnet ! „Carbon Concrete Composite C3 “ (≠ Verbundwerkstoff!)*)

Die Begriffe Verbundwerkstoff und Werkstoffverbund gibt es seit Jahrzehnten.

Es ist beim Carbonbeton zu prüfen und das hängt von der zu lösenden Aufgabe und von der Gittermaschenweite ab ob dieser ‘verschmierbar‘ ist. Sowohl Stahlbeton als auch Carbonbeton sind also im Sinne jetziger Berechnungsmethoden ein Werkstoffverbund, wenn die Faserstränge weit auseinander liegen (mittragende Breite), ebenso wie eine Sandwich-Tragstruktur.

Kann man eine bewehrte Betonplatte jedoch schichtweise modellieren, so hat man Betonschichten und - eventuell modellmäßig vertretbar – verschmierbare Schichten = Verbundwerkstoffschicht, nämlich durch Faserstränge verstärkte Betonschichten. Hier kann man dann die altbekannte (sog. Klassische Laminattheorie CLT anwenden [VDI2014]. Ebenfalls von unseren früheren Holzbauern). Hybride Werkstoffe sind in der Regel ein Werkstoffverbund.

Note to RILEM: Cement-based mortar is a ‘smearable’ composite material!

(to me, RILEM has **not** a problem here, as they write, but they think they have)

Werkstoffanstrengung und Werkstoffausnutzung(sgrad):

Unser gebräuchliches Wort Werkstoffanstrengung (gibt es im Englischen so nicht) charakterisiert den Anstrengungszustand $Eff (< 100\%)$ eines Werkstoffs. Die Werkstoffanstrengung sinkt in der Regel mit der Anzahl der Bearbeitungsschritte, wie vom Heavy Tow zur textilen Gittermatte. Sie bezieht sich immer darauf, wieviel von der aktuellen Festigkeit (Roving, tow oder - bereits abgemindert - der aus dem Textilgitter herausgeschnittene Faserstrang mit seinen für das Textilgitter zugehörigen Festigkeitswerten) bei der Bemessung genutzt werden kann.

Werkstoffausnutzung bezieht sich letztlich auf den Ursprungswert mit seinen Kosten. Sie sinkt mit fallender Festigkeit und Verschnitt. Dies ist besonders gravierend, wenn z. B. die inneren Filamente eines Tows (Roving) durch fehlende Durchtränkung nicht zu einem gemeinsamen Wirken (gleiche Dehnung aller unter Zug) gebracht werden

Faserkunststoffverbund, **Faserverbundkunststoff** (Gespräch mit Menges und Michaeli).

Warum nicht nun richtig machen. Faserverbundkunststoff (Begriff von Herrn Menges. Ich war zufällig etwa 1986 bei einem Telefon-Gespräch Puck-Menges dabei, was zu keiner Änderung führte. Habe später mit Herrn Michaeli darüber gesprochen: Aussage „*In Aachen nicht mehr änderbar*“. Ist seit etwa 1980 nicht normgerecht, man sollte es also nur den Aachener Kunststoffleuten belassen!). Muss durch Faserkunststoffverbund FKV ersetzt werden, falls nicht Faserverstärkter Kunststoff FVK gemeint ist

Zu den Sicherheitskonzepten (Nachweisformat mit $\text{Eff} = 100\%$, GZT)

Aus Sicht Reservefaktor RF : Wie weit kann man die Einwirkung (Last) noch steigern?

Konzept der 'Zulässigen Spannungen' mit abgeminderten Widerständen: W/j

Einwirkung (action S) $E < W/j$ (= statistisch abgeminderter Widerstand / pauschalen Sicherheitsbeiwert j)

linear elastisch, Spannungsniveau: hier gilt $E \equiv S = \text{Spannung } \sigma$; $R = \text{Festigkeit} \equiv f$

→ RF (spannungsbezogen) = $(R/j) / \sigma(E) > 1$ (ungeeignet für nichtlineare Probleme, Th. 2. Ordnung)

zul $\sigma = R/j$

Konzept der Erhöhten Einwirkungen: $E \cdot j$

Einwirkung E / pauschalen Sicherheitsbeiwert $j < R$ (statistisch abgeminderter Widerstand R)

linear elastisch, Spannungsniveau: → RF (spannungsbezogen) = $R / \sigma(E \cdot j) > 1$

nicht-linear elastisch, Traglastniveau → RF (lastbezogen) = $W / (E \cdot j) > 1$

Begriff
Zul.-Spannung

(semiprobabilistisches) Konzept der Partiellen Sicherheitsbeiwerte: vereinfacht γ , DIN EN 1990 *

linear elastisch, Spannungsniveau: → $RF = (R_{\text{charakt Material}} / \gamma_{\text{Tragwiderstand}}) / (\sigma \cdot \gamma_{\text{Einwirkung}}) > 1$

nicht-linear elastisch, Traglastniveau: → $RF = (W_{\text{charakt}} / \gamma_{\text{Tragwiderstand}}) / (E \cdot \gamma_{\text{Einwirkung}}) > 1$.

Begriff
Zul.-Spannung

Ein erlaubter Wert $RF = 1.03$ kann aufgrund der Nichterfassung der Wahrscheinlichkeit von Kombinationen der unsicheren Bemessungsvariablen ein größeres Risiko enthalten als $RF = 0.97$ in einem anderen Fall !!

Da Sicherheitsbeiwerte j , γ und damit auch RF keinen Hinweis zu einer Versagenswahrscheinlichkeit p_f geben können, wird der sog. Zuverlässigkeitsindex β (Annahme nur NV) herangezogen. Er ist risikobezogen geknüpft an die Zuverlässigkeitsklassen RC1 – RC3, die direkt mit den Schadensfolgeklassen CC1 bis CC3 verbunden sind. Werte für 50 Jahre sind: RC1-CC1 ($\beta = 4.3$) oder RC3-CC3 ($\beta = 3.3 \rightarrow p_f = 1 - 0.99903$ mit NV (Gauss)-Wahrscheinlichkeitsintegral $\Phi(-\beta) = 1 - \Phi(\beta) = p_f$)**.

$RF < 1$ bedeutet nicht Bruch, sondern dass die angestrebte Bruchversagenswahrscheinlichkeit von den ca. 10^{-7} für 50 Jahre Lebensdauer um Zehnerpotenzen - variationsgrößen-abhängig- abnimmt, wie für $RF = 0.95$.

Dies liegt daran, dass die Kombinationen der einzelnen streuenden Einwirkungen (wie Ständige Einwirkungen G , Veränderliche Einwirkungen $Q \cdot \psi$, mit $\psi < 1$ als Auftretenshäufigkeit-berücksichtigenden Kombinationsbeiwert), sowie der streuenden Widerstände zur Wirkung kommen (probabilistisch berücksichtigbar) oder anders, dass es unwahrscheinlich ist, dass die ungünstigsten Kombinationen gleichzeitig auftreten.

- Holschemacher K: *Entwurfs- und Berechnungstabellen für Bauingenieure*, 6. Auflage, Bauwerk Beuth, 2013
- Cuntze R: *Is a costly re-design justified if slightly negative Safety Margins (= $RF < 1$) are encountered*. Konstruktion, März 2005, 77-82; April 93-98. Probabilistische Bewertung in einem Rechenbeispiel.

Spannungs-Dehnungs-Kurve: Bemessungskennlinie

Abminderung der Mittelwertkurve über die charakteristische Kennlinie, nach Eurocode 2 mit 5%-Quantile, zu einer durch einen Teilsicherheitsbeiwert γ_t weiter abgeminderten Bemessungskennlinie. (Achtung: In der Strukturmechanik gilt „Laut Probabilistik führt die Mittelwertkurve zu dem besten erreichbaren Ergebnis, nämlich einem 50%-Erwartungswert des Verformungsverhaltens des Bauteils“.

Das gilt prinzipiell auch für die Ermittlung der Schnittgrößen. Die Spannungs-Dehnungskurve ist eine sogenannte Physikalische Größe. Diese ist eine Größe, welche in der Regel mit ihren Mittelwerten in die Rechnung eingesetzt wird. Abminderungen in der Bemessung für die Vorhersage der Schnittgrößen (GZT) und des Verformungsverhaltens (GZG) von üblicherweise statisch unbestimmten Tragwerken müssen nicht konservativ sein. Diskussion mit meinem Freund Rüdiger Rackwitz (1986, IfM TUM, Kupfer, GruSiBau) bei der Initialisierung des partiellen Sicherheitskonzeptes. Weitere Abminderungen müssen für die Vorhersage des Verformungsverhaltens von üblicherweise statisch unbestimmten Tragwerken nicht konservativ sein). Eigene Erfahrungen betätigen dies. Dass im jeweilige Nachweis die richtigen Abminderungen zu nehmen sind, ist selbstverständlich. Bemessung und Nachweis können nicht immer in einem Analyseschritt vollzogen werden.

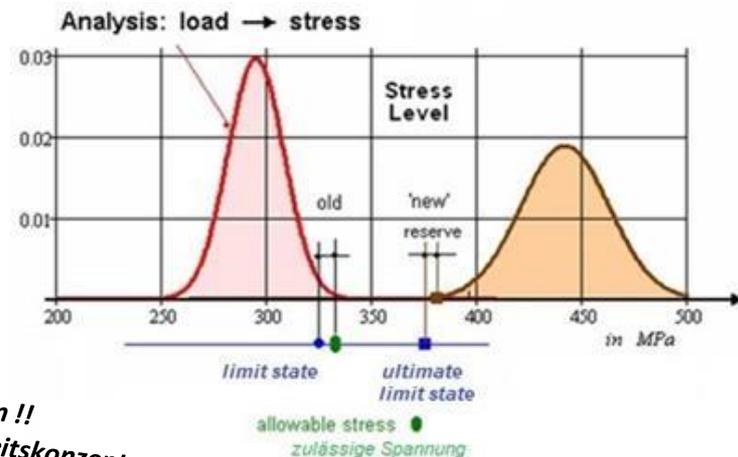
Zulässige Spannung: Dieser Begriff ist tot und darf nicht mehr bei Anwendung des partiellen Sicherheitskonzeptes verwendet werden. At least since 1926 M. Mayer questioned the old safety concept on basis of allowable stresses. The resistance was reduced by a safety factor. This is not accurate for non-linear behavior. Nowadays, in mechanical engineering the loading is multiplied by one safety factor j and in civil engineering the procedure is improved by using several partial safety factors. Therefore, the use of the term allowable stress is not allowed anymore. It belongs to the old deterministic Safety Concept.

Alt: Abminderung des Widerstands (der statistisch abgeminderten Festigkeit) um einen Sicherheitsfaktor

Jetzt: Erhöhung der Einwirkung um einen Sicherheitsfaktor.

Die Differenz ist also ein Sicherheitsfaktorwert!

*Verwendung habe ich leider noch gefunden !!
Erklärung: Rechts für das einfache Sicherheitskonzept dargestellt.*



Wichtig für Zulassung

- 1) Gravitational flow of the deposited strand. The figure excellently depicts the primary problem. Rheology-based production process simulation is required – using computational fluid dynamics CFD - in order to finally achieve Buildability and Shape Stability of the freshly manufactured part**
- 2) Recipes for the appropriate mortar**
- 3) No dispersion of admixture in print head**
- 4) Introduction of armoring to withstand usual bending of structural part**
- 5) Bypassing the 2 failure modes: (1) material failure (material flows away, because the current yield strength is too low for the mass upon). (2) Structural failure (the erected wall loses its stability).**
- 6) Material characterization, time-dependent properties of the fresh mortar after being deposited and further in the build-up process**
- 7) Post-processing (rough surface)**
- 8) Quality assurance of mortar, fibers, concrete and manufacturing processes**
- 9) Manufacturing process with 'real' reinforcement of tension-stressed components**
- 10) Static & cyclic fatigue due to notched layers and surface**
- 11) Normative-linked Dimensioning. Special load-bearing capability certificate necessary, approval procedure (ZiE).**