



## Keramikblech, ein oxidkeramischer Faserverbundwerkstoffe für Hochtemperaturanwendungen

Walter E. C. Pritzkow

**Workshop:**  
**Hochtemperatur-Verbundwerkstoffe für den Leichtbau**  
**22. Januar 2015, Hanau**

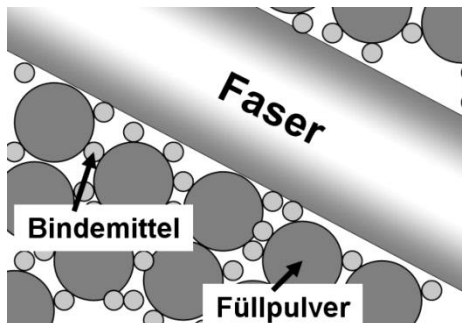
**Walter E. C. Pritzkow Spezialkeramik**  
Keramik für technische Anwendungen  
Adam-Opel-Straße 6  
70794 Filderstadt- Sielmingen  
Tel.: 07158 / 915709-0  
Fax: 07158 / 915709-9  
pritzkow-wps@keramikblech.com  
www.keramikblech.com

## Einleitung

- Material Grundlagen
- Eigenschaften von O-CMC Werkstoffen aus den Gemeinschaftsentwicklungen mit Fraunhofer ISC / Zentrum HTL
- Herstellungsverfahren
- Bearbeitungsmöglichkeiten
- Produkt- und Anwendungsbeispiele
- Zusammenfassung

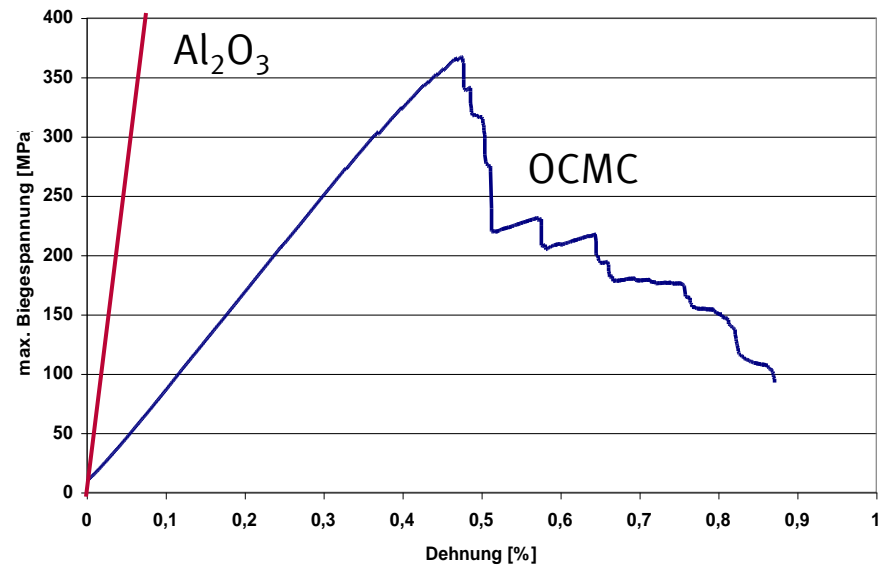
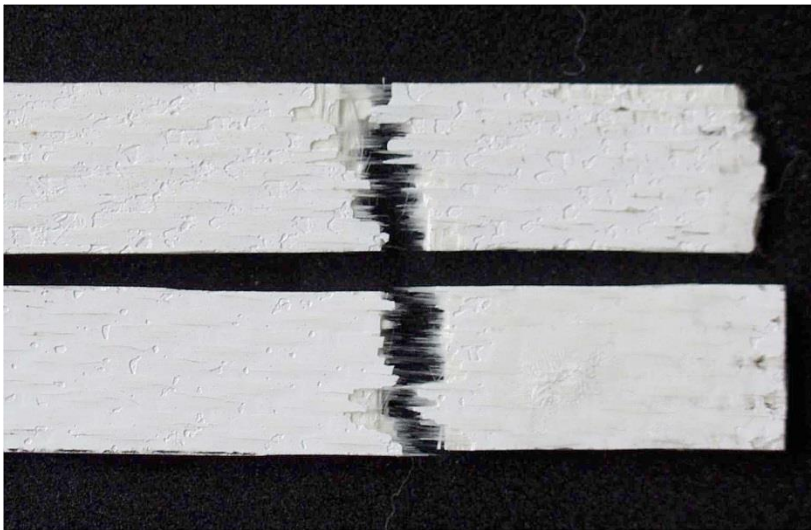
# Material - Grundlagen von Textil basierten oxidkeramischen Faserverbundwerkstoffen

- verschiedene Oxidfaser-Gewebe, -Gelege und Flechtschläuche aus Endlosfasern
  - 3M™ Nextel™ 610, 3M™ Nextel™ 720
  - Cerafib 75, Cerafib 99
  - Nitivy
  - Silika
- Binder: System  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  -  $\text{ZrO}_2$
- Füllpulver: System  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$



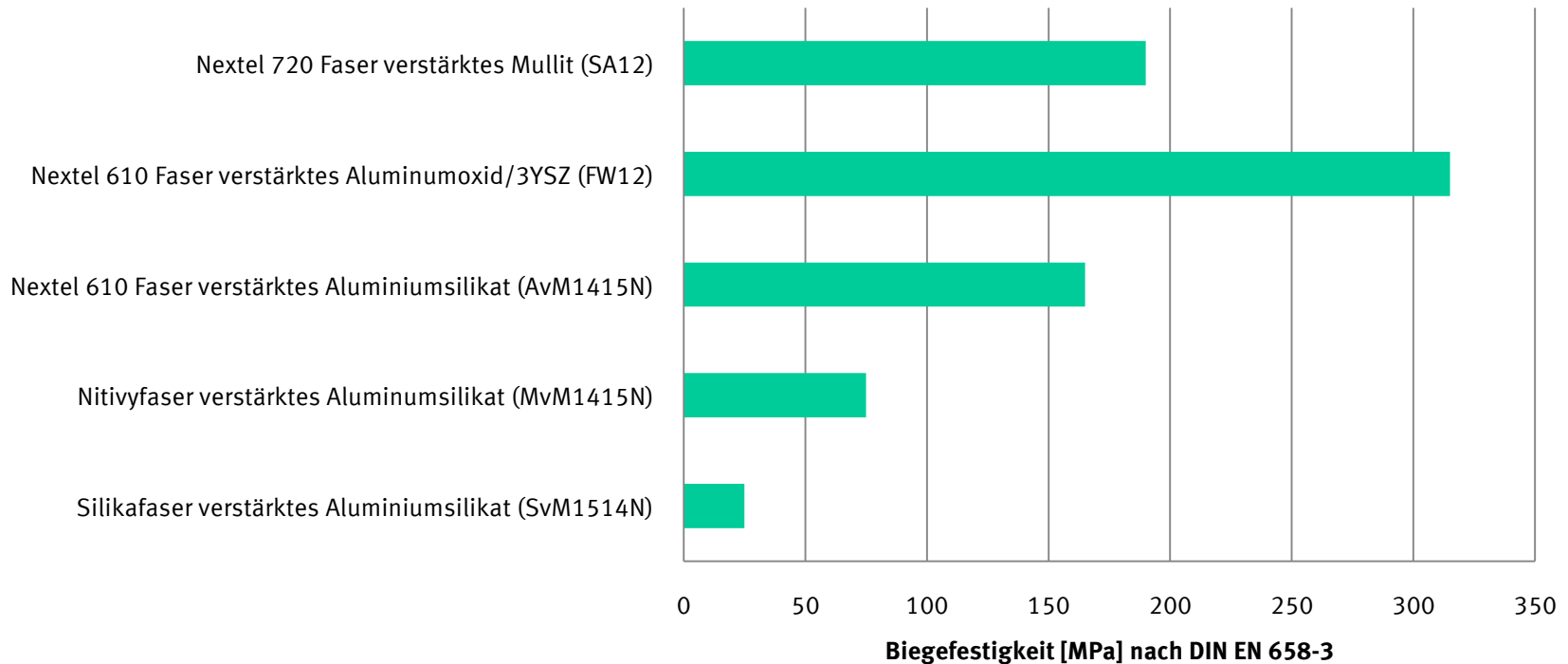
## Zusammenwirken der Komponenten in OCMC

Realisierung eines schadenstoleranten  
Werkstoffs durch optimales Zusammenwirken  
von Faser und Matrix

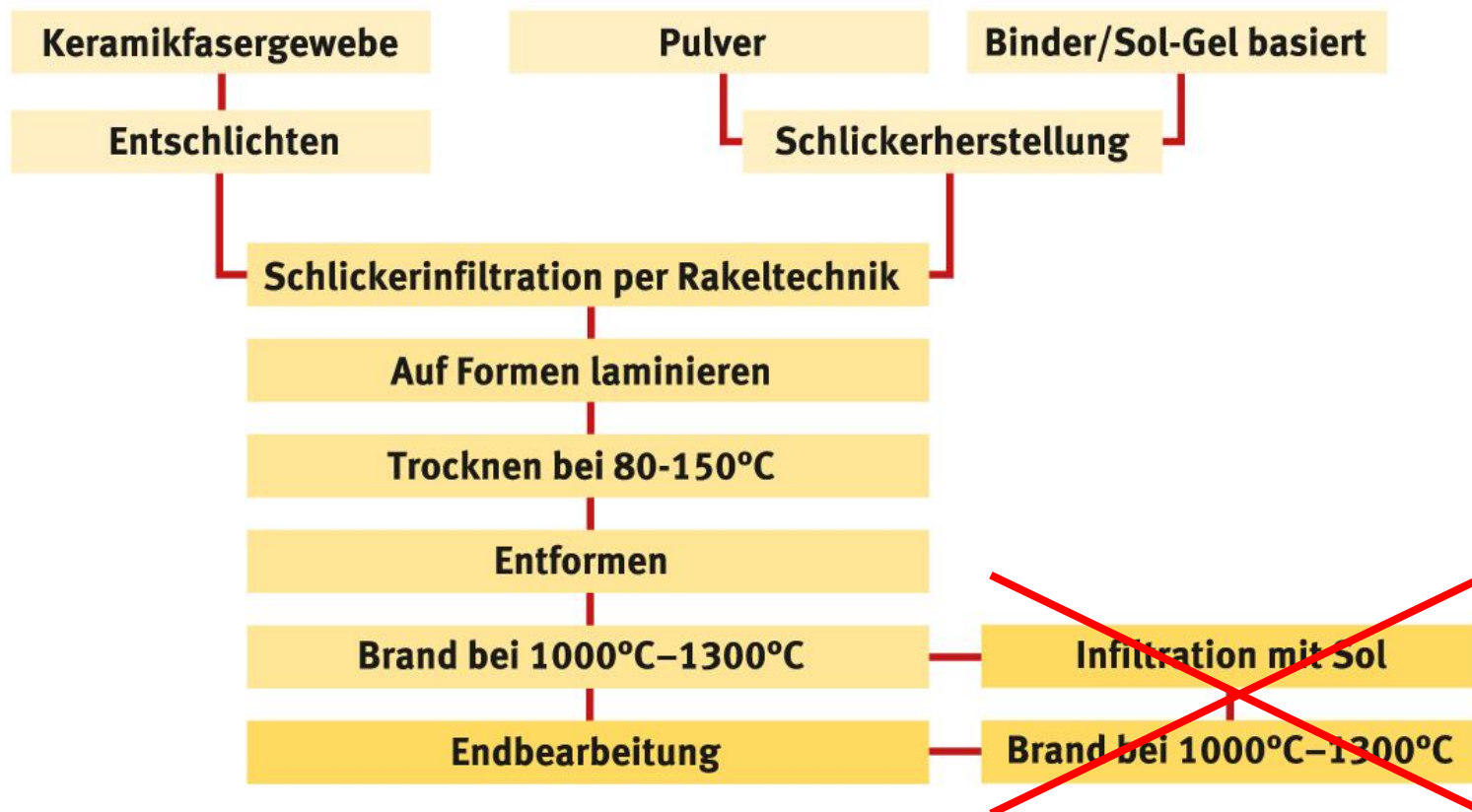


## Eigenschaftsprofil O-CMC-Werkstoffe

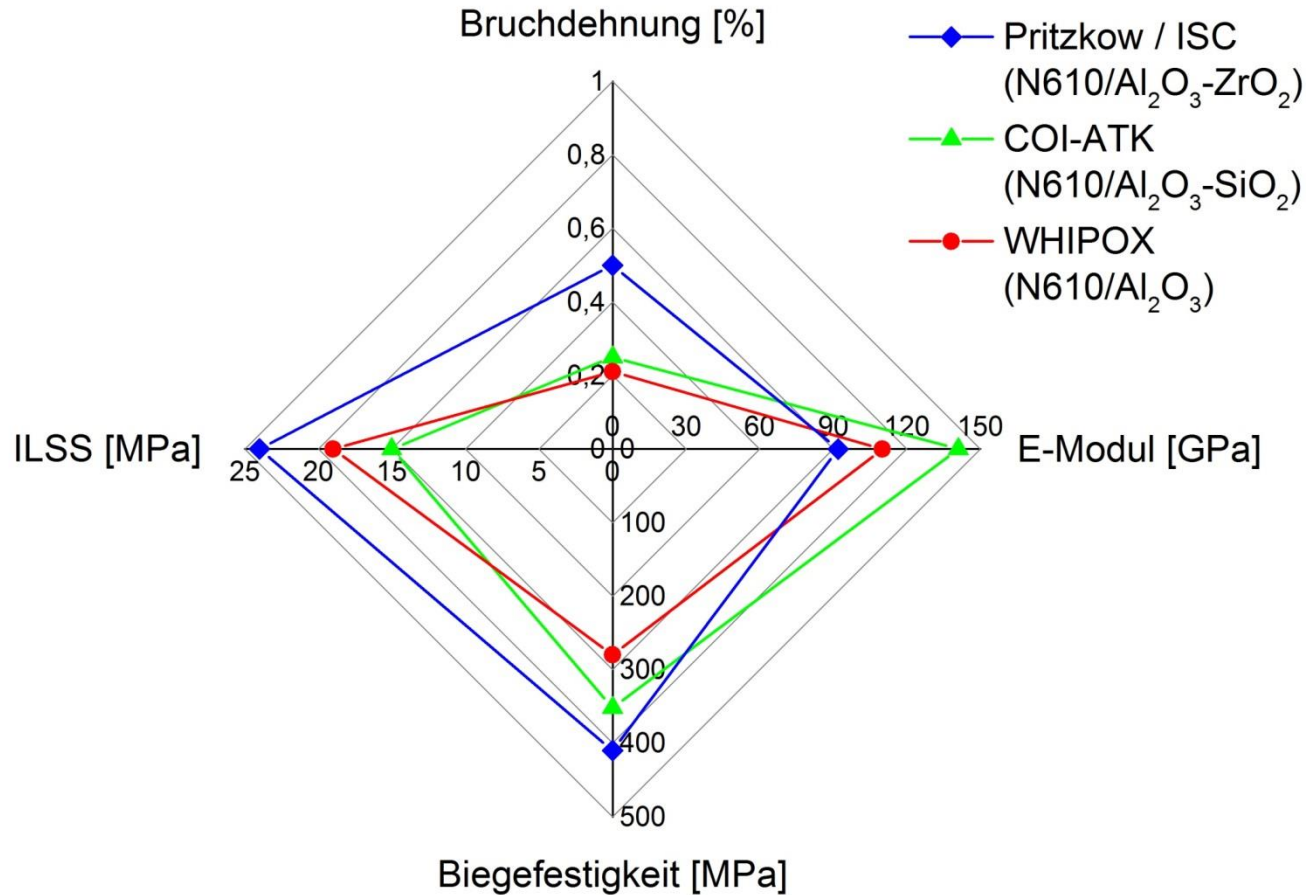
### Biegefestigkeit [MPa] von Oxidfaserverstärkten Oxidkeramiken "Keramiklech"



# Innovation im Herstellungsverfahren von Textil basierten oxidkeramischen Faserverbundwerkstoffen (1)



# Nextel 610 Gewebe Typ DF11 verstärktes Aluminiumoxid/3YSZ (FW12) im Vergleich



## Reproduzierbarkeit / Prozessstabilität des Werkstoffes Keramiklech Typ FW12

Bauteile aus dem Werkstoff FW12 wurden unter anderem an EADS, MTU und Siemens / Mühlheim ausgeliefert → überwiegend ebene planare Strukturen

Zu jedem Bauteil/Charge wird eine Probeplatte gefertigt und bezüglich mech. Eigenschaften getestet

Prüfung nach DIN EN 658-3 mit  $L/D = 20$

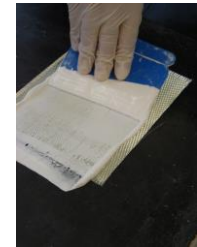
E-Modul aus 3-Pkt. Biegeversuch	Max. Biegespannung aus 3-Pkt. Biegeversuch	Dehnung bei max. Kraft aus 3-Pkt. Biegeversuch
103 GPa ± 5,3 GPa	320 MPa ± 7 MPa	0,34 % ± 0,02 %
122 GPa ± 3,6 GPa	350 MPa ± 21 MPa	0,31 % ± 0,02 %
105 GPa ± 2,2 GPa	340 MPa ± 13 MPa	0,40 % ± 0,02 %



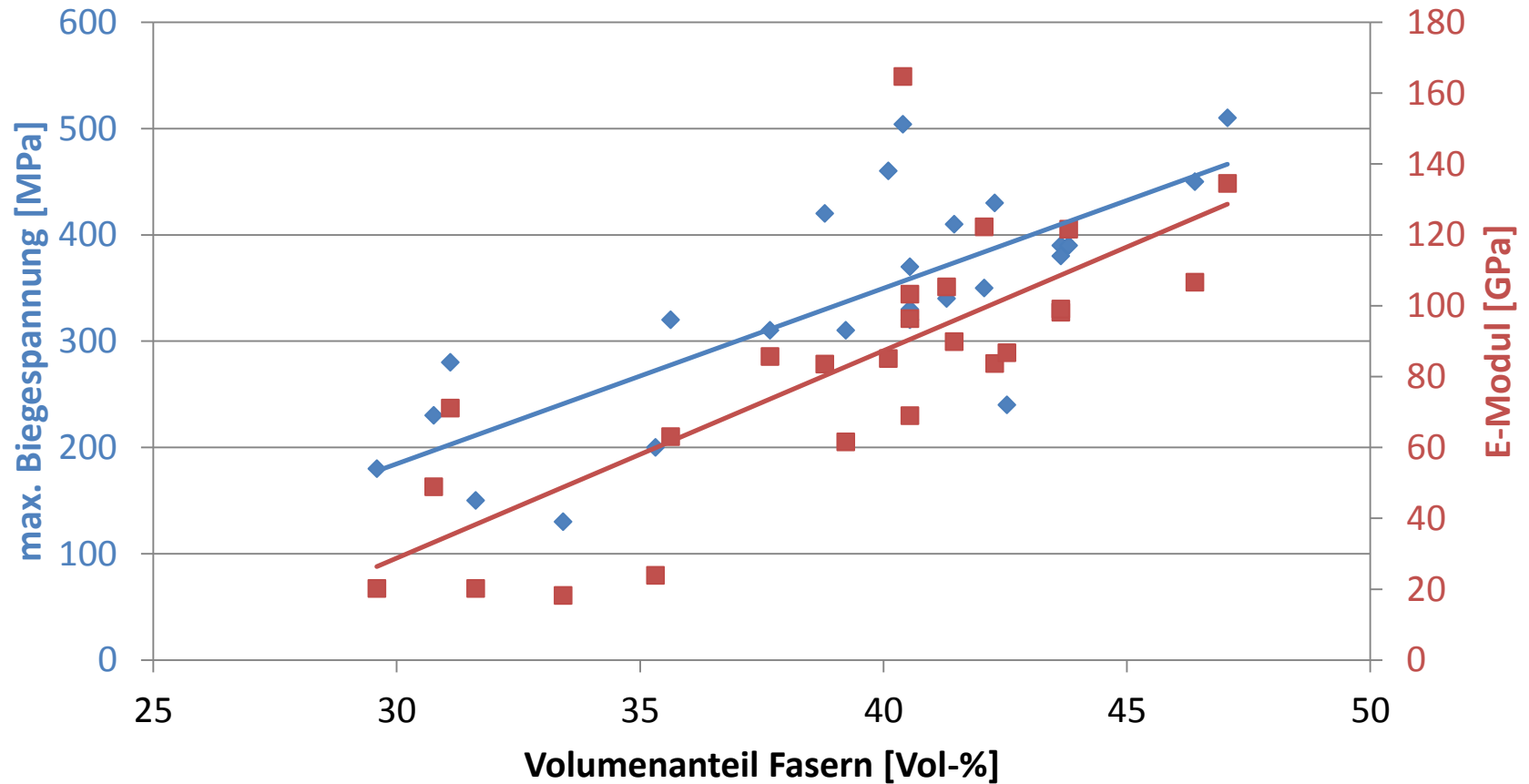
## Innovation im Herstellungsverfahren von Textil basierten oxidkeramischen Faserverbundwerkstoffen (2)

Biegefestigkeiten von

- 300 MPa; auf offenen Formen laminierte Bauteile
- 400 MPa; in Pressform hergestellte Bauteile
- 500 MPa; mit Vakuumtechnik hergestellte Bauteile, Wandstärke 0,8mm, Länge ca. 450mm



# Mechanische Eigenschaften in Abhängigkeit vom Faservolumengehalt



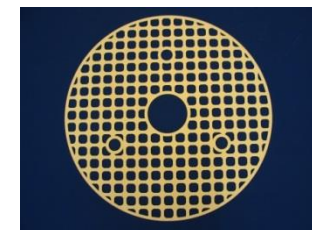
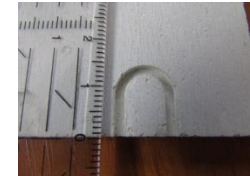
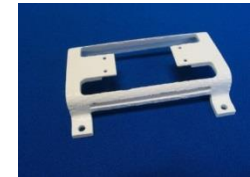
## Bearbeitung von oxidkeramischen Faserverbundwerkstoffen

mit Diamantwerkzeugen sind  
filigrane Strukturen möglich

- mit speziellen Fräsern sind filigrane  
Strukturen möglich

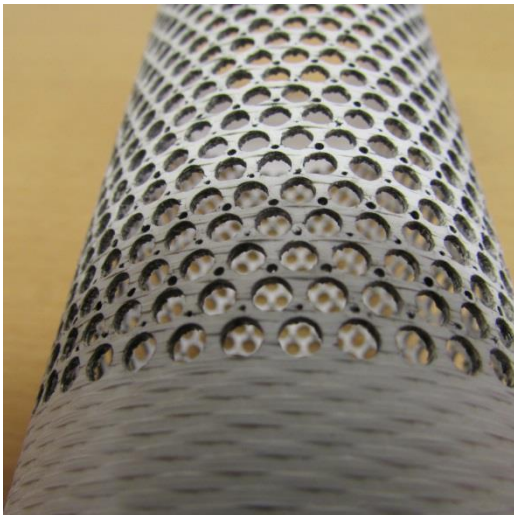
- Laserbearbeiten von  
Plattenelementen, Wandstärke 3mm,  
Länge 1000mm

- Wasserstrahlschneiden von  
Sinterunterlagen, Wandstärke 3mm,  
Durchmesser 690mm

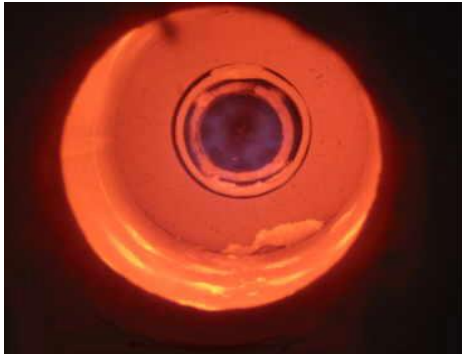


# Möglichkeiten der Laserbearbeitung von oxidkeramischen Faserverbundwerkstoffen

- Lasern von gekrümmten Geometrien  
z. B. Schalldämpferinnenrohr
- Lasern von schrägen Löchern für die Effusionskühlung, min.  $D=0,25\text{mm}$  mit einem Winkel von  $15^\circ$  ist möglich



## Flammrohre für Brenner



Flammrohr Metall  
aus 1.4541 neu



Flammrohr Metall aus  
1.4541 nach 1000 h



Flammrohr Keramikblech  
neu



Flammrohr Keramikblech  
nach 20.000 h im Einsatz

### Einsatzort:

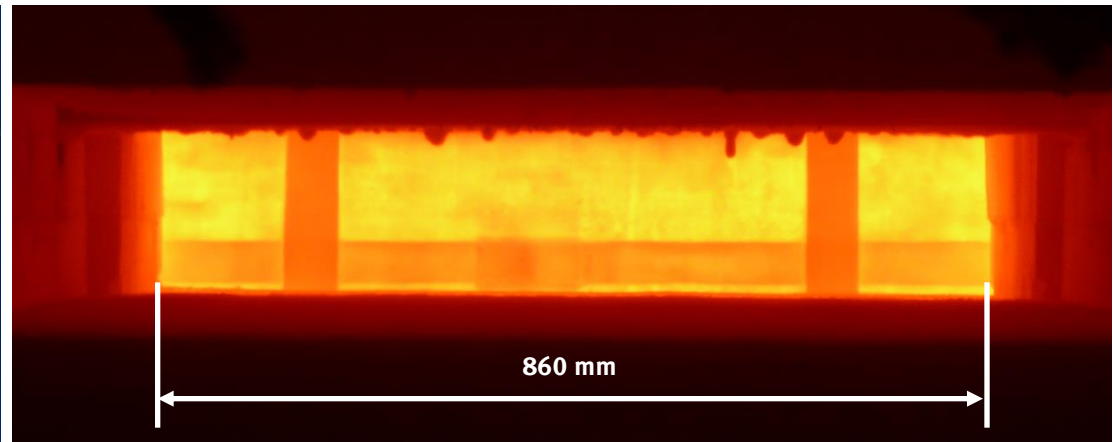
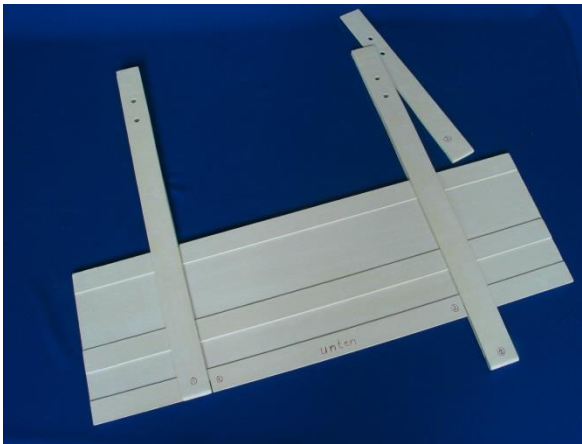
Knäckebrotbackstraße, die Lebenszeit von Metall beträgt lediglich 1000 Stunden!  
Die Lösung: ein „Keramikblech“- Flammrohr ist seit mehr als 60.000 Stunden im Einsatz.

Stand 12/2014

### Vorteile der Flammrohre aus „Keramikblech“:

- thermoschockbeständig
- temperaturbeständig
- schadenstolerant
- dünnwandig
- langlebig
- korrosionsbeständig

## Anwendung im Ofenbau, Hubtor/Zonentrenner



Das Hubtor wird in einer Sintermetallanlage eingesetzt. In dem Sinterofen mit  $H_2/N_2$  Atmosphäre herrschen Temperaturen von bis zu  $1300^\circ C$ .

Das Hubtor war seit 42 Monaten in Betrieb und hat ca. 1.000.000 Öffnungs- und Schließzyklen durchlaufen.

Stand 10/2010

## Sonderanwendungen

- Heißgasführende Teile in Abgastestanlagen (Automotive)



- doppelwandiges isoliertes Gehäuse für Messlaser

Innengehäuse: Keramiklech Typ SvM1514N

Außengehäuse: Keramiklech Typ MvM2220

Fenstertubus: Keramiklech Typ MvM2220

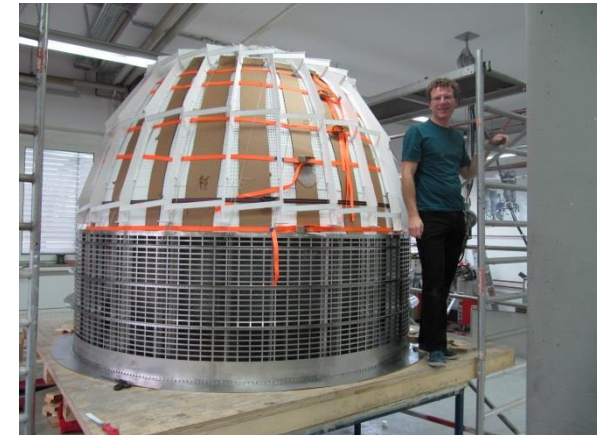
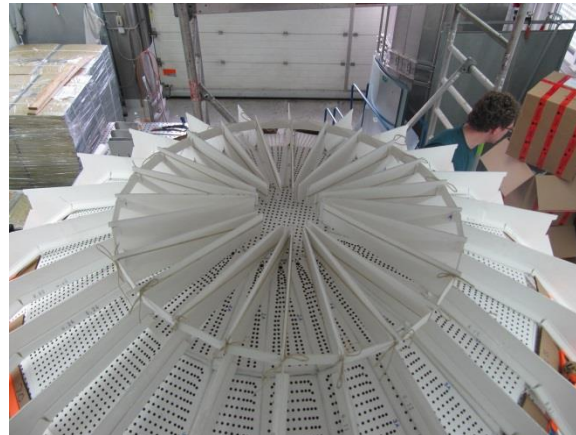
Isolierung: Keramikfaser Qualität 1260°C



## Gibt es Grenzen in der Bauteilgröße?

Volumetrischer Receiver für Solarthermische  
Heißgaserzeugung, Abmessung  $D=2,5\text{m}$   $H=1,3\text{m}$

- 169 SiC-Schäume
- 169 Strömungsregulierungen, Keramiklech
- 168 Klammern, Keramiklech
- 24 Rippen, Keramiklech  $L=1,9\text{m}$
- 72 Ringsegmente und 1 Ring  $D=0,8\text{m}$





# Schubrohre für ein Experimentalflugzeug



## O-CMC in Fluggasturbinen



[www.compositeworld.com](http://www.compositeworld.com)

„ceramic-matrix composites heat up“ Nov. 2013

The center body of the CMC exhaust nozzle molded for Boeing Research & Technology (BR&T, Huntington Beach, Calif.) is the longest oxide CMC part ever made, and the nozzle (the outer ring, above) is the largest diameter oxide CMC ever made (see next photo). Source: COI Ceramics



Molded for Boeing Research & Technology (BR&T, Huntington Beach, Calif.), the CMC exhaust nozzle (the outer ring, above) is the largest diameter oxide CMC ever made. Source: COI Ceramics



CLEEN team members at The Boeing Co. (Seattle, Wash.) inspect a CMC nozzle prior to engine testing. The nozzle will soon be installed on a 787 Dreamliner. Flight tests are expected in late 2013, with service beginning in 2016. Source: The Boeing Co.

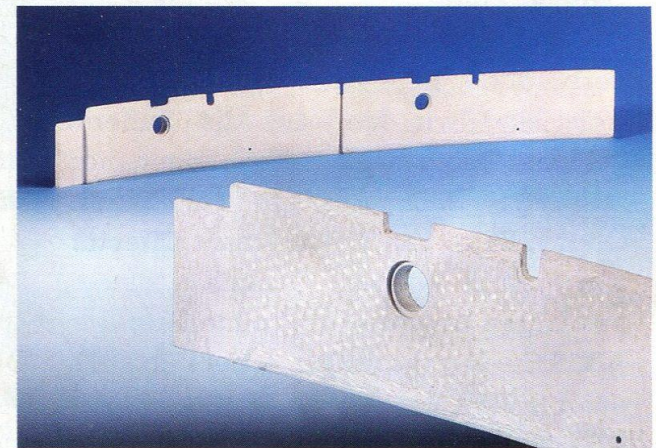
## O-CMC in Fluggasturbinen

<http://www.ainonline.com/aviation-news/nbaa-convention-news/2013-10-22/ges-passport-20-engine-program-schedule-2016-entry-service>  
Oktober 2013



*GE's Passport engine marks the commercial debut of ceramic-matrix composite (CMC) material usage for harsh environment parts such as the mixer and center body assemblies. In total it uses 15 CMC parts for a weight savings of more than 40 pounds per engine.*

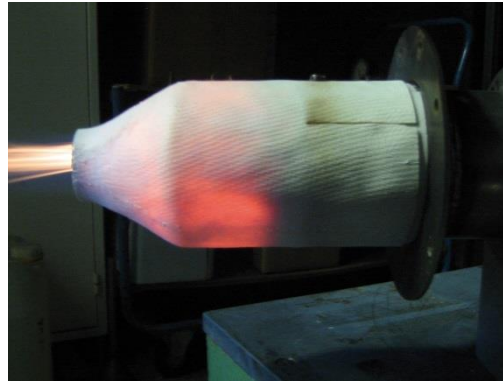
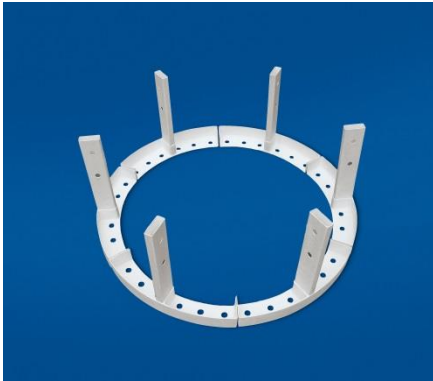
## Flugrevue Okt. & Dez. 2013



**AUCH DIE MTU** arbeitet an keramischen Faserverbundwerkstoffen. Diese sparen Gewicht und sind hochtemperaturfest (oben zwei Linersegmente).

[www.flugrevue.de](http://www.flugrevue.de)

## Zusammenfassung



Mit oxidkeramischen Faserverbundwerkstoffen ist der Komplexität von Bauteilen keine Grenze gesetzt

