

## FRAUNHOFER-ZENTRUM FÜR HOCHTEMPERATUR-LEICHTBAU HTL

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC



## FRAUNHOFER-ZENTRUM FÜR HOCHTEMPERATUR-LEICHTBAU HTL



**Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL**  
Gottlieb-Keim-Straße 62  
95448 Bayreuth

### Ihre Ansprechpartner

Dr. Friedrich Raether  
Leitung HTL  
Telefon +49 921 78510-002  
friedrich.raether@isc.fraunhofer.de



Gudrun Kohler  
Sekretariat  
Telefon +49 921 78510-910  
Telefax +49 921 78510-001  
gudrun.kohler@isc.fraunhofer.de

[www.htl.fraunhofer.de](http://www.htl.fraunhofer.de)



# INHALT

## FRAUNHOFER-ZENTRUM FÜR HOCHTEMPERATUR-LEICHTBAU HTL

---

4 FRAUNHOFER-ZENTRUM HTL IM PROFIL

6 HOCHTEMPERATURWERKSTOFFE

7 KERAMISCHE FASERN UND MATRICES

8 TEXTILE FASERVERARBEITUNG

9 CMC-BAUTEILE

10 WÄRMESPROZESSE

11 CHARAKTERISIERUNG

11 OFENANLAGEN FÜR VERSUCHSBRÄNDE

KONTAKT UND ANFAHRT



# FRAUNHOFER-ZENTRUM HTL IM PROFIL

HOHE TEMPERATUREN – EFFIZIENTE LÖSUNGEN



Das Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelt Materialien und Komponenten sowie Mess- und Simulationsverfahren für den Einsatz bei hohen Temperaturen. Wichtige Anwendungen liegen in der Energie-, Antriebs- und Wärmetechnik.

Das HTL hat an den beiden Standorten Bayreuth und Würzburg derzeit etwa 90 Mitarbeiter. Über 2000 m<sup>2</sup> hochwertige Labor- und Technikumsflächen mit modernster Geräteausstattung stehen für Entwicklungsprojekte und FuE-Dienstleistungen zur Verfügung. Zusätzlich verfügt das HTL über ein Anwendungszentrum für Textile Faserkeramiken am Standort Münchberg, das aus einer Kooperation zwischen Fraunhofer und der Hochschule Hof hervorgegangen ist.

Am HTL gibt es zwei Geschäftsfelder:

- Thermoprozesstechnik
- CMC (Ceramic Matrix Composites)

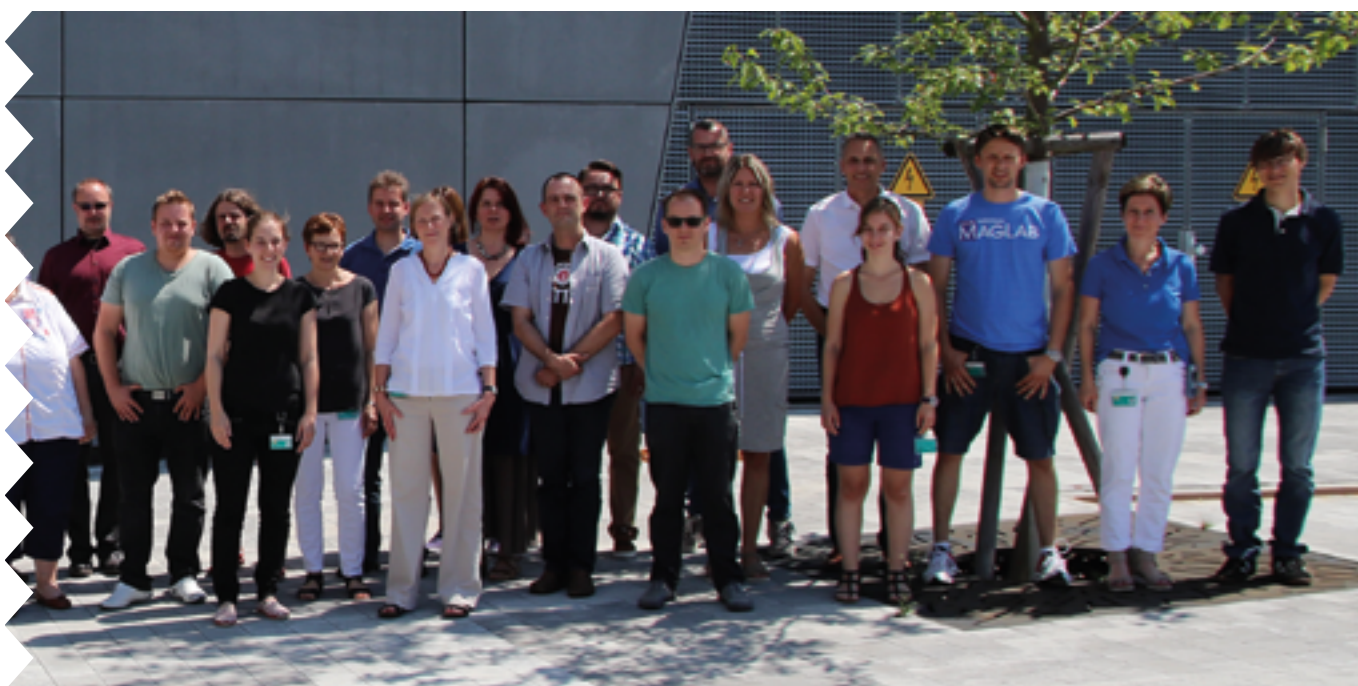
Der Fokus im Geschäftsfeld Thermoprozesstechnik liegt auf der Verbesserung der Qualität sowie der Material- und Energieeffizienz von industriellen Wärmeprozessen. Bisher werden in Deutschland mehr als 10 % der Primärenergie für industrielle Wärmebehandlungen verbraucht. Es besteht ein erhebliches Verbesserungspotential für Kosten- und Energieeinsparungen sowie für Qualitätssteigerungen, das mit den systematischen am HTL entwickelten Methoden erschlossen wird.

Im Geschäftsfeld CMC bildet das HTL die gesamte Herstellkette von der Faserentwicklung über die textile Faserverarbeitung, den Matrixaufbau, die Endbearbeitung, das Fügen und das Beschichten ab. Die Hauptanwendung der CMC-Komponenten liegt bei Hochtemperatur-Prozessen – z. B. Gasturbinen – wo sie ebenfalls zur Energieeffizienz und Nachhaltigkeit der Prozesse beitragen.

Zu den beiden Geschäftsfeldern tragen folgende Kernkompetenzen des HTL bei:

- Hochtemperatur-Charakterisierung von Werkstoffen und Bauteilen mit den ThermoOptischen Messanlagen (TOM)
- Optimierung von Hochtemperatur-Prozessen mittels In-situ-Messungen und Computersimulation
- Entwicklung von Hochtemperatur-Materialien aus Keramiken, Metall-Keramik-Kompositen und CMC
- Entwicklung von Hochtemperatur-Bauteilen und -Anlagen

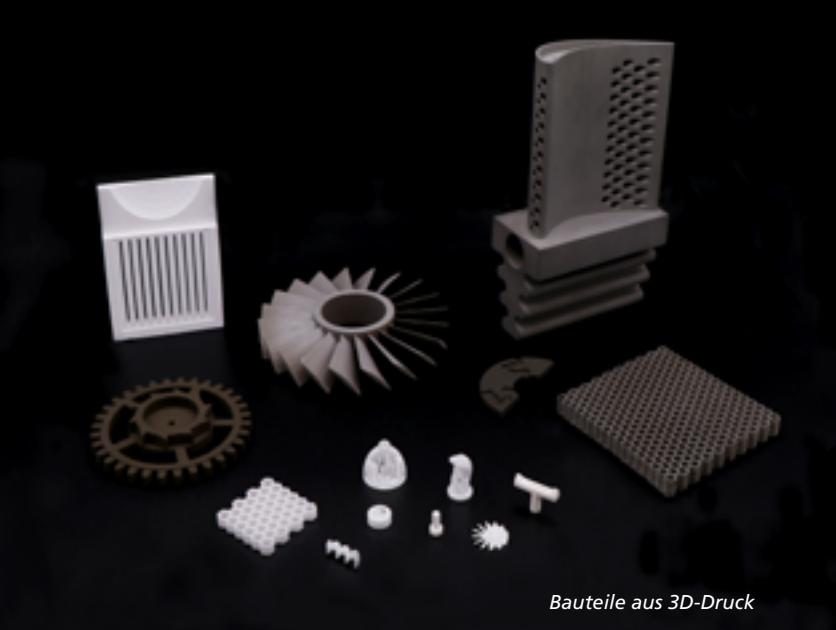
Am Fraunhofer-Zentrum HTL stehen verschiedene 3D-Druckverfahren für die Herstellung von Metall- und Keramikbauteilen mit komplexen Geometrien zur Verfügung. Materialien und Bauteile können zudem mit unterschiedlichen zerstörungsfreien und mechanischen sowie thermischen Prüfverfahren charakterisiert werden. Zur Auslegung von Materialien, Bauteilen und Prozessen werden zahlreiche Computerprogramme – von In-House-Software über Materialdatenbanken bis hin zu kommerziell verfügbaren Finite Elemente Simulationstools eingesetzt.



Das Fraunhofer-Zentrum HTL  
ist nach ISO 9001:2015 zertifiziert

## Mission Statement

Das HTL gestaltet energieeffiziente Wärmeprozesse und trägt so zu einem nachhaltigen technologischen Fortschritt der Gesellschaft bei. Es entwickelt Hochtemperatur-Materialien, Hochtemperatur-Bauteile sowie Hochtemperatur-Messverfahren und optimiert damit Thermoprozesse. Das HTL arbeitet mit systematischen Methoden auf hohem wissenschaftlich-technischem Niveau. Primäres Ziel ist die Umsetzung seiner Entwicklungen in der Industrie.



Bauteile aus 3D-Druck



Computersimulation der thermischen Spannungen in einer Zirkoniumoxid-Aluminiumoxidkeramik



Fasertechnikum mit Faserziehturm



Spulen mit Endlossfasern aus Nichttoxidkeramik

## HOCHTEMPERATURWERKSTOFFE

### KOMPETENZEN

Das Fraunhofer-Zentrum HTL verfügt über die gesamte Herstellkette, um technische Keramiken zu entwickeln. Von der Versatzaufbereitung über die Formgebung und Wärmebehandlung bis zur Endbearbeitung können Oxid- und Nichtoxid- sowie Silicatkeramiken hergestellt werden. Ebenso werden metall-keramische Verbundwerkstoffe, Kohlenstoff- und Metallkomponenten gefertigt. Eine Besonderheit sind additive Fertigungsverfahren. Diese können sowohl schlickerbasiert als auch mit Pulverbettverfahren realisiert werden. Auf diese Weise können keramische, metallische und metallkeramische Bauteile mit komplexer Geometrie hergestellt werden.

Die Materialentwicklung beginnt mit der Auswahl geeigneter Stoffsysteme. Hierfür stehen umfangreiche Material- und Thermodynamikdatenbanken zur Verfügung. Mittels speziell entwickelter In-House-Software können die Materialeigenschaften mehrphasiger – auch poröser – Keramiken oder Komposite präzise vorhergesagt werden. Dies wird verwendet, um die Mikrostruktur der Werkstoffe zu optimieren. Die Bauteilauslegung erfolgt mittels Finite Elemente Verfahren. Insbesondere werden in keramikgerechten Designs die thermomechanischen Lasten beim Bauteileinsatz minimiert.

Für die Formgebung stehen – neben dem 3D-Druck – klassische Verfahren wie kalisostatisches Pressen, Extrusion, Schlicker gießen oder Nasspressen zur Verfügung. Die Rohstoffe können mit unterschiedlichen Techniken gemahlen, dispergiert, gemischt und homogenisiert werden. Für die prozessbegleitende Analyse werden u.a. Partikelgrößen- und Zetapotentialmessgeräte sowie Rheometer eingesetzt. Die Qualität von Grünkörpern wird mit speziellen In-House-Verfahren untersucht. Die Wärmebehandlung der Grünkörper erfolgt in unterschiedlichen elektrisch- oder gasbeheizten Öfen.

Zur Endbearbeitung steht u.a. ein computergesteuertes 5-achsiges Bearbeitungszentrum zur Verfügung. Bauteile mit komplexer Geometrie können mit Hochtemperatur-Fügeverfahren aus einfachen Komponenten aufgebaut werden.

Das Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelt kundenspezifisch Beschichtungen, welche über Auftragstechniken wie beispielsweise Tauchen, Sprühen und Streichen appliziert werden können. Nach dem Auftrag werden die Schichten zur Verdichtung eingebrannt.

### LEISTUNGSANGEBOT

#### Materialauswahl und Gefüge- / Bauteil-Design

- Identifikation geeigneter Keramiken und Komposite für kundenspezifische Fragestellung
- Auslegung von Bauteilen bei komplexen thermomechanischen Beanspruchungen
- Ermittlung optimaler Gefüge für kundenspezifisches Anforderungsprofil

#### Material- und Prototypenentwicklung

- Versatz- und Grünkörperherstellung sowie Grünkörperbewertung
- Optimierung von Wärmebehandlungsprozessen
- Material- und Bauteilprüfung

#### Keramische Beschichtungen

- Entwicklung von Beschichtungsmaterialien wie Schlicker, Sol-Gel-Vorstufen, präkeramische Polymere
- Auftragsverfahren wie Tauchen, Streichen, Sprühen
- Anwendung als Korrosionsschutz, thermische Isolation, gasdichte Oberflächenversiegelung, Heihschichten
- Charakterisierung von Beschichtungen

## KERAMISCHE FASERN UND MATRICES

### KOMPETENZEN

Das Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelt Keramikfasern, Faserbeschichtungen und Matrices für keramische Faserverbundwerkstoffe nach kundenspezifischen Anforderungen. Dabei decken die Kompetenzen des HTL die Prozesskette von der Rohstoffsynthese, über die Verarbeitungsverfahren bis zur Werkstoffprüfung für die einzelnen Komponenten ab.

Als Rohstoffe werden präkeramische Polymere, Sol-Gel-Vorstufen oder Schlicker eingesetzt. Sie werden spezifisch für die jeweilige Anwendung und für die Anforderungen an die Verarbeitung entwickelt. Die Rohstoffe werden entweder vollständig am HTL entwickelt oder kommerzielle Rohstoffe werden anwendungsspezifisch modifiziert.

Am Fraunhofer-Zentrum HTL werden oxidische und nicht-oxidische Keramikfasern entwickelt. Dafür stehen die Schmelz- und Trockenspinntechnologie zur Verfügung. Die Faserentwicklung wird vom Labor- bis in den Technikumsmaßstab abgebildet. Ab 2019 steht eine Pilotforschungsanlage zur Verfügung, welche die Entwicklung und Herstellung von Keramikfasern bis in den Tonnen-Maßstab ermöglicht.

Wir entwickeln für unsere Kunden Beschichtungen von Fasern. Die Beschichtungen werden über ein nasschemisches Verfahren appliziert, welches schnell, kostengünstig und einfach industriell umsetzbar ist. Die Beschichtung von Keramikfasern hat das Ziel, ein Faser-Matrix-Interface einzustellen, welches ein schadens-tolerantes Verhalten von Verbundwerkstoffen ermöglicht.

Das Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelt Matrices für keramische Verbundwerkstoffe. Dafür werden präkeramische Polymere, Sole oder Schlicker eingesetzt. Die Rohstoffe werden gezielt für die

Verarbeitungsverfahren optimiert. Nach der Verarbeitung werden die Materialien über einen Thermoprozess in eine Keramik überführt. Die experimentelle Entwicklung der Thermoprozesse kann durch Computersimulationen unterstützt werden.

### LEISTUNGSANGEBOT

#### Keramische Fasern

Bemusterung mit keramischen Fasern vom Labormaßstab bis zur technischen Kleinserie:

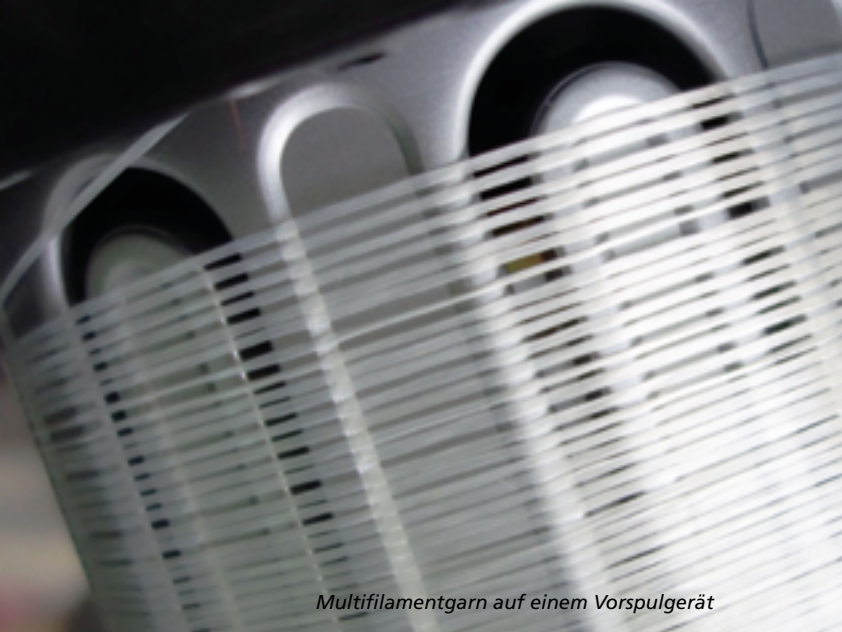
- Verschiedene Spinnverfahren wie Schmelzspinnen und Trockenspinnen
- Oxidische und nichtoxidische Keramikfasern
- Als Einzelfasern oder Roving mit bis zu 1000 Filamenten

#### Keramische Beschichtungen

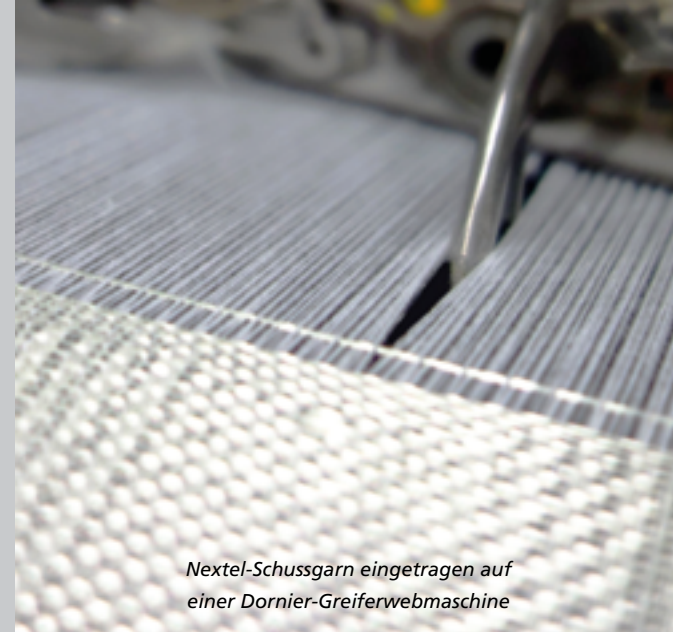
- Auf Keramikendlossfaser
- Als Korrosionsschutz, Oxidationsschutz und zur Einstellung der Faser-Matrix Anbindung bei CMC
- Aufbringung über kostengünstige nasschemische Routen

#### Matrixmaterialien

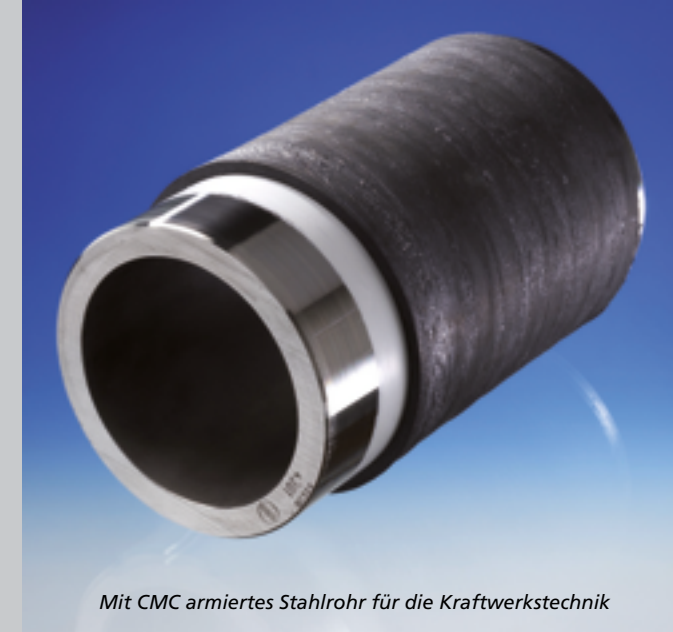
- Für den Aufbau von oxidischen und nichtoxidischen CMC
- Für nichtoxidische CMC basierend auf präkeramischen Vorstufen und als thermoplastisches Polymer oder als Polymerlösung verfügbar
- Für oxidische CMC basierend entweder auf wässrigen Sol-Gel-Vorstufen oder auf wässrigen Suspensionen aus keramischen Pulvern



Multifilamentgarn auf einem Vorspulerät



Nextel-Schussgarn eingetragen auf einer Dornier-Greiferwebmaschine



Mit CMC armiertes Stahlrohr für die Kraftwerkstechnik



CMC-Komponente für die Friktionstechnik

## TEXTILE FASERKERAMIKEN

### KOMPETENZEN

Das Fraunhofer-Zentrum HTL verfügt am Standort Münchenberg über das Anwendungszentrum für Textile Faserkeramiken TFK. Das Anwendungszentrum TFK ist aus einer Kooperation zwischen Fraunhofer und der Hochschule Hof entstanden. Vor Ort stehen Maschinen zu allen textilen Fertigungsverfahren, z.B. zum Weben, Flechten, Stricken und Wirken sowie zur Vliesherzeugung zur Verfügung.

Das Anwendungszentrum TFK überträgt textile Verarbeitungstechniken von herkömmlichen Fasern auf Keramik-, Carbon- und Glasfasern. Es stellt damit textile Halbzeuge und Endprodukte her. In Verbindung mit den anderen Arbeitsgruppen des Fraunhofer-Zentrums HTL sind Projekte und Dienstleistungen zur Entwicklung keramischer Faserverbundstoffe über alle Prozessstufen ausgehend von der Faser bis hin zum fertigen CMC-Bauteil möglich.

Die Verarbeitung von Textilfasern zu 2D- und 3D-Strukturen ist im letzten Jahrzehnt durch Einführung neuer Technologien rasant vorangeschritten. Diese innovativen Produktionsverfahren werden nun auf anorganische Fasern übertragen, um neue Anwendungen zu erschließen. Bei keramischen Verstärkungsfasern sind die hohen Kosten der Fasern und Verarbeitungsschritte die größte Barriere für einen Markterfolg. Das Anwendungszentrum TFK arbeitet an der Entwicklung kostengünstiger serientauglicher Verfahren, mit denen anorganische Fasern zu lastgerechten 2D- und 3D-Strukturen verarbeitet werden können.

### LEISTUNGSANGEBOT

Das Anwendungszentrum TFK kann für sehr unterschiedliche Fragestellungen Fasern – beispielsweise aus SiC und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sowie Carbon, Glas und Basalt – untersuchen, prüfen oder verarbeiten.

Durch Gespräche mit dem Kunden werden Anforderungen und Ziele ermittelt und die gemeinsame Vorgehensweise festgelegt. Je nach Wunsch erhält der Kunde einen Untersuchungsbericht und/oder eine Präsentation der Ergebnisse und ihrer Interpretation. Bei Bedarf werden kundenspezifische Lösungen entwickelt und gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte initiiert.

Wir bieten außerdem Schulungen und Seminare zu textilen Verarbeitungsmethoden an.

#### Textile Prüfungen

- Bestimmung des Schlichtegehaltes gemäß DIN EN 1007-1
- Bestimmung der Feinheit gemäß DIN EN 1007-2
- Bestimmung des Faserdurchmessers und -querschnitts gemäß DIN EN 1007-3
- Bestimmung der Zugeigenschaften von Fasern bei Raumtemperatur gemäß DIN EN 1007-4
- Bestimmung der Zugfestigkeit von Fasern im Faserbündel bei Raumtemperatur gemäß DIN EN 1007-5

## CMC-BAUTEILE

### KOMPETENZEN

Am Fraunhofer-Zentrum HTL werden Bauteile aus keramischen Verbundwerkstoffen (Ceramic Matrix Composites = CMC) in einer geschlossenen Prozesskette entwickelt: vom Bauteilentwurf über das Materialdesign bis zur Fertigung im Technikumsmaßstab. CMC-Werkstoffe unterscheiden sich von monolithischen Keramiken durch eine wesentlich höhere Bruchzähigkeit, welche zu einem schadenstoleranten Bauteilverhalten führt.

Für den Bauteilentwurf führen wir die Simulation und Auslegung von Strukturen aus faserverstärkten Keramiken durch. Wir erarbeiten ein spannungsarmes Design durch die Simulation von mechanischen und thermischen Lastfällen. Beim Einsatz von Hybridbauweisen können keramische Bauteile mit metallischen Komponenten kombiniert werden. Hierbei wird mit Hilfe von FE-Modellierungen das unterschiedlich starke Ausdehnungsverhalten bei hohen Temperaturen berücksichtigt.

Auf Kundenwunsch entwickeln wir anwendungsspezifische CMC. Diese Materialgruppe umfasst kohlenstofffaserverstärkten Kohlenstoff, carbonfaserverstärktes SiC (C/SiC), siliziumcarbidfaserverstärktes SiC (SiC/SiC) und oxidfaserverstärkte Oxidkeramik (O-CMC). Durch die Auswahl geeigneter Ausgangsmaterialien – Fasern, Matrices und Additive – und ihrer räumlichen Anordnung werden die gewünschten Werkstoffeigenschaften erzielt. Es stehen alle Technologien zur Herstellung von faserverstärkten Grünkörpern und deren Keramisierung zur Verfügung. An Labormustern werden statistisch abgesicherte Kenndaten erhalten. Für die Herstellung von Prototypen stehen Technikumsanlagen zur Verfügung, die ein Hochskalieren auf Bauteilabmessungen bis ca. 700 mm erlauben. Daraus können Konzepte zur Serienherstellung von Bauteilen aus CMC entwickelt werden. Die Herstellung kann kundenspezifisch um qualitätssichernde

Maßnahmen ergänzt werden. Somit ist ein nachfolgender Transfer der Ergebnisse und der Technologie in den Produktionsmaßstab möglich.

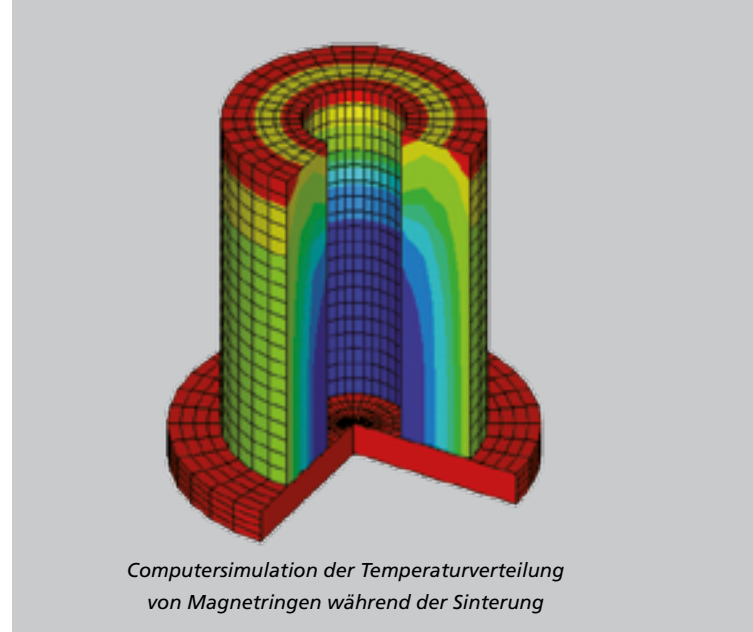
### LEISTUNGSANGEBOT

Wir bemustern Sie mit faserverstärkten Verbundkeramikbauteilen und beraten Sie bei der Auswahl für das jeweilige Anwendungsgebiet. In ersten Orientierungstests kann experimentell überprüft werden, ob die Anwendungseigenschaften mit verfügbaren Werkstoffen erreicht werden können. Erfahrungsgemäß müssen die Werkstoffe im Rahmen von FuE-Projekten an den Einsatzzweck angepasst und optimiert werden.

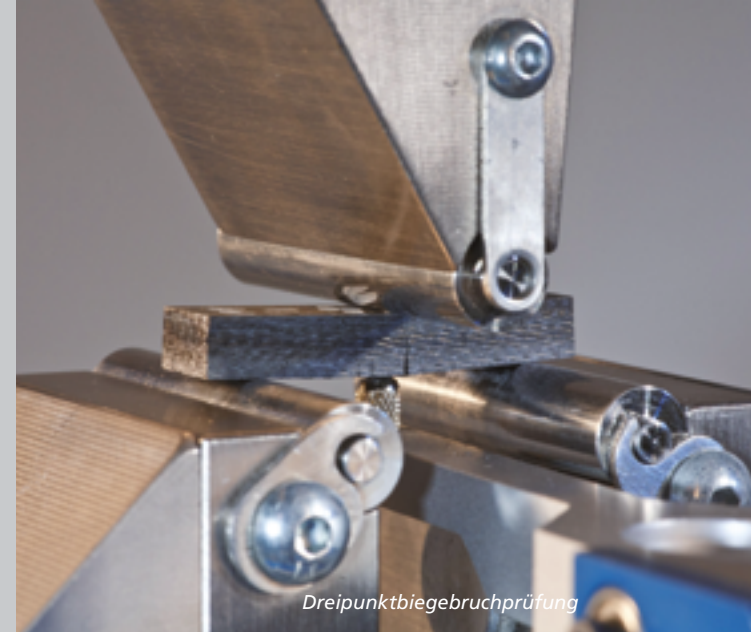
- Beratung bei der Auswahl von CMC-Werkstoffen
- Bereitstellung von Werkstoffmustern aus CFK, Carbon-Carbon sowie oxidischen und nicht-oxidischen CMC für neue Anwendungen
- Prüfung der Anwendungseigenschaften
- Beschichtung von Rovings und Geweben inkl. thermischer Aufarbeitung / Keramisierung der Schicht
- Kostenanalyse für die Herstellung und Qualitätssicherung von CMC-Bauteilen in unterschiedlich großen Mengen und Stückzahlen



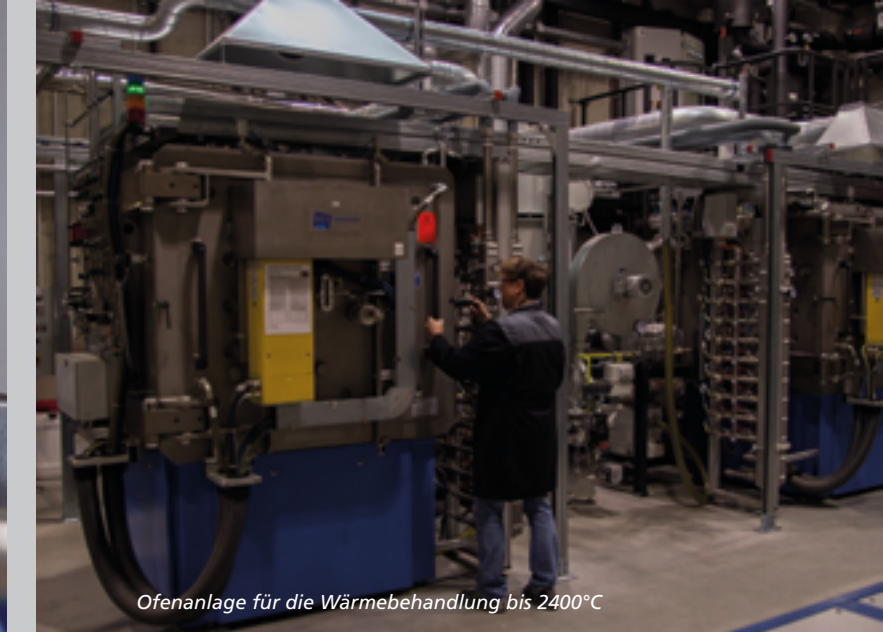
ThermoOptische Messanlage TOM\_air



Computersimulation der Temperaturverteilung von Magnetrings während der Sinterung



Dreipunktbiegebruchprüfung



Ofenanlage für die Wärmebehandlung bis 2400°C

## WÄRMESPROZESSE

### KOMPETENZEN

Wir optimieren für Sie Wärmebehandlungsprozesse zur Herstellung von Keramiken, Metallen und metall-keramischen Verbundwerkstoffen u.a.: Trocknung, Binderausbrand/Pyrolyse, Sinterung oder Schmelzinfiltration. Dabei können Temperatur-Zeit-Profile ebenso verbessert werden wie die Ofenatmosphäre oder die Anordnung des Wärmebehandlungsguts im Industrieofen. Ziele sind eine hohe und reproduzierbare Produktqualität bei guter Material-, Energie- und Kosteneffizienz der Prozesse.

Das Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelt ThermoOptische Messöfen (TOM), in denen der industrielle Wärmeprozess im Labor nachgestellt wird. Die TOM-Anlagen können alle in Industrieöfen relevanten Ofenatmosphären nachbilden: Gasbrennerofenatmosphäre, Luft, Inertgase, Formiergas, Wasserstoff, Vakuum, Überdruck etc. Sie sind mit Detektoren ausgestattet, mit denen die Materialveränderungen während der Wärmebehandlung mit hoher Genauigkeit erfasst werden. Z.B. werden die Dimensionsänderungen beim Sintern mit extrem guter Reproduzierbarkeit gemessen oder die Schallemissionssignale beim Entbindern mit empfindlichen Mikrofonen erfasst. Auch die Hochtemperatur-Eigenschaften von Materialien werden mit TOM-Anlagen gemessen.

Die Messdaten werden parametrisiert – insbesondere wird die Kinetik der thermisch aktivierten Reaktionen mit robusten Modellen abgebildet – und dann in FE-Simulationen verwendet, um die Wärmebehandlung am Computer zu optimieren. In den FE-Modellen wird auch die Wechselwirkung zwischen dem Industrieofen und dem Brennstapel berücksichtigt, so dass die Laborergebnisse anschließend auf den Produktionsmaßstab übertragen werden können.

Für Produktionsöfen bieten wir Methoden zur Untersuchung von Temperaturverteilung, Ofenatmosphäre und Wärmebilanz an. Auch diese Messdaten können in FE-Modellen abgebildet und zur Prozessoptimierung genutzt werden.

Weitere Informationen: [www.htl-enertherm.eu](http://www.htl-enertherm.eu)

### LEISTUNGSANGEBOT

- In-situ-Charakterisierung des Verhaltens von Feststoffen und Schmelzen bei der Wärmebehandlung
- Untersuchung von Trocknungs-, Sinterungs-, Entbinderungs-, Pyrolyse-, Schmelz- und Infiltrationsprozessen
- Messung von Dimensionsänderungen: Sinterschwindung, Verzug, Wärmeausdehnung
- Messung von Gasphasenreaktionen: Gewichtsänderung, Gasemission
- Thermophysikalische Charakterisierung von Feststoffen: Wärmeleitfähigkeit, Kriechbeständigkeit, Emissivität, Hochtemperatur-Festigkeit, Hochtemperatur-E-Modul, Thermoschockbeständigkeit
- Charakterisierung von Schmelzen: Benetzung, Viskosität
- Simulation von Wärmeströmen und Temperaturfeldern bei der Wärmebehandlung
- Entwicklung von Temperaturzyklen mit kürzerer Gesamtdauer (kalt-kalt)
- Entwicklung von Wärmebehandlungsprozessen mit geringerem Ausschuss/Endbearbeitungsaufwand
- Entwicklung von Temperaturzyklen/Heizbedingungen mit reduziertem Energieverbrauch
- Kundenspezifische Entwicklung von Hochtemperatur-Messverfahren
- Vermessen von Industrieöfen: Temperaturverteilung, Ofenatmosphäre, Wärmebilanz

## CHARAKTERISIERUNG

### KOMPETENZEN

Wir messen die Zusammensetzung, Mikrostruktur und Anwendungseigenschaften von Werkstoffen. Bei Bedarf entwickeln wir anwendungsspezifische Charakterisierungsmethoden und beraten Kunden in Bezug auf mögliche Prozessverbesserungen.

Den Schwerpunkt der Prüftechnik am Fraunhofer-Zentrum HTL bilden zerstörungsfreie sowie mechanische und thermische Verfahren. Zerstörungsfreie Prüfungen können mittels Computertomographie (CT) bis zu Bauteilgrößen von maximal 700 mm und Auflösungen bis 3 µm durchgeführt werden. Die CT wird ergänzt durch Ultraschall- und Terahertzwellenabbildung sowie Thermografie. Für mechanische Prüfungen stehen alle gängigen Testverfahren zur Verfügung. Die thermischen Prüfungen werden mit Standardmethoden oder mit TOM-Anlagen durchgeführt (vgl. Abschnitt „Wärmeprozesse“). Durch die Zusammenarbeit mit dem Zentrum für angewandte Analytik am Fraunhofer ISC Würzburg stehen zahlreiche weitere Messverfahren zur Verfügung. Dies ermöglicht eine problemorientierte Vorgehensweise, bei der die für die aktuelle Aufgabenstellung jeweils passendsten Methoden verwendet werden.

### LEISTUNGSANGEBOT

- Zerstörungsfreie Material- und Bauteilprüfung
- Ermittlung thermischer und mechanischer Materialeigenschaften
- Qualitative und quantitative Gefügeanalyse
- Chemische Analyse und Elementaranalyse
- Dichtemessungen
- Dimensions- und Schadensanalysen an Bauteilen
- Beratung, Erstellung von Studien

## VERSUCHSBRÄNDE

### KOMPETENZEN

Für die thermische Behandlung von Werkstoffen und Bauteilen stehen in unseren Technika ca. 40 unterschiedliche Ofenanlagen zur Verfügung. Es können folgende Prozesse in kontrollierter Atmosphäre durchgeführt und in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden optimiert werden: Entbinderung, Pyrolyse, Graphitierung, Schmelzinfiltration und Sinterung. Verschiedene Anlagen sind an eine thermische Nachverbrennung angeschlossen, so dass auch Prozesse, bei denen große Kondensatvolumina anfallen, durchgeführt werden können.

### LEISTUNGSANGEBOT

- Ermittlung und Durchführung von Versuchs- und Auftragsbränden nach Kundenvorgaben in Chargenöfen bis maximal 2400 °C
- Definierte Atmosphären wie Vakuum, Schutzgas, Wasserstoff oder Luft
- Ofennutzungsvolumina von 1 Liter bis zu 400 Liter, geeignet für die Fertigung von großen Einzelbauteilen oder von Kleinserien
- Maximale Bauteilgröße bis 800x800x600 mm<sup>3</sup>
- Optimierung von Wärmeprozessen zur Erzielung optimaler Werkstoffeigenschaften
- Versuchsstände im Drehrohrföfen bis maximal 1100°C
- Prozessdokumentation und Endkontrolle der Bauteile nach Kundenwunsch