

# Kurzlebenslauf eines langen Arbeitslebens

Prof. Dr.-Ing. habil. Ralf Cuntze VDI, [Ralf\\_Cuntze@t-online.de](mailto:Ralf_Cuntze@t-online.de), \* [www.carbon-connected.de/Group/Prof.Ralf.Cuntze](http://www.carbon-connected.de/Group/Prof.Ralf.Cuntze)

*Ralf Cuntze, habilitierter Ingenieur aus der Industrie,  
mit dem lebenslangen Wunsch wissenschaftlich anwendungsorientiert zu wirken.*

*Derzeit Ehrenvorstand des praktisch von ihm gegründeten Fach-Netzwerks „CU Bau“*

## Akademischer Weg

- 1939 geboren am 8. September in Erfurt.  
Zweite ‘Geburt‘ mit überlebter Maschinengewehrsalve eines Panzerschützen am 31. März 1945
- 1964: Dipl.-Ing. Baustatik (*TU Hannover*).
- 1968: Dr.-Ing. in Strukturmechanik (*TU Hannover, Bauwesen*). Seitdem anisotrop unterwegs
- 1978: Dr.-Ing. habil., Venia Legendi in Mechanik des Leichtbaus (TU-München, Bauwesen)
- 1980 - 1983: Vorlesung an der Universität der Bundeswehr München (UniBw) “ Einführung in die Bruchmechanik“ (Bauwesen)
- 1990 - 2002: Faser-Composites Leichtbau – Design und Analyse (UniBw, Luft-/Raumfahrt)
- 1987: C3-Professur Leichtbau (*nicht angetreten wegen interessanter Industriearbeiten*)
- 1998: Honorarprofessor der Universität der Bundeswehr München.

## Beruflicher Weg

- 1968-1970: **Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL)** in (Essen/Mühlheim), FEA-Programmierung. Es gab keine adäquaten Stellen im Baubereich
- 1970-2004: **MAN-Technologie** (München, Augsburg). Leitete die Hauptabteilung ‘Struktur- und Thermal-Analyse‘. Schwerpunkt dabei war FaserVerstärkter Kunststoff (FVK).  
*Erstes Carbon-Filament-Bruchstück schmerzt im April 1970 im Finger.*

Technisch riesig breiter Anwendungsbereich bei MAN:

- Entwicklung unterschiedlicher Komponenten der Ariane 1-5 Raketenfamilie,
- Antennen, Luftfahrtkomponenten
- Uranhexafluorid (UF<sub>6</sub>)-Anreicherung in Zentrifugen
- GROWIAN Windenergiekonverter (Stahlholm + GFK-Haut, Ø 103 m), dazu 2 vielleicht erste weltweite Windenergiekonferenzen mit Dr. Windheim, PLE Jülich)
- Sonnenenergiekonverter Feld + Turm (Projekt GAST)
- etc.

*Werkstoffeinsatz: 20 K (kryogene Tanks) bis 2000 K (Raumgleiter-Kacheln, ISS).*

-----

1971-2004: Als Vertreter der Industrie Mitwirkender in verschiedenen Arbeitsgruppen zur Erstellung von Handbüchern der Raumfahrt-Organisation ESA(-ESTEC) den Standards

‘Structural Materials Handbook’, ‘Structural Analysis’, ‘High Pressure Vessels’ (*metals and composites*) and ‘Safety Factors’.

1972-2015, **IASB**: Luftfahrt-Technisches Handbuch für StrukturBerechnung (HSB, für die Airbus-Auslegung),). Autor und Co-Autor zahlreicher HSB-Auslegungsblätter

1980- 2011: **Surveyor/Advisor** for German BMFT (MATFO, MATEC), BMBF (LuFo) and DFG

1994 - 1997: Leiter eines deutschen FVK-Forschungsprojektes zum Puck’schen Wirkebene-Bruchkriterium für uni-direktionale (UD) Verbundwerkstoffe. Fortschrittberichte VDI, Reihe 5, Nr.506 „*Neue Bruchkriterien und Festigkeitsnachweise für unidirektionalen Faserkunststoffverbund unter mehrachsiger Beanspruchung – Modellbildung und Experimente*“.

.....

2004-2006: Organisator und Mitautor vom ESA-Buckling Handbook

2006-2008: **HSB**, Mit-Übertragender und -Übersetzer in eine überarbeitete englische Fassung ‘*Fundamentals and Methods for Aeronautical Design and Analyses*’

-----

2009-2021: Beim **Carbon Composites e.V.** (CC e.V.) in Augsburg, später **Composites United** (CU e.V.) ‘450 €-Jobber‘ für die von mir gegründeten Arbeitsgruppen:

2009 AG “*Engineering*” (für *alle Fasern nicht nur Carbonfasern!*)

2010 AG “*Composite Fatigue*”, Veranstalter einer internationalen Fatigue-Konferenz und Gründer des deutschen akademischen Ausschusses Betriebsfestigkeits-Nachweis (BeNa), der die Kosten und Termin-Problematik durch ‘*Neues Laminat bedeutet praktisch alles neu machen*“, ersetzen wollte durch eine Verallgemeinerung, die nur mehr die eingebettete Schichtinformation benötigt

2011 AG “*Bemessung und Nachweis im Bauwesen*“ (CF-Verstärkung mit UD-Gelege = ‘Lamelle’ aus GFK und aus CFK zur nachträglichen Deckenverstärkung und durch offene CFK-Mattengitter für Betondecken.

→ **FVK-Fossil mit > 50 Jahren Erfahrung mit den Fasern CF, AF, GF, B(or)F und Bs(basalt)F. Und, Multimaterial Design, Erfahrung mit vielen isotropen Werkstoffen.**

**Die Wurzeln als Bauingenieur will man nicht verlieren:**

*(Dies war später gut für die Carbonbeton-Arbeitsgruppen!)*

Bewehrungspläne, Supermarkt-Statik, eine Pfahlgründung, die wohl 5. deutsche Kletteranlage 1979 entworfen, betoniert und mit alpinen Steinen eine Wand naturstein-bemauert.

**Fachliche ‘Freizeitbeschäftigung’** auf eigene Kosten

1980-2006: **VDI Guideline 2014**, Co-Autor der Teile 1 und 2, Beuth Verlag ‘*Development of Fiber-reinforced Plastic Components*’; bei Teil 3 ‘*Analysis*‘ (dt./en.), Herausgeber / Co-Autor

1999-2013: World-Wide-Failure-Exercises (**WWFE**) on UD material strength criteria:

WWFE-I (*2D Spannungszustände*) : als Privatmann gegen die Institute der Welt gewonnen,

WWFE-II (*3D Spannungszustände*) : Spitzenplatz.

2019: \***GLOSSAR**, deutsch / englisch: "Fachbegriffe für Kompositbauteile - *technical terms for composite parts*". Springer 2019. Herausgegeben auf Veranlassung von Bauingenieurkollegen und Textilingenieuren, um das gemeinsame Verstehen zu verbessern!

„Der Beginn der Weisheit ist die Definition der Begriffe“. *Sokrates*

**Vorweg: Natürlich kann man die riesige Spannweite über mehrere technische Disziplinen eines so langen Arbeitslebens in einem kurzen Podcast nicht voll abbilden!**

## Fragen zum Fach

### Wie haben Sie die Entwicklung von Verbundwerkstoffen in den Branchen miterlebt?

Die Entwicklung wurde praktisch immer leichtbau-getrieben und damit auch immer energieverbrauch-minimierend:

- \* Raumfahrt, jedes eingesparte kg in der Oberstufe reduziert zusätzlich Strukturmasse der Folgestufen als auch Treibstoffmasse, so wie bei den MAN-Strukturbauteilen, Hochdruckbehältern, optischen Bänke in Satelliten, ISS-Versorgungsmodul *Automated Transfer Vehicle (ATV)* und mehr
- \* Luftfahrt: Analog zur Raumfahrt, alles was leichter macht spart Treibstoff und wird versucht.
  - In bester Erinnerung ist das Airbus 320-Seitenleitwerk aus Stade aus aramid-, kohle- oder glasfaserverstärkten Verbundwerkstoffen, um 1987
  - In spezieller Erinnerung als HSB-Mitwirkender ist GLARE (*ein geschichteter Werkstoff, bestehend aus Aluminium 2024-T3 Legierungsschichten und Glasfaser-Prepreg-Schichten*), bei dem wir das HSB- Auslegungsblatt verzögert abgesegnet haben, als die erste A380 bereits flog
- \* Maschinenbau inklusiv Windenergie, Automobilbau: Stetig wachsend über die Jahrzehnte. Manchmal ist man zu früh mit dem FKV-Einsatz: Beispiel "MAN-LKW-Kardanwelle" (*kein Zwischenlager ist für die relativ lange Welle mehr notwendig gewesen!*). Voll erprobt, aber erst später einsetzbar, weil die ausgebildeten Monteure noch nicht da waren
- \* Bauwesen:
  - GFK wird immer mehr eingesetzt in Behältern und auch als Betonbewehrung.
- Für das *höherwertige* CFK wird durch derzeit eingeführte Standards die Einsatzbereitschaft im Bauwesen wahrscheinlich verbessert werden, weil durch den geringeren Energieverbrauch bei Carbon-Beton mehr Nachhaltigkeit gegenüber Stahl-Beton erreicht wird.

### Gibt es persönliche Meilensteine, die Ihnen in Erinnerung sind?

Positive:

- \* Umdrehungsgeschwindigkeitsweltrekord für CFK-Zentrifugen 1985 erreicht, kurz bevor bei MAN das Ende eingeläutet wurde. Die angenommene Ausfallrate von 2% pro Jahr war viel zu hoch, so dass ein Werk geschlossen wurde. Zu gut ist manchmal auch nicht gut - für den Umsatz - aber gut bezüglich Nachhaltigkeit
- \* Bei der damals wohl weltweit größten Windenergieanlage GROWIAN, wo wir zwischen Stahlholm und abgestimmtem GFK-Hautlaminat die unbedingt notwendige Dehnungskompatibilität erzielt haben. Dabei ferner, dass das BMFT seinen Weltrekord-

Traum als unwirklich einsah, CFK-Blätter und 120 m Nabenhöhe zu verwirklichen. Es gab nämlich weder Kräne noch konnte man damals 35 mm CFK-Wanddicke optimal aushärten. Mit viel Mühe zur Realität gebracht.

Übrigens hat man parallel zum GROWIAN-Betrieb mit einer Meßkampagne erst die wirklichen höheren Windlasten ermittelt, was für die Auslegung späterer Windenergieanlagen sehr wichtig war (GROWIAN war blattmäßig okay, war aber vom MAN-Nabenhaus-Lieferanten nicht kerbgerecht ausgelegt, so dass ein Riss in den Öffnungsecken infolge zyklischer Beanspruchung entstand

\* Zwar kein Meilenstein, aber für einen software-affinen Entwickler interessant:

Durch verbesserte Fertigung konnte die Toleranz beim Ariane 5-Booster von  $8,2 \pm 0,2$  mm auf  $\pm 0,05$  mm gesenkt werden, was dann zum Design  $8,1 \pm 0,05$  mm führte, da die Strukturzuverlässigkeit für beide Nenndicken mit unterschiedlicher Toleranzbreite gleich hoch ist.

Negative:

\* Abkehr der MAN von der Windenergie als die umsatzträchtige Zentrifuge praktisch bereits Auslaufmodell war. Unverständlich, da wir führend waren.

\* CFK-Hüftgelenk-Endoprothese, bereits in Garmisch klinisch erprobt: Desaster durch Konstruktionsfehler eines US-Entwicklers was zur Ablehnung seitens unserer Ärzte führte und zur Einstellung unserer Serienentwicklung.

### **Gab es besondere Projekte, die für Sie wichtig waren?**

Bei MAN: Ariane-Raketenentwicklung und Windenergie, GROWIAN + viele AEROMAN'ner  
Bei CU: Carbonbeton.

### **Was sind Ihrer Meinung nach die größten Chancen sowie die größten Herausforderungen von faserverstärkten Kunststoffen und multi-materiale Leichtbau?**

\* **Größte Chancen:**

- Ressourcen beim Bau von tragenden Strukturbauteilen sparen helfen, Verbesserungen: BMW I3, Sporträder und Motorräder
- Weiter Entwicklung additiver Fertigungsmethoden mit zugehöriger Prozessmodellierung
- Durch Steigerung der Multi-Funktionalität der Strukturen. Multiphysik-Simulation ist ein entscheidender Faktor für simulationsgetriebenes Engineering

\* **Größte Herausforderungen:** baubezogen

*Der Bausektor ist etwa für die Hälfte des ‚Abfalls‘ und etwa 40% des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks verantwortlich. Da Carbonfasern nicht rosten wie Stahl kann die Schutzdicke verringert werden und nachträgliche Verstärkungen erhöhen kaum die Masse des ‚Bauwerks im Bestand‘, so dass alte Bauwerke statisch gerettet werden können. Auch Bemessungsfehler im ‚Neubau‘ können so leichter korrigiert werden. Als Verstärkungselemente dienen pultrudierte Stäbe, klassische Gitter-Matten und abrollbare Lamellen (UD-Gelege). Der Einsatz von Faserverbundwerkstoffen führt somit zu Kosteneinsparungen im Bauprozess, ermöglicht durch den Leichtbau kürzere Bauzeiten, weniger Transportkosten und reduzierten Bedarf an Baumaschinen und später Demontageabfälle.*

Um diese Möglichkeiten zu realisieren benötigt man u. a.:

- Optimierung der Fertigungsverfahren, speziell bei additiver Fertigung
- Weitere Entwicklung der Prozeß-Simulation, gekoppelt mit validierten statischen und zyklischen Nachweismethoden wie z.B. die von Bauingenieuren angetriebene VDI-Ri 2014 zur klareren Nachweisführung bei den Lamellen.
- Bemessungsmethoden für Gittermatten aus pultrudierten Stäben und textiler Ablage, die das Spannungs-Dehnungsverhalten - ohne die derzeitige steifigkeitsmäßige Absenkung (mechanisch nicht begründet) – richtiger erfassen.

Verstärkungen dürfen nur mit Vorhandensein einer ‘allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) oder einer allgemeinen Bauartgenehmigung (abG) erfolgen. Ansonsten ist eine aufwendige ‘Zustimmung im Einzelfall‘ (ZiE) durch den noch nicht-normativen Einsatz von CFK im Bauwesen erforderlich.

Generell gibt es für die Anwendung von CF noch weitere Hindernisse:

\* Großes Hindernis für mich als GROWIAN’er ist die negative Schlagzeilen-Sicht der Medien bezüglich CF-Einsatz bei Windrotorblättern. Dies gilt beispielsweise für die Berichterstattung anfangs 2024 beim Windpark Alfstedt:

*„Das abgebrochene Rotorblatt besteht aus einem Plastikgemisch. Auch Carbon sei darin enthalten, bestätigte Till Gießmann (Sprecher des Erbauers Energiekontor) gegenüber dem NDR. Carbonfasern können bei einem Brand (Wann brennt aber CFK wo?) in die Lunge von Menschen und Tieren eindringen, ähnlich wie Asbestfasern“.* (Weiter: Eine Mail mit Diskussionsangebot an 'stefan.rimbeck@energiekontor.com' blieb unbeantwortet.)

Diese Mitteilung hatte Wirkung, obwohl sie unverschämt falsch ist und auch nichts mit dem eigentlichen Problem zu tun hat. Es fliegen keine einzelnen CF-Bruchstücke herum, sondern es sind CFK-Bruchstücke einzusammeln, und es ist auch kein *unbezahlbarer* Bodenaustausch durchzuführen! Im Übrigen bestehen Rotorblätter aus Standard-PAN-CFs, was sich als ungefährlich nach Untersuchungen unter extremer Bearbeitung mit Kugelmöhlen des Bundesamts für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) herausgestellt hat.

**Für Probleme solcher Art wäre es also sinnvoll, wenn - über das BAuA, zusammen mit dem CU - eine problem-orientierte Vorgehensweise für die Standard-PAN-CFs bei einem solchen veröffentlicht würde. Solche Fälle werden nämlich mehr werden mit zunehmendem Alter der Windkraftanlagen.**

Was sind aber die Ursachen für die Brüche? Dies ist zu prüfen!

Mehr Wissen hierüber würde zukünftig für mehr Nachhaltigkeit führen, da die Lebensdauer aufgrund unserer jetzigen Erfahrung bei Qualitäts-Blättern zu steigern ist. Die üblichen 20 Jahre wurden von uns während der GROWIAN-Zeit (1980) einfach nur geschätzt!

\* Zweites Hindernis

*Eine befürchtete Zunahme der Lungenkrebsgefährdung durch zunehmenden CFK-Einsatz von weltweit mehr als 10000 t/Jahr).*

Carbonfasern (CF) werden hergestellt aus den Precursoren Polyacrylonitrile (PAN) und Pech.

Für kritische CF-Partikel relevante Größen sind **Geringe Bio-Löslichkeit** (Toxizität) und **Geometrie**, für die das WHO-Kriterium für alveolen-‘hineingängige‘ Partikel (*nicht korrekt mit dem Wort Faser benannt*) lautet: WHO-“Faser” = winziges Filament-Fragment mit einem Durchmesser  $\emptyset$  von weniger als 3  $\mu\text{m}$ , einer Länge L von mehr als 5  $\mu\text{m}$  und einem Längen-zu-Durchmesser-Verhältnis von  $L/\emptyset > 3:1$ .

Solche CF-Partikel können natürlich nur dann kritisch werden, falls sie überhaupt entstehen. Dies ist durch Abbrand der Fasern ( $\emptyset$  ca. 7  $\mu\text{m}$ ) möglich und durch Aufsplitterung bei der Bearbeitung, beim Recycling.

Gefahr besteht erst, wenn zu viel inhaliert wird - analog zu zu viel Feinststaub, so dass die notwendige Alveolen-‘Herausgängigkeit‘ (Abreinigung) von CF-Partikeln nicht mehr gegeben ist, (s.a. [Cun 2024]).

Die normalen bezahlbaren PAN-CF stellen keine Gefahr dar. Die äußerst teuren Pech-CF können aufsplintern, werden aber in der Regel nur in der Raumfahrt verwendet. In wie weit die steifigkeitsmäßig den Pechfasern verwandte UltraHighModulus PAN-CF aufsplintern könnte unter ungünstigsten Bearbeitungsmethoden wäre zu klären. Dazu habe ich dem BAuA einen Test erarbeitet der bereits realisiert wurde. Dieser benötigt ein Forschungsprogramm mit dem von mir bereits aufgebauten Konsortium.

Übrigens, Asbestfaser-Vergleich: Weder hat die Asbestfaser mit einem Stückchen Langfaser etwas zu tun, noch das Partikel CF-WHO Faser. Beide sehen höchstens etwas fusselig aus.

### Drittes Hindernis: Vorgaben der Ländergemeinschaft Abfall (LAGA)

Situation: Bis 2027 könnte z.B. jedes zweite Windrad in Deutschland ans Ende seiner vorgesehene Lebenszeit gelangt sein. Dies bedeutet Re-cycling und Zwang auf Re-use der CFK-Teile. Lange Windflügel-Holme sind direkt in Stäbe aufteilbar.

Zumeist bleibt aber ein Haufen Fasern in verschiedensten Längen als recycelte rCF übrig, d.h. kürzer und damit praktisch degradiert. Wie beispielsweise auch bei zukünftigem Carbon-Beton Recycling-Anfall oder von reinen CFK-Brücken wie von BaltiCo.

Dazu aus LAGA 21: „*Die Verwendung von lösbaren Verbindungen für Bauelemente bildet die bestmögliche Ausgangslage für stoffliches Recycling, Zuverlässig demontierbare Verbindungen sind erwünscht, wozu es dringend weiterer Forschung bedarf.*“

Daraus folgt ein Problem für multi-materiellen Leichtbau eingedenk des neuen Lebenszyklusdenkens (LCA).

Die Reststoff-Verbrennungsanlagen können nicht die Temperatur bringen, um CF unter Sauerstoffzugabe schnell verbrennen zu können. Folge: Elektrische Kurzschlüsse möglich. Gesehen werden bei der LAGA als Probleme:

- Faserhaltige Stäube in Filtereinheiten von Bauschuttrecyclinganlagen,
- Verschleppungen von Fasern in andere Recyclingbaustoffe.
  - Angst vor gebrochenen CFK-Strukturteilen
  - Verwendung von Recyclingbruch-Mischung aus CF +

Herausforderung:

- Lange Windflügel direkt zu Stäben aufteilbar

- Carbon-Beton benutzt Feinbeton, eine Mörtelmatrix < 4 mm Korngröße, in die die Bewehrung eingelegt wird.

Beim Recycling jedweden Kurzfaserbetons ist eine Separierung von Kurzfasern und mineralischer Matrix nicht mehr möglich. Zudem stellt sich die Frage, ob Mischungen aus Carbon und Polyamid gemeinsam recycelt werden können. Bei Sandwich-Strukturen aus CFK und GFK ist eine Entsorgung deswegen schon problematisch, da die beiden FVK nicht für dasselbe Verwertungsverfahren geeignet sind. Im Übrigen ist eine Trennung der Betonmatrix von der Carbonbewehrung nur möglich, wenn diese z. B. mit Epoxidharz imprägniert ist, d.h. eine Trennschicht genutzt werden kann.

#### Viertes Hindernis:

Wie können die Haupthürden beim Verwenden der CF-Recyclingmengen überwunden werden? Ein Markt für diese wertvollen Abfallstoffe ist zu finden!

Carbon-Beton benutzt Feinbeton, also eine Mörtelmatrix < 4 mm Korngröße, in die die Bewehrung eingelegt wird. Bei Verwendung einer solchen Matrix ist der Bruch nur bedingt für die Weiterverwendung geeignet, da ein großer Anteil der Gesteinskörnung des Misch-Rezyklats und damit auch der rCF notwendigerweise unterhalb von 4 mm liegen muss. Aus diesem Grund wird Beton mit größerer Gesteinskörnung empfohlen.

Andererseits, warum gibt es solche prinzipiellen Probleme für die feine Bruchfraktion?

- \* Diesen Anteil des Mischrezyklat-Bruchs mit bei der additiven Fertigung zu verwenden (*verstärkt die Matrix*)
- \* oder im Oberbau der Straße?

#### **Welche Themen liegen Ihnen am Herzen, die Sie vorantrieben und weiter treiben wollen?**

- \* Vermittlung einer Gesamtsicht ausgehend von Werkstoffwissen und Lastannahmen über den Herstell-Prozess bis zum Bauteil-Nachweis, welcher die grundlegende Voraussetzung ist, das Bauteil in Serie herzustellen und dann verkaufen zu können
- \* Herausgabe der oben genannten VDI Richtlinie 2014 für Auslegung und Nachweis von Laminaten aus faserverstärkten Schichten wie aus Gelege oder Roving-gewickelt oder geflochten. Übrigens: Das erwähnte HSB enthält leider nicht die weltbesten UD-Festigkeitskriterien von Puck oder Cuntze.
- \* Gemeinsame Terminologie der immer mehr zusammen arbeitenden technischen Disziplinen. Auch das bewirkt ein nachhaltigeres Erzeugen von Produkten, da Verständnisfehler reduziert werden. Dazu habe ich im Springer-Verlag in 2019 ein Glossar veröffentlicht (*Buch auf eigene Kosten erstellt*) *”Fachbegriffe für Kompositbauteile - technical terms for composite parts“*, gemacht auf Anregung von Carbonbeton-Bauleuten und Textilingenieuren.
- \* In diesem Zusammenhang: Versuche, nach dem Durcharbeiten der Entwürfe *DAfStb-Heft 660: Richtlinie „Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung“* sowie *BÜV „Tragende Kunststoffbauteile, Entwurf – Bemessung – Konstruktion.“* Springer, 2020, 2. Auflage eine notwendige bessere Harmonisierung und Terminologie dieser beiden Standards für faserverstärkte Bauteile zu bewirken, waren leider zu wenig erfolgreich.

## **Klima- und Energiepolitik lassen in den nächsten Jahren deutliche Veränderungen erwarten: Wie wird sich unsere Branche in 5 Jahren entwickelt haben?**

Multi-funktionale Bauteile sind das Ziel.

Wo es sich lohnt wird FKV eingesetzt, falls die Sicherheit der Anwendung gegeben ist

- \* Im Maschinenbau werden sich die Fertigungsverfahren weiter verändern und verbessern
- \* Im Bauwesen wird die Serielle Fertigung weiter anwachsen, schon, weil die Hürde der ‘Zustimmung im Einzelfall‘ bei Folgeprodukten nicht mehr voll erfolgen muss. Beispiele: die ganz unterschiedlichen Tragstreben von CarboLink der neuen Stuttgarter Stadtbahn-Fachwerkbrücke oder die Stabwerkskonstruktionen von BaltiCo
- \* Dekarbonisierung wird im Bauwesen zunehmend besser verwirklicht verbunden mit Lebenszyklusbetrachtungen. Ausschreibung und Neubau-Vergabe sollten diesen Aspekt mehr berücksichtigen, was auch einen größeren Einsatz von Carbon-Beton nach sich ziehen würde

## **Welche Technologien und Innovationen in den Anwenderbranchen erwarten Sie?**

FKV-Einsatz lohnt sich besonders in Bereichen, wo die Herstellung bereits automatisiert ist.

- \* Vorgespannte Biegeplatten, nur bei Vorspannung der zug-schwachen Matrix (Polymer und Feinbeton) – ist die Verstärkungsfaser statisch und zyklisch richtig ausnutzbar und damit das Bauteil erst optimal leicht! Im Neubaubereich empfiehlt sich der Einsatz vorgespannter Carbonbeton-Elemente. [CPC??](#)
- \* Zunehmende serielle Fertigung wird und muss mehr zur Nachhaltigkeit, das heißt zu Dekarbonisierung und Abfallverringerung beitragen.
  - Speziell im Bauwesen werden flächige Tragstrukturen inklusiv Ausschnitten werden mit pfd-orientierter Mörtelraupen-Extrusion Schicht für Schicht aufgebaut.
  - Die Herstellung sehr teurer räumlicher Schalung mit dem Pulverbett-Verfahren wird sich mit zunehmender Größe der Drucker realisieren lassen
- \* Im Bauwesen sind die Zulassungshürden für Carbon-Beton sehr hoch. In der Regel muss eine Zulassung im Einzelfall‘ durchgeführt werden, da dies Bauen noch „nicht geregelt“ ist.

## **Composites United CU**

### **Warum waren Sie bei CU?**

- \*Habe mich 2009 von einem ehemaligen Mitarbeiter und von Gerd Busse (ehemaliger Leiter der Abteilung zerstörungsfreie Prüfung am Institut für Kunststofftechnik, Uni Stuttgart) gern hinreißen lassen, beim damaligen Carbon Composites e.V. mitzuwirken. Idee war Synergieeffekte einzufangen durch Ganztagesveranstaltungen, die mehrere Fachdisziplinen abdecken. Es entstand der erfolgreiche sogenannte ‘Flotte Dreier‘, der die Gebiete *Engineering*, *zerstörungsfreie Prüfung* und *Verbindungstechnik* umfasste, mit insgesamt 3 Veranstaltungen pro Jahr.
- \*Bin noch verbunden mit dem CU als Ehrenvorstand von CU-Bau, für den ich 2011 mit der AG ‘Bemessung und Nachweis‘ den Grundstein gelegt habe.

### **Was mögen Sie besonders am CU-Netzwerk? Welche Anregungen hätten Sie?**



- \* Das technisch sehr breit aufgestellte CU-Netzwerk.
- \* Neben kurzen Informationsveranstaltungen per Zoom auch beim Netzwerk die Möglichkeit zu haben, ‘System Engineering‘ per Ganztages-Veranstaltung zu demonstrieren. Analog zur klaren Lieferkette sollte eine Entwicklungskette das Zusammenwirken der Teilbereiche deutlich machen. Ein Beispiel sind zwei Veranstaltungen von mir in Maschinenbau und Bauwesen, auf denen vom Werkstoff über die Dimensionierung bis zur Zulassung einschließlich Versuch ein Überblick zu erhalten war. Gemeinsame Seminarerfahrung verbindet unterschiedliche Ingenieure.

## **Persönliche Fragen**

### **Wenn Sie sich nicht gerade mit Leichtbau beschäftigen: Wo findet man Sie dann?**

- \* Tätig als Hobby-Fotograf, ‘Gartler‘ und Berg-Alpenveilchenzüchter
- \* Früher Weltenbummler z. B. mit dem Alpenverein auf höhere Berge in den Anden oder dem Himalaja. Dort auf den WestCol 6150 m im Everestgebiet gestiegen als meinem höchstem Punkt ohne komplette Ausrüstung, weil die Sherpas noch nicht die weitere Ausrüstung gebracht hatten. Man muss halt mit dem Auskommen, was man zur Verfügung hat. Dasselbe gilt übrigens für eine Industriefirma bei der technischen Angebotserstellung.  
Spezielle Erinnerung: Sehr anstrengendes 10-stündiges Abseilen mit einem Kollegen (*die Sherpas können nur riesige Lasten tragen, aber kein schweres Seil einziehen*) der gesamten Mannschaft in einer Eiswand gegenüber dem Lhotse mit schlussendlich dem Verschwinden des von mir in der Eisrinne herunter gebrachten wichtigen letzten Mitglied, der Expeditionskoch, nach dem Ausklinken des Seils mit einem Schrei in Richtung dunkler Abgrund verschwand. Dann völlige Ruhe.
- \* 14 Tage höher 5000 m, Waschen verboten, kann man leicht überleben oder im Rotelbus, Schlafkabine 80cm x 80cm x 210cm, beispielsweise quer durch Afrika, Südamerika, Indien, Mittelamerika. Dies bringt Bescheidenheit und viel Erfahrung im menschlichen Miteinander
- \* Später im Alter: Nun sehr dankbar für bisher noch 45 km wandern zu können zum jeweiligen 80 + Geburtstag. Dazu Radeln, Cycle-Training, Trab-Joggen und Hallensport im Winter.

### **Woraus zogen Sie Ihre Kraft, was treibt Sie bei Ihrer faserverbundbezogenen Arbeit an?**

*“Sein ist Tun” Sokrates*

#### Generell:

- \* Dinge weiter zu bringen, physikalisch plausibler zu werden, neue Werkzeuge wie Probabilistik zu nutzen (*Beispiele bei der Ariane*), mit neuen Möglichkeiten die Produktentwicklung effizienter und nachhaltiger zu gestalten.

#### Fortlaufende Diskussionen über Faserverbundwerkstoff-Einsatz ab 1980:

- \* mit Prof. Puck als FKV-Konstrukteur und Vordenker mit dem Ziel verbesserter Nachweisführung. Ergebnisse 1997 im VDI-Fortschrittbericht „Neue Bruchkriterien..“ und 2006 durch Herausgabe der VDI 2014 , Blatt 3 „Berechnung ..“
- \* mit Prof. Springenschmidt (Materialprüfamt der Bauingenieure an der TU München):

Wie wird es weitergehen nach dem guten GFK-Behälter-Markt nun in Richtung CFK-Verwendung. Wir habendamals noch nicht denken können an:

- Carbon-Beton-Decken und -Träger, schon weil der Preis für die üblicherweise verwendete T300-Klasse sich heute um einen Faktor 20 verringert hat (*gegenüber 1970 ist es der Faktor 100*).
  - Eine Idee von meinem Freund Urs Meier (*früher EMPA, Idee Brücke Europa-Afrika*) realisiert bei der neuen 127 m langen Stuttgarter Stadtbahnbrücke würde: Eine erste weltweite Fachwerkkonstruktion aus 72 gewickelten zugbeanspruchten CFK-Hängern, hergestellt bei der Carbo-Link AG
  - Eine über Nacht montierbare, leichte CFK- durch Solidian in Albstadt Mattengitter-verstärkte 15 m lange Betonbrücke, 2015.
  - Eine reine CFK-Stabwerkkonstruktionen bei BaltiCo, gebaut mit einer speziellen Strang-Ablegetechnik. Damit eine 25 m lange Fußgängerbrücke in Sassnitz errichtet, 2022, und auch vorher genehmigt bekommen.
- \* Im 85. Lebensjahr noch einmal zusammentragen in einem Curriculum Vitae: Was man alles machen musste, durfte und auch wollte und dem Leser die persönlich erfahrenen *Lessons Learned* aufzeigen (*siehe mein CV, dass isotrope duktile Metalle, transversal-isotrope unidirektional Faserverbundwerkstoffe als auch orthotrope Gewebe abzubilden versucht*).

Übrigens: Alle meine wissenschaftlichen Arbeiten habe ich ohne finanzielle Unterstützung durchgeführt!

### ***Abschließend noch ein paar ganz unterschiedliche Worte zu Leichtbau und KI:***

- \* Wer sich mit Leichtbau beschäftigt, muss ganz sich ganz unterschiedlich verhaltende Werkstoffe verstehen lernen, mit deren Herstellung und deren Verbindungstechnik befassen, um ordentlich multi-materiellen Leichtbau betreiben zu können
- \* Precursor nicht auf Ölbasis sondern „grün“ herzustellen, ist ehrenwert. Allerdings sollte man dabei nicht vergessen, dass die benötigte Precursor-Menge uninteressant klein gegenüber der heutzutage verbrauchten Ölmenge ist
- \* KI will über das CAD-Werkzeug ‘Generic Design‘ die übliche Produktentwicklung beschleunigen. Eine Demokratisierung der Berechnungstools ist das Schlagwort “Alle sollen es machen dürfen“. Vereinfacht: Man muss nur die Berechnungseingabe verstehen.

Dies verändert den Konstruktionsprozess maßgeblich und es stellen sich die zwei Fragen:

- (1) Wer entscheidet über die für das jeweilige Unternehmen sinnvollste Generic Design-Variante?
- (2) Wer übernimmt durch seine Unterschrift die Produktverantwortung? Nur erfahrene ‘System Engineering‘-denkende Ingenieure. Diese werden höchstes Gut bleiben!  
Persönliche Erfahrung “Ariane 5 steht startbereit auf der Abschussrampe“. Zu beantworten ohne Zeitverzug ist: *Darf sie fliegen, trotz einer bei einer zerstörungsfreien Prüfung der Booster-Wandung festgestellten ‘Unschönheit‘, einer ‘flaw cloud‘? Da ist niemand da, der eine solche Entscheidung gern trifft (200 Millionen DM)*

Mein Wunsch:

Bei dem aktuellen KI-Hype die physikalischen Grundlagen nicht vernachlässigen, was derzeit leider zunehmend an den Hochschulen der Fall ist, am schlimmsten wohl in der Mechanik. Gute Produkte benötigen gute Ingenieure. Solche gewinnt man durch Vermittlung der Grundlagen, für deren nachträgliches Erlernen der praktizierende Ingenieur kaum mehr Muße findet. KI wird eine sehr gute Hilfe für den ‘guten’ Ingenieur sein.

Jüngere Veröffentlichungen können von dem [Cuntze CU-Account](#) herunter geladen werden:

2022:\* *Life-Work Cuntze - a compilation from the author's papers, presentations, published and non-published design sheets and project works in industry* (850 Pages)

2023:\* *Design of Composites using Failure-Mode-Concept-based tools - from Failure Model Validation to Design Verification*. Mechanics of Composite Materials, Vol. 59, No. 2, May, 2023, pp. 263-282.

\* *Minimum Test Effort-based Derivation of Constant-Fatigue-Life curves, displayed for the brittle UD composite materials*. Mechanics of Composite Materials, Springer, Advanced Structured Materials, Vol.199, 107–146, draft.

\* *Comparative Characterization of Four Significant UD Strength Failure Criteria (SFC)*, 54 pages.

\* Cuntze R and Kappel E: *Benefits, applying Tsai's Ideas 'Trace', 'Double-Double' and 'Omni Failure Envelope' to Multiply UD-ply composed Laminates?*

2024: Curriculum Vitae Ralf Cuntze, comprising Career, Scientific Findings & some Personal Pictures (> 130 Seiten)