

---

# CFK-STRUKTUREN FÜR FÜGE- UND LASERSCHNEIDANLAGEN

Abt. Funktionsintegrierter Leichtbau

Dr.-Ing. Thomas Hipke

---





Versuchsfeld Chemnitz / Umformen



Versuchsfeld Chemnitz / Spanen



Versuchsfeld Dresden

CFK -  
Kohlefaser verstärkte Kunststoffe  
Grundlagen



# Kohlefaserverbrauch global

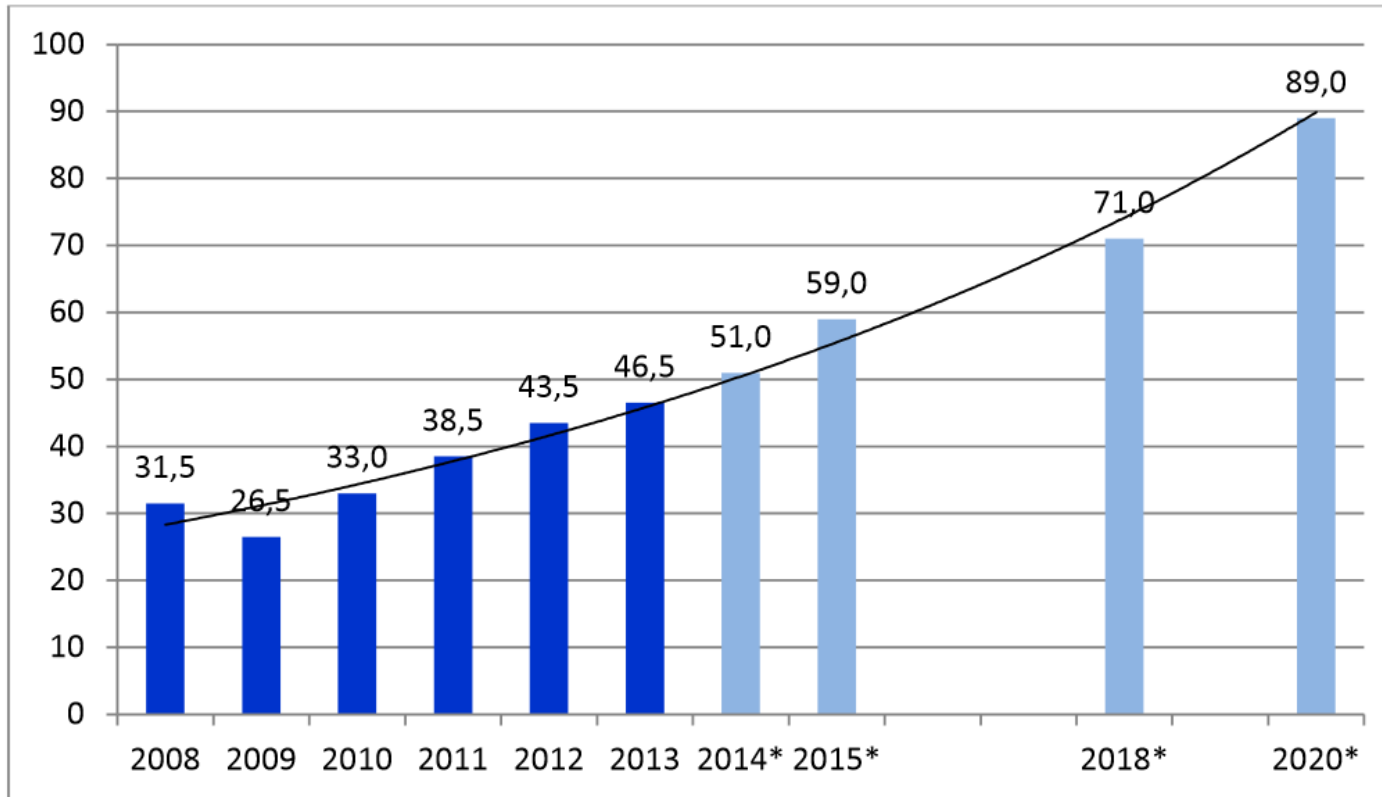


Abbildung 1: Globaler Bedarf von Carbonfasern in Tsd. Tonnen 2008 bis 2020 (\* Schätzungen). [1] [2]

Erwartete Wachstumsraten: ca. 10 Prozent pro Jahr!

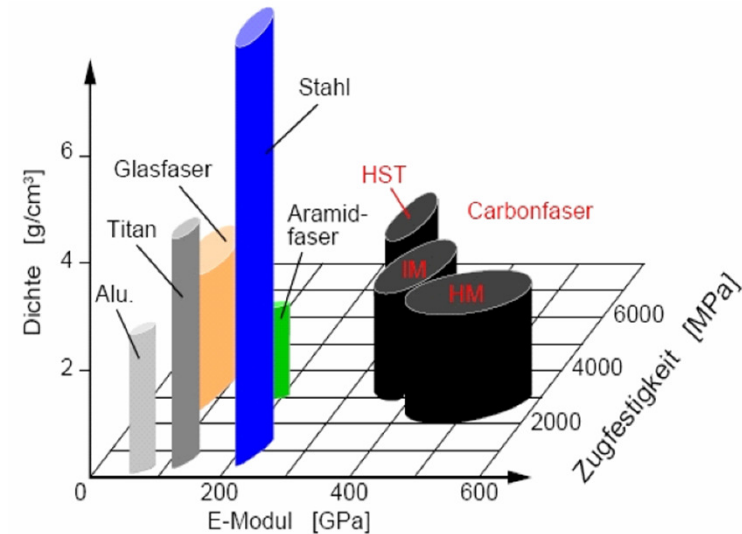
# Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV)

## Vorteile:

- extrem hohe Steifigkeit & Festigkeit bei geringer Dichte
- sehr hohe Dauerfestigkeit
- gute Dämpfungseigenschaften
- anforderungsgerechte Gestaltung
- einstellbare Eigenschaften (elektrischer Isolator oder Leiter;  
thermischer Ausdehnungskoeffizient „Null“ möglich)
- gute Chemikalienbeständigkeit
- röntgentransparent, antimagnetisch



Mechanische Eigenschaften von Verstärkungsfasern und Metallen

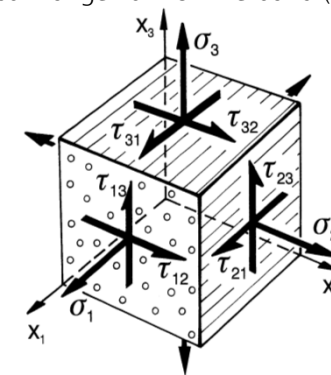


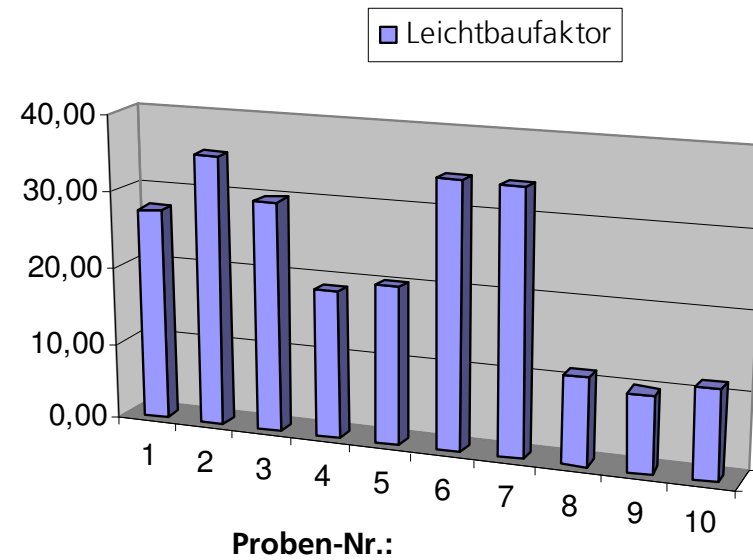
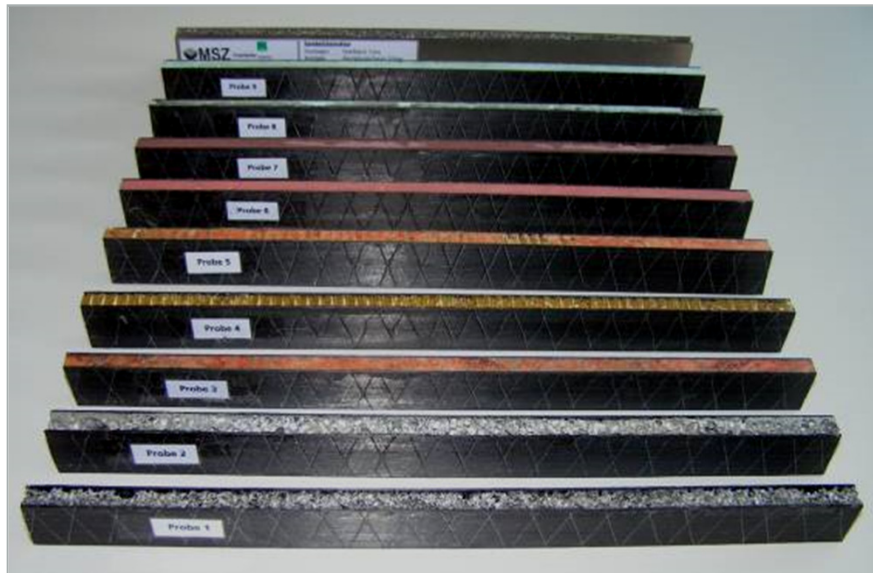
## Nachteile:

- relativ hoher Materialpreis (besonders Kohlenstofffasern)
- überragende mechanische Eigenschaften nur in Faserlängsrichtung → aufwendigere Dimensionierung



Spannungen am UD-Verbund (Gelege)

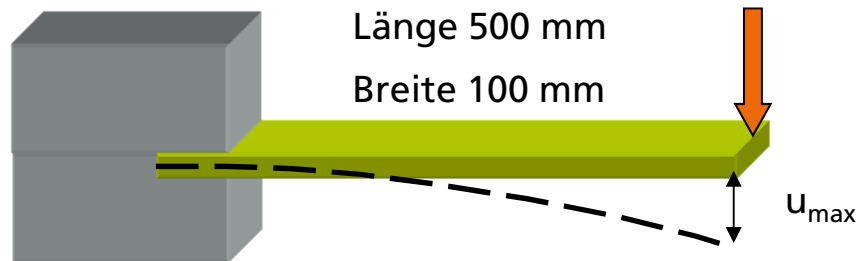




Proben-Nr.:	Decklagenmaterial	Kernmaterial	Kernmaterial Besonderheit	Kleber	Durchbiegung bei 100N [mm]	Laminatgewicht [g]	Leichtbaufaktor
1	CFK (UHM)	Al-Schaum	von Fremdfirma	Epoxidharz	0,404	90	27,50
2	CFK (UHM)	Al-Schaum	vom IWU	Epoxidharz	0,186	153	35,14
3	CFK (UHM)	Al-Schaum	von Fremdfirma	PUR-Kleber	0,310	108	29,87
4	CFK (UHM)	Aramidwaben		Epoxidharz	0,834	63	19,03
5	CFK (UHM)	Aramidwaben		PUR-Kleber	0,450	109	20,39
6	CFK (UHM)	KBM 0,4		Epoxidharz	0,274	106	34,43
7	CFK (UHM)	KBM 0,7		Epoxidharz	0,230	127	34,23
8	CFK (UHM)	Styrodur	mit CFK-Steg in der Mitte	Exoxidharz	1,344	66	11,27
9	CFK (UHM)	Styrodur		Epoxidharz	1,590	63	9,98
10	Stahl	Al-Schaum		angeschäumt	0,343	250	11,66

# Grundlagen – Eigenschaften und Kennwerte

## Eigenschaftsvergleich: CFK vs. Metall



Bezeichnung		Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Verbund- E-Modul [GPa]	Verbund- Festigkeit [MPa]
Stahl (S235)		7,80	210	470
Aluminium (AlMGSi 0,5)		2,70	70	190
CFK (Gelege)	Standardfaser	1,56	138	2.940
	Ultrahochmodul-Faser	1,74	384	1.560

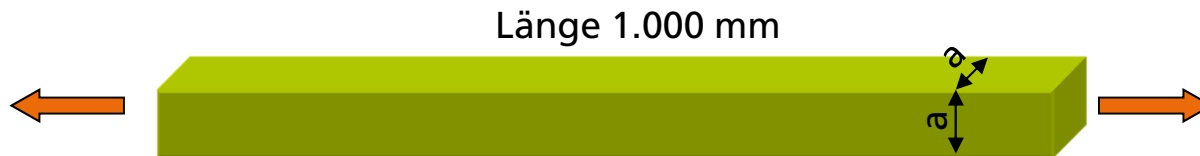
### Identische Biegesteifigkeit:

Bezeichnung		Dicke [mm]	Masse [g]	Material- Kosten [€]	
Stahl (S235)		10,00	<b>3.900</b>	<b>7,80</b>	
Aluminium (AlMGSi 0,5)		14,42	<b>1.947</b> -50%	<b>9,74</b>	25%
CFK (Gelege)	Standardfaser	11,50	<b>897</b> -77%	<b>49,34</b>	533%
	Ultrahochmodul-Faser	8,18	<b>711</b> -82%	<b>71,10</b>	812%

# Grundlagen – Eigenschaften und Kennwerte

## Eigenschaftsvergleich: CFK vs. Metall

Bezeichnung		Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Verbund- E-Modul [GPa]	Verbund- Festigkeit [MPa]
Stahl (S235)		7,80	210	470
Aluminium (AIMGSi 0,5)		2,70	70	190
CFK (Gelege)	Standardfaser	1,56	138	2.940
	Ultrahochmodul-Faser	1,74	384	1.560



**Identische  
Dehnsteifigkeit:**

Bezeichnung		a [mm]	Masse [g]	Material- Kosten [€]	
Stahl (S235)		10,00	<b>780</b>	<b>1,56</b>	
Aluminium (AIMGSi 0,5)		17,32	<b>810</b> 4%	<b>4,05</b>	160%
CFK (Gelege)	Standardfaser	12,34	<b>237</b> -70%	<b>13,04</b>	736%
	Ultrahochmodul-Faser	7,40	<b>95</b> -88%	<b>9,50</b>	509%



CFK -  
Kohlefaser verstärkte Kunststoffe  
Anwendungen

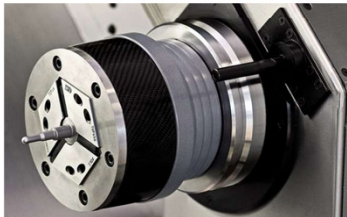
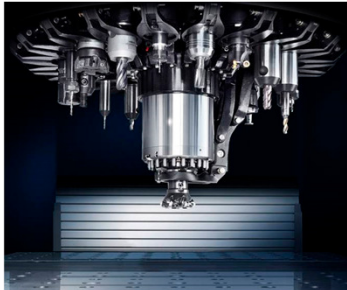
# Potentielle Anwendungsfelder

## Mögliche Bauteile für Umsetzung in CFK-Verbundbauweise:

- **Bewegte prismatische Strukturbauteile** (Pinole, Spindelkasten, Schlitten, Rundtisch, Ständer, Querbalken, ...)
- **Rotationssymmetrische Bauteile** (Werkzeugspindel, Stoßspindel, ...)
- **Handling-Baugruppen** (Werkzeugwechslerbauteile, Werkstückwechsler, Werkstückmanagementsysteme, Palettenbrücken, Balken, ...)
- **Maschinenverkleidung** (Berstschutz, ...)

# Anwendung – Anwendungs- und Produktbeispiele

## Potentielle Anwendungsfelder



### Potentielle Zusatzkomponenten

- **Werkzeugwechsler**
  - + Hochdynamisches Bauteil
  - + Meist uniaxiale Belastung
  - Werkzeug oft Hauptträgheitsmasse
- **Werkstückspeicherung (Drehbearbeitung)**
  - + Leichtbau ermöglicht bessere Werkstückspeicherung bei hohen Drehzahlen
  - Bereits erhältlich bei Hainbuch
- **Werkstückspeicherung (Fräsbearbeitung)**
  - + Höhere Achsdynamik in A- und B-Achse
  - Kleine Bauteile
  - Bereits erhältlich bei Hainbuch
- **Energie- und Medienzufuhrsysteme**
  - + Leichtbaupotential auch im TCP-fernen Bereich
  - Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu Blechbauteilen nicht sehr hoch

### Relevanz als Materialhybrid / Faserverbund

Hoch

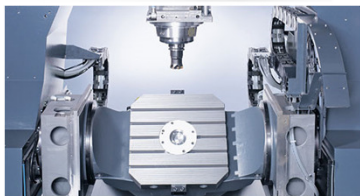
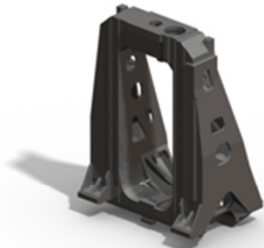
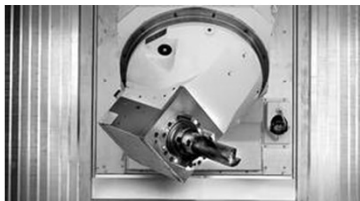
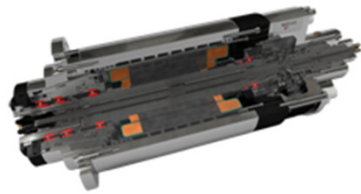
Niedrig

Mittel

Niedrig

# Anwendung – Anwendungs- und Produktbeispiele

## Potentielle Anwendungsfelder



Quellen: Weiss, Heller, Chiron

### Potentielle Strukturkomponenten

- **Hauptspindel**
  - + Umfangreiche Untersuchungen vor 20 Jahren (Diss. Herberg (1991), Kaiser (1988))
  - Bisher keine Verwendung in modernen WZM
- **Spindelkasten**
  - + Forschungsprojekt TU-Berlin (2002)
  - + Wird immer mitbewegt
  - + Hohe erreichbare thermische Stabilität
- **Verfahrständer**
  - Bisher nicht als Faserverbundsstruktur gebaut
  - Wirtschaftlichkeit fragwürdig
- **Dreh-Schwenktisch**
  - + Hohe Anforderungen an Dynamik bei Impeller, Blisk und Blade Fertigung

Relevanz als Materialhybrid / Faserverbund

Hoch

Mittel

Hoch

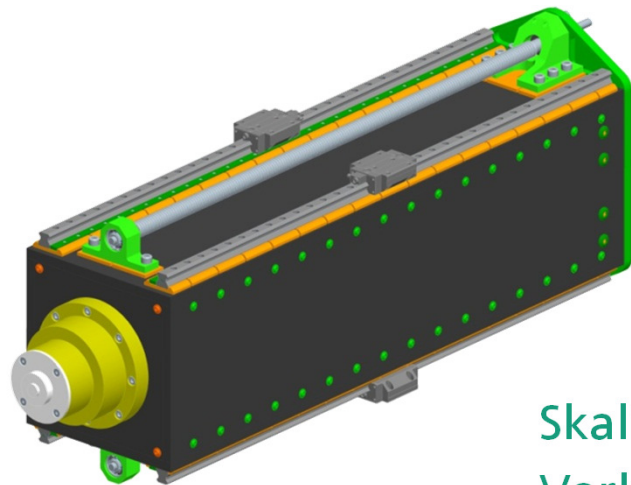
Hoch

# Anwendung – Anwendungs- und Produktbeispiele

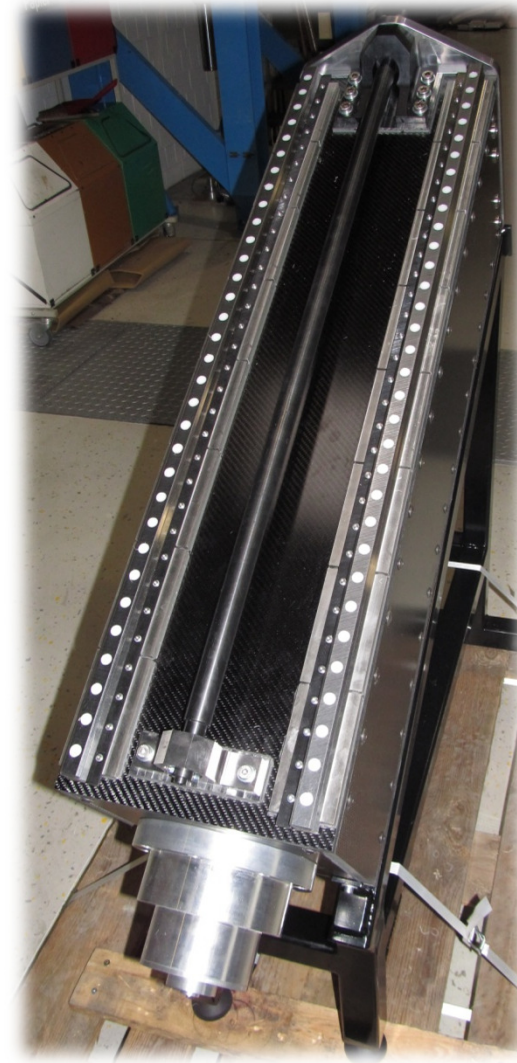
## Z-Schieber in Faserverbundbauweise

### Realisierung

- FKV-Differentialbauweise
  - CFK-Platten
  - CFK-Sandwiches
  - Stahlteile an Krafteinleitungspunkten
- Fügen durch Kleben



Skalierte Baugruppe für  
Vorlauftorschung



# Anwendung – Anwendungs- und Produktbeispiele

## CFK-Querbalken einer Laserschneidanlage

### Merkmale

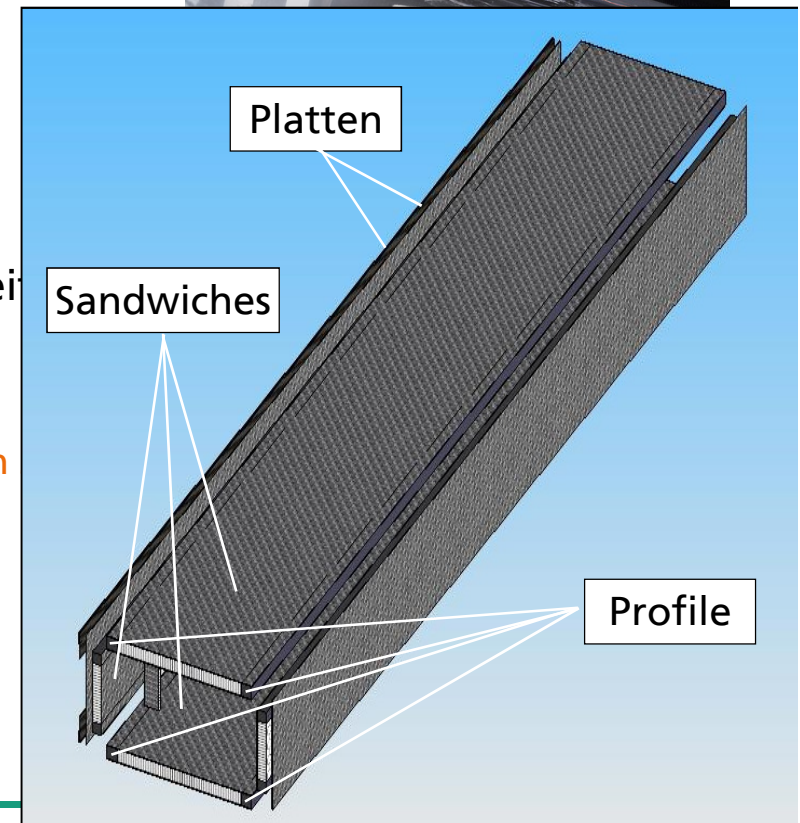
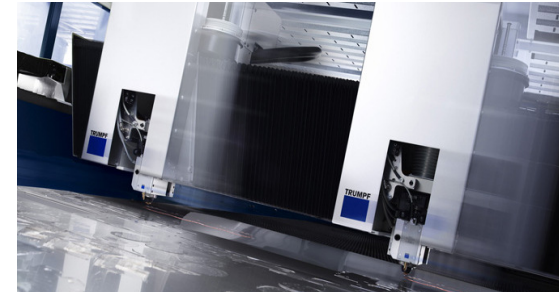
- 2 asynchron arbeitende Lasereinheiten
- sehr hohe Dynamik des Balkens:  
Beschleunigungen bis 2,5 g

### Vorteile gegenüber Stahl-Variante

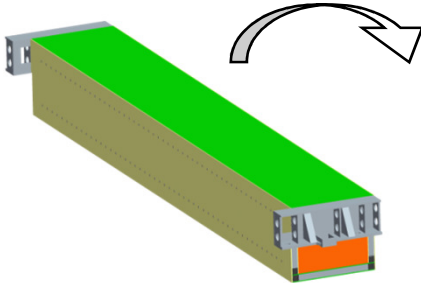
- 50 Prozent Masseinsparung
- bis zu 100 Prozent Erhöhung der Bauteilsteifigkeit  
→ dyn. Steifigkeitserhöhung um Faktor 4  
→ Resultat: **70% Produktivitätssteigerung**  
(CFK-Baugruppe etwa 4x teurer, Amortisierung nach ...)

### Differential-Bauweise

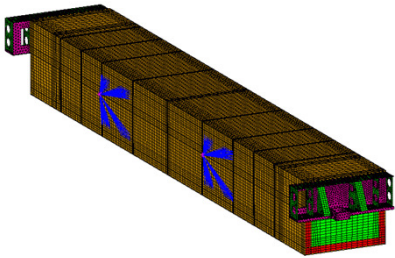
- CFK-Aluwaben-Sandwiches; CFK-Gurte
- Stahl-Auflager
- Fügen der kompletten Struktur durch Kleben



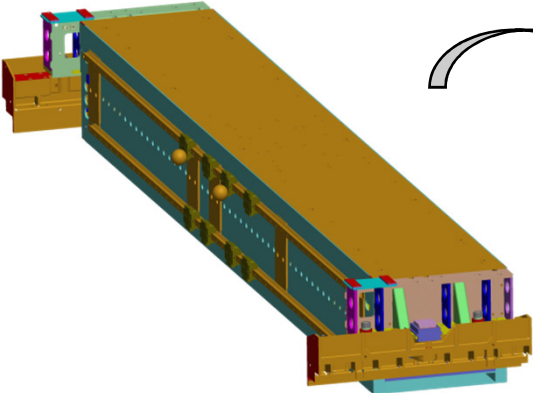
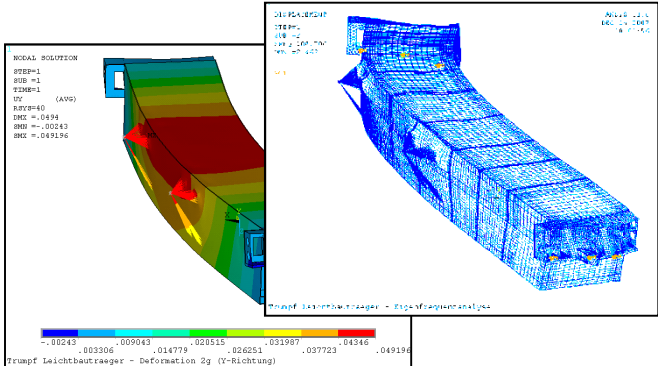
# Technologieentwicklung CFK-Leichtbauträger



CAD



FEM



Detaillierung



Prototypen- u. Kleinserienbau



Messtechnik

# Werkzeugmaschinenkomponenten in Faserverbundbauweise

## CFK-Koppel KUKA-Palettierroboter KR180-2 PA



### Eigenschaftsvorteile:

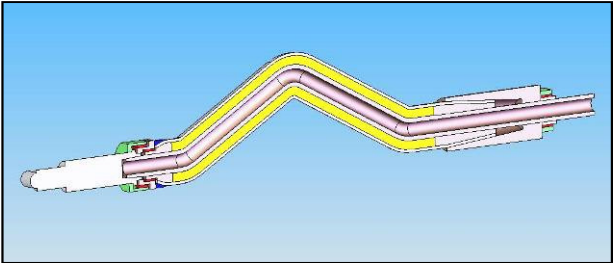
- ca. 60 % Massereduzierung gegenüber Aluminium
- sehr hohe Beschleunigungen
- sehr gutes Dämpfungsverhalten
- relativ geringe Antriebsleistung
- hohe Traglast bei gleichzeitig großer Reichweite



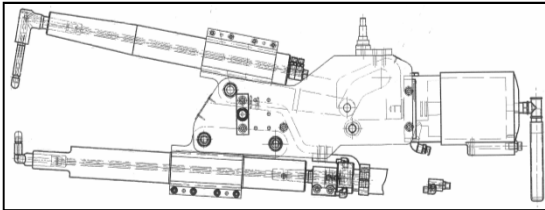
**signifikante Produktivitätssteigerung  
bei verbesserter Positioniergenauigkeit**



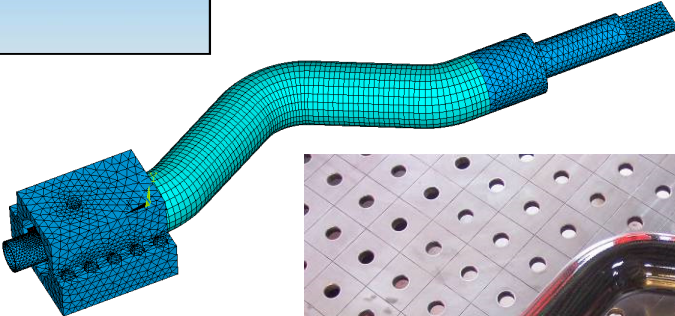
# Grundlagenuntersuchung: Schweißzange in CFK-Verbundbauweise



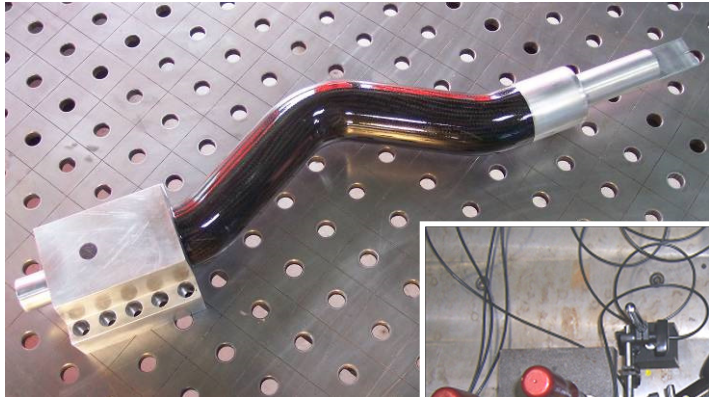
CAD-Konzept



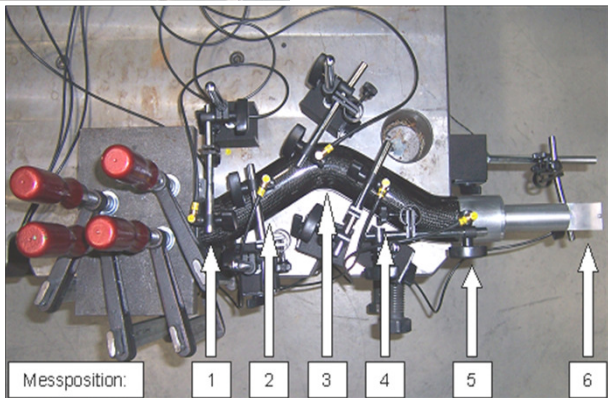
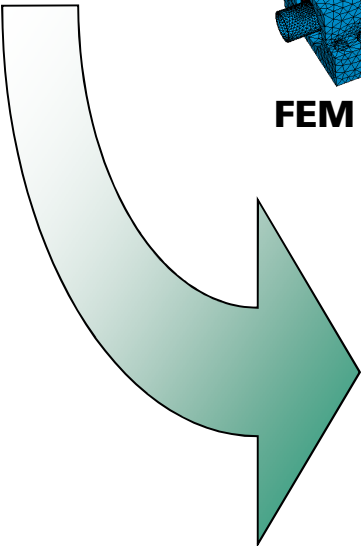
Konventionelle Schweißzange



FEM



Prototypenbau/  
Demonstrator



Messtechnik

# Grundlagenuntersuchung: Schweißzange in CFK-Verbundbauweise

## Ergebnisse:

### Eigenschaften des Strukturbauteils:

- **Schlauchblastechnik** mit guter Oberflächenqualität und hohem Faservolumenanteil
- ca. **29 % Massereduzierung** gegenüber herkömmlicher Stahlkonstruktion
- ca. **9 % Steifigkeitserhöhung** gegenüber herkömmlicher Stahlkonstruktion (gerader Zangenarm)
- sehr gute **Dämpfungseigenschaften**

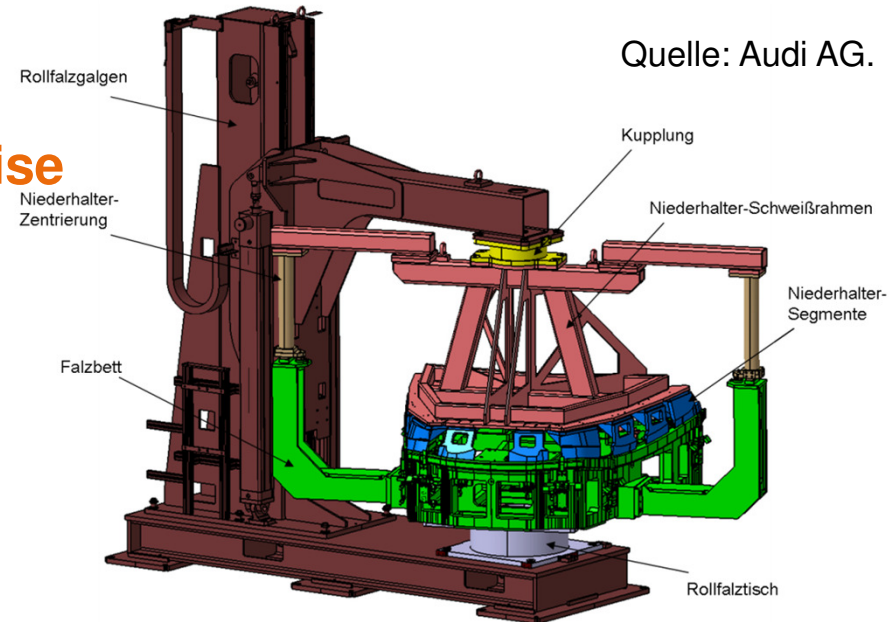


**Produktivitätssteigerung  
bei steigender Qualität**

# Innovationsprojekt

## Leichtniederhalter in CFK-Bauweise

### Zielstellung



- Entwicklung eines **Leichtbauniederhalters einer Rollfalzvorrichtung** unter ganzheitlicher Betrachtung der Gesamtperipherie (Galgen, Falzbett, -tisch, Niederhaltersegmente)
- **Signifikante Massereduzierung (ca. 30 %)** und verbesserte dynamische Eigenschaften
- **Steigerung** der **Funktionalität** und **Effizienz** der Anlagen

# Innovationsprojekt Leichtniederhalter in CFK-Bauweise

- **Leichtbauniederhalter für das Rollfalzen**  
(Motorhaube Bentley 624, Motorhaube Porsche Cayenne)

→ 30 % Masseeinsparung

→ nur 7 % höhere Kosten für Prototyp

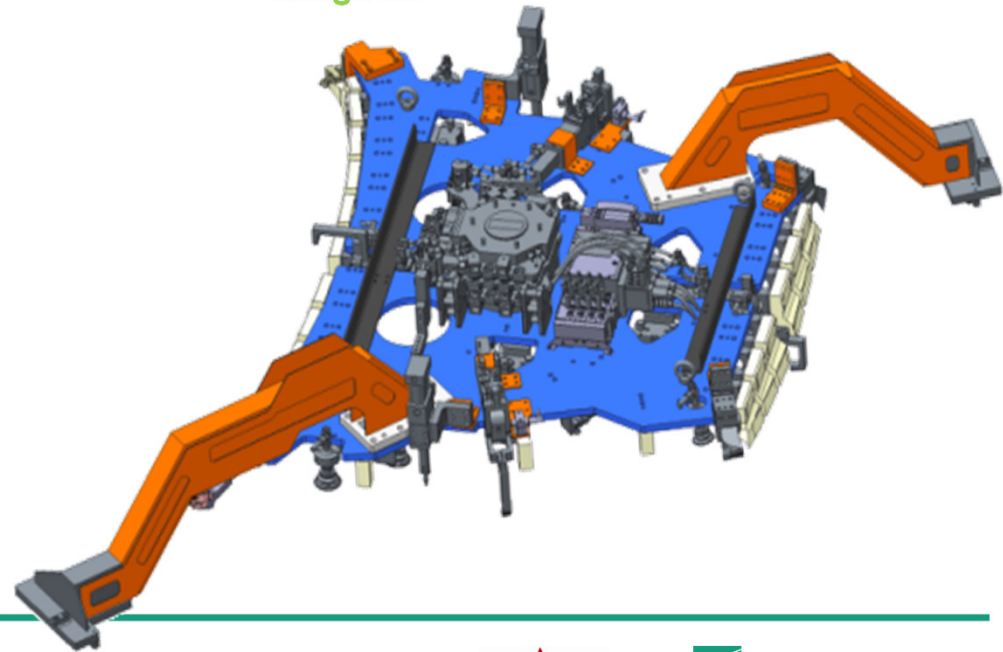
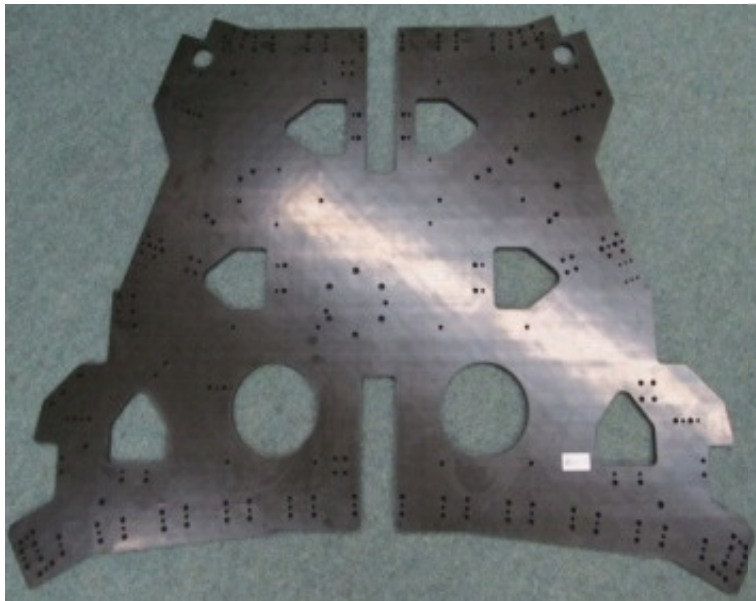
→ Anwendung einfacher, dickwandiger CFK-Platten

**POTENTIAL: Standardkonzept für Betriebsmittel**

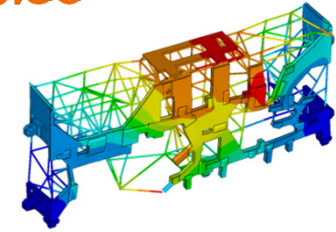
Energieeinsparung durch

kosteneffizienten Leichtbau,

Einsatz kleinerer Roboterklassen  
möglich



# Innovationsprojekt **Schweißvorrichtung in CFK-Bauweise**



## Ausgangssituation / Problemstellung

- Konventionelle Strukturen: Stahl-/Al-Schweißkonstruktion, walzprofilierte Halbzeuge

→ **flexibel und wirtschaftlich**

**Nachteil:**

**hohes Gewicht**

- Konzept „FVK-Fachwerk“: Hohe Steifigkeit, geringes Gewicht, metallische Knotenelemente

**Ziel:** Reduzierung von Antriebsenergien & Taktzeiten  
Massereduzierung bei gleichbleibender Steifigkeit

→ **ca. 50 % Masseinsparung**

**Nachteil: laminierte Einzelteile sehr teuer,  
schweres, nur bedingt geeignetes  
Knotenkonzept**

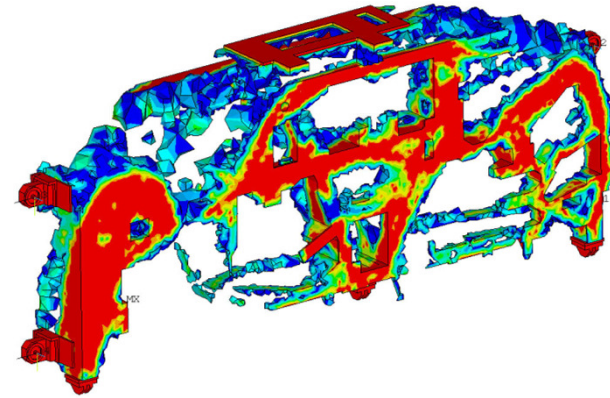
# Innovationsprojekt **Schweißvorrichtung** in CFK-Bauweise

## Ausgangssituation

Stahlprofil-Schweißkonstruktion

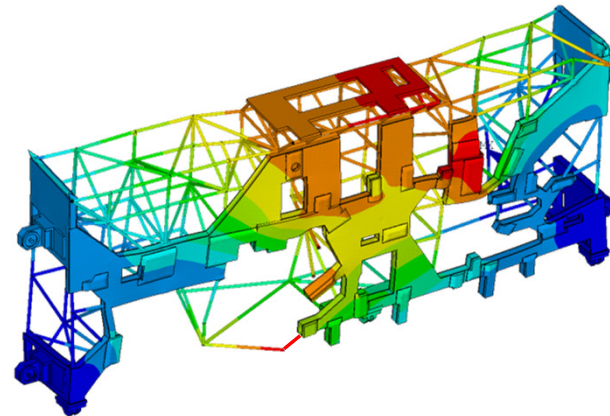
## Angewandte Leichtbauprinzipien

- **Material**-Leichtbau:  
Hybridbauweise (CFK, Stahl, Aluminium)
- **Struktur**-Leichtbau:  
Topologieoptimierung, Fachwerk, Sandwiches



## Ergebnisse CFK-Lösung

- Bauteilsteifigkeit: **unverändert**
- Bauteilmasse: **-51 Prozent**



---

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!!!!

---

CFK

Auf dem Weg zur Serie



Fragen, Hinweise, ...