

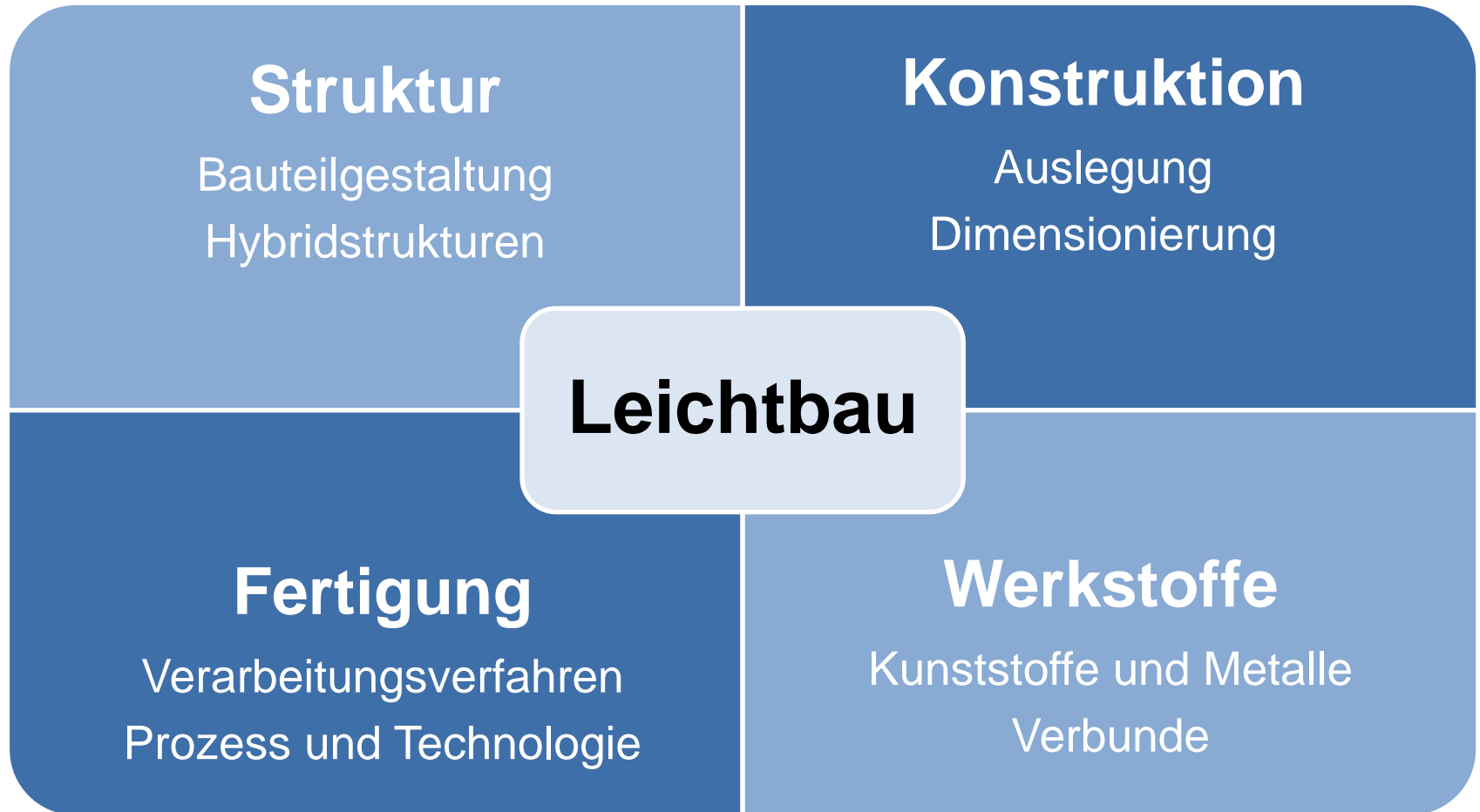


THÜRINGER ZENTRUM FÜR MASCHINENBAU

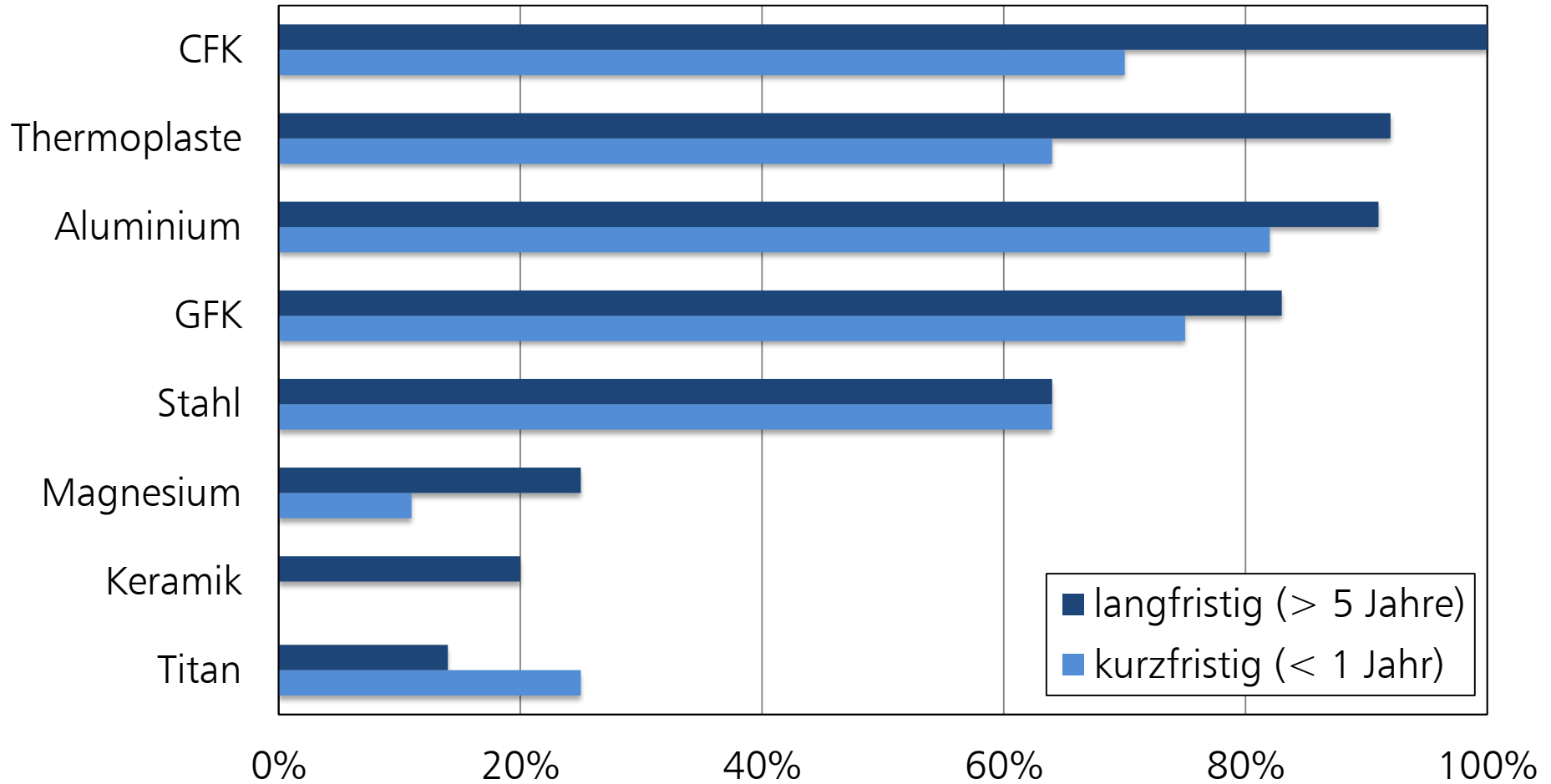
FLEXIBEL – PRÄZISE – RESSOURCENSCHONEND

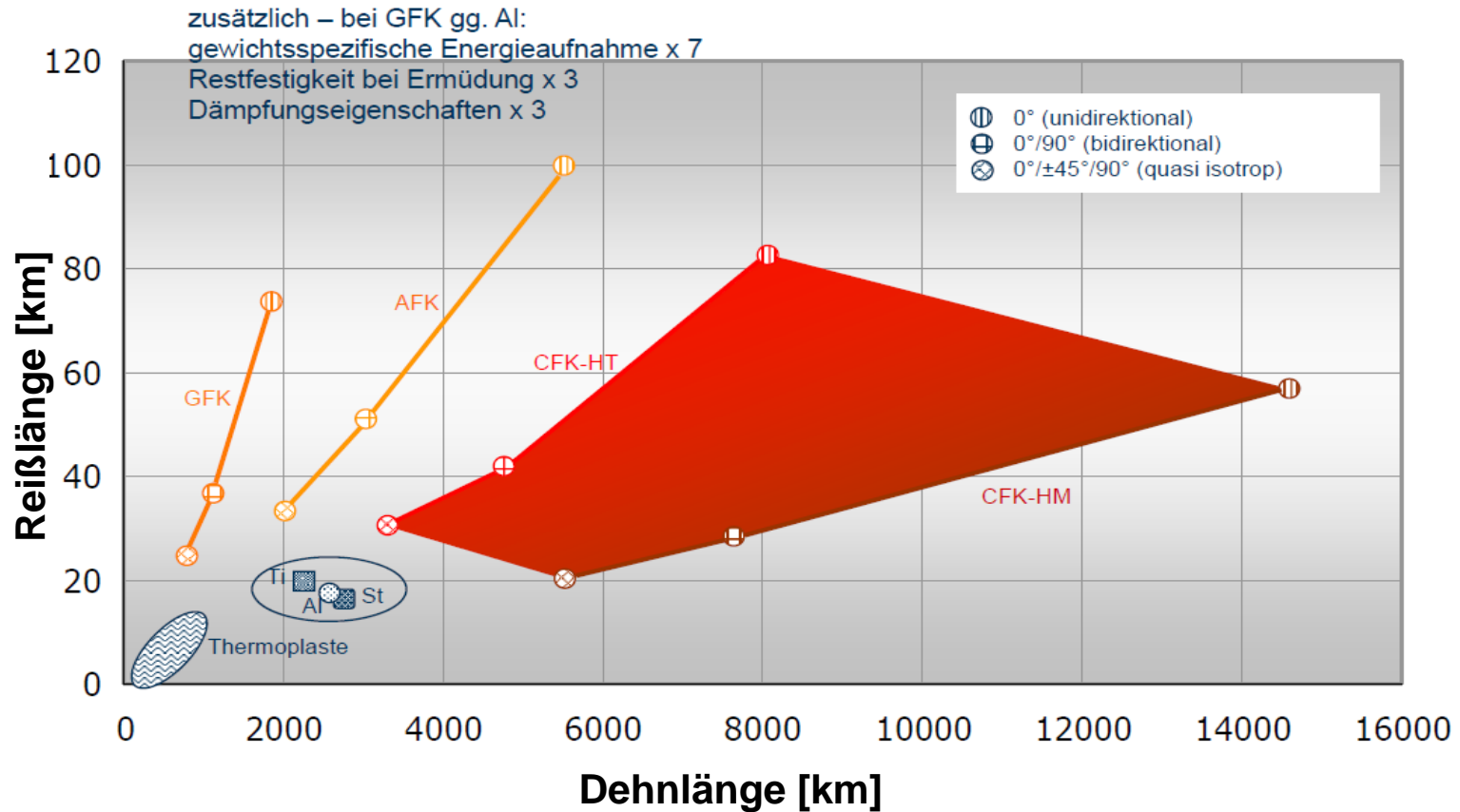
in Ilmenau, Jena und
Schmalkalden





Werkstoffrelevanz für die Realisierung von Leichtbaulösungen





Generell gilt:

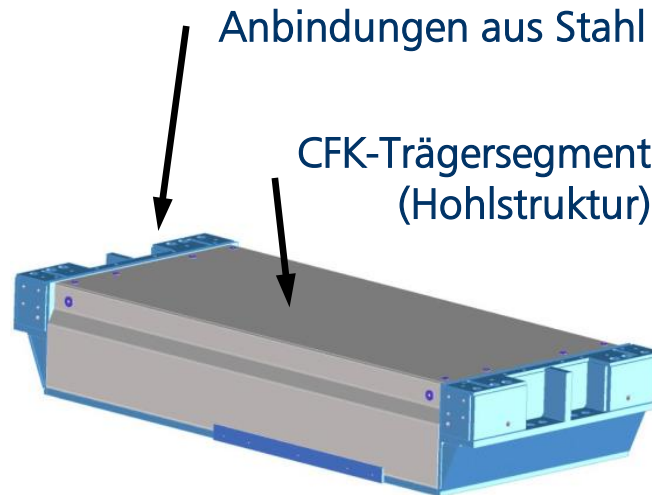
- Beim Einsatz von Faserverbunden als Strukturelement muss mindestens eine wichtige Eigenschaft deutlich besser erfüllt werden als die des zu substituierenden Werkstoffes

Robotik



Verminderte
Zykluszeit bei
erhöhter Traglast

Werkzeugmaschine



Minderung des
Bauteilgewichts um 32 %

Schwingprüftechnik



Minderung des
Bauteilgewichts um 44 %

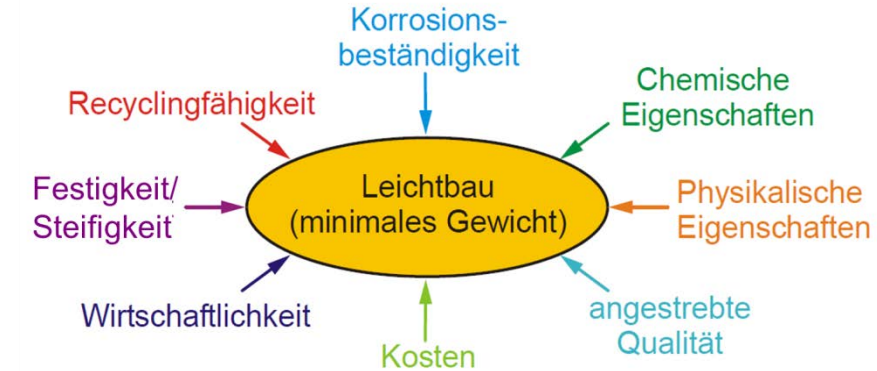
Ursache

- **Energiekosten & Ressourcenverknappung**

Wirkung

- **Fokussierung auf Effizienz und Einsparung**

Folge



- **Leichtbaulösungen für Fahrzeuge und Maschinen**

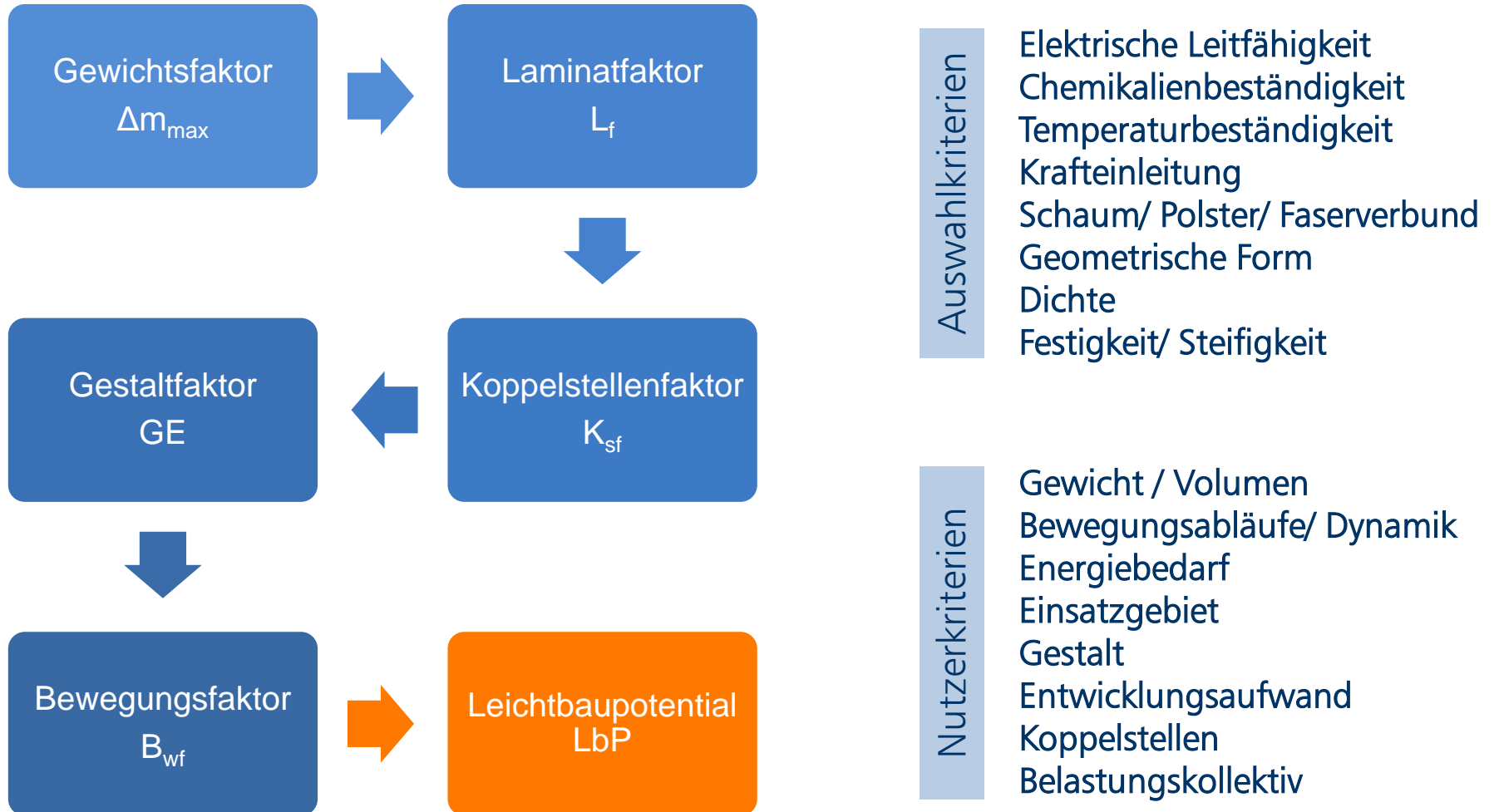
Strategie zur Bestimmung von Potentialen von Einzelbauteilen

Branchenübergreifend

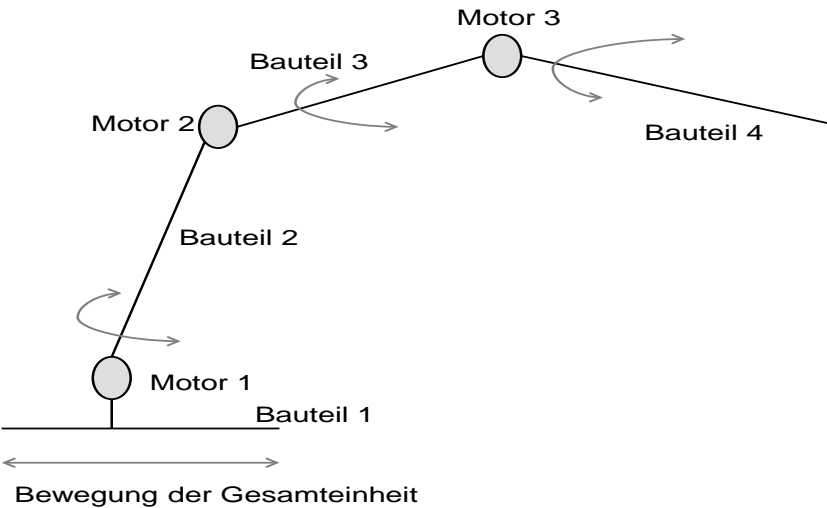
Systemische
Anwenderexpertise

Abdeckung der vier
Leichtbaufelder

Methodik zur Auswahl von Leichtbaupotenzialen bestehender Bauteile



Kennziffer für das Leichtbaupotential resultierend aus dem Produkt dominanter Einzelkriterien



$$Bwf = \frac{\text{Bewegungsänderung} + \text{Verkettung}}{\text{Max}(\text{Bewegungsänderung}) + \text{Max}(\text{Verkettung})}$$

- Konstruktion (Belastung)
- Konstruktion (Bauteilmaß)
- Fertigung (Verfahren)

$$LbP = \left(\left(100 - \frac{100}{\frac{\rho_{alt}}{\rho_{neu}} * \text{Min} \left(\frac{\sigma_{neu}}{\sigma_{alt}} ; \frac{E_{neu}}{E_{alt}} \right)} \right) * Lf * Ksf - GE \right) * Dwf$$

- Leichtbaupotential
 - Werkstoff (Dichte, Festigkeit, Steifigkeit)
 - Konstruktion (Volumen)
 - Fertigung (Faservolumengehalt)
- Struktur
- Dynamikwichtung

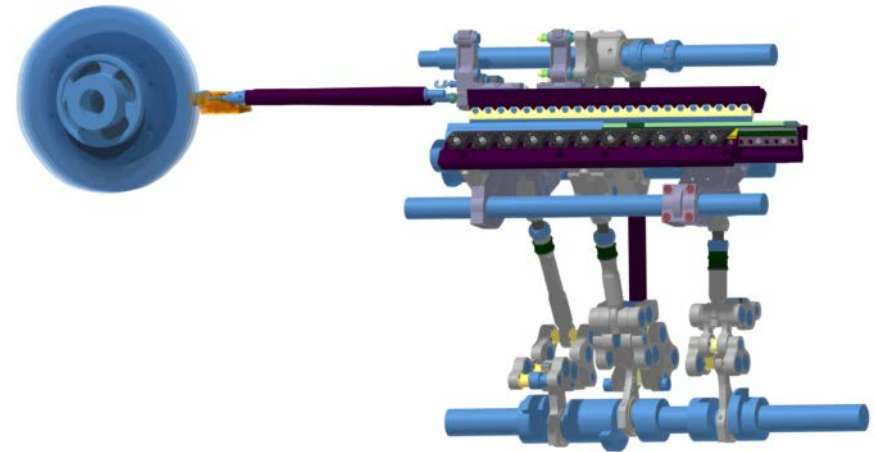


- Motivation

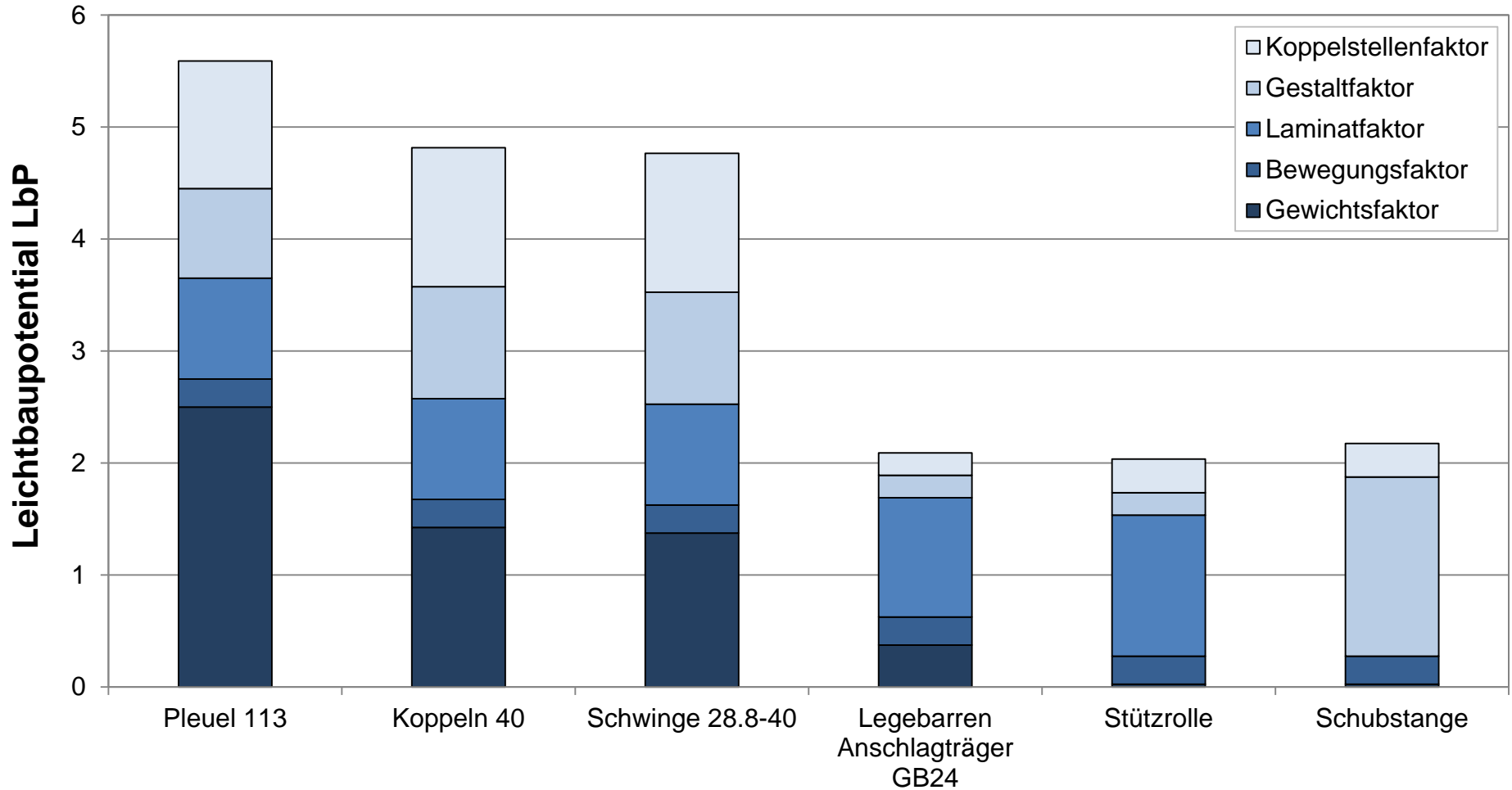
- Steigerung der Ausbringung der Webmaschine (Taktzeit)
- Verringerung des Gewichts der bewegten Maschinenkomponenten zur Verschleißreduzierung

- Zielsetzung

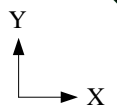
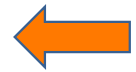
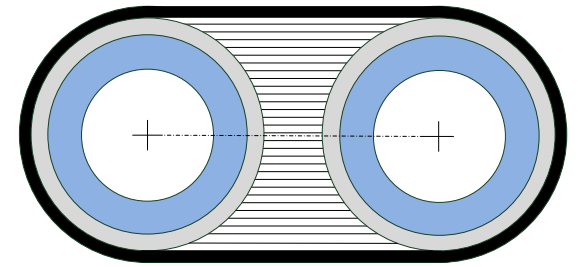
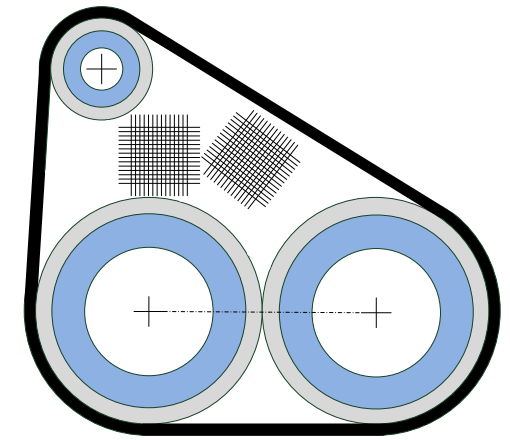
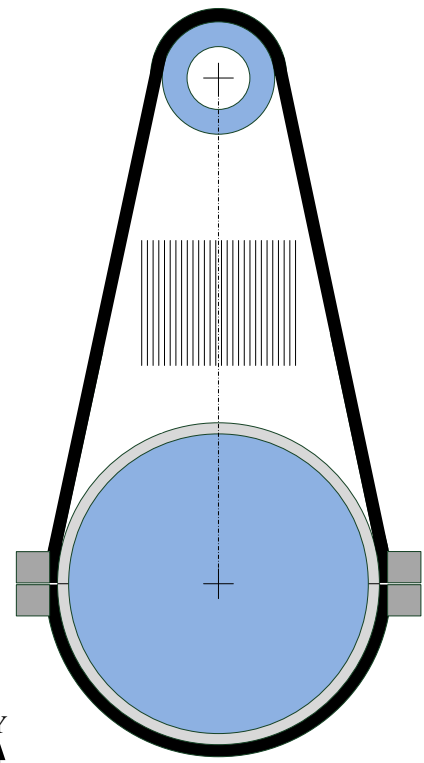
- Identifikation des Leichtbaupotentials aller Maschinenkomponenten
- Umsetzung der drei Bauteile mit dem höchsten Leichtbaupotential in FVK



Bewertung des Leichtbaupotentials

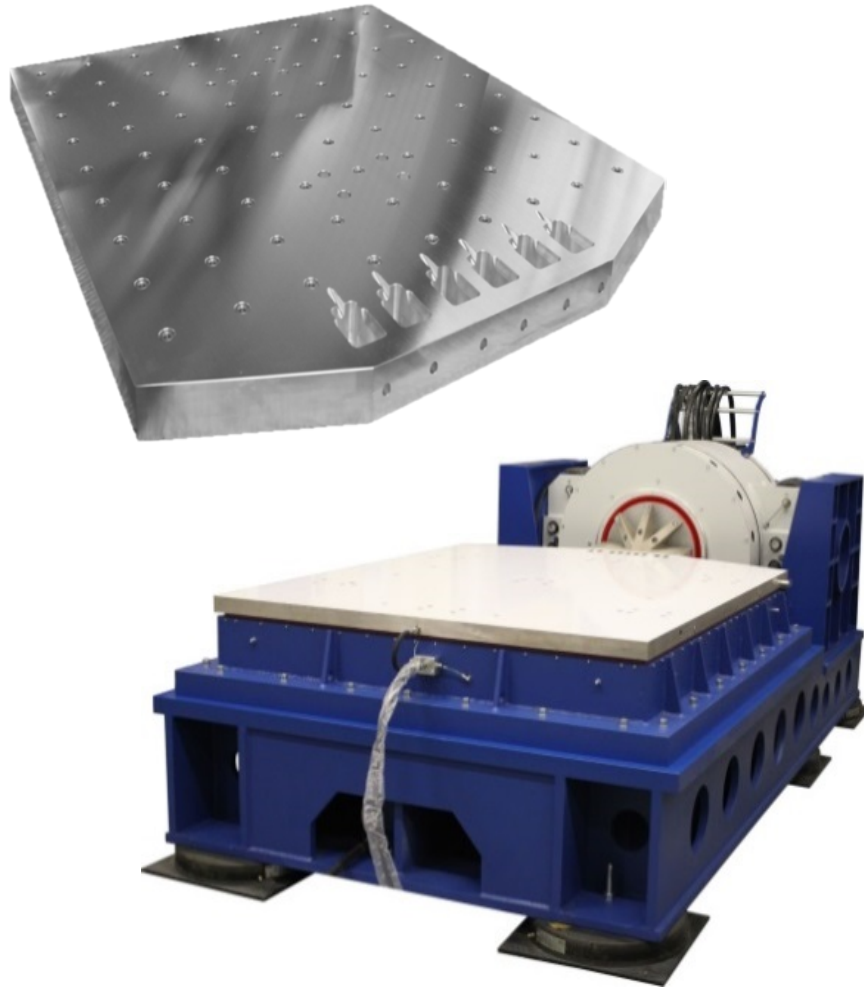


Auslegung der gewählten Bauteile als Faserverbundstrukturen



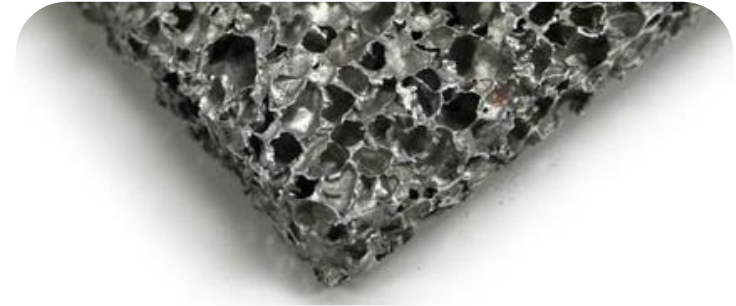
- Stahl
- Al-Rohr
- UD CFK-Laminat
- UD CFK-Umwicklung
- Verbindungsstelle
- Multiaxiales CFK-Laminat

Gewichtseinsparung $\approx 70\%$

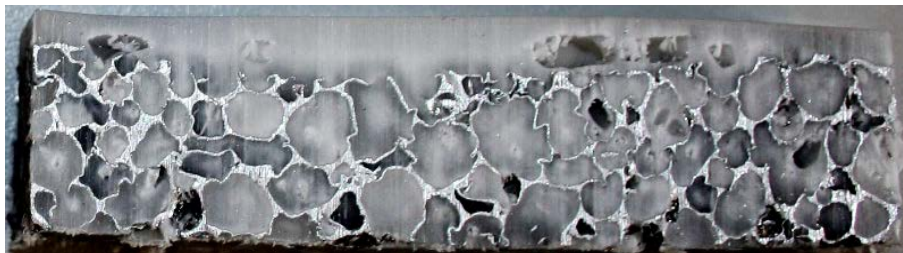
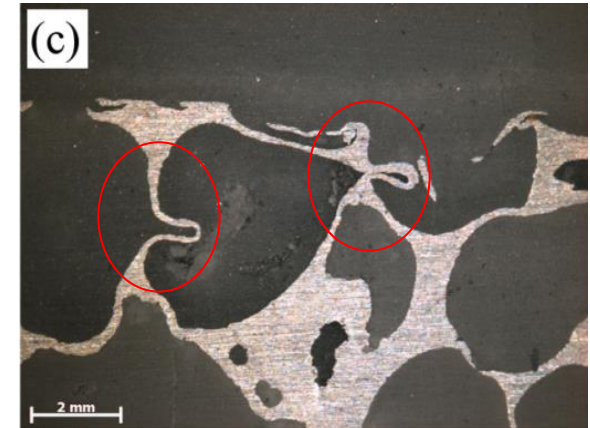
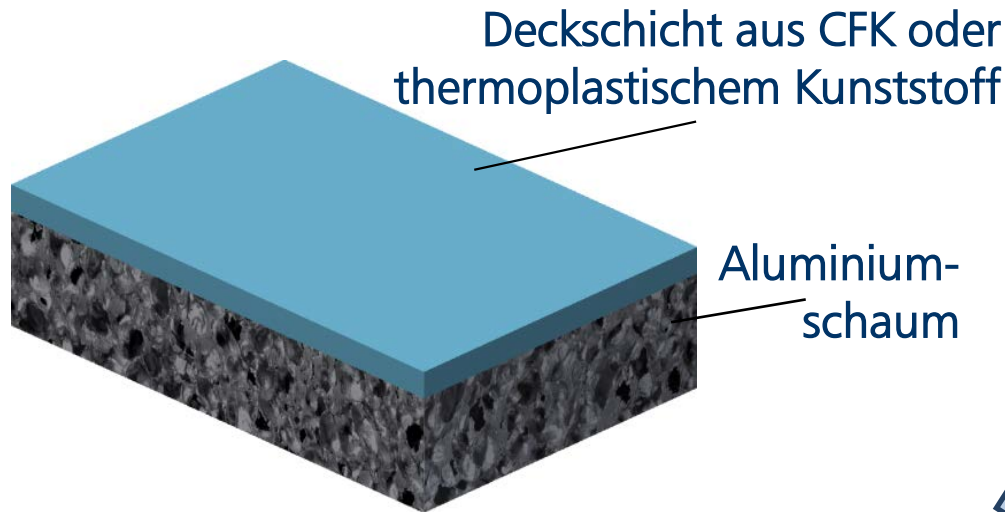


- Entwicklung eines Hybridverbundes aus Aluminiumschaum und Kohlefaser-Kunststoffverbund
- Identifikation der notwendigen Prozessparameter für die Fertigung der Bauteile im RTM-Verfahren
- Einsatz des neuartigen Werkstoffverbundes in einem schnelllaufenden Schwingprüfstand
- Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften des hybriden Sandwichverbundes
- Aufstellung eines Werkstoffmodells für die Anwendung in der FEM-Simulation

- Aluminiumschaum
 - niedrige Dichte
 - hohe Steifigkeit und Festigkeit
- Kunststoffverarbeitung
 - Spritzguß- und RTM-Verfahren
 - komplexe Geometrien
 - serienreife Prozesse
- Kunststoffschicht
 - ermöglicht die Krafteinleitung
 - erhöht die maximalen Kräfte
 - ermöglicht die Integration von Befestigungselementen



Herausforderungen bei der Verbundherstellung



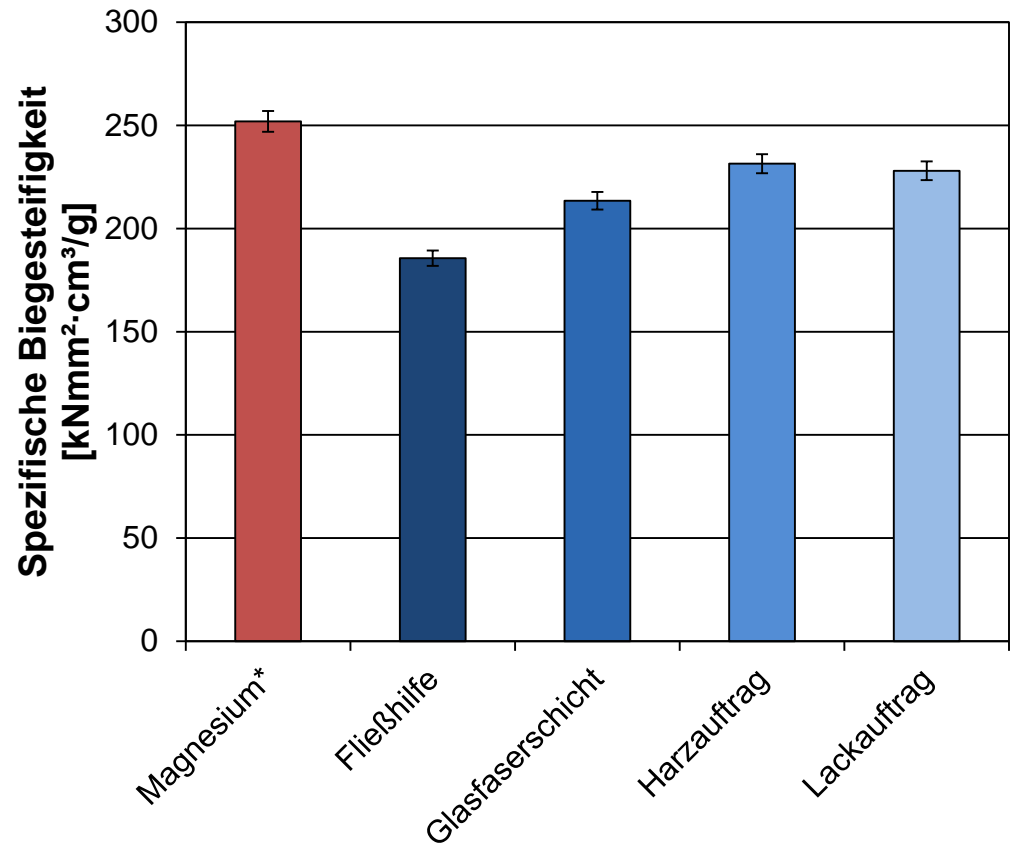
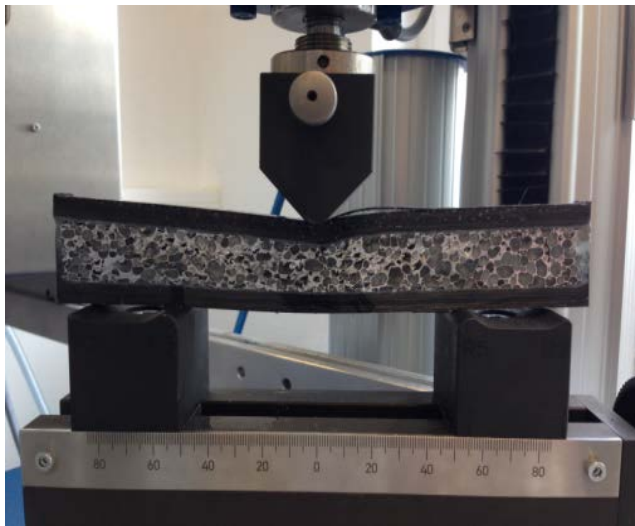
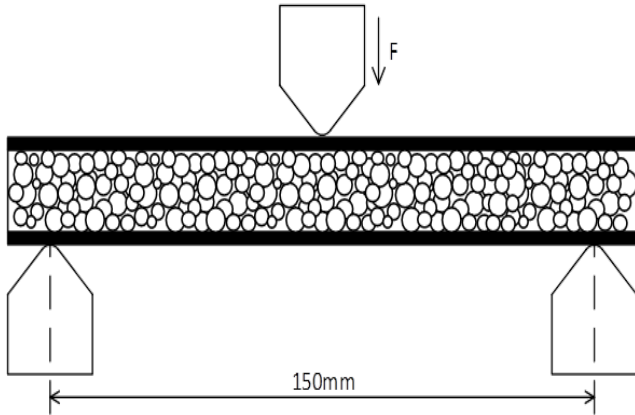
Infiltration mit Kunststoff



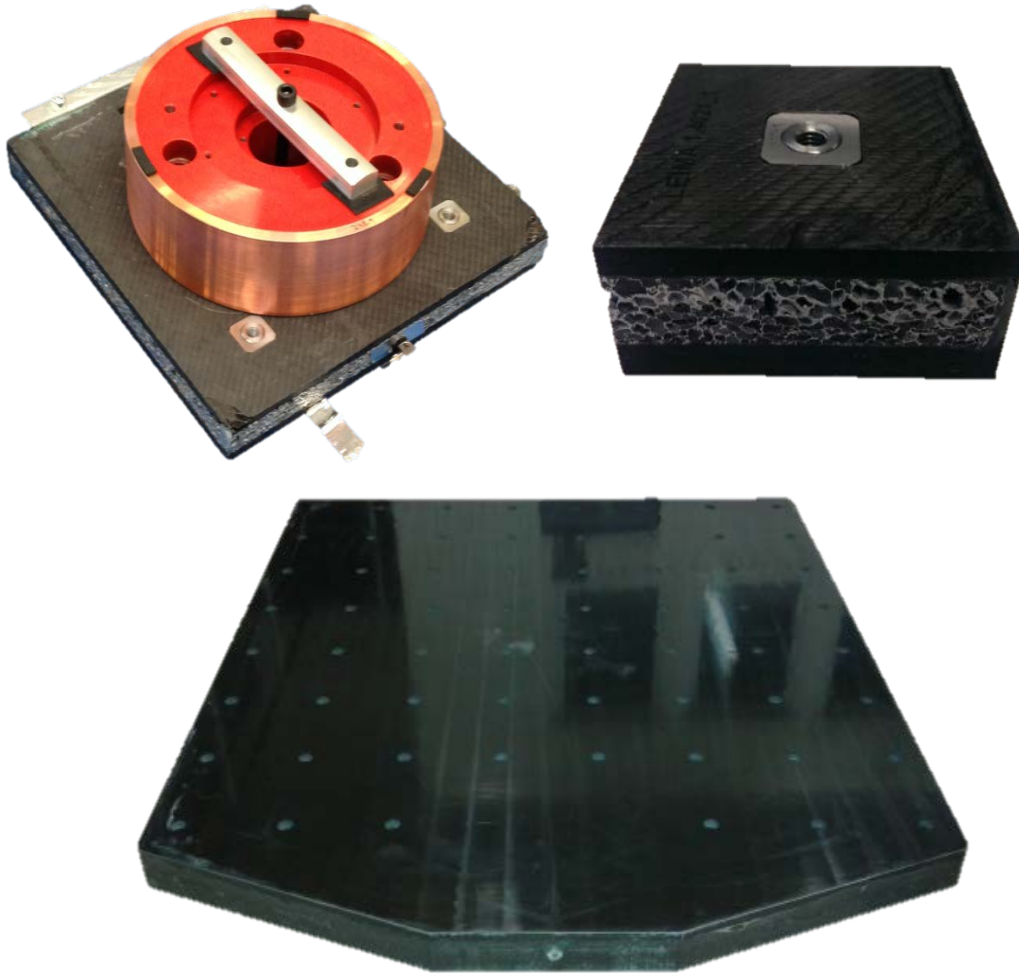
Deformation



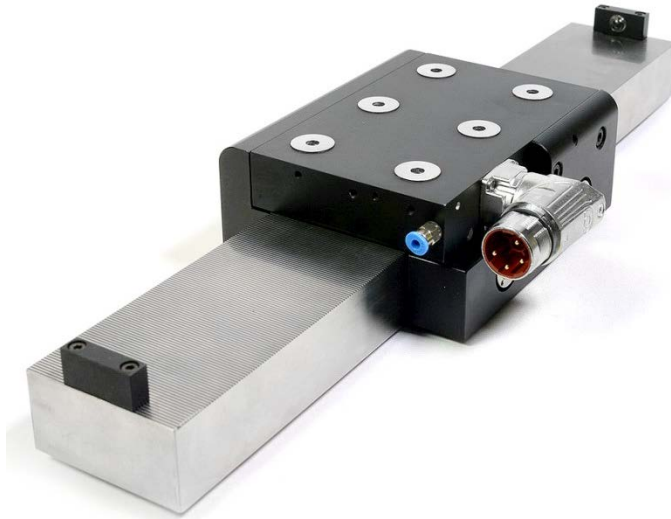
Delamination



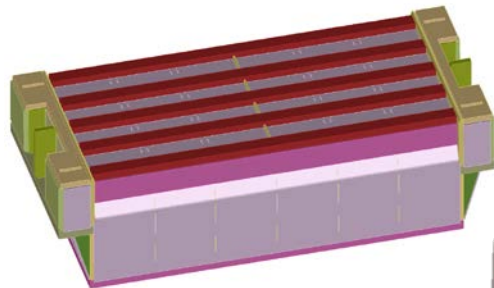
$$\text{Biegesteifigkeit: } B_y = \frac{E_D \cdot b \cdot h^2 \cdot t_D}{2}$$

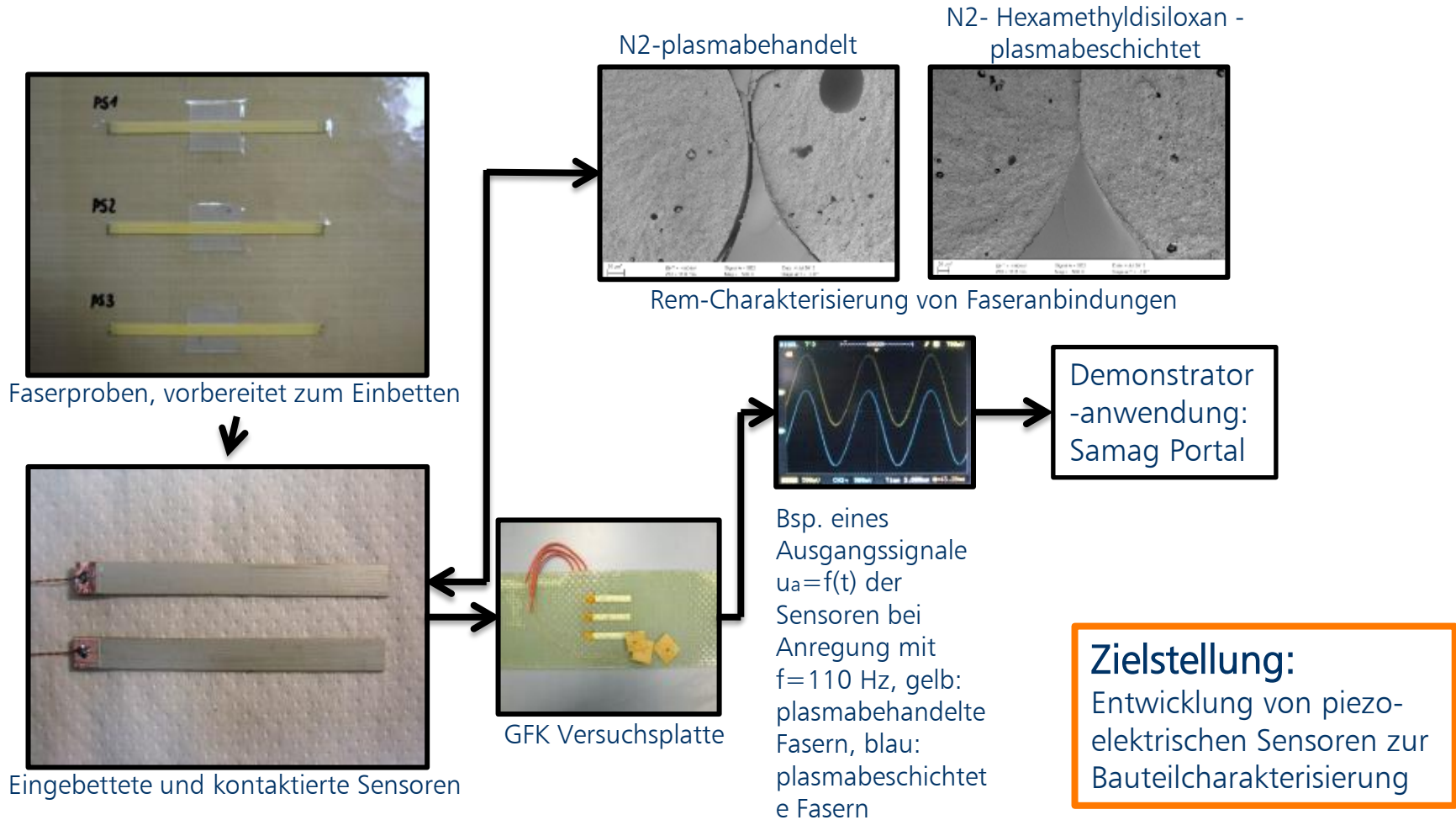


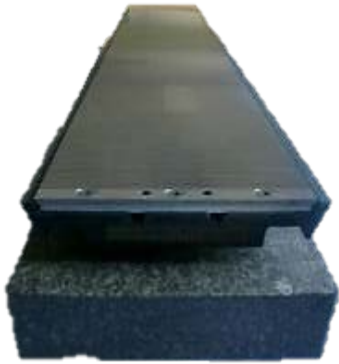
- Reduktion des Platten-
gewichts von 47 kg auf 26
kg
- Erhöhung der Prüffrequenz
von 2000 Hz auf 3000 Hz
- Erhöhung der Eigenfrequenz
um 200 Hz
- Halbierung der Material-
und Herstellungskosten



- Entwicklung eines Linearmotors und einer Y-Traverse einer Werkzeugmaschine aus FVK
- Identifikation der notwendigen Prozessparameter für die Fertigung der Bauteile im RTM-Verfahren
- Auslegung, Berechnung und Simulation der FVK-Komponenten
- Integration von Sensorik und Versorgungsfunktionen
- Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften der Demonstratoren
- Aufstellung eines Werkstoffmodells für die Anwendung in der FEM-Simulation







- Reduktion des Systemgewichts des Linearmotors von 28,6 kg auf 12,8 kg (-55%)
- Erhöhung der Modularität des Linearmotors durch einzelne Antriebselemente
- Verringertes Laufgeräusch durch bessere Dämpfungseigenschaften
- Reduktion des Gewichts der Y-Traverse von 715 kg auf 480 kg (-32%)

- Großes Potential für Leichtbau im Bereich des Maschinenbaus
 - Gewichtseinsparung → Energieeinsparung
 - Verkleinerte Antriebselemente
 - Einstellbare Wärmeausdehnung
- Es ist möglich, mit Hochleistungsverbunden Stahl und Leichtbaumetalle sinnvoll zu ersetzen
- Eine faserverbundgerechte Konstruktion besitzt ein höheres Leichtbaupotential als die reine Substitution des metallischen Werkstoffes
- Anhand der Arbeit auf dem Gebiet des FiLiMA- und LEIMA-Projektes konnte das Potential der Faserverbunde für den Maschinenbau nachgewiesen werden
- Leichtbau ist teuer, Mehrkosten können jedoch durch einen hohen Integrationsgrad von Funktionselementen, je nach Anwendung, relativiert werden

Danke für Ihre Aufmerksamkeit.

