



**Fraunhofer**  
IKTS

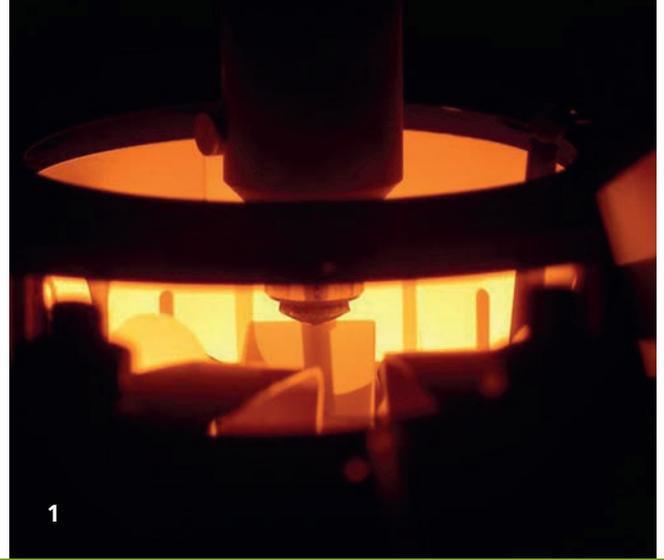
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR KERAMISCHE TECHNOLOGIEN UND SYSTEME IKTS



GESCHÄFTSFELD

# MATERIAL- UND PROZESSANALYSE





# MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

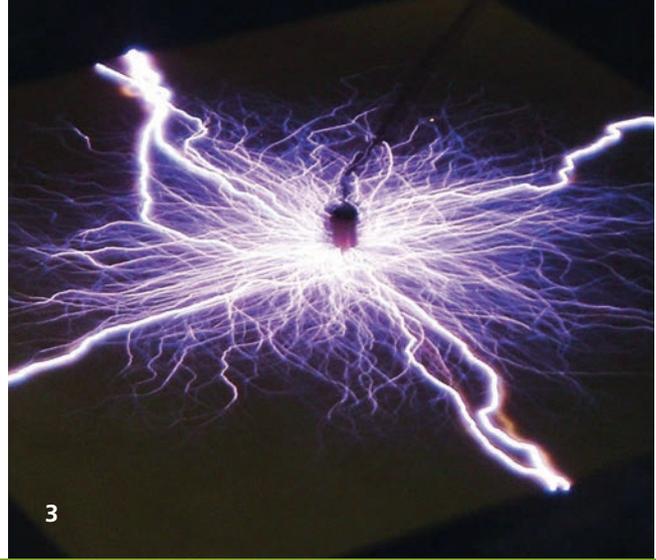
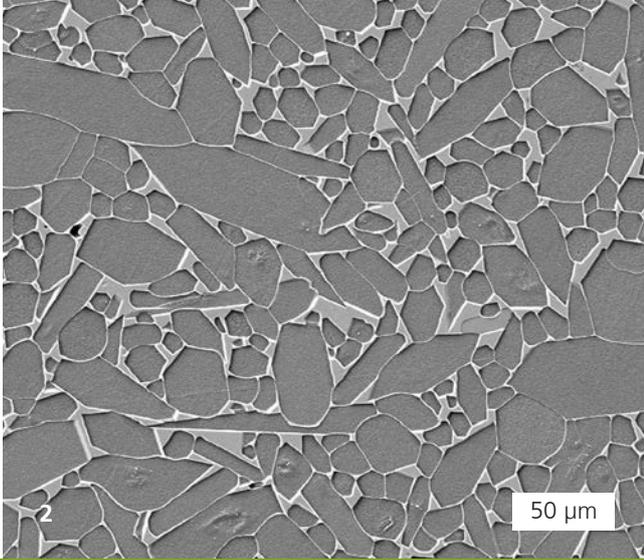
Im Geschäftsfeld »Material- und Prozessanalyse« bietet das Fraunhofer IKTS Anwendern und Herstellern von Rohstoffen, Werkstoffen und Bauteilen ein umfassendes Portfolio an Test-, Charakterisierungs- und Analysemethoden für Materialeigenschaften und Produktionsprozesse. Im Mittelpunkt stehen dabei keramische Werkstoffe, Bauteile und Verfahren für technische Anwendungen einschließlich Leichtbau sowie Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik, Photonik und Biomedizin.

Wie beeinflussen Gefüge und Zusammensetzung die makroskopischen Eigenschaften eines Werkstoffs und damit des Produkts? Kann ein bestehender Werkstoff durch einen kostengünstigeren ersetzt werden, ohne dass ein Produkt an Qualität verliert? Wie können Herstellungsprozesse stabil, kosteneffektiv und nachhaltig eingerichtet werden? Welche Qualitätsstandards müssen eingehalten werden? Um diese und andere Fragen zu beantworten, die mit der Anwendung und Herstellung von Werkstoffen verbunden sind, müssen komplexe Zusammenhänge zwischen Rohstoff, Herstellungstechnologie, Werkstoffgefüge und Eigenschaften sowie Einsatzbedingungen als Gesamtheit betrachtet werden. Kennwerte werden dafür nicht nur ermittelt, sondern auch interpretiert.

Das Fraunhofer IKTS versteht sich als zentraler Anlaufpunkt für alle Fragen der chemischen, thermischen, mikrostrukturellen, mechanischen, tribologischen, elektrischen und elektrochemischen Analyse, Bewertung und Optimierung von Werkstoffen und Bauteilen sowie den damit verbundenen Fertigungsverfahren. Neben allen notwendigen Standardanalysemethoden stehen speziell für die Ermittlung des Hochtemperaturverhaltens weltweit einzigartige Untersuchungsmöglichkeiten zur Verfügung. Auf Grundlage einer umfangreichen Prozess-, Werkstoff- und Analysekompetenz unterstützt und berät das Fraunhofer IKTS bei der Entwicklung neuer Werkstoffe und

Produkte, bei der Klärung komplexer Versagensmechanismen und beim Erreichen gesetzlicher und qualitativer Standards. Mit akkreditierten Laboren für die Kennwertermittlung an Pulvern, Suspensionen, thermophysikalischen und elektrischen/dielektrischen Eigenschaften von Werkstoffen, elektrischen Komponenten und Teilsystemen ist das Haus in der Lage, vielfältige Aufgaben der Qualitätssicherung und Zertifizierung von Produkten und Prozessen bis hin zur Prototypenprüfung im Kundenauftrag zu übernehmen.

Das Fraunhofer IKTS ist ein zuverlässiger, mehrfach akkreditierter und auditierter Dienstleister für die Untersuchung und Bewertung werkstoffwissenschaftlicher Grundlagen, anwendungsspezifischer Fragestellungen sowie messtechnischer Entwicklungen.



## ANWENDUNGSBEREICHE

### Rohstoffanalyse und Bewertung

Für die Entwicklung und Optimierung von stabilen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Herstellungsprozessen und somit qualitativ hochwertigen Produkten ist eine detaillierte Kenntnis der verwendeten Materialien und ihrer Verarbeitungseigenschaften entscheidend. Das Fraunhofer IKTS unterstützt Kunden und Projektpartner in der Analyse und Bewertung von Materialien vom nm- bis in den mm-Bereich, im Institut und vor Ort. Die Bandbreite an untersuchten Materialien reicht von oxidischen und nichtoxidischen Keramiken, Hartmetallen über Kohlenstoffe bis hin zu Glas und organischen Rohstoffen (akkreditiert nach DIN EN ISO/EC 17025).

### Prozessbegleitende Charakterisierung

Das Fraunhofer IKTS besitzt das Know-how und die apparativen Voraussetzungen für die prozessbegleitende Charakterisierung aller Prozessschritte keramischer, pulvermetallurgischer und verwandter Technologien – beginnend bei der Aufbereitung und Konditionierung der Rohstoffe, Suspensionen und Pasten, über die Trocknung und Granulierung, die Formgebung sowie die thermischen Prozesse bis zur Finishbearbeitung. Die dabei gewonnenen Daten können direkt zur Analyse einzelner Prozessschritte und der Eigenschaften von Zwischen-

produkten genutzt werden. Darüber hinaus dienen sie der Etablierung von Methoden der Prozess- und Produktüberwachung sowie als Basis für eine Prozessmodellierung.

### Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung

Um die Qualität und Langlebigkeit von Produkten auch unter extremen Belastungen zu gewährleisten, ist das Wissen über mikro- und nanoskalige Strukturen im Werkstoff und ihrer Veränderungen durch eine Belastung unerlässlich. Hier ist das Fraunhofer IKTS in der Lage, die Gefüge und Eigenschaften von Werkstoffen sowie Bauteilen in einem breiten Temperaturbereich zu analysieren. Das Fraunhofer IKTS begleitet Kunden von der Probenpräparation bis zur Interpretation ermittelter Kennwerte. Darüber hinaus gibt es einen reichen Erfahrungsschatz bei der Analyse und Bewertung von Alterungsprozessen und Schadensfällen. Damit lassen sich Hochleistungskeramiken, Hartmetalle und Cermets, superharte Werkstoffe, gradierte Werkstoffe, Metall-Keramikverbunde sowie Werkstoffe der Mikro- und Nanoelektronik optimieren. Eine herausragende Kompetenz besteht für die Untersuchung von Korrosionsphänomenen keramischer Werkstoffe sowie der Modellierung, Simulation und Optimierung von Werkstoffen und Bauteilen unter Hochtemperatureinflüssen bei Temperaturen bis zu 2400 °C.

#### Anwendungsbereiche

; Rohstoffanalyse ; und -bewertung	; Prozessbegleitende ; Charakterisierung	; Werkstoff- und ; Bauteilcharakterisierung	; Bauteil- und ; Systemverhalten	; Analytik für die Mikro- ; und Nanoelektronik	; Modellierung ; und Simulation
---------------------------------------	---	--	-------------------------------------	---	------------------------------------

#### Kompetenzen

Dienstleistungen und Beratung

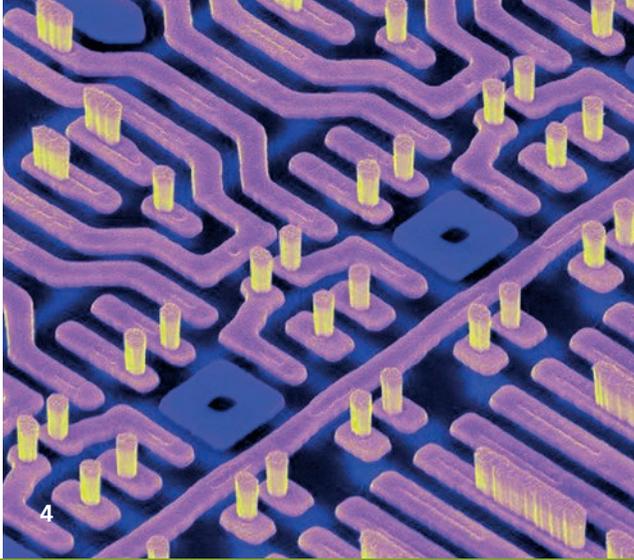
Methodenentwicklung und -optimierung

Lebensdauer- und Schadensanalyse

Angewandte Industrie- und Forschungsprojekte

Entwicklung angepasster Prüfsysteme

Kennwertermittlung von Werkstoffen und Bauteilen



## Bauteil- und Systemverhalten

Die Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Bauteilen kann nicht unabhängig von deren späteren Einsatzbedingungen im Gesamtsystem betrachtet werden. Das Fraunhofer IKTS bietet eine umfassende Bandbreite an thermomechanischen, chemischen, elektrischen, physikalischen und klimatischen Prüfverfahren, um Versagensmechanismen aufzuklären, Produkte zu optimieren und Zertifizierungen schneller zu erreichen. Im Mittelpunkt stehen dabei struktur- und funktionskeramische Bauteile, Hartmetalle, Cermets, Komponenten der Leistungselektronik und Sensorik, Bauteile auf Basis von Verbundwerkstoffen sowie Komponenten für Anwendungen in Filtration und Katalyse.

Die umfassende Werkstoff- und Technologieexpertise bildet die Basis für eine fundierte Schadensfallanalyse und ermöglicht eine Lebensdauerprognose von Bauteilen unter den spezifischen Randbedingungen der Keramik. Neben der Prüfplanung, -durchführung und -auswertung unterstützt das Fraunhofer IKTS Kunden im Bau spezifischer Inline- und Offline-Teststände und bei hochspezialisierten, anwendungsspezifischen Prüfungen.

## Analytik für die Mikro- und Nanoelektronik

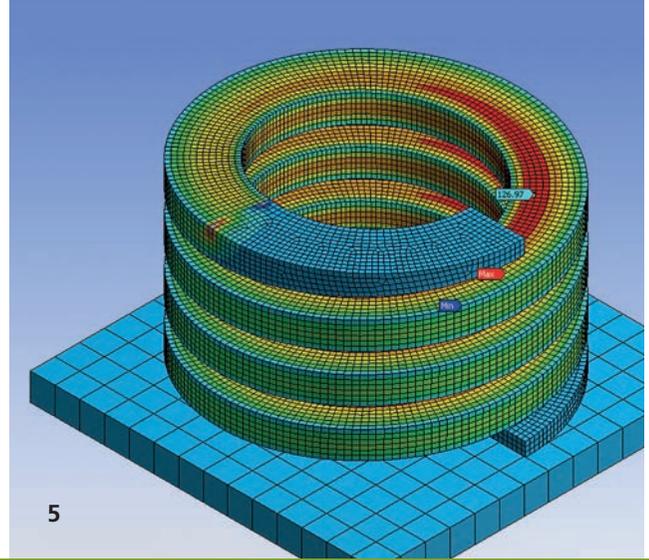
Ein Schwerpunkt am Fraunhofer IKTS stellt die anwendungsbezogene physikalische Mikro- und Nanoanalytik dar, mit deren Hilfe technische und konzeptionelle Lösungen für die Mikro-, Nano- und Optoelektronik entwickelt werden. Neue Materialien und Fertigungstechnologien erfordern innovative Konzepte, um eine Leistungssteigerung und Zuverlässigkeit immer komplexer werdender Elektronikanwendungen sicherzustellen. Das Fraunhofer IKTS besitzt langjährige Erfahrung und eine umfassende technische Ausstattung, um bekannte und eigens entwickelte Analysemethoden für Dienstleis-

tungen und Geräteentwicklungen zu qualifizieren. Neben hochauflösenden Verfahren der Ionen- und Elektronenmikroskopie und Röntgentechniken erforscht das Fraunhofer IKTS neue Ansätze, um mechanische Eigenschaften auf mikro- und nanoskaliger Ebene zu untersuchen. Weiterhin werden neue Methoden angewendet und weiterentwickelt, um in situ elektrische und mechanische Degradationsmechanismen zu charakterisieren.

## Modellierung und Simulation

Durch die Simulation von Werkstoffeigenschaften, Bauteilen, Fertigungstechnologien und Systemumgebungen können Entwicklungsrisiken minimiert und Produktzyklen wesentlich verkürzt werden. Am Fraunhofer IKTS kann daher bereits in frühen Entwicklungsphasen auf eine Softwareausstattung (FEM, CFD, Systemsimulation) für die Simulation von thermischen, mechanischen, elektrischen, strömungs- und reaktionstechnischen Vorgängen in Bauteilen und Systemen zugegriffen werden. Aufgrund langjähriger Erfahrungen und der Nutzung flexibler Programmtools können auch nutzerspezifische Modellbeschreibungen für neuartige Anwendungen, insbesondere mit gekoppelten Mechanismen (Koppelfeld-Analysen, Multiphysics), erstellt und analysiert werden.

- 1 *Warmhärteprüfung (Rezipient der Prüfanlage bei 1000 °C).*
- 2 *REM-Aufnahme des Gefüges einer  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik.*
- 3 *Hochspannungsprüfung.*
- 4 *Mikroelektronischer Schaltkreis.*



# METHODEN UND TECHNISCHE AUSSTATTUNG

## Keramische Rohstoff- und Prozessanalyse

- Chemische und Phasenzusammensetzung (XRF/XRD)
- Partikelgrößenanalyse, Partikelformkennzeichnung vom Nano- bis in den mm-Bereich
- Suspensionscharakterisierung (rheologische Eigenschaften, Oberflächenladung, Suspensionsstabilität)
- Thermische Analyse sowie thermophysikalische und chemische Eigenschaften (TG/DTA DSC, Dilatometrie einschließlich Gasanalytik in verschiedensten Atmosphären von 150 °C bis 2400 °C)

## Struktur- und Gefügeanalyse

- Standardmethoden der keramografischen Präparation
- Ionenstrahlpräparationstechniken (BIB/FIB)
- Hochaufgelöste Analyse von Gefügen und Oberflächen mittels FESEM (EDX, WDX, EBSD)
- TEM-Querschnittsanalysen inklusive EDX, EELS, EFTEM
- Röntgen-Computertomographie im Mikro- und Nanobereich, Röntgenmikroskopie
- Porenverteilung (Hg-Posimetric, Permeationsporosimetrie, N<sub>2</sub>/Kr-Adsorption und N<sub>2</sub>/Kr-Desorption, Pyknometrie)
- Röntgendiffraktometrie von RT bis 1400 °C

## Physikalische Eigenschaften von Werkstoffen und Bauteilen von RT bis zu hohen Temperaturen

- Festigkeit, Bruchzähigkeit, elastische Konstanten und Härte bei RT bis zu 1550 °C
- Nanohärte, lokale elastische Eigenschaften (AFM, AFAM, Nanoindenter), Schichthaftung
- Eigenschaften poröser und hochporöser Werkstoffe (z. B. Membranen, Partikelfilter, Katalysatoren)
- Thermophysikalische Eigenschaften (u. a. Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, thermischer Ausdehnungskoeffizient)

- Elektrische und dielektrische Eigenschaften (spezifischer Widerstand von  $\mu\Omega\text{cm}$  bis  $10^{15} \Omega\text{cm}$ )

## Korrosion und tribologische Eigenschaften

- Korrosion in Lösungen (T < 250 °C, Druck bis 35 bar) und Gasen (T < 2000 °C), Heißgasprüfung (Brennerprüfstände bis 1500 °C, Gasgeschwindigkeit bis 100 m/s)
- Elektrochemische Charakterisierung
- Tribologie und Verschleiß (oszillierender Reibverschleiß bei RT und höheren Temperaturen, Strahlverschleiß)

## Qualitäts- und Sicherheitsprüfung

- Klimakammern (-80 °C bis 1000 °C), Salznebelkammer
- Ein- und Zweikammertemperaturschocker
- Schwingungsprüfstand für 600 kg und 200 g
- Spezifischer Durchgangswiderstand, Oberflächenwiderstand, Durchschlagsfestigkeit, Kriechwegbildung sowie dielektrische Eigenschaften

## Akkreditierte Labore (DIN EN ISO/EC 17025)

- Thermoanalyse und Thermophysik
- Partikel- und Suspensionscharakterisierung
- Labor für Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit

## Modellierung und Simulation

- Finite-Elemente-Analyse (FEM): ANSYS (Emag/Mech), COMSOL Multiphysics, FlexPDE, Atila
- Strömungssimulation: Fluent
- Systemsimulation: Matlab/Simulink, Simulation X, Dymola/Modelica
- Thermodynamische Simulation: Factsage

5 *Spannungsverteilung in einer keramischen Feder.*

# KURZPORTRÄT DES FRAUNHOFER IKTS

Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS betreibt anwendungsorientierte Forschung für Hochleistungskeramik. Die drei Institutsteile in Dresden und Hermsdorf (Thüringen) formen gemeinsam das größte Keramikforschungsinstitut Europas.

Als Forschungs- und Technologiedienstleister entwickelt das Fraunhofer IKTS moderne keramische Hochleistungswerkstoffe, industrierelevante Herstellungsverfahren sowie prototypische Bauteile und Systeme in vollständigen Fertigungslinien bis in den Pilotmaßstab. Das Institut arbeitet in acht marktorientierten Geschäftsfeldern, um keramische Technologien und Komponenten für neue Branchen, neue Produktideen und neue Märkte jenseits der klassischen Einsatzgebiete zu demonstrieren und zu qualifizieren. Dazu gehören keramische Werkstoffe und Verfahren, Maschinenbau und Fahrzeugtechnik, Elektronik und Mikrosysteme, Energie, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Bio- und Medizintechnik, Optik sowie die Material- und Prozessanalyse.

Der Institutsteil Materialdiagnostik erweitert das Forschungsportfolio um die Kompetenzen Werkstoffdiagnose und -prüfung. Die Prüfverfahren aus den Bereichen Akustik, Elektromagnetik, Optik, Mikroskopie und Strahltechnik tragen maßgeblich zur Qualitätssicherung von Produkten und Anlagen bei.

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



## KONTAKT

Geschäftsfeld  
Material- und  
Prozessanalyse

Dr. Mathias Herrmann  
Fraunhofer-Institut für  
Keramische Technologien  
und Systeme IKTS  
Winterbergstraße 28,  
01277 Dresden  
Tel. +49 351 2553-7527  
mathias.herrmann@  
ikts.fraunhofer.de

**TITELBILD** Rasterelektronenmikroskopie mit Zweistrahlgerät Zeiss NVision 40 mit EDX- und EBSD-System.