



## Anforderungen an FVK - Bauteile in Flugtriebwerken

Dipl.Ing. Siegfried Sikorski  
Fachreferent Faserverstärkte Werkstoffe

*MTU Aero Engines GmbH*  
*11. Juni 2010, Berlin*

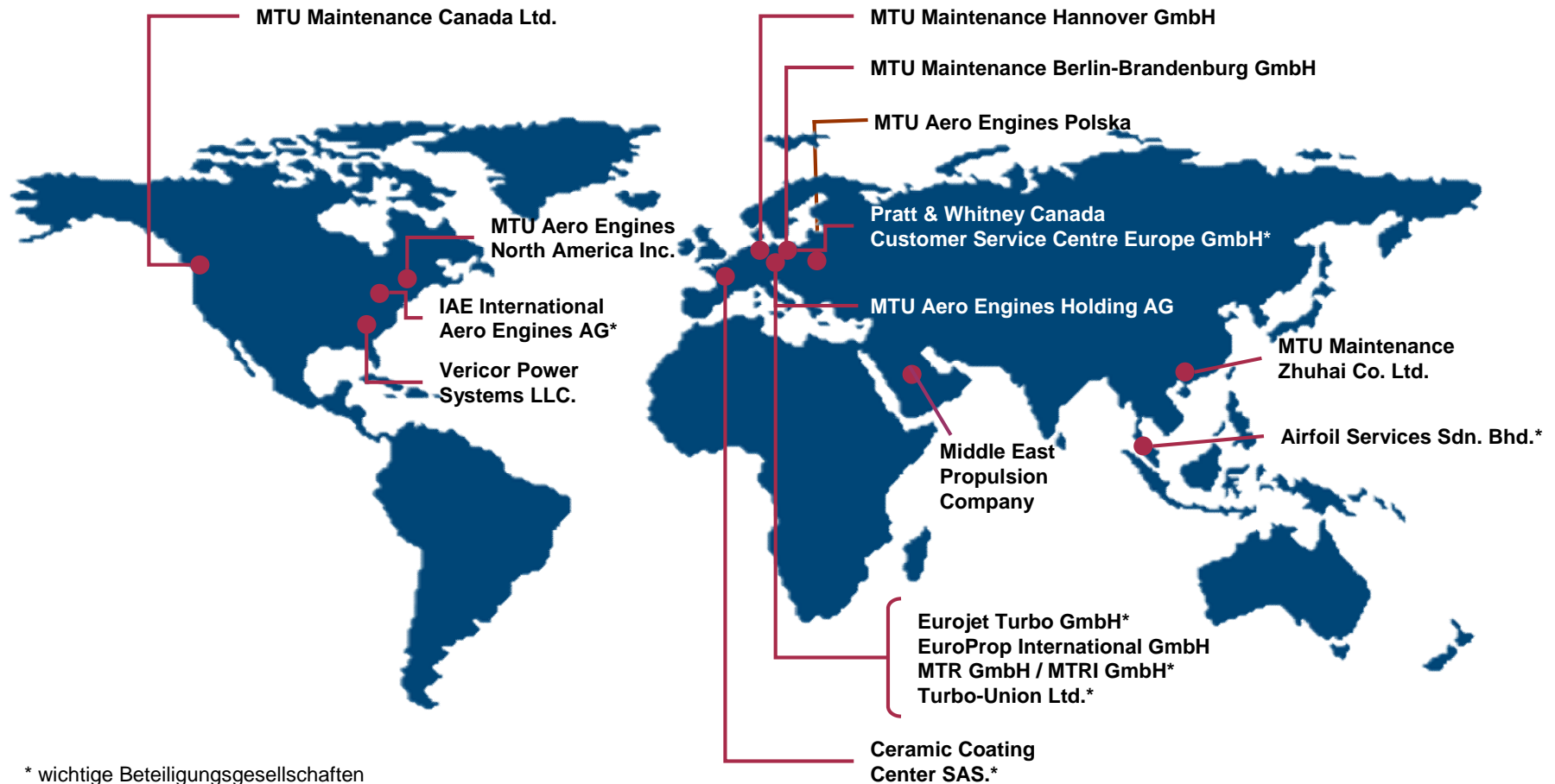
## Anforderungen an FVK Bauteile in Flugtriebwerken

### Inhaltsangabe

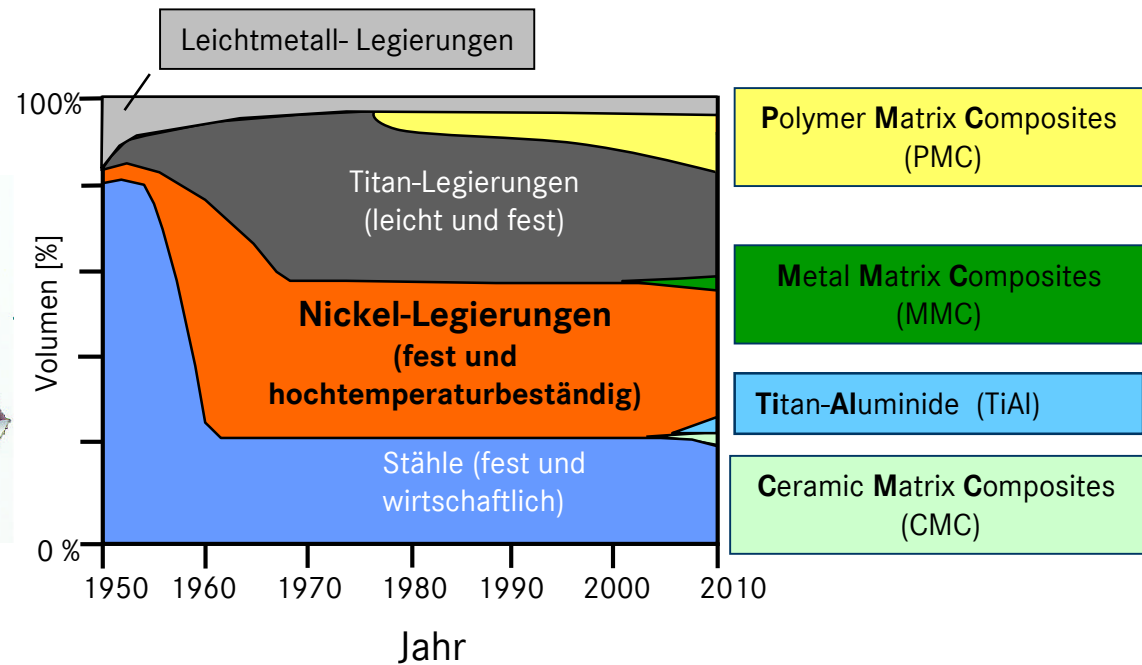
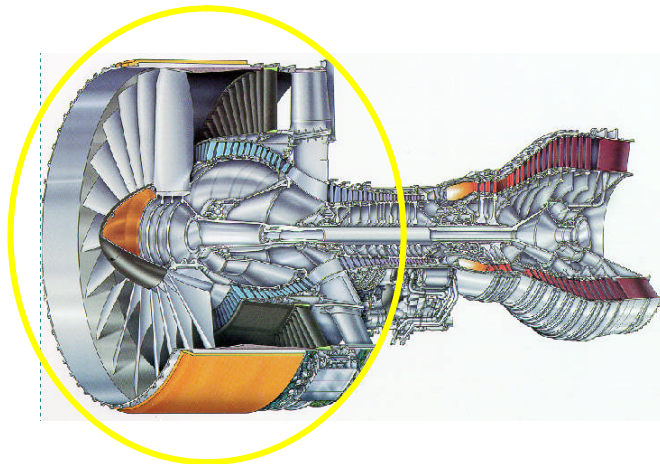
- MTU Aero Engines
- Werkstoffe im Flugtriebwerk
- FVK Werkstoffe /Bauteile /Bauweisen
- Ausblick für FVK Werkstoffe in Flugtriebwerken

Vortragender : Dipl.Ing. S. Sikorski

# MTU Aero Engines weltweit



## FVK in Flugtriebwerken



### Einsatzbereich für FVK Bauteile:

- FAN-Modul
- Niederdruckverdichter

## Eigenschaften von FVK Werkstoffen

### Vorteile

- Niedrige Dichte : 1,4 -2,0 g/cm<sup>3</sup>
- Kosteneinsparung : 25 - 90 % (vs. Titan)
- Festigkeit : bis 1200 MPa
- Kerbempfindlichkeit : gering
- Lebensdauer : dauerhaft
- Brandverhalten : schmilzt nicht
- Verschleiß : abriebfest
- Durchschlagfestigkeit : hoch

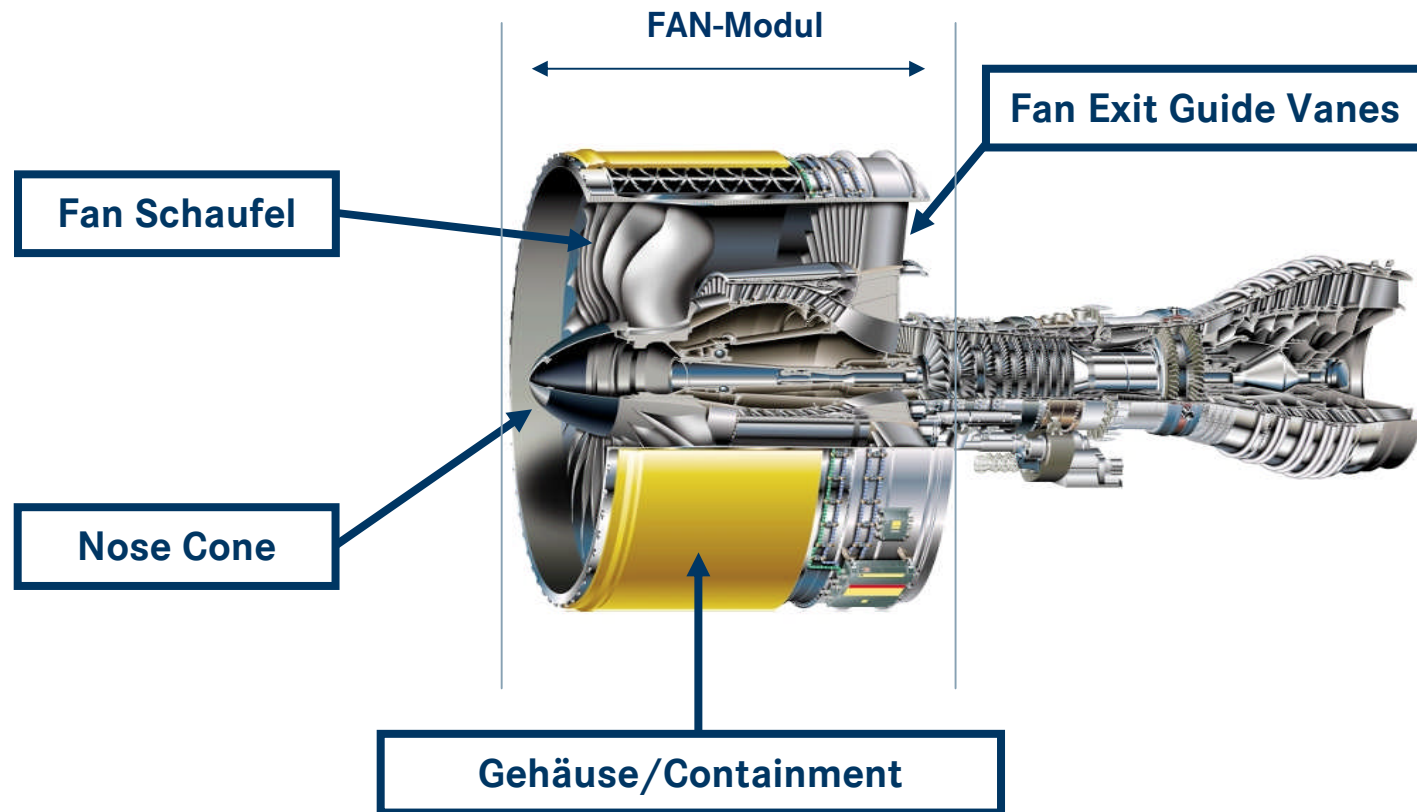
### Nachteile

- Einsatztemperatur : < 300°C
- Bruchdehnung : < 1.5 %
- E-Modul : < 100 Gpa
- Erosionsbeständigkeit : Erosionsschutz erforderlich
- Gasentwicklung : im Luftsystem ggf. bei Feuer nicht einsetzbar

**Mit Bauteilen aus FVK lassen sich Kosten- und Gewichtsvorteile erzielen**

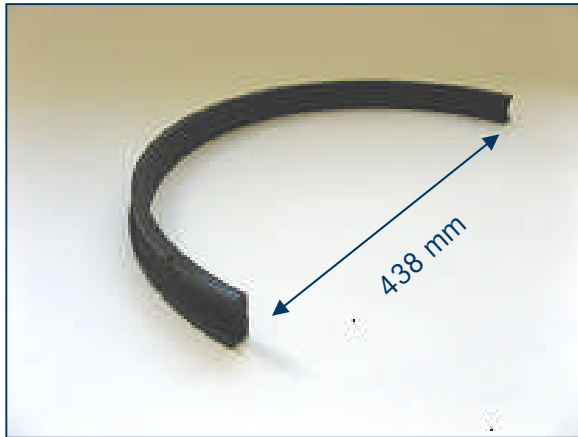
**Die Anwendbarkeit wird durch den niedrigen E-Modul, die geringe Bruchdehnung und die geringe Temperaturbeständigkeit eingeschränkt**

## Typische Triebwerksbauteile aus FVK im FAN - Modul



Die wesentlichen Bauteile im FAN - Modul sind bei modernen Triebwerken in den großen Schubklassen zunehmend aus FVK

## FVK Werkstoffe im Verdichter



### Innenring

Cyanesterharz mit Carbonfaserverstärkung  
(Innenseite mit Silikon Anstreifbelag)  
Gewicht 180g



40 mm

### Plug Boroskop Plug

Thermoplast (PEEK) mit Carbon-  
Kurzfaserverstärkung  
(Gewicht 15 g)

**Faserverstärkte Werkstoffe werden mit Langfaser- oder Kurzfaserverstärkungen eingesetzt.**

## Bauweisen für FVK Bauteile im Verdichter

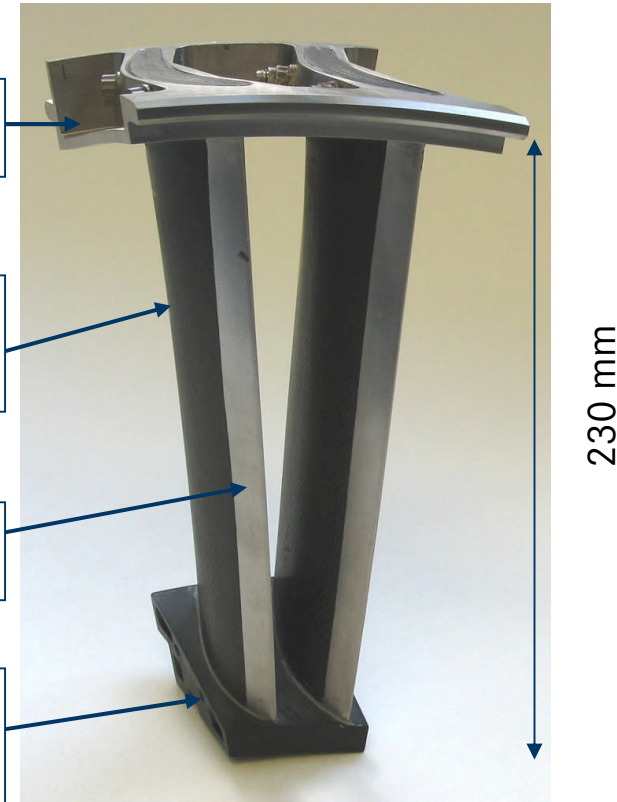
Die komplexen Anforderungen an Triebwerksbauteile erfordern häufig Hybridbauweisen

**Aussendeckband:**  
Titanlegierung

**Schaufelblatt:**  
Langfaserverstärktes  
CFK

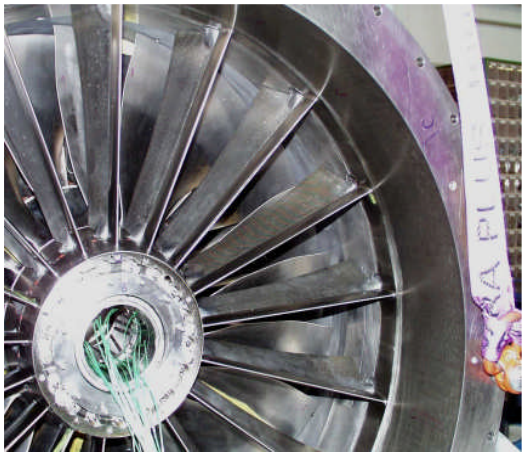
**Erosionsschutz:**  
Stahl

**Innendeckband:**  
Kurzfaserverstärkter  
Thermoplast

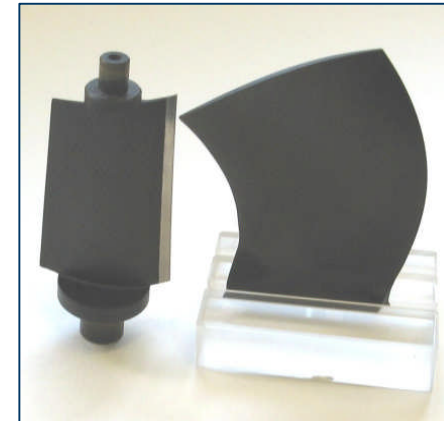


**Leitschaufel Cluster**  
(Leitschaufel mit metallischem Erosionsschutz auf der Eintrittskante und der Druckseite)

## Optimierung der Aerodynamik durch FVK Triebwerkbauteile



**FVK Leitklappen mit Ti-Eintrittsleitstern**  
(MTU NDV 252 Verdichter Rig)  
Langfaser Gestick aus Carbonfasern  
(Gewicht 207 g)



**Leit- und Laufschaufel für das transsonische Verdichterrig der Universität Darmstadt**  
Epoxidharz mit Carbonfaserverstärkung  
(Leitschaufel mit metallischer Erosionsschutzkante)  
36g / 47 g  
Hersteller: MTU Aero Engines

**Die FVK Bauweise kann maßgeblich zur Verbesserung des Wirkungsgrads beitragen**

## Ausblick für die Triebwerksanwendung von FVK Werkstoffen

- Die zunehmende Betriebserfahrung mit Fan-Schaufeln (seit 1995) und Fan - Gehäusen (2010) im Serieneinsatz in den großen Schubklassen erlaubt eine weitere Optimierung der FVK Bauweise bei der Auslegung und den Herstellkosten.
- Die neuen Triebwerke der kleineren Schubklassen mit hohen Stückzahlen werden bereits heute mit zunehmenden FVK Anteil im Fan-Bereich konzipiert ( z.B. Gehäuse, Schaufeln ).
- Im Rahmen von EU geförderte Forschungsvorhaben versucht man neue anspruchsvolle Struktur - Bauteil aus FVK zu realisieren ( z.B. Aufhängungen, Austrittsgehäuse )
- Aerodynamisch besonders effiziente Antriebssysteme mit Doppel-Rotoren und verstellbaren Fan-Schaufeln sind in klassischer Metallbauweise kaum realisierbar ( siehe Bild )



MTU - Crisp 1m - Rig  
Rotor 1  
mit Carbonfaser-Schaufeln



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**