
POTENTIALE FÜR FASERVERBUNDBAUTEILE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

04. Juni 2015, Voith Engineering Services GmbH, Chemnitz



20. VEMAS-Anwenderworkshop

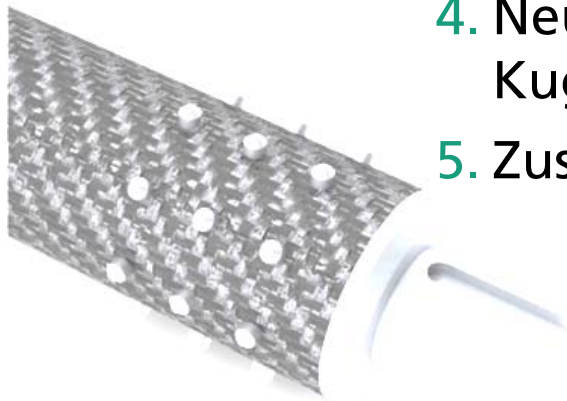
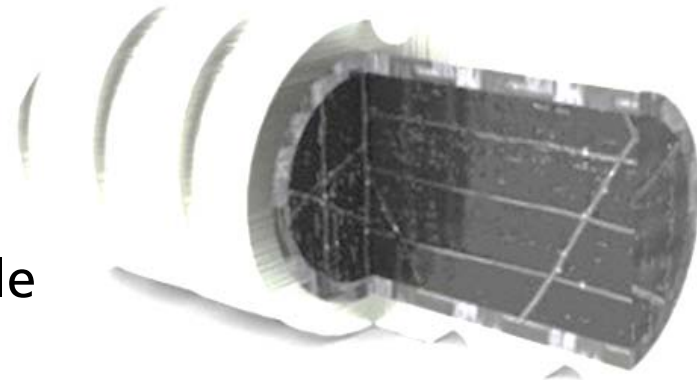
„Innovativer Werkstoffeinsatz – Potentiale für
den Maschinen- und Fahrzeugbau“

Kontakt

Dr.-Ing. Steffen Ihlenfeldt
Abteilungsleiter Werkzeugmaschinen
Hauptabteilung Werkzeugmaschinen und Automatisierung
Telefon + 49 371 5397-1484 | Fax -6-1494
steffen.ihlenfeldt@iwu.fraunhofer.de
www.iwu.fraunhofer.de

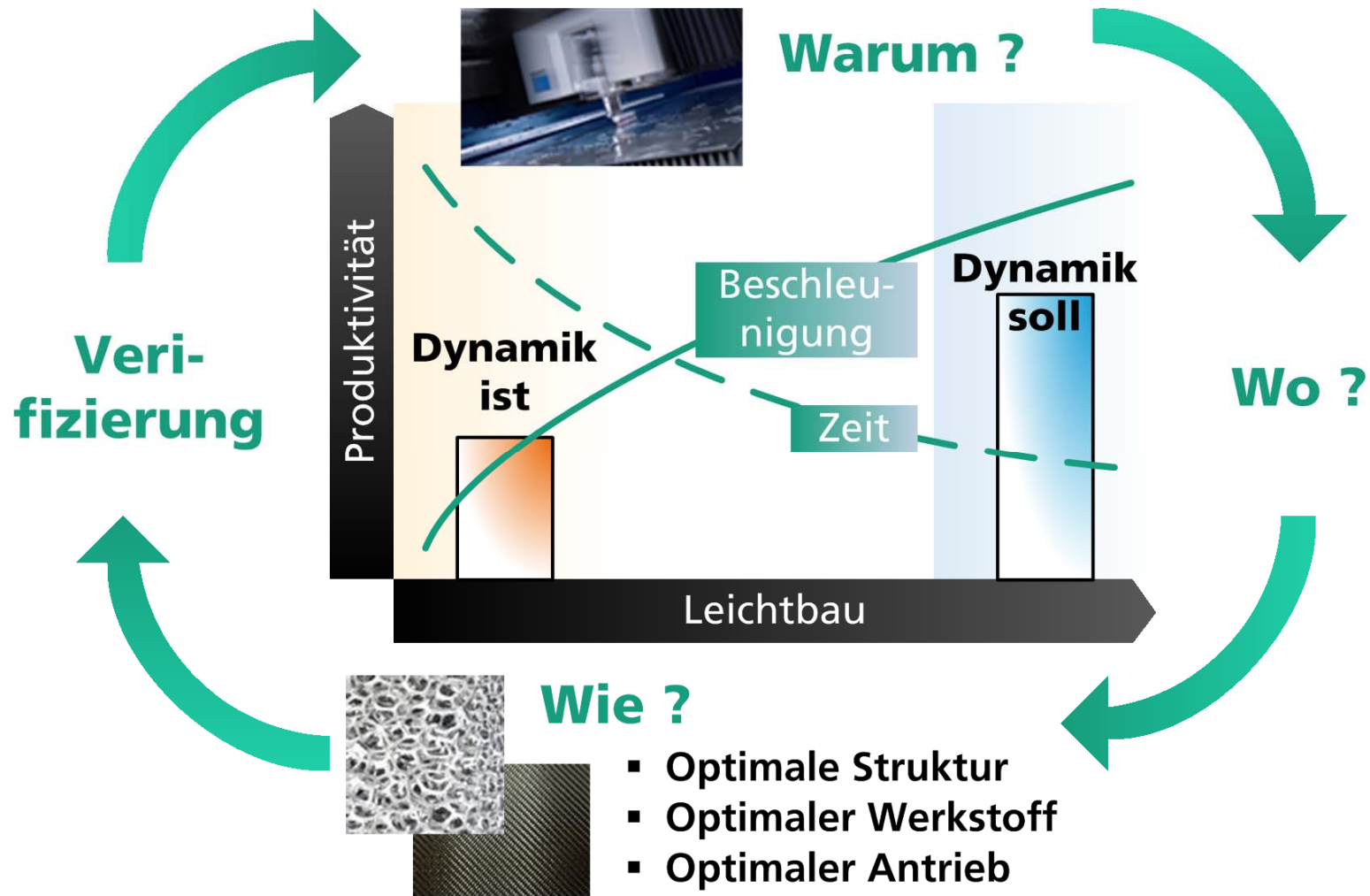
POTENTIALE FÜR FASERVERBUNDBAUTEILE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

1. Einleitung
2. Anwendungsbeispiele
3. Dynamik in WZM-
Vorschubachsen durch Leichtbau
4. Neuartiger CFK-Hybrid
Kugelgewindetrieb
5. Zusammenfassung und Ausblick



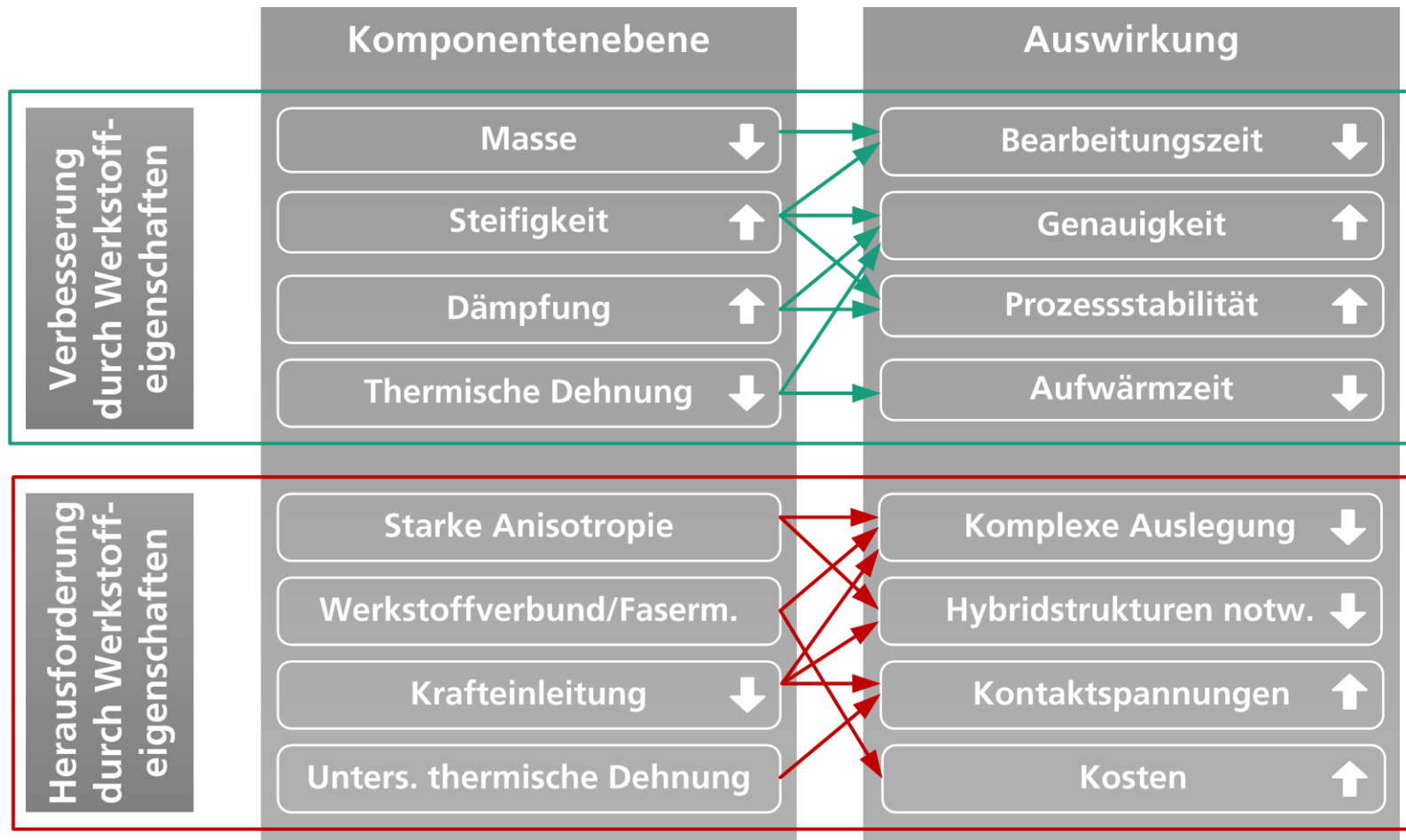
1. Einleitung

Motivation für Leichtbau im Maschinen- und Anlagenbau



1. Einleitung

Aspekte beim Einsatz von CFK im Maschinen- und Anlagenbau



1. Einleitung

Einsatzfelder für CFK-Hybrid Verbundstrukturen in WZM

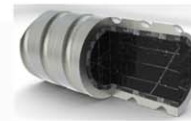
Hauptspindel

CFK-Metall
Hybrid-Spindel



- Hochdynamikspindel
- **Reduzierte Ratterneigung**

Antriebsselemente

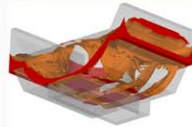


CFK-Metall
Hybrid-Gewindetrieb

- Trägheitsreduktion
- Hochdynamische Fest-Fest Lagerung durch **Neutralisierung der thermischen Dehnung**

Strukturkomponenten

CFK-Metallschaum
Hybrid-Struktur



- Belastungsgerechte Materialauswahl
- **Ganzheitliche Auslegung** für optimale dynamische Eigenschaften

Peripherie/Handling

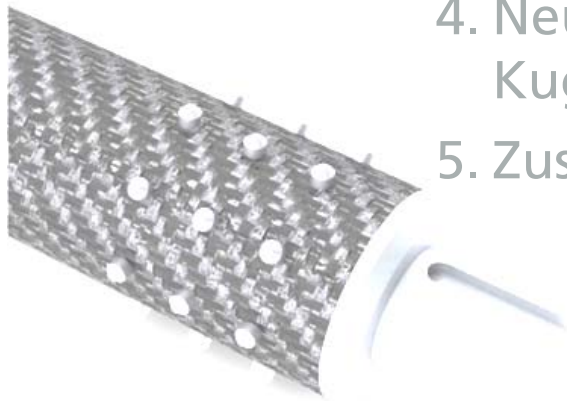
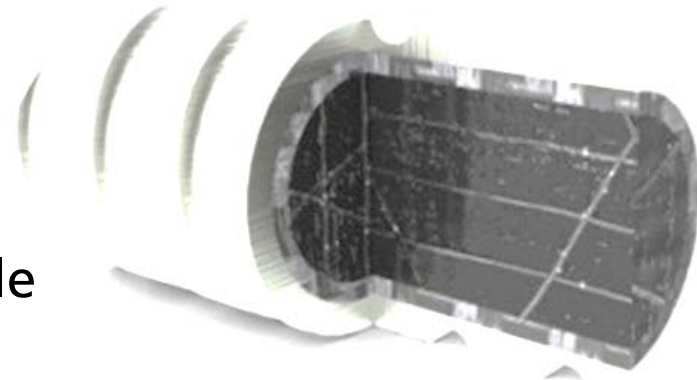


CFK-Greifersystem

- Massereduktion auskragender Handlingstrukturen
- Reduktion der Schwingungen
- **Reduktion von Nebenzeiten** durch höhere Dynamik, z.B. WZ-Wechsel

POTENTIALE FÜR FASERVERBUNDBAUTEILE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

1. Einleitung
2. Anwendungsbeispiele
3. Dynamik in WZM-
Vorschubachsen durch Leichtbau
4. Neuartiger CFK-Hybrid
Kugelgewindetrieb
5. Zusammenfassung und Ausblick



2. Anwendungsbeispiele

CFK-Querbalken einer Laserschneidanlage (I)

Merkmale

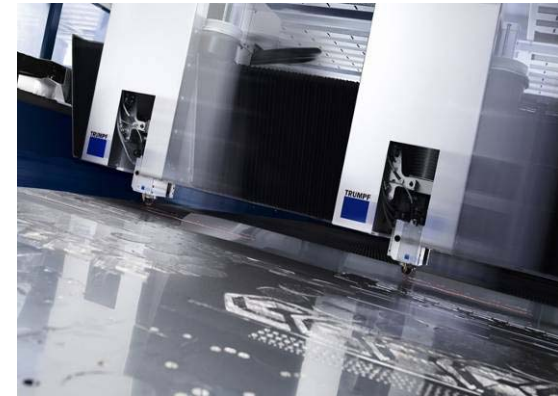
- 2 parallel arbeitende Lasereinheiten
- Sehr hohe Dynamik des Balkens:
Beschleunigungen bis 2,5 g

Vorteile gegenüber Stahl-Variante

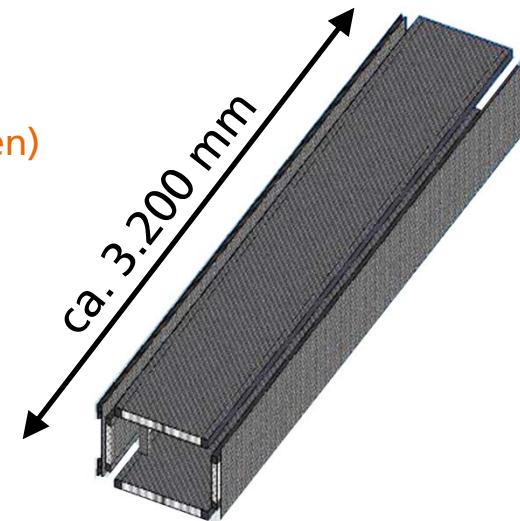
- 50 Prozent Masseeinsparung
 - Bis zu 100 Prozent Erhöhung der Bauteilsteifigkeit
- ➔ dyn. Steifigkeitserhöhung um Faktor 4
- ➔ Resultat: **70% Produktivitätssteigerung**
(CFK-Baugruppe etwa 4x teurer, Amortisierung nach 3,5 Monaten)

Differential-Bauweise

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



Quelle: Firmenpräsentation TRUMPF
(TruLaser 7040 NEU)

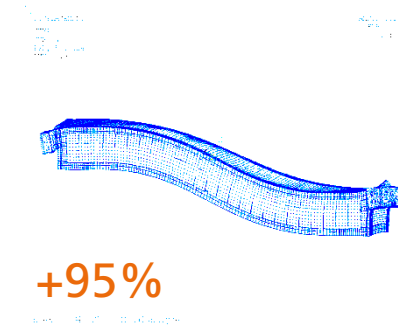
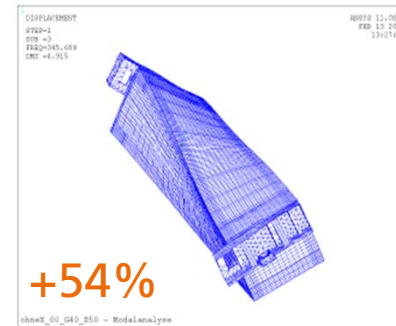
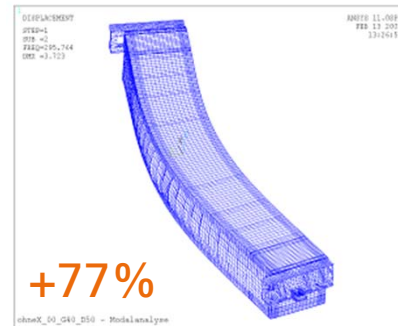
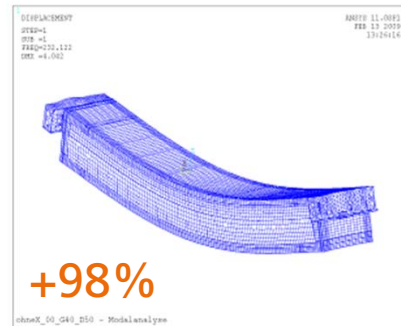


2. Anwendungsbeispiele

CFK-Querbalken einer Laserschneidanlage (II)

Modalanalyse mittels FEM

Darstellung der ersten vier Eigenfrequenzen (Vergleich zur Stahlvariante)



Modalanalyse mittels Messtechnik

CFK:



Stahl:



2. Anwendungsbeispiele

Z-Schieber in Faserverbundbauweise (I)

Merkmale

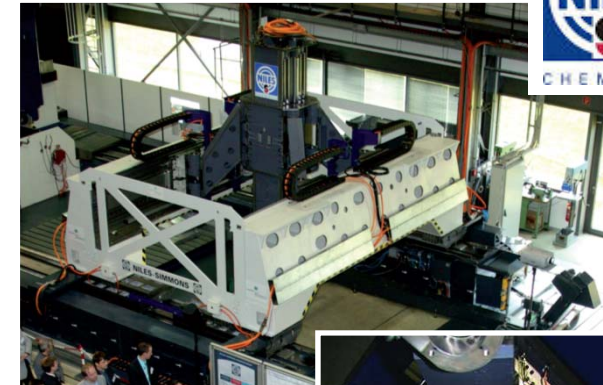
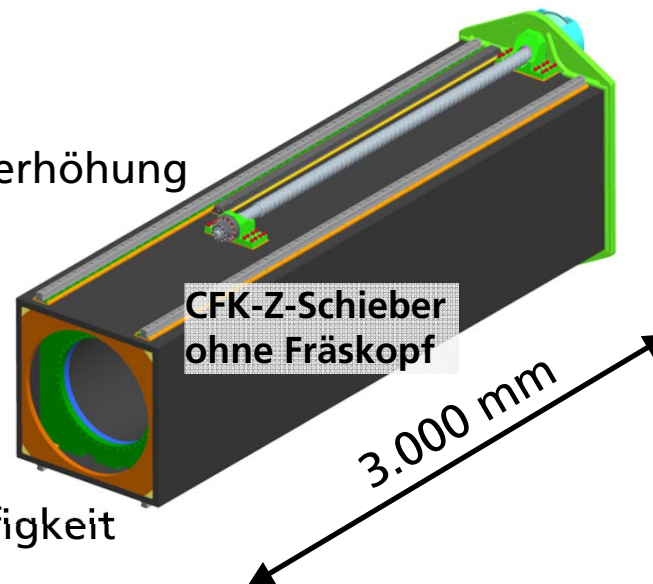
- Z-Schieber eines Großbearbeitungszentrums für hochdynamische Bearbeitung
- Konventionell: Stahlkonstruktion
- Skalierte Baugruppe für Vorlauftorschung

Aufgabe

- Massereduzierung & Steifigkeitserhöhung des Z-Schiebers

Optimierungsergebnis

- **25 Prozent** Masseeinsparung
 - **150 Prozent** höhere Bauteilsteifigkeit
- In der Form mit metallischen Werkstoffen unmöglich



Z-Schieber

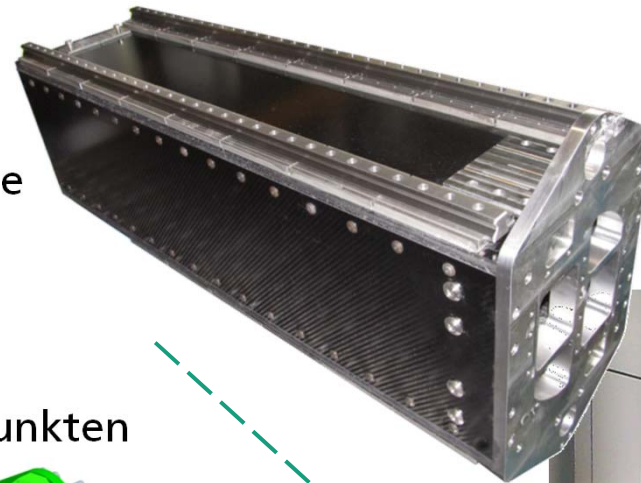
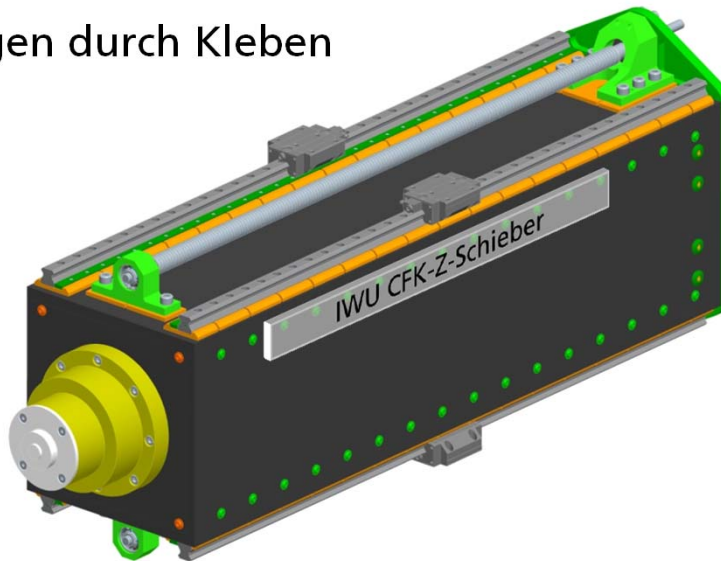


2. Anwendungsbeispiele

Z-Schieber in Faserverbundbauweise (II)

Realisierung

- Größenreduziertes Modell zur Erprobung der Fertigungsstrategie
- FKV-Differentialbauweise
 - CFK-Platten
 - CFK-Sandwiches
 - Stahlteile an Krafteinleitungspunkten
- Fügen durch Kleben



EUROMOLD 2014 – Exposé
„Hochleistungszerspanung“

2. Anwendungsbeispiele

CFK-Schlitten einer Fräsmaschine (I)

Abmessungen

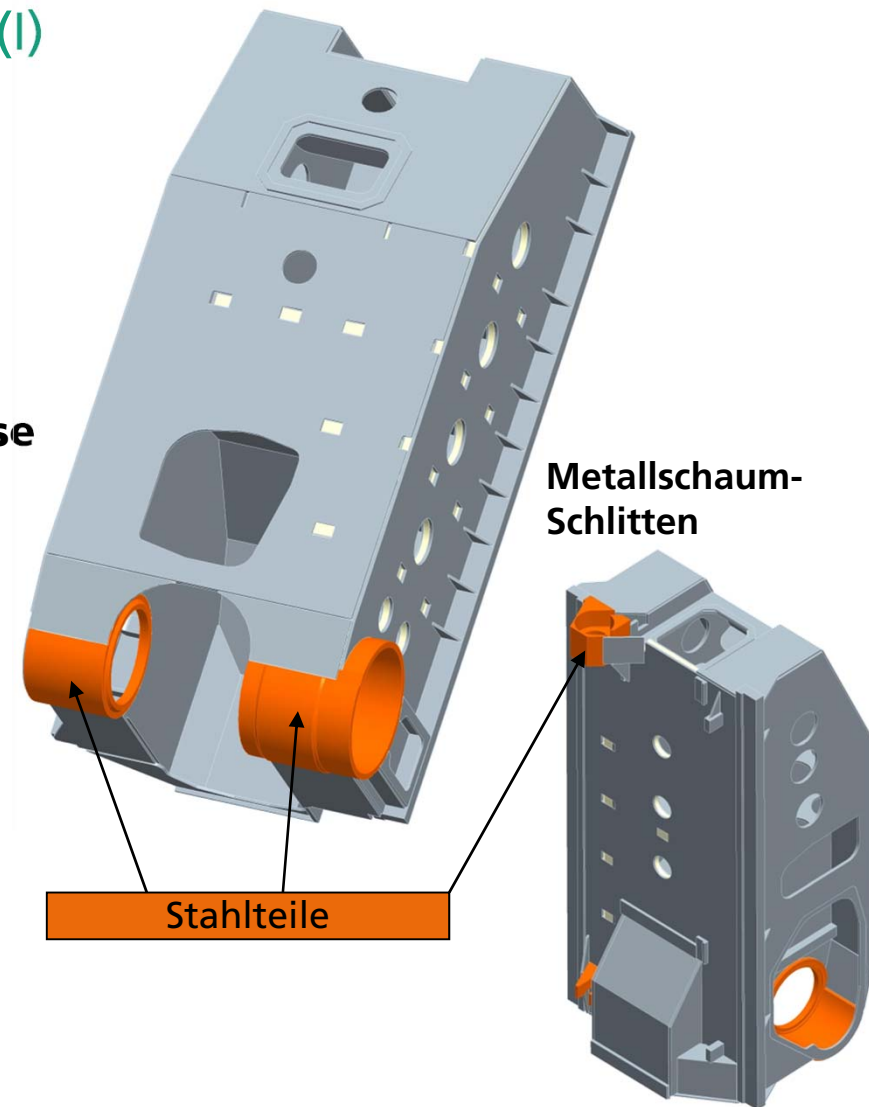
1750 x 900 x 770 mm

Masse des Metallschaum-Schlittens

Gesamt 738 kg

Masse des Schlittens in Hybridbauweise

- Verbleibende Stahlteile ca. 50 kg
- Angepasste Stahlteile ca. 250 kg
- CFK ca. 250 kg
- Gesamt ca. 550 kg
- Masseinsparung (konservative Schätzung) ca. 25 %
- Dimensionierungskriterium „identische Steifigkeit“

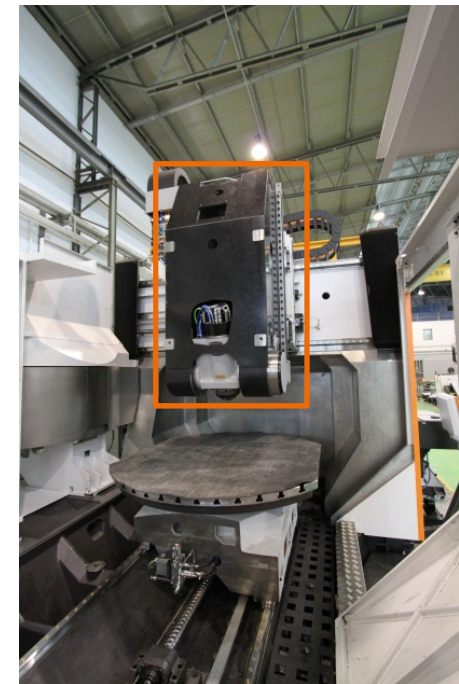
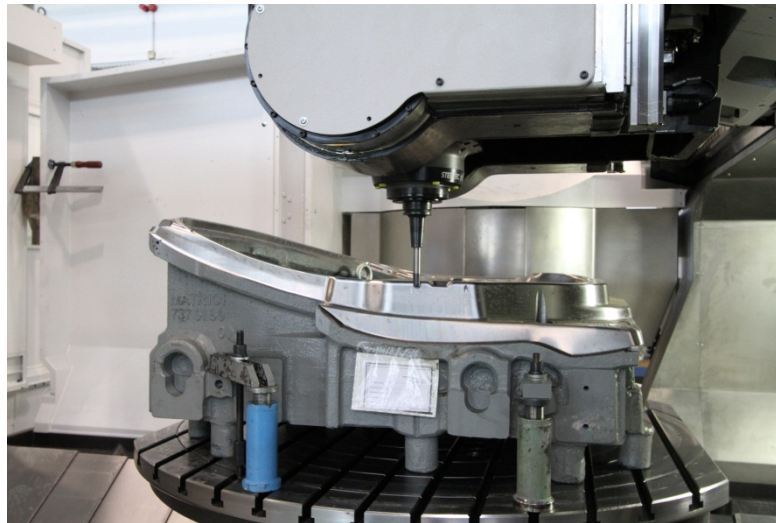


2. Anwendungsbeispiele

CFK-Schlitten einer Fräsmaschine (II)

Ergebnis

- Masseinsparung **60 Prozent** bei optimierbaren Teilen (von 775 auf 305 kg)
- Masseinsparung **41 Prozent** komplett (von 1143 auf 673 kg)



Effekte

- Verkürzung Bearbeitungszeiten → **Produktivität**
- Verbesserte Regelungsparameter → **Oberflächenqualität**

2. Anwendungsbeispiele

Maschinen Peripherie – CFK-Handlingsysteme

Merkmale

- CFK-Strukturteile ersetzen Aluminium-Profile
- Gewichtsreduktion der Profilteile >50%

Vorteile

- Optimale Nutzung der CFK-Eigenschaften durch Achsparallele Faserorientierung
- ➔ **Überlegene Steifigkeit bei reduzierter Masse**
- Hohe Eigendämpfung reduziert Schwingungen
- Gewichtsreduktion auskragender Greifer
- ➔ **Wirkungsgrad von Greifern >90% bei reduzierter Masse**

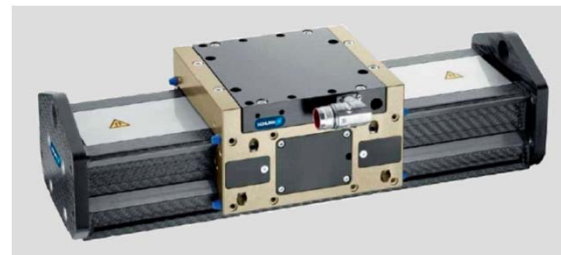


CFK-Greifer

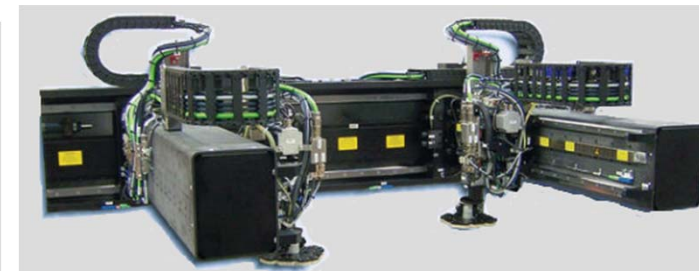
Quelle: Schunk-Leichtbaugreifer
CGH (www.schunk.com)



CFK-Handlingsysteme

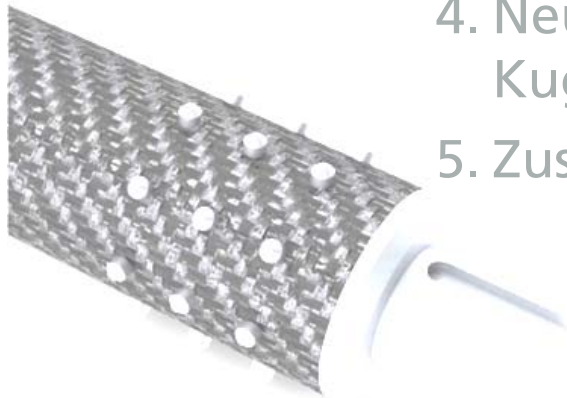
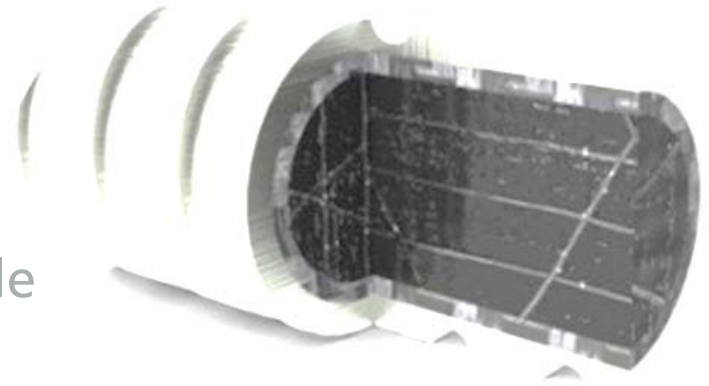


Quelle: Schunk-Linearachse CLD
(www.schunk.com)



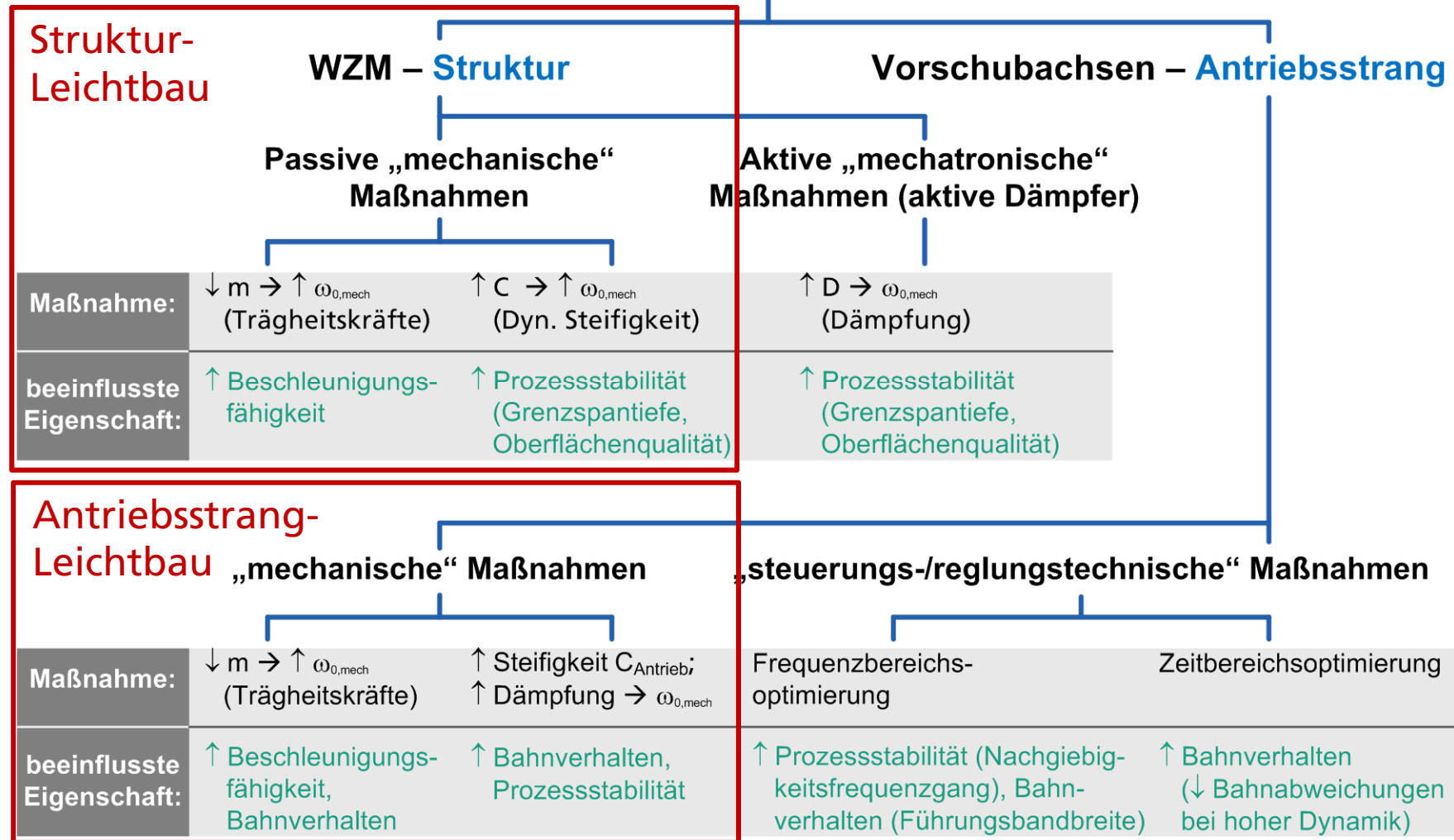
POTENTIALE FÜR FASERVERBUNDBAUTEILE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

1. Einleitung
2. Anwendungsbeispiele
- 3. Dynamik in WZM-
Vorschubachsen durch Leichtbau**
4. Neuartiger CFK-Hybrid
Kugelgewindetrieb
5. Zusammenfassung und Ausblick



3. Dynamik in WZM- Vorschubachsen durch Leichtbau

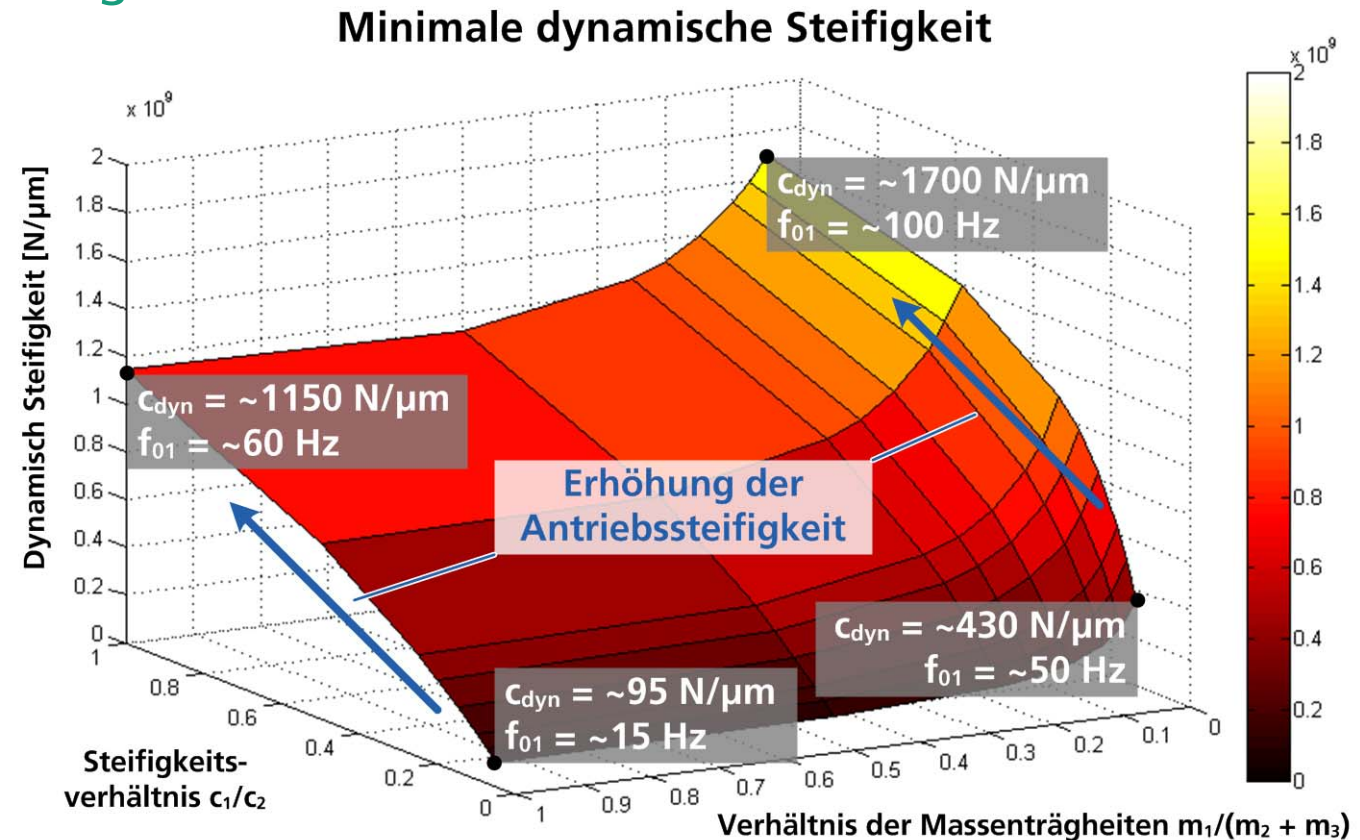
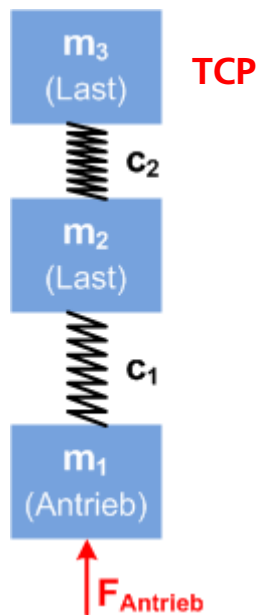
Produktivität in WZM-Vorschubachsen *durch Dynamik*



2. Dynamik in WZM- Vorschubachsen durch Leichtbau

Min. dynamische Steifigkeit in Abhängigkeit der Steifigkeit der Antriebsanbindung

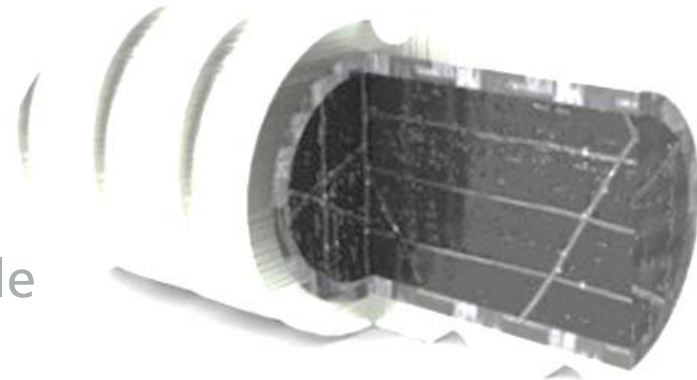
3-Massen
Minimalmodell



→ Je steifer der Antrieb an die Struktur angebunden ist, desto höher die dynamische Steifigkeit und desto geringer die max. Abweichungen bei anal. Antriebskräften

POTENTIALE FÜR FASERVERBUNDBAUTEILE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

1. Einleitung
2. Anwendungsbeispiele
3. Dynamik in WZM-
Vorschubachsen durch Leichtbau
- 4. Neuartiger CFK-Hybrid
Kugelgewindetrieb**
5. Zusammenfassung und Ausblick



4. Neuartiger CFK-Hybrid Gewindetrieb

Eigenschaften und Grenzen von Standard-KGT
in WZM-Vorschubachsen im Vergleich zu Linear-Direktantrieben



Vorteile

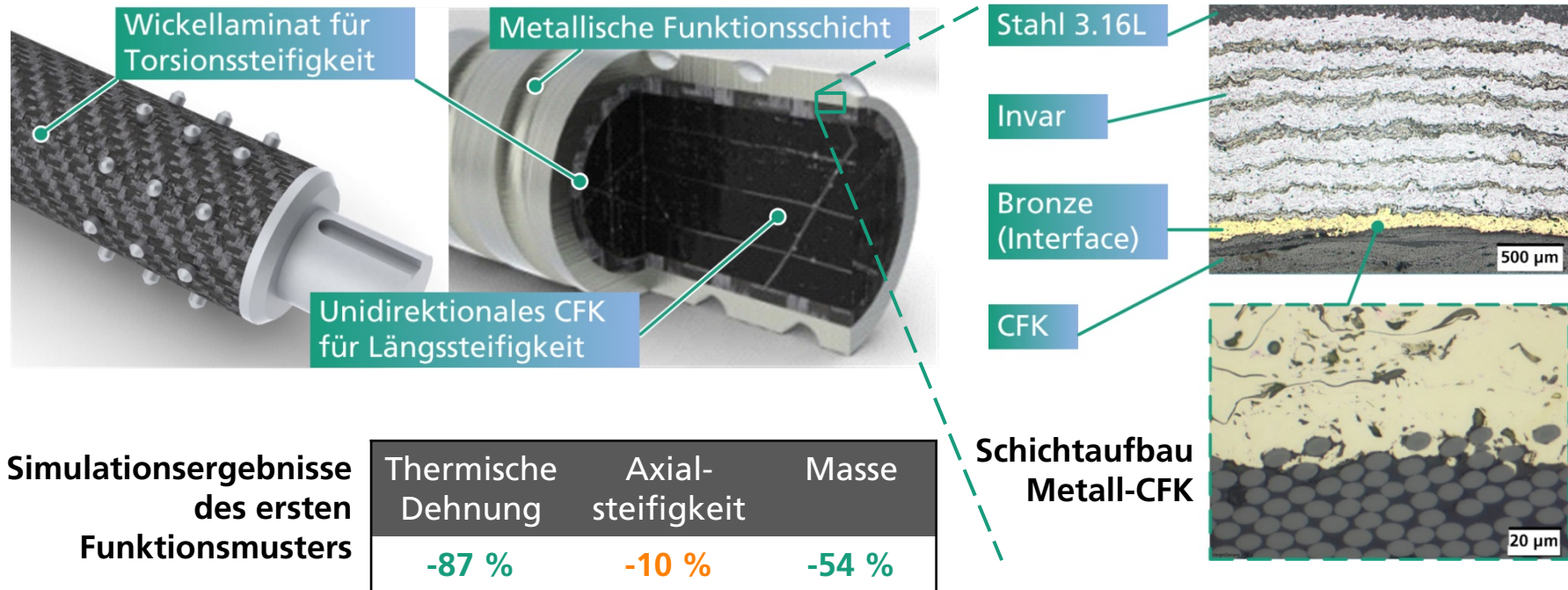
- Hohe Übersetzungsfunktionalität führt zu kleineren Antriebsleistungen
- Bei Bearbeitung mit geringer oder keiner Vorschubdynamik (passive Bearbeitungs- und Gewichtskräfte, Schwerzerspannung) fallen wesentlich geringere elektr. Verluste an
- Es werden keine oder geringe thermischen Lasten in den Arbeitsraum eingebracht
- Durch periphere Antriebsplatzierung ist oft der Verzicht auf separate Motorkühlung möglich



Nachteile

- Mechanisches Übersetzungselement stellt Federelement in Reihenschaltung des Antriebsstranges dar
- Je nach Konstellation kann Übersetzungselement (KGT) niedrigste mechanische Eigenfrequenz bedingen
- Thermische Erwärmung des KGT bei hoher kinematischer Dynamik, damit Notwendigkeit einer Fest-Los-Lagerung mit Folge reduzierter Axialsteifigkeit
- Zusätzliche Trägheit im Antriebsstrang

4. Neuartiger CFK-Hybrid Gewindetrieb

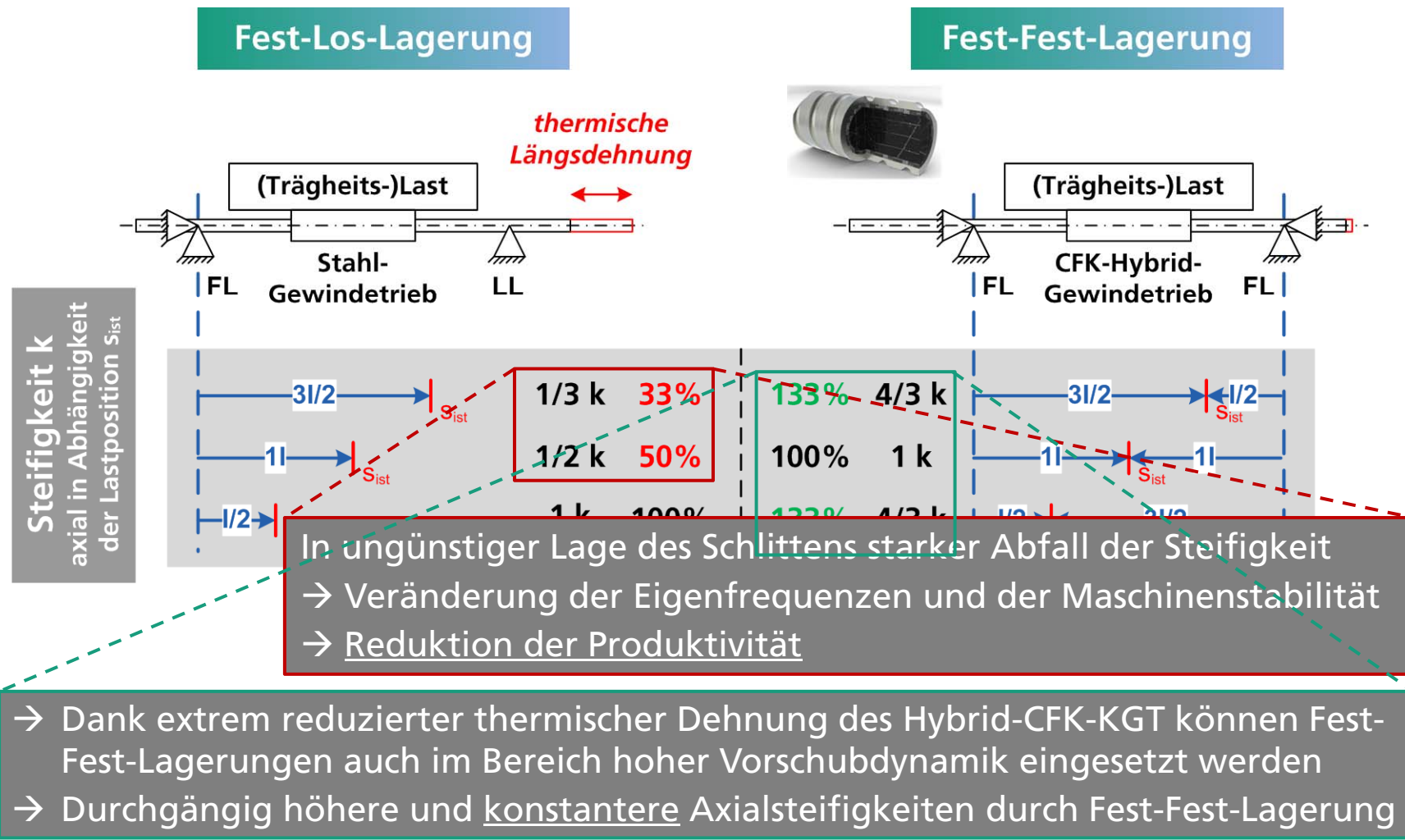


Aufbau

- Kern aus CFK: unidirektionale, axiale Ultrahochmodul-Fasern für Axialsteifigkeit
- Torsionssteifigkeit durch +/-45°-Wickellaminat zur Einleitung der Torsionskräfte
- Metallische Funktionsschicht für Kugelaufflächen

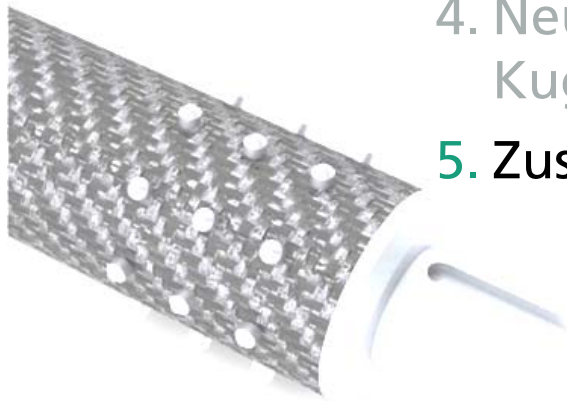
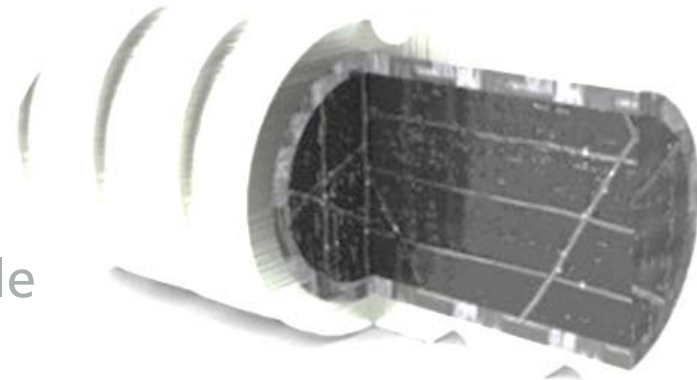
4. Neuartiger CFK-Hybrid Gewindetrieb

Steifigkeitsvorteil durch Fest-Fest-Lagerung



POTENTIALE FÜR FASERVERBUNDBAUTEILE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

1. Einleitung
2. Anwendungsbeispiele
3. Dynamik in WZM-
Vorschubachsen durch Leichtbau
4. Neuartiger CFK-Hybrid
Kugelgewindetrieb
5. Zusammenfassung und Ausblick



5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Die **Produktivität** von WZM lässt sich durch **Leichtbau** wesentlich **steigern**
- Der **Einsatz von CFK** in Maschinen stellt eine **Herausforderung** dar ...
- ... bietet jedoch **enormes Potential**
- Auch im **Antriebsstrang** ist eine **hohe Steifigkeit** realisierbar
- Der neuartige **CFK-Hybrid-Gewindetrieb** vereint die **Vorteile** klassischer Antriebsachsen wie **Ressourceneffizienz** mit **hoher Dynamik**
- Erweiterung der Einsatzgrenzen von Fest-Fest-Lagerungen in Gewindetrieben aufgrund reduzierter thermischer Dehnungen



Ausblick

- Entwicklung weiterer CFK-Hybrid Komponenten
- Nutzung von metallischen Schichten als Funktions- und Verschleißflächen zur Realisierung weiterer Leichtbaupotentiale

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

Dr.-Ing. Steffen Ihlenfeldt
Abteilungsleiter Werkzeugmaschinen
Hauptabteilung Werkzeugmaschinen und Automatisierung
Telefon + 49 371 5397-1484 | Fax -6-1494
steffen.ihlenfeldt@iwu.fraunhofer.de
www.iwu.fraunhofer.de