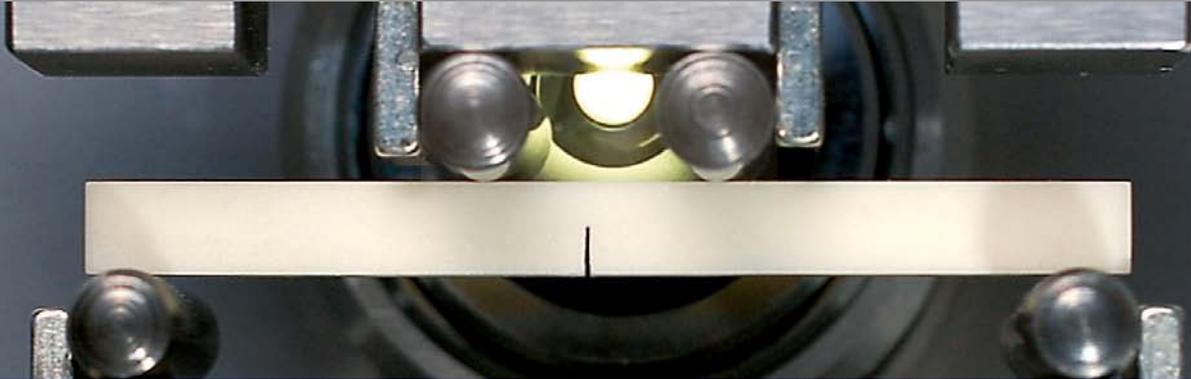




**Fraunhofer**

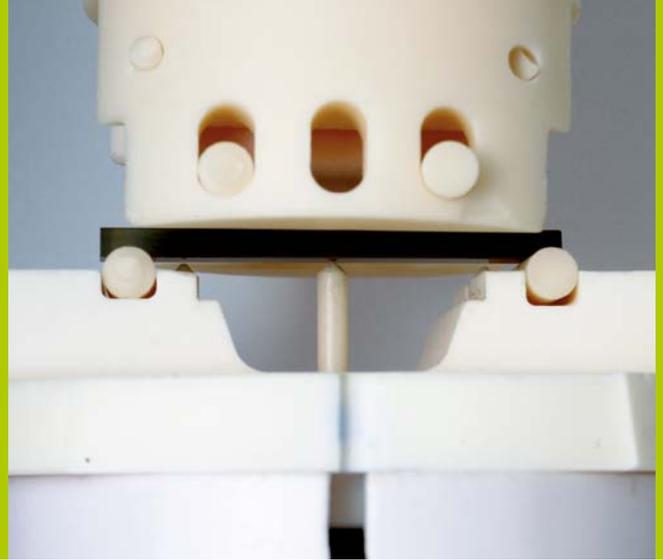
**IWM**

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFFMECHANIK IWM



**PRÜFUNG UND  
CHARAKTERISIERUNG  
KERAMISCHER WERKSTOFFE  
UND BAUTEILE**

# PRÜFUNG UND CHARAKTERISIERUNG KERAMISCHER WERKSTOFFE UND BAUTEILE



Kennwertbestimmungen unter Einsatzbedingungen liefern wichtige Informationen für die Auslegung und Bewertung von keramischen Komponenten hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer. Durch die Koppelung von experimentellen Methoden mit numerischer Simulation wird eine maximale Aussagekraft erreicht, da den experimentell ermittelten Werkstoffeigenschaften die zu erwartenden Einsatzbelastungen direkt gegenübergestellt werden können. Das Fraunhofer IWM verfügt über zahlreiche spezielle und zum Teil patentierte Versuchs- und Messaufbauten mit denen einzigartige Prüfmöglichkeiten realisiert werden können. Für Hochtemperaturversuche wurde beispielsweise ein Heißspannzeug-System entwickelt, welches die Durchführung kostengünstiger Zugversuche an keramischen Materialien ermöglicht. Einmalig ist auch ein entwickeltes Hochfrequenz-Extensometer, mit dem sehr schnelle Längenänderungen direkt an der Probe detektiert werden können.

## Die werkstoff- und kundenspezifische Prüfung keramischer Werkstoffe ermöglicht

- die Ermittlung der Leistungsgrenzen von Keramiken
- die Erkennung fehlerhafter Bauteile mit Proof-Tests
- die Nachstellung von komplexen Belastungsszenarien
- die Qualifizierung von Bauteilen für neue Anwendungen
- eine Lebensdauervorhersage für Keramikprodukte

## Typische Einsatzgebiete

- Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle
- Entwicklung neuer Werkstoffe und neuer Produkte
- Auslegung von Bauteilen
- Schadensanalyse

## Weitere Charakterisierungsmethoden

Neben den dargestellten Prüfmethoden bestehen zusätzlich Möglichkeiten, thermische und mechanische Eigenschaften zu messen, die Korrosionsbeständigkeit zu analysieren und keramographische Untersuchungen durchzuführen.

## Unsere Leistungen

### Biegeprüfung

Nahezu alle gängigen Kenndaten keramischer Werkstoffe können ermittelt werden.

### Ermittelbare Kennwerte

- Biegefestigkeit
- E-Modul
- Bruchzähigkeit
- Dynamische Festigkeit

### Versagensmechanismen

- Unterkritisches Risswachstum
- Kriechverformung

### Prüfverfahren

- 3-Punkt-Prüfung, 4-Punkt-Prüfung
- Doppelringtest
- biaxiale Biegeprüfung

### Belastungsbedingungen

- Weggeregelt: 1  $\mu\text{m}/\text{min}$  – 50 mm/min
- Kraftgeregelt: 1 N/min – 500 kN/min
- Zyklische Belastungen bis max. 100 Hz

### Umgebungsbedingungen und Temperaturbereich

- Nichtexplosive Gase und Flüssigkeiten
- -30 – 1 600 °C

### Bruchzähigkeit und Risswachstum

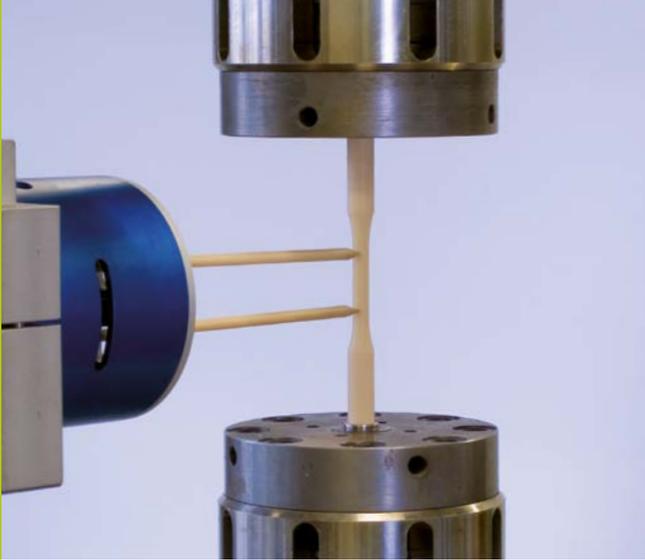
Neueste Technik ermöglicht die Messung der Bruchzähigkeit in Abhängigkeit von der Risslänge an einer Probe (R-Kurven).

### Ermittelbare Kennwerte

- Bruchzähigkeit  $K_{Ic}$
- R-Kurvenverlauf
- Unterkritisches Risswachstum

### Probengeometrien

- 3-Punkt-Biegung: z.B. 1,2 x 4 x 20 mm
- 4-Punkt-Biegung: z.B. 3 x 4 x 45 mm



### Zugversuche

Bei Zugversuchen wird der gesamte Prüfquerschnitt der Probe mit der Maximalspannung belastet.

#### Ermittelbare Kennwerte

- Zugfestigkeit
- E-Modul
- Zeitstandfestigkeit

#### Komplexe Zugversuche

- LCF Versuche
- HCF Versuche

#### Probengeometrien

- Rundzugproben bis  $\varnothing$  15,5 mm
- Flachzugproben nach Absprache

#### Temperaturbereich

-30 – 1 600 °C

#### Belastungsbedingungen

- Wegeregelt: 1  $\mu$ m/min – 50 mm/min
- Krafteregelt: 1 N/min – 500 kN/min
- Zyklische Belastungen bis max. 100 Hz

### Druckversuche

Druckspannungen führen bei Keramiken erst bei sehr hohen Belastungen zum Versagen. Im klassischen Druckversuch werden deshalb sehr kleine Proben verwendet.

#### Ermittelbare Kennwerte

- Festigkeit
- Kriechparameter

#### Belastungsbedingungen

Maximalkraft 500 kN

#### Umgebungsbedingungen und Temperaturbereich

- Nichtexplosive Gase und Flüssigkeiten
- -30 °C – 1 400 °C
- bis 2 000 °C im Vakuum oder unter Schutzgas

### Prüfmethoden für zyklische Belastungen

Zyklische Belastungen können in Zugversuchen, Biegeversuchen oder Druckversuchen realisiert werden.

#### Ermittelbare Kennwerte

Lebensdauer, auch von Schichten

#### Frequenz

bis 100 Hz

#### Belastungsbedingungen

Krafteregelt: 0,5 N – 500 kN

#### Umgebungsbedingungen und Temperaturbereich

- Nichtexplosive Gase und Flüssigkeiten
- -30 – 1 600 °C

### Reibungs- und Verschleißmessungen

Keramiken eignen sich besonders gut für tribologisch beanspruchte Bauteile. Zur Bewertung der Reibungs- und Verschleiß-eigenschaften stehen zahlreiche Anlagen zur Verfügung.

#### Vorhandene Prüfverfahren

- reversierende Gleitverschleißprüfung
- Stift-Scheibe Reibversuch
- Überrollversuche
- Stirnflächengleitverschleißversuche
- Tribometerversuche mit In-situ-Rauheitscharakterisierung

#### Umgebungsbedingungen und Temperaturbereich

- Nichtexplosive Gase, Flüssigkeiten, Hochvakuum
- -30 – 1 200 °C

#### Messgrößen

- Reibkoeffizient
- Verschleißkoeffizient

# FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFFMECHANIK IWM

## Institutsleitung

Prof. Dr. Peter Gumbsch

## Fraunhofer IWM Freiburg

Wöhlerstraße 11  
79108 Freiburg  
Telefon +49 761 5142-0

## Ansprechpartner für keramische Werkstoffe

Dr. Andreas Kailer  
andreas.kailer@iwm.fraunhofer.de  
Telefon +49 761 5142-247

## WWW.IWM.FRAUNHOFER.DE

Das Managementsystem des Fraunhofer IWM ist nach ISO 9001 zertifiziert.

### Projektbasierte industriennahe Auftragsforschung

Das Fraunhofer IWM ist Ansprechpartner für die Industrie und öffentliche Auftraggeber im Bereich der Zuverlässigkeit, Sicherheit, Lebensdauer und Funktionalität von Bauteilen und Systemen. Der werkstoffmechanische Ansatz des Fraunhofer IWM zielt darauf ab, Schwachstellen und Fehler in Werkstoffen und Bauteilen zu identifizieren, deren Ursachen aufzuklären und darauf aufbauend Lösungen für die Einsatzsicherung von belasteten Bauteilen, für die Materialentwicklung und für Fertigungsprozesse anzubieten.

### Leistungsspektrum des Fraunhofer IWM

- Aufklärung und Management von Defekten, Rissbildung, Verformung, Versagen, Verschleiß, Fehlverhalten, Ermüdung
- Werkstoffcharakterisierung, Bauteilprüfung, Schadensanalysen, Fehlerdiagnostik, Mikrostrukturanalyse
- Werkstoffmodellierung, Prozess- und Bauteilsimulation
- Randschichtbewertung, Beschichtungen, Tribologie, Funktionalisierungen, Bio- und Grenzflächenanalytik
- Prozess-, Verfahrens- und Geräteentwicklungen

### Gründe für die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM

Das Fraunhofer IWM nutzt die neuesten Erkenntnisse aus Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, um die Leistungsgrenzen von Werkstoffen und Bauteilen zu erweitern und um Fertigungsprozesse zu verbessern. Fundiertes werkstoffmechanisches Know-how ist der Schlüssel zu innovativen Funktionalitäten und zu beschleunigten Entwicklungsprozessen.

Durch die breite Aufstellung des Fraunhofer IWM mit 500 engagierten und spezialisierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern lassen sich für jede Fragestellung individuelle Projektteams zusammenstellen

Das Fraunhofer IWM arbeitet mit der modernsten am Markt verfügbaren Geräteausstattung. Diese ermöglicht unerwartete Einblicke in das Verhalten von Werkstoffen und Bauteilen und damit auch innovative Lösungsansätze.

Viele hundert erfolgreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte jährlich sowie ein zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem zeugen für eine an die Rahmenbedingungen der Industrie angepasste zuverlässige Projektbearbeitung. Die durch Umfragen bestätigte hohe Kundenzufriedenheit zeigt, dass das Fraunhofer IWM einen sehr guten Ruf genießt.

**Sprechen Sie uns an! Lassen Sie uns gemeinsam eine maßgeschneiderte Lösung für Ihre Fragestellung finden!**