



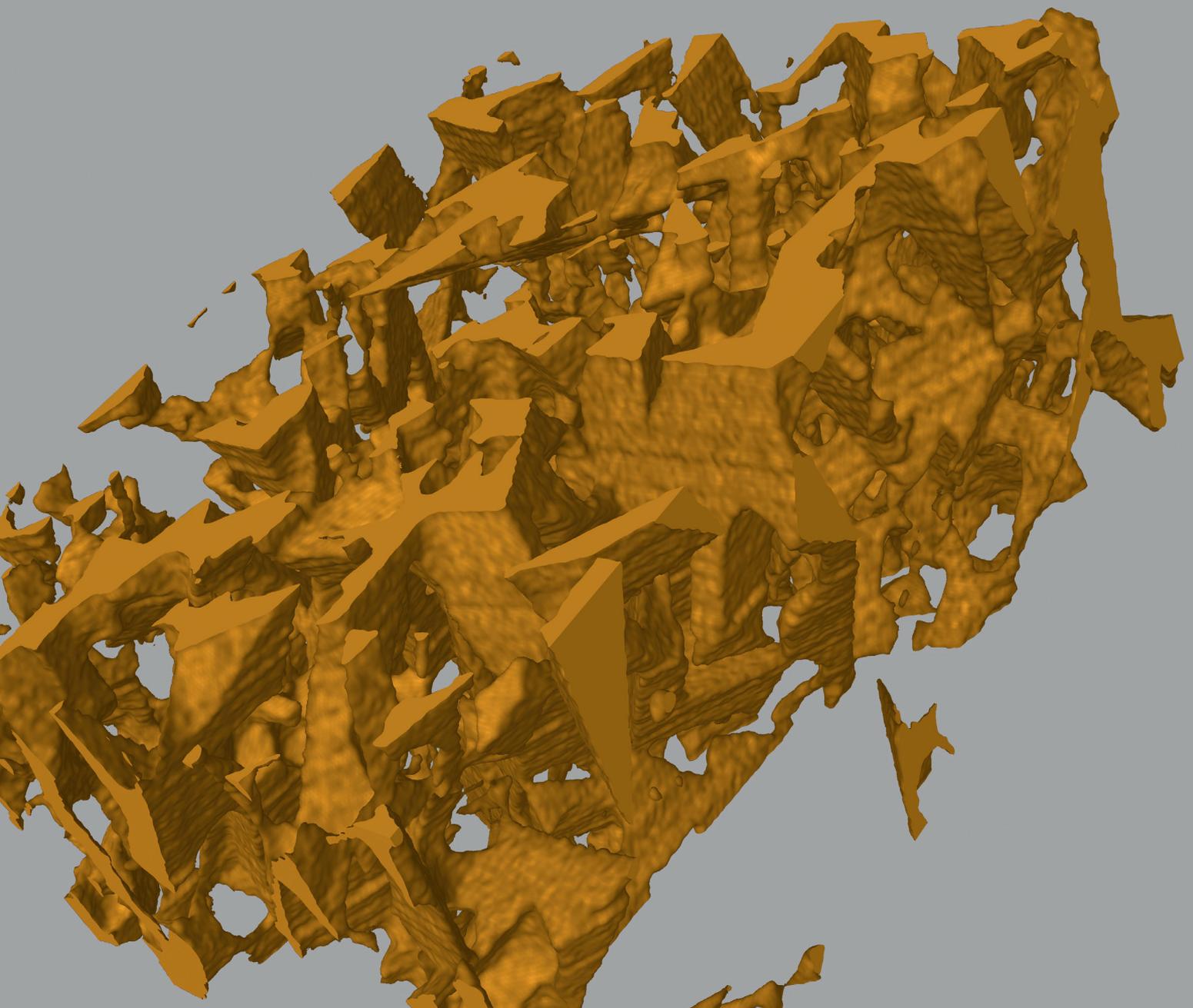
**Fraunhofer**

**IKTS**

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR KERAMISCHE TECHNOLOGIEN UND SYSTEME IKTS

INDUSTRIELÖSUNGEN

**CHARAKTERISIEREN | ANALYSIEREN |  
MESSEN | PRÜFEN**

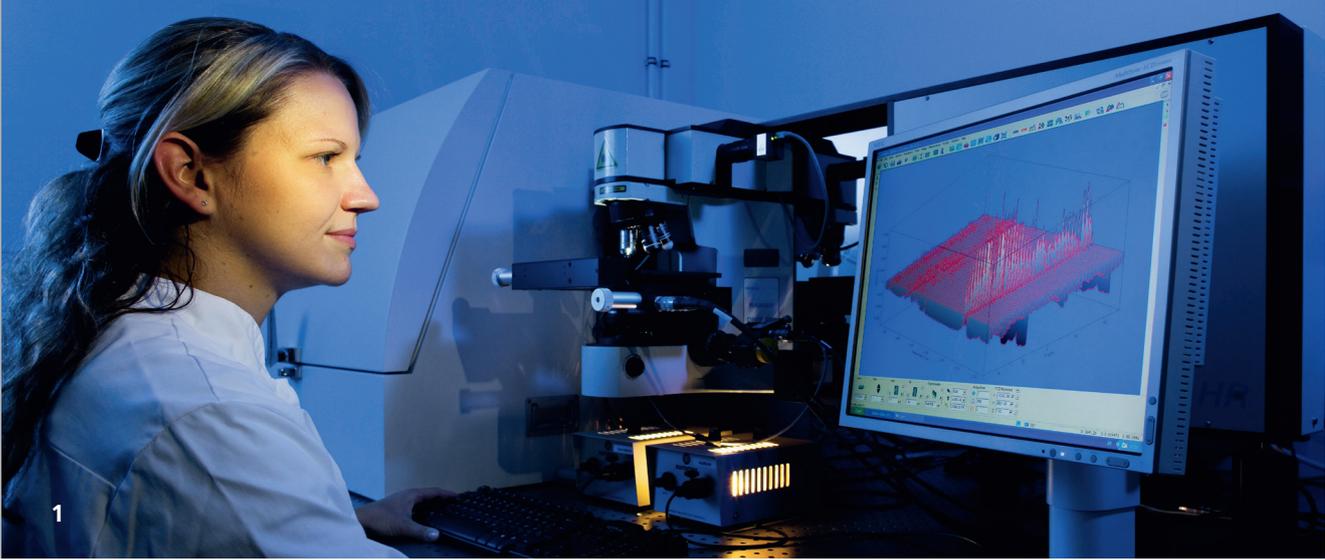


1	Überblick
2	Pulver- und Suspensionscharakterisierung
4	Thermische Analyse und Thermophysik
6	Gefüge- und Werkstoffanalyse
8	Mechanische Prüfung
10	Labor für Qualität und Zuverlässigkeit
12	Schadensanalyse
13	Korrosions- und tribologische Prüfung
14	ZfP-Zentrum
16	Prüfungen für Mikro- und Nanoelektronik
17	Weitere anwendungsspezifische Prüfmethoden

**TITELBILD** 3D-Cobalt-

*Verteilung in einem Hartmetall.*

**1** *Oberflächenuntersuchung  
am Laser-Scanning-Mikroskop.*



# ANALYSEKOMPETENZ AUS EINER HAND

Das Fraunhofer IKTS versteht sich als zentraler Anlaufpunkt für alle Fragen der Analyse, Bewertung und Optimierung von Werkstoffen und Bauteilen sowie den damit verbundenen Fertigungsverfahren. Den Schwerpunkt bilden dabei keramische und pulvermetallurgische Werkstoffe und Bauteile sowie Werkstoffe und Komponenten der Mikroelektronik.

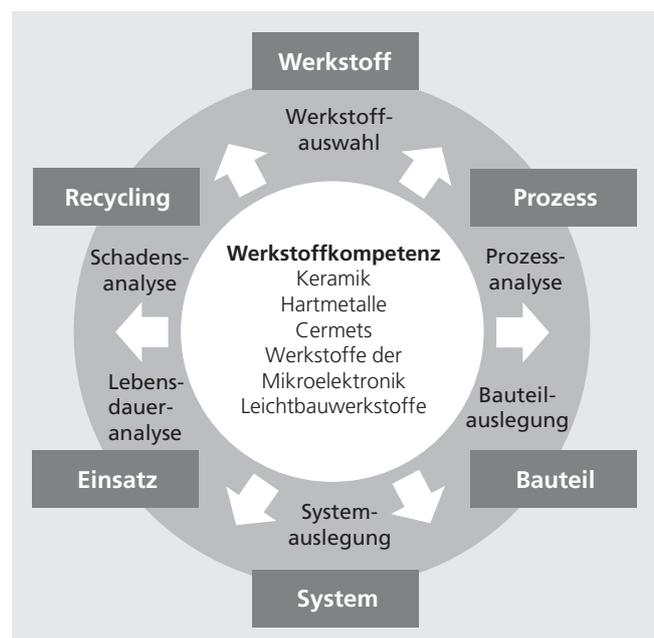
Das Fraunhofer IKTS verfügt über modernste technische Ausstattung und ein umfassendes Portfolio hochmoderner Analysemethoden für

- Angewandte Forschung und Entwicklung
- Rohstoff- und Werkstoffcharakterisierung
- Kontrolle und Optimierung von keramischen und pulvermetallurgischen Produktionsprozessen
- Qualitätssicherung von Komponenten und Bauteilen
- Schadensanalyse und Bewertung des Einsatzverhaltens von Werkstoffen und Bauteilen

Neben allen notwendigen Standardanalysemethoden stehen spezielle, zum Teil weltweit einzigartige Untersuchungsmöglichkeiten zur Verfügung. Auf Grundlage einer umfangreichen Werkstoff-, Prozess- und Analysekompetenz unterstützt und berät das Fraunhofer IKTS bei der Entwicklung neuer Werkstoffe und Produkte, der Bestimmung von Kennwerten, der Klärung komplexer Versagensmechanismen sowie beim Erreichen gesetzlicher und qualitativer Standards. Eine Akkreditierung besteht für spezifische Messverfahren wie die Kennwertermittlung an Pulvern und Suspensionen, die Bestimmung von thermophysikalischen und elektrischen/dielektrischen Eigenschaften sowie für ausgewählte zerstörungsfreie Prüfverfahren.

Damit ist das Fraunhofer IKTS in der Lage, vielfältige Aufgaben der Qualitätssicherung und Zertifizierung von Produkten und Prozessen bis hin zur Prototypenprüfung im Kundenauftrag zu übernehmen.

Das Fraunhofer IKTS legt im Rahmen aller Projekte größten Wert auf Geheimhaltung und Datensicherheit.





## PULVER- UND SUSPENSIONSCHARAKTERISIERUNG

Mit neuen Anwendungsbereichen und höheren Anforderungen an ein Produkt wird die Qualität eines Ausgangsrohstoffs zu einem entscheidenden Parameter für Hochleistungswerkstoffe. Insbesondere bei keramischen und pulvermetallurgischen Fertigungsverfahren eröffnet die Charakterisierung der Pulver und Suspensionen die Möglichkeit, bereits frühzeitig potenzielle Qualitätsmängel und Defektursachen zu identifizieren.

### Pulvercharakterisierung

Die messtechnische Bewertung von pulverförmigen Rohstoffen und Dispersionen liefert wesentliche Hinweise für die Anwendbarkeit von Materialien und hinsichtlich ihrer Verarbeitungseigenschaften in der jeweiligen Applikation. Die Analyse der Pulver ist daher für eine effektive Prozessbeschreibung, -kontrolle und -optimierung sowie für die Qualitätssicherung unabdingbar. Darüber hinaus können entscheidende Informationen für die Registrierung, Sicherheitsbewertung und Zulassung von Chemikalien nach der REACH-Verordnung durch die physikalisch-chemische Analytik gewonnen werden.

Das nach DIN EN ISO/EC 17025:2005-08 akkreditierte Labor für Pulver- und Suspensionscharakterisierung bietet die Bewertung von Materialien mit unterschiedlichster chemischer Zusammensetzung an. Die Erfahrungen reichen von Keramiken auf Oxid-, Carbid- oder Nitridbasis sowie Metallen, Hartmetallen und Kohlenstoffen bis hin zu Gläsern, organischen Materialien und Polymerpartikeln. Die multiskalige Analyse erstreckt sich vom Nanometer- bis in den Millimeter-Bereich und umfasst sowohl kompakte als auch poröse Materialien.

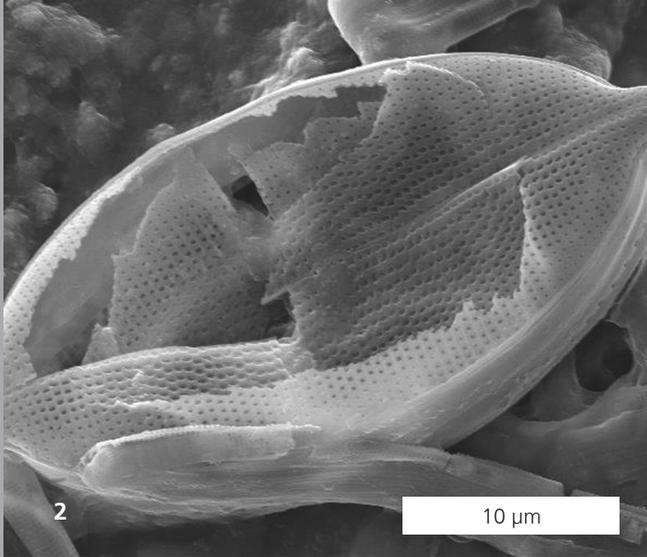
Am Anfang steht dabei eine gemeinsame Analyse der Anforderungen, um den optimalen Weg für eine schnelle und effiziente Bereitstellung der notwendigen Informationen zu finden. Alle Ergebnisse werden dabei auf Wunsch auch interpretiert und auf mögliche Verbesserungspotenziale hin evaluiert.

### Suspensionscharakterisierung

Maßgeblich für die Entwicklung und Optimierung von stabilen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Herstellungsprozessen und somit qualitativ hochwertigen Produkten ist die weitere Handhabung der Pulver. Werden die Rohstoffe in eine Flüssigkeit oder Paste eingebracht, so reagieren Partikeloberflächen, gelöst vorliegende Komponenten und Fluid miteinander. Anwendungsrelevante Eigenschaften wie Fließfähigkeit oder Rheologie der Suspensionen sowie zeitliche und Sedimentationsstabilität werden von dieser Interaktion beeinflusst.

Ein wesentliches Aufgabenfeld stellt die definierte Beeinflussung und Verbesserung von Suspensionseigenschaften auf Grundlage messtechnischer Untersuchungen dar. So können durch Anpassung des Energieeintrags bei der Dispergierung oder durch die Dosierung von Additiven die Verarbeitungs- und Produkteigenschaften gezielt optimiert werden. In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung beim Projektpartner oder Kunden werden Suspensionen mit geringen oder hohen Feststoffkonzentrationen (wenige mg/l bis mehr als 30 Vol.-%), in Wasser oder in organischen Lösungsmitteln und mit angepasster kolloidchemischer Stabilität entwickelt. Mit qualifizierten Messverfahren wird das Vorliegen von anorganischen und organischen Partikeln in Suspensionen quantifiziert und Änderungen, die z. B. durch den Eintrag von Fremdstoffen auftreten können, in-situ bestimmt.

1 *Suspensionsuntersuchung am Rheometer.*



## Leistungsangebot

Das Labor für Partikel- und Suspensionscharakterisierung ist für die Ermittlung von Dispersitätseigenschaften und elektrokinetischen Eigenschaften von Flüssigkeiten und Feststoffen akkreditiert. Dies betrifft alle mit \* gekennzeichneten Geräte.

### Partikelgrößenverteilung

- Laserlichtbeugung (Mastersizer 2000)\*
- Dynamische Lichtstreuung (Zetasizer Nano ZS)\*
- Zentrifugalseparationsanalyse (LUMiSizer/LUMiReader X-Ray)
- Nanoparticle Tracking (ZetaView)
- Dynamische Bildauswertung (QICPIC)

### Partikelformkennzeichnung

- Statische Bildauswertung (Licht- und Elektronenmikroskopie)
- Dynamische Bildauswertung (QICPIC)

### Spezifische Oberfläche

- Gasadsorption (ASAP 2020, Messgase: N, Kr)

### Rohdichte und Reindichte

- Helium-Pyknometrie (Penta-Pyknometer)\*

### Porosität

- Quecksilber-Porosimetrie (AutoPore V)
- Optische Verfahren (Licht- und Elektronenmikroskopie)

### Oberflächenladungsverhältnisse (Zetapotential)

- Mikroelektrophorese (Zetasizer Nano ZS, ZetaView)\*
- Elektroakustische Messung (ZetaProbe, Feld-ESA-Messsystem)\*

### Rheologie und Viskosität

- Rotations- und Oszillationsmessungen (MCR301)
- Vibro-Viskosimeter (SV-10)

### Sedimentationsstabilität

- Zentrifugalseparationsanalyse (LUMiSizer)
- Schwerkraftseparationsanalyse (TurbiScan)

### Besondere Anwendungsbereiche

#### Rohstoffauswahl und -anmusterung

- Vergleich von Materialien unterschiedlicher Hersteller
- Überprüfung unterschiedlicher Batches
- Dispergierung von Rohstoffen

#### Nanomaterialien

- Bewertung nach Definition (Norm, EU-Definition)
- Dispergierbarkeit von Nanomaterialien
- Vorliegen in physiologischen und ökotoxikologisch relevanten Medien
- Wechselwirkung mit Makromolekülen (Proteine/Huminsäuren)
- Kolloidchemische Stabilisierung für unterschiedliche Anwendungen (z. B. Schichtabscheidung)

#### Suspensionsentwicklung

- Herstellung von binären und ternären Suspensionsmischungen, z. B. zum thermischen Spritzen von Suspensionen
- Abrasiv wirkende Suspensionen für Anwendungen in der Nachbearbeitung (Anpassung der Rheologie, auch in Abhängigkeit vom angelegten Magnetfeld)

### Kontakt

Dr. Annegret Potthoff  
 Gruppenleiterin Pulver- und Suspensionscharakterisierung  
 Telefon +49 351 2553-7761  
 annegret.potthoff@ikts.fraunhofer.de



**2** REM-Bild der Oberfläche eines gealterten Plastikpartikels mit biologischen Anhaftungen.



## THERMISCHE ANALYSE UND THERMOPHYSIK

Thermische Prozesse haben einen signifikanten Einfluss auf die Eigenschaften von Werkstoffen, Halbzeugen und Bauteilen. Für ein tieferes Verständnis dieser komplexen Wechselwirkungen in Abhängigkeit von Temperatur, Zeit und Gasatmosphäre ist neben einem langjährigen Know-how eine umfassende technische Ausstattung entscheidend.

Das Fraunhofer IKTS ist ein Partner mit akkreditierten Methoden für die Untersuchung, Modellierung, Simulation und Optimierung thermischer Prozesse. Werkzeuge und Basis dafür sind eine Vielzahl thermoanalytischer und thermophysikalischer Methoden und Geräte, die einzeln, im Komplex oder in direkter Kopplung miteinander, eingesetzt werden. Thermodynamische Berechnungen von Phasengleichgewichten werden für Vorhersagen von Phasenbildungen bzw. Phasenumwandlungen und von Wechselwirkungen zwischen Werkstoff bzw. Bauteil und Ofenatmosphäre angewendet. Im Ergebnis können Prozesse hinsichtlich Energie- und Kosteneffizienz und Werkstoffe hinsichtlich ihrer Eigenschaften analysiert und optimiert werden. Dabei reicht das Know-how weit über keramische und pulvermetallurgische Materialien und Prozesse hinaus. Im Blickpunkt stehen z. B. Fragestellungen zu Polymeren, Gläsern, Metallen, Legierungen, Biomaterialien sowie Schaum- bzw. Verbundwerkstoffen. Schwerpunkte bilden keramische Werkstoffe, Hartstoffe (z. B. Boride), Hartmetalle und Cermets.

### Methoden

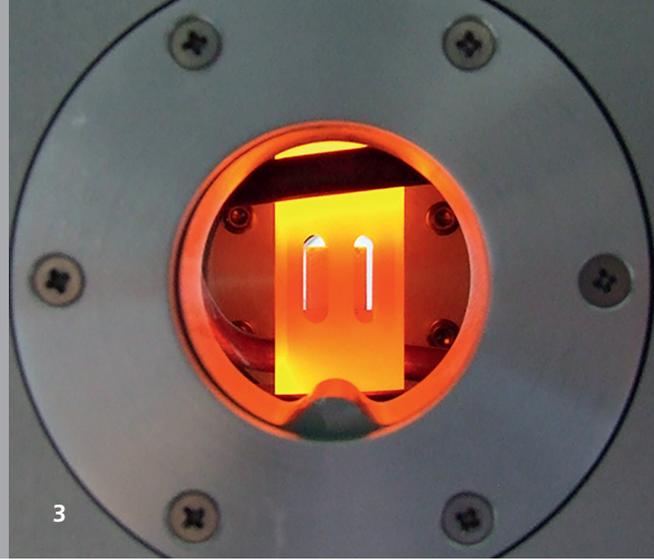
- Thermogravimetrie TG (Masseänderungen)
- Emissionsgasthermoanalyse EGA mit Massenspektrometrie MS und FTIR-Spektrometrie (Gasanalyse)
- Thermomechanische Analyse TMA, Thermodilatometrie TD, Erhitzungsmikroskopie EHM, optische Thermodilatometrie (Längen- oder Formänderungen, Benetzungsverhalten, thermischer Ausdehnungskoeffizient)

- Differenz-Scanning-Kalorimetrie DSC, Differenzthermoanalyse DTA (kalorische Effekte, Wärmekapazität)
- Laser-Flash-Analyse LFA (Temperaturleitfähigkeit)
- Berechnung der Wärmeleitfähigkeit aus Dichte, Wärmekapazität und Temperaturleitfähigkeit
- Vergleichsverfahren zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit
- Hochtemperatur-Röntgendiffraktometrie HT-XRD (Phasenumwandlungen)
- Thermokonduktometrie (elektr. Widerstandsmessungen)
- Kinetische Analyse, Modellierung und Simulation (Master Curve, Kinetic Field, Netzsch Thermokinetics)
- Thermodynamische Berechnungen mittels FactSage

### Leistungsangebot

- Komplexe Charakterisierung des thermischen Verhaltens von Materialien (-150 bis 2400 °C) in oxidierenden, inerten oder reduzierenden Gasatmosphären (auch toxische, korrosive oder explosionsgefährdete Gase und Gasmischungen)
- Optimierung von unter Laborbedingungen experimentell nachgestellten technischen Prozessen (Bestimmung der für die Produktqualität kritischen Temperaturbereiche, Vermeidung von Defekten etc.)
- Kinetische Analyse, Modellierung und Simulation von Eigenschaftsänderungen (auch in-situ an realen Bauteilgeometrien) z. B. zur Aufklärung von Reaktionen, der Einflüsse von Prozess- und Werkstoffparametern sowie zur Ableitung

1 Übersicht über die thermoanalytische Infrastruktur am Fraunhofer IKTS.



- bzw. Berechnung der optimalen Prozessführung
- Ableitung von Strategien zum optimalen Ausgasen sowie Sintern und zur Einstellung lokaler Eigenschaftsgradienten
  - Bestimmung thermodynamischer und thermophysikalischer Zustandsgrößen bzw. Eigenschaften (Schmelz-, Erstarrungs- und Kristallisationsparameter, Stabilitäten, Enthalpien, Wärmetönungen, Wärmekapazitäten, thermische Ausdehnungskoeffizienten, Dichten, Temperatur-, Wärme- und elektrische Leitfähigkeiten bzw. Widerstände, Benetzungsparameter etc.)
  - Bereitstellung thermophysikalischer Datensätze für Finite-Elemente-Modellierungen FEM und Simulationsberechnungen
  - Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften für Datenblätter
  - Entwicklung von Datensätzen zur thermodynamischen Beschreibung von Materialien
  - Thermodynamische Berechnung von Phasengleichgewichten und Ableitung von Schlussfolgerungen für die Herstellungstechnologie und die Werkstoffoptimierung
  - Thermodynamische Abschätzung der Wirkung von Grenzflächenreaktionen und Korrosionseffekten unter unterschiedlichen Beanspruchungsbedingungen

### Technische Ausstattung

#### Akkreditierte Messplätze

- Simultan-Thermoanalytoren (STA 449F1, 429, 429C, 409); teilweise gekoppelt (Kapillare, Blenden oder Skimmer) mit
  - Massenspektrometern (QMS403C, QMG420, 421, 422)
  - FTIR-Spektroskop (Tensor27)
- Makrothermowaage (MTG419/NGB)
- Thermomechanische Analytoren (TMA 402)
- Thermodilatometer (DIL402 und DILE7)
- Dynamische Differenzkalorimeter (Differential-Scanning-Calorimeter DSC 404, 404C und DSC7)
- Laser-Flash-Analysator (LFA427)

- Light-Flash-Analysator (Nano-Flash) (LFA447)
- Wärmeleitfähigkeitstester (TCT416)
- An allen Anlagen automatisiertes Laborgasversorgungssystem für Mischen und Dotieren von hochreinen Atmosphären, Druckbereich von Hochvakuum bis Normaldruck sowie Möglichkeit zur Gasanalyse mit transportablem Massenspektrometer

#### Nicht akkreditierte Messplätze

- Erhitzungsmikroskope und optisches Dilatometer (Besonderheit: hochreine Atmosphären)
- In-situ-Widerstands-Analysator RIS
- In-situ-Hochtemperatur-Röntgendiffraktometer

#### Besonderheiten

- Komplexe Thermoanalyse/komplexe thermophysikalische Analyse
- Hochreine, korrosive und explosionsgefährdete Atmosphären
- Extreme Temperaturen von -180 bis 2400 °C
- Materialanalysen (wenige mg/wenige mm<sup>3</sup>) bis Bauteilanalysen (bis 500 g/bis 250 cm<sup>3</sup>)
- Kopplung thermoanalytischer Experimente und thermodynamischer Modellierung
- Kinetische Analyse, Modellierung und Simulation

#### Kontakt

Dr.-Ing. Tim Gestrich  
 Gruppenleiter Thermische Analyse und Thermophysik  
 Telefon +49 351 2553-7814  
 tim.gestrich@ikts.fraunhofer.de



2 Auswahl an STA-Tiegeln.  
 3 Erhitzungsmikroskop/  
 optisches Dilatometer: 3 D-  
 Analyse des Sinterns.



## GEFÜGE- UND WERKSTOFFANALYSE

Das Fraunhofer IKTS bietet mit zahlreichen Charakterisierungsmethoden und umfangreichem Equipment eine optimale Basis für die Entwicklung vielfältigster Hochleistungswerkstoffe. Eine langjährige Erfahrung mit einem breiten Spektrum an Werkstoffen und Werkstoffverbunden eröffnet Kunden und Projektpartnern ein umfangreiches Leistungsangebot. Darauf aufbauend werden etablierte, normkonforme und neue Methoden kontinuierlich optimiert, um das Spektrum möglicher Informationen zu erweitern.

Der inhaltliche und methodische Schwerpunkt der Aktivitäten am Fraunhofer IKTS liegt auf den Gebieten der Keramik, Hartmetalle und Cermets. Seit vielen Jahren werden diese Kompetenzen jedoch auch von Kunden und Projektpartnern aus dem Bereich der Metalle und Verbundwerkstoffe nachgefragt. Neben der prozessbegleitenden Werkstoffcharakterisierung steht die qualitative und quantitative Analyse von Gefügen sowie die Untersuchung von Bauteilen auf Defekte bzw. Schwachstellen im Fokus der Untersuchungen. Präparations- und Analysemethoden werden dafür werkstoffspezifisch angepasst, stetig weiterentwickelt und optimiert.

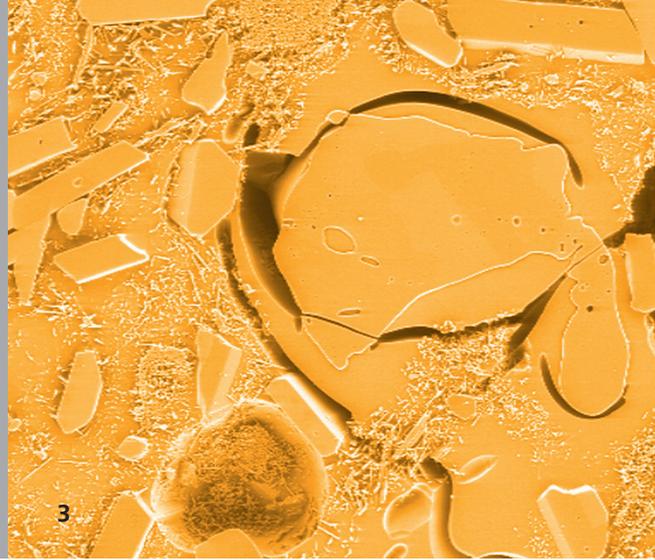
Die Arbeit orientiert sich stets an höchsten Qualitätsansprüchen und bietet Kunden schnell und effizient die notwendigen Informationen. Dafür greifen Probenpräparation und Analyse-equipment mit zahlreichen Methoden ineinander und ermöglichen eine Vielzahl von Analysen entlang der gesamten Technologieketten. Durch geeignete Parametervariation, z. B. am Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop, ist das Fraunhofer IKTS in der Lage, ein Maximum an möglichen Probeninformationen zu gewinnen.

Je nach Einsatzbereich und Anforderung wird auch für individuelle Werkstoffe und Produkte die optimale Methode zur Charakterisierung entwickelt. Auswertung und Interpretation bieten Kunden effektive Zusatzinformationen für die optimale Nutzung der Analyseergebnisse.

Mit steigenden Anforderungen an Hochleistungswerkstoffe, innovativen Produktfeldern und neuen technischen Möglichkeiten erweitert sich das Angebot am Fraunhofer IKTS kontinuierlich. So konnten in den letzten Jahren vielversprechende neue Methoden etabliert werden, insbesondere die hochauflösende 3D-Darstellung von kleineren Probenvolumina mittels FIB-Tomographie. Ergänzend können dreidimensionale Elementmappings Aussagen über lokale Zusammensetzungen und Inhomogenitäten liefern.

Ionenstrahlbasierte Präparationsmethoden erlauben es, empfindliche Werkstoffe wie Granulate, Grünkörper oder angesinterte Proben so zu präparieren, dass eine hochauflösende artefaktfreie Abbildung der Strukturen und Gefüge realisierbar wird.

Darüber hinaus können lokal elektrische Leitfähigkeiten im  $\mu\text{m}$ - und sub- $\mu\text{m}$ -Bereich dargestellt werden.



## Leistungsangebot

### Materialgraphische Probenpräparation

- Mechanische Probenpräparation
- Chemische und physikalische Ätzverfahren zur Gefügekontrastierung
- Ionenstrahl-Präparationsmethoden, z. B. Focused-Ion-Beam-Präparation FIB, Ionenstrahlpolieren, Ionenstrahl-Böschungsschnitt
- Herstellung von elektronentransparenten Proben für die STEM- und TEM-Abbildung
- Zielpräparation
- Präparationsmethoden für Granulate, Grünkörper, angesinterte und hochempfindliche Proben
- Entwicklung individueller Präparationsmethoden

### Mikroskopie

- Lichtmikroskopie
- Konfokale 3D-Laserscanningmikroskopie
- Hochauflösende Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie
- Transmissions-Elektronenmikroskopie
- Atomkraftmikroskopie (z. B. LFM, MFM, EFM, SThM)
- Ultraschallmikroskopie

### Hochauflösende Analysemethoden

- Energiedispersive Röntgenanalyse EDX
- Wellenlängendispersive Röntgenanalyse WDX
- EBSD-Orientierungs- und Phasenanalyse
- TEM (inkl. EELS)
- Hochauflösende 3D-Abbildung mittels FIB-Tomographie sowie 3D-EDX
- EDX-Schichtdickenanalyse

## Chemische und Phasenanalyse

- Röntgendiffraktometrie XRD (qualitative und quantitative Analyse, Messung bei Raumtemperatur und bei hohen Temperaturen, Dünnschichtanalyse, Reflektometrie)
- Röntgenfluoreszenzanalyse RFA an Rohstoffen, Bauteilen und auch Flüssigkeiten
- Mikroraman- und IR-Spektroskopie
- Bestimmung von Sauerstoff- und Kohlenstoffgehalten

### Weitere Leistungsangebote

- Quantitative Gefügeanalyse (z. B. Korngrößenanalyse, Porositätsanalyse, Phasenanalyse, Schichtdickenanalyse, Bestimmung von Formparametern)
- Analyse von Grenzflächen
- Analyse korrosiver Reaktionen
- Schadensanalyse (Einschätzung mechanischer, thermischer, tribologischer und korrosiver Belastungen, Fraktographie)
- Bestimmung der Oberflächenrauheit

---

### Kontakt Standort Dresden

Dr.-Ing. Sören Höhn  
 Gruppenleiter Keramographie und Phasenanalyse  
 Telefon +49 351 2553-7755  
 soeren.hoehn@ikts.fraunhofer.de

---

### Kontakt Standort Hermsdorf

Dipl.-Phys. Jochen Mürbe  
 Gruppenleiter Chemische und Strukturanalyse  
 Telefon + 49 36601 9301-4946  
 jochen.muerbe@ikts.fraunhofer.de

- 2 Schmelzaufschlussgerät.  
 3 REM-Gefügeaufnahme einer  
 Elektroporzellanprobe.

## MECHANISCHE PRÜFUNG

Materialkennwerte wie Festigkeit, Härte und Bruchzähigkeit sind für die Bauteilauslegung und Weiterentwicklung moderner Werkstoffe entscheidend. Das Fraunhofer IKTS greift auf eine Reihe genormter Prüfverfahren sowie Sonderprüfverfahren zurück, um mechanische Werkstoffeigenschaften entlang des gesamten Entwicklungszyklus zu bestimmen.

An den Standorten Dresden und Hermsdorf steht eine umfangreiche, zum Teil unikale Infrastruktur für zahlreiche mechanische Prüfungen an Werkstoffen, Bauteilen und Produkten zur Verfügung. Das Anwendungsspektrum erstreckt sich von entwicklungs- und forschungsbegleitenden Materialprüfungen und Bauteiltests über Prüfungen zur Prozess- und Fertigungskontrolle sowie zur Qualitätssicherung bis hin zu kunden- und anwendungsbezogenen Spezialprüfungen. Neben allen relevanten Standardverfahren können Materialkennwerte anwendungsspezifisch z. B. bei erhöhter Temperatur sowie nach Auslagerung in verschiedenen Medien ermittelt werden. Das IKTS verfügt neben der Messung der Hochtemperaturfestigkeit und Kriechbeständigkeit über herausragende Möglichkeiten der Härtemessung von Raumtemperatur bis zu 1500 °C. Nur so können Werkstoffeigenschaften in dem für die Anwendungen relevanten Temperaturbereich bestimmt werden. Das Werkstoffverhalten kann dadurch besser verstanden werden und eine zielorientierte Bauteilauslegung erfolgen.

Die Qualität und Reproduzierbarkeit der angebotenen Messungen wird durch kontinuierliche Weiterentwicklung der Prüf- und Auswerteverfahren sowie die regelmäßige Kalibrierung der Prüfgeräte gewährleistet.

### Leistungsangebot

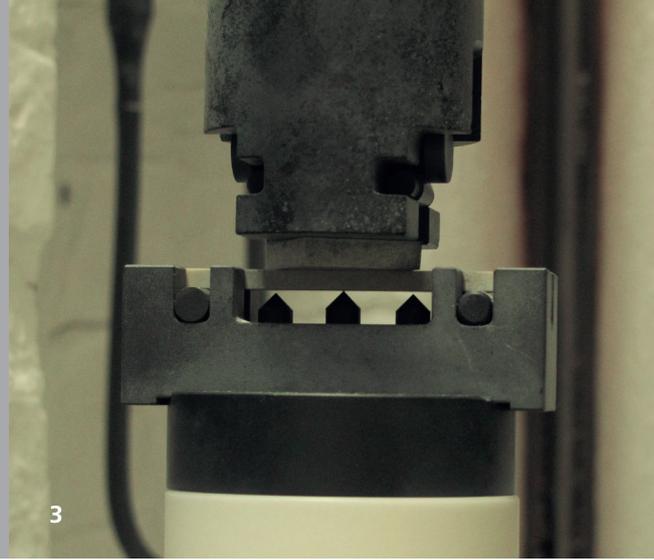
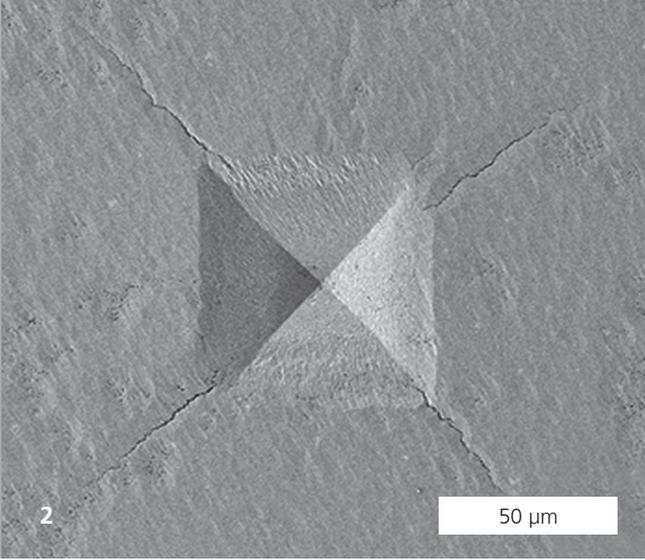
#### Bestimmung der Festigkeit und elastischer Eigenschaften

- Biegebruchfestigkeit (3- und 4-Punkt-Biegung) bis 100 kN nach DIN EN 843-1
- Druckfestigkeitsmessung bis 100 kN (ohne Wegmessung bis 2 MN) nach DIN 51104
- Kombinierte Zug- und Druckprüfung (100 kN) mit Torsionsbeanspruchung bis 100 Nm
- Torsionsprüfung
- Zugfestigkeitsprüfung mit Dehnungsmessung bis 100 kN
- Prüfung unter mehrachsiger Belastung
- Haftzug- und Haftbiegebruchprüfung
- Bestimmung von E-Modul unter statischer Biegebeanspruchung nach DIN EN 843-2
- Statistische Auswertung der Festigkeitsmessungen (Bestimmung Weibullmodul nach DIN EN 843-5)
- Fraktografische Bruchflächenanalyse (nach DIN EN 846-6)
- Bestimmung von E-Modul, G-Modul, Poisson-Zahl über Impuls- und Resonanzmessung

#### Spezifische mechanische Verfahren

- Innendruckfestigkeitsprüfung
- Scherprüfung
- Prüfung der Beanspruchung durch Vibration oder mechanische Schocks
- Biaxiale Spannungsmessung

1 *Hochtemperaturhärteprüfung.*



- Schallemissionsprüfung unter mechanischer und thermischer Belastung
- Messung der Restfestigkeit nach Thermoschockbeanspruchung

#### Härte

- Mikro- und Makrohärte nach Vickers und Knoop (HV<sub>0,025</sub> bis HV<sub>50</sub>: 0,25 bis 490,3 N) nach DIN EN 843-4, Brinell- und Rockwellhärte
- Charakterisierung dünner Schichten: Instrumentierte Eindringprüfung (0,01 bis 30 N), Scratch Tests nach DIN EN 14577
- Fertigung keramischer Härtevergleichsplatten aus Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (1400 bis 1600 HV<sub>1</sub>), SiC (2000 bis 2200 HK<sub>1</sub>) und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2000 bis 2200 HV<sub>1</sub>) mit Kalibrierzertifikat

#### Bruchzähigkeit K<sub>IC</sub>

- Über Biegeprüfung an gekerbten Probekörpern (SEVNB-Methode) nach DIN EN ISO 23146, aus Risslängen der Vickershärteeindrücke (IF-Methode)

#### Dynamische Beanspruchung

- Schlagprüfung nach DIN EN 60068-2-75
- Pendelschlagprüfung

#### Prüfungen bei erhöhter Temperatur

##### Festigkeit in Luft < 1600 °C, alternativ im Vakuum bis 1400 °C, 1 kN

- Biegebruchfestigkeit (3- und 4-Punkt-Biegung) nach DIN EN 820-1
- E-Modul (4-Punkt-Biegung, an Luft)
- Druckfestigkeit

##### Kriech- und Ermüdungsversuche in Luft < 1600 °C, 1 kN

- Kriechen unter konstanter Last (4-Punkt-Biegung) nach EN 820-4
- Materialermüdung mit Dynamic Fatigue Test (4-Punkt-Biegung)
- Bestimmung des Risswachstums anhand fraktografischer Untersuchungen

##### Warmhärte im Vakuum bis 1500 °C

- HV<sub>0,2</sub> bis HV<sub>30</sub> (2,0 bis 294,3 N)

##### Mikromechanische Prüfungen (siehe S.16)

---

#### Kontakt Standort Hermsdorf

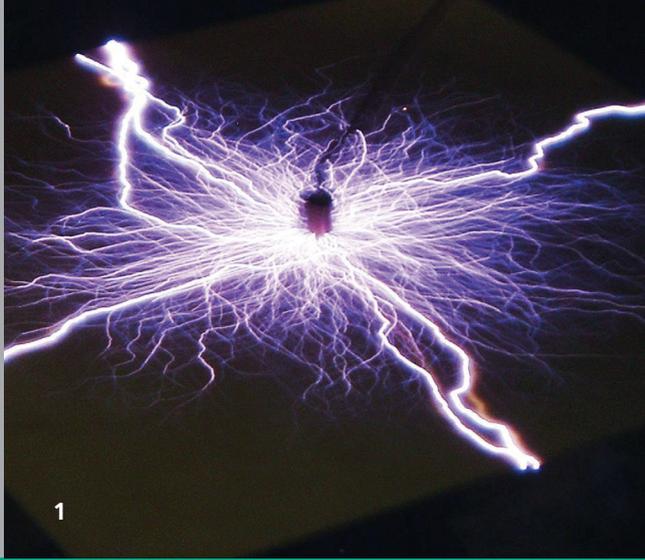
Dipl.-Ing. Roy Torke  
 Gruppenleiter Labor für Qualität und Zuverlässigkeit  
 Telefon +49 36601 9301-1918  
 roy.torke@ikts.fraunhofer.de

---

#### Kontakt Standort Dresden

Dipl.-Ing. Clemens Steinborn  
 Laborleiter Mechanische Werkstoffprüfung  
 Telefon +49 351 2553-7674  
 clemens.steinborn@ikts.fraunhofer.de

- 2** Härteeindruck.
- 3** Apparatur für Kriechversuche bei erhöhter Temperatur.



## LABOR FÜR QUALITÄT UND ZUVERLÄSSIGKEIT

Die Prüfung nach nationalen und internationalen Standards bzw. kundenspezifischen Programmen werden entwicklungsbegleitend in beinahe allen Bereichen der Qualitätssicherung eingesetzt. Untersuchungen erfolgen dabei durch detaillierte Umwelt-, Werkstoff- und Sicherheitsprüfungen. Voraussetzung dafür sind die umfangreiche technische Ausstattung des Prüflabors sowie die langjährige Erfahrung der Mitarbeiter auf den Gebieten Prüfplanung, -durchführung und -auswertung. Vorrichtungsbau und regelmäßige Kalibrierung der Mess- und Prüfmittel runden das Tätigkeitsfeld ab.

In dem vom VDE, TÜV Nord sowie von der DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH) auditierten und akkreditierten Labor bietet das Fraunhofer IKTS ein breites Portfolio normgerechter sowie individueller, kundenspezifischer Prüfungen.

Neben einem Prüflabor für elektrische, Umwelt-, Werkstoff- und Sicherheitsprüfungen umfasst die technische Infrastruktur am Fraunhofer IKTS ein Labor für mechanische Prüfungen sowie ein Kalibrierlabor. Mit standardisierten Prüfsystemen und -verfahren erfolgen Sicherheits- und Belastbarkeitsprüfungen von Produkten und Werkstoffen. Auf Basis dieser Prüfungen können Prüfzeichen (z. B. TÜV-Bauartzeichen) erteilt werden. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem VDE-Institut wurde dafür eine CBTL-Zertifizierung des Prüflabors durch den IEC durchgeführt.

Für einige elektrische Prüfverfahren wurde dem Labor für Qualität und Zuverlässigkeit die flexible Akkreditierung durch die DAkkS erteilt. Aktuelle Qualitätsrichtlinien (ISO 9001, ISO 10012 etc.) fordern eine regelmäßige und präventive Überwachung und Kalibrierung der eingesetzten Prüfmittel. Das Kalibrierlabor bietet Werkskalibrierungen an, die von kompetenten Mitarbeitern nach den Grundsätzen der DIN EN IEC 17025 durchgeführt werden. Neben der DAkkS-Akkreditierung für das Prüflabor wird eine Akkreditierung des Kalibrierlabors angestrebt.

### Leistungsangebot

#### Akkreditierte elektrische Werkstoffprüfungen

- Spezifischer Durchgangswiderstand nach DIN IEC 60093
- Spezifischer Oberflächenwiderstand nach DIN IEC 60093
- Durchschlagsfestigkeit bis 100 kV AC, bis 130 kV DC nach DIN EN 60243-1
- IEC 250 Dielektrische Eigenschaften (Permittivität)

#### Nicht akkreditierte Werkstoffprüfungen

- Widerstandsmessung bei Temperaturbelastung nach DIN IEC 60345
- Lichtbogenprüfungen
  - Niederspannung- und Hochstromprüfung nach DIN VDE 0303-5
  - Prüfung mit Hochspannung und niedrigen Strömen nach DIN EN 61621
- Bestimmung der Beständigkeit gegen Kriechwegbildung und Erosion nach DIN EN 60587 und DIN EN 61302
- Prüfungen nach DIN EN 60112 PTI/CTI
- Beurteilung thermischer Gefahren
  - Kugeldruckprüfung nach DIN EN 60695-10-2
  - Glühdrahtprüfung nach DIN EN 60695-2-10
  - Brennerprüfung nach DIN EN 60695-11-4

1 Spannungsdurchschlag durch einen keramischen Werkstoff.

2 Hochspannungsanlage AC/DC.



### Sicherheits- und Umweltprüfungen

- Klimatische Prüfungen
  - Zweikammerschockprüfungen (-80/220 °C)
  - Einkammerschockprüfungen (-30/150 °C mit Vibrationsbelastung bis 50 g)
  - Temperatur- und Feuchtelagerungen (-70 bis 190 °C und 0 bis 98 % rel. Feuchte, Kammergrößen bis 1,5 m<sup>3</sup>)
  - Stresstest (-70 bis 180 °C mit 15 K/min)
  - Wärmelagerungen (bis 1600 °C)
  - Betauungsprüfungen (100 % rel. Feuchte)
- Vibrationsprüfungen (5 bis 2000 Hz, max. 600 kg, max. 100 g Beschleunigung)
- Stoßprüfungen (max. 200 g, Halb-Sinus, Trapez, Sägezahn)
- Salznebelprüfungen nach DIN EN ISO 9227

### Sicherheits- und Lebensdauerprüfungen

- Prüfungen nach aktuellen Normen an Bauteilen und Produkten als Grundlage für die CE-Kennzeichnung, TÜV-Bauartzeichen oder VDE-Zeichen nach
  - DIN EN 60335
  - DIN EN 60730
  - DIN VDE 0620
  - DIN EN 60669
  - DIN EN 60668
  - DIN EN 61210
  - DIN EN 61558
  - DIN EN 60598
  - DIN EN 131 sowie weiteren auf Anfrage
- Lebensdauertests an Bauteilen und Produkten
- Entwicklungsbegleitende Prüfungen
- Zuverlässigkeits- und Gebrauchsprüfungen

### Kalibrierung

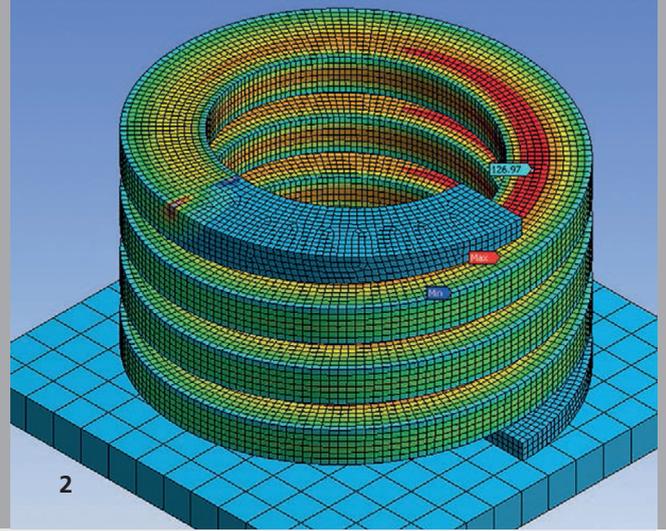
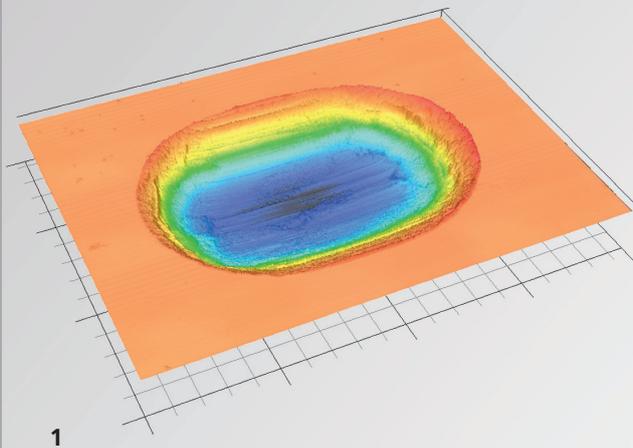
- Elektrische Größen
  - Spannung (0 bis 40 kV)
  - Strom (0 bis 550 A)
  - Frequenz (0 bis 2 GHz)
- Elektrische Bauelemente
  - Widerstand (0 bis 100 TΩ)
  - Kapazität (10 pF bis 1 mF)
  - Induktivität (1 μH bis 1 H)
- Temperaturkalibrierung
  - Thermoelemente und Messgeräte (- 75 bis 1150 °C)
- Waagenkalibrierung (1 g bis 100 kg)
- Kraft (0 bis 100 kN)
- Drehmoment (0 bis 400 Nm)
- Feuchte (20 bis 95 % rel. Feuchte)
- Druck (1 bis 700 bar , Öl bzw. Stickstoff als Medium)
- Längenkalibrierung
  - Messschieber, Messuhren, Endmaße
  - Messschrauben, Geometrievermessung
- Weitere Kalibrierungen auf Anfrage

### Kontakt

Dipl.-Ing. Roy Torke  
 Gruppenleiter Labor für Qualität und Zuverlässigkeit  
 Telefon +49 36601 9301-1918  
 roy.torke@ikts.fraunhofer.de



- 3 Schwingtisch für Vibrationsprüfungen.
- 4 Klimaschrank 1,5 m<sup>3</sup>, -70 bis 190 °C, 5 Kl/min.



## SCHADENSANALYSE

Die applikationsgerechte Werkstoffauswahl für keramische Komponenten sowie die Bewertung des Einsatzverhaltens von keramischen Werkstoffen und Bauteilen einschließlich Schadensanalyse sind komplexe Prozesse. Diese setzen sowohl fundierte Werkstoffkenntnisse, Know-how über die Herstellung der Werkstoffe als auch die Beherrschung der notwendigen analytischen Methoden voraus.

In weiten Bereichen der Wirtschaft besteht der dringende Bedarf an kostengünstigen Produktionskomponenten, die eine längere Lebensdauer sowohl unter abrasiven tribologischen als auch korrosiven Bedingungen aufweisen. Das führt dazu, dass existierende Werkstoffe und Komponenten in verschiedensten Anwendungen immer stärker belastet werden. Neben der Entwicklung leistungsstarker Werkstoffe ist eine beanspruchungsgerechte Materialauswahl notwendig, um vorzeitiges Bauteilversagen zu vermeiden. Das erfordert eine genaue Kenntnis des Werkstoffverhaltens unter mechanischer, thermischer, korrosiver und tribologischer Belastung. Einerseits kann dieses Wissen mittels ausgereifter Mess- und Analysemethoden generiert werden, die die extremen Belastungsbedingungen abbilden können; andererseits können durch eine zuverlässige Analyse und Bewertung von Schadensfällen Rückschlüsse auf die Ausfallursache gezogen und dadurch eine Qualifizierung der Werkstoffe ermöglicht werden.

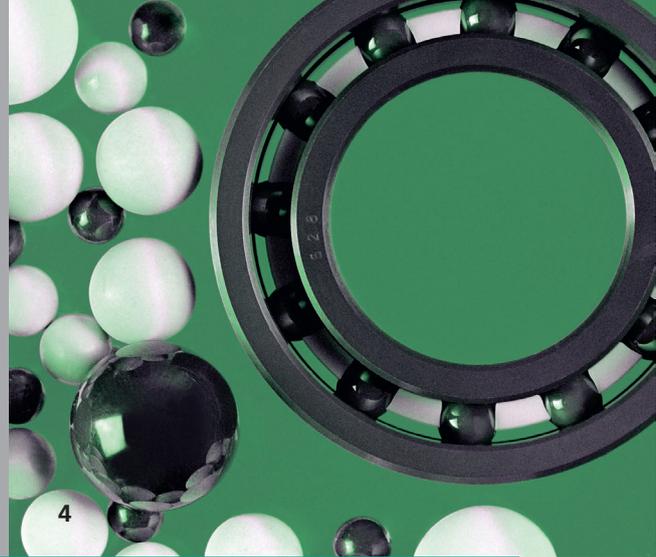
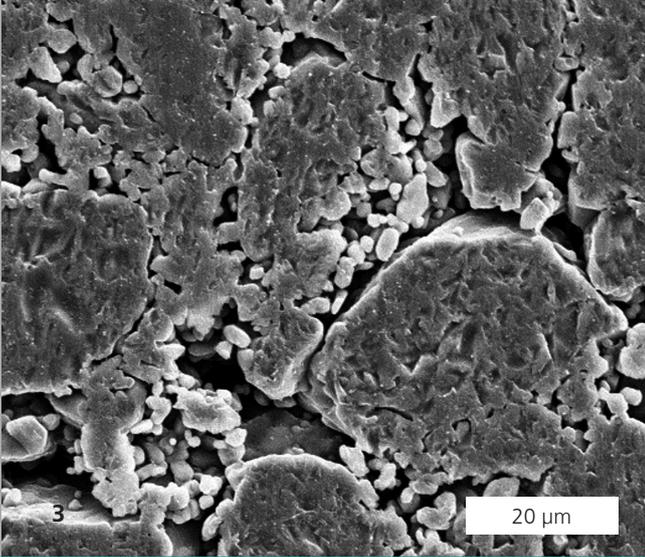
Die Schadensanalyse umfasst umfangreiche fraktographische Untersuchungen der Bruchflächen und von lokalen oder großflächigen Änderungen der Gefüge und Eigenschaften unter Anwendungsbedingungen. Die lebensdauerbegrenzenden Prozesse können durch Simulation der mechanisch-thermischen, korrosiven oder abrasiv-tribologischen Belastungen mittels angepasster Prüfmethoden bzw. numerischer Simulationen nachgebildet werden. Das erlaubt im Anschluss, die Werkstoffauswahl zu qualifizieren bzw. die Werkstoffe hinsichtlich der Anwendung gemeinsam mit den industriellen Partnern zu optimieren.

Um lebensdauerbestimmende Prozesse nachzubilden und zu verstehen, ist häufig eine genaue Kenntnis der Korrosionsstabilität und des Verschleißverhaltens notwendig. Das Fraunhofer IKTS verfügt hierfür über breite Erfahrungen und Methoden zur Prüfung des Korrosions- und Verschleißverhaltens (Tab. 1, 2). Über die Standardmethoden hinaus stehen modifizierte, der Belastung angepasste Prüfstände zur Verfügung. Dieses Know-how in Kombination mit modernsten analytischen, zerstörungsfreien Möglichkeiten erlaubt es, optimale Strategien für die Qualitätssicherung von Produkten zu erarbeiten.

Know-how und Know-why erstrecken sich dabei über die gesamte Palette von keramischen Werkstoffen, Hartmetallen und Cermets. Durch die enge Verflechtung mit den werkstoff- und bauteilentwickelnden Bereichen ist eine fundierte Interpretation der Ergebnisse möglich. Am Fraunhofer IKTS steht damit ein unikales Wissen für keramische Werkstoffe, Bauteile und Systeme zur Verfügung, welches auf den langjährigen Aktivitäten in der keramischen Werkstoff-, Prozess- und Produktentwicklung basiert. Mit diesen Erfahrungen erhalten Kunden und Projektpartner Unterstützung sowohl bei der Auswahl von Werkstoffen und Auslegung von Bauteilen als auch bei der Schadensanalyse.

1 Verschleißspur in  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik.

2 Spannungsverteilung in einer keramischen Feder.



## KORROSIONS- UND TRIBOLOGISCHE PRÜFUNGEN

### Standardkorrosionsmethoden

Methode	Temperatur	Medien
Korrosion durch Flüssigkeiten unter Normaldruck	Bis Siedetemperatur	Säuren, Laugen, Salzlösungen
Elektrochemische Korrosion in verschiedensten Elektrolyten	Nahe RT	Säuren, Laugen, Salzlösungen
Hydrothermale Korrosion	< 250 °C	Druck < 200 bar, Wasser, Salzlösungen, verdünnte Säuren, Wasserdampf
Gaskorrosion	< 2000 °C	Gas verschiedenster Zusammensetzung, strömend
Heißgas-/ Brennerprüfstand	< 1600 °C	Strömungsgeschwindigkeit $v = 100$ m/s, Druck 1 atm, bis 30 % Wasserdampf
Salzsprühnebeltest	35 °C	Nach DIN EN ISO 9227 (NSS)
Feuchte Wärme	0 bis 100 °C/ 10 bis 100 % rel. Feuchte	Konstantes Klima, auch zyklische Tests möglich
Widerstand gegen Kriechwegbildung und Erosion	Normalklima	Normale und erschwerte Bedingungen DIN EN 60112, DIN IEC 60587
Lichtbogenbeständigkeit	Normalklima	Niederspannung – Hochstrom Hohe Spannung – niedriger Strom

### Tribologische Messmethoden

Methode	Bedingungen	Ergebnis
Oszillations- und Rotationsmessung in unterschiedlichen Paarungen (SRV)	Kontrollierte klimatische Bedingungen $T < 800$ °C Kraft < 200 N	Reibkraft, Torsionsmoment, Reibkoeffizient, Verschleißrate
Wälzreibung (Rollreibung mit Schlupf)	Trockenlauf, verschiedene Medien (Kraft bis 2000 N)	Reibkraft, Verschleißrate, Reibkoeffizient
Abrasionsverschleiß ASTM G65 (TE 65 Multiplex Sand/Wheel Abrasion Tester)	Reibkraft < 200 N	Spezifischer Abrasionsverschleiß (Masseänderung, Volumenänderung)

### Leistungsangebot

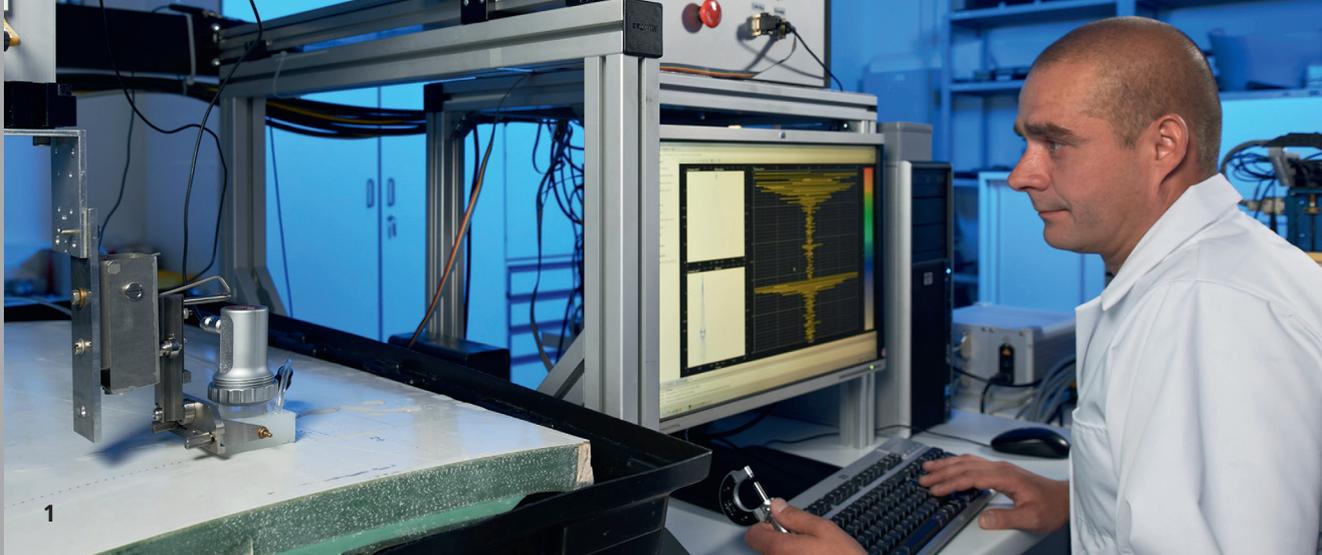
- Beratung bei der applikationsbezogenen Werkstoffauswahl und Auslegung von Bauteilen
- Analyse von Schadensfällen und Schadensmechanismen
- Bestimmung des Korrosionsverhaltens und Korrosionsmechanismen keramischer Werkstoffe
- Bestimmung von Verschleißmechanismen

### Kontakt

Dr. Mathias Herrmann  
 Abteilungsleiter Sintern und Charakterisierung  
 Telefon +49 351 2553-7527  
 mathias.herrmann@ikts.fraunhofer.de

3 Oberfläche eines in NaOH korrodierten SiSiC-Werkstoffs.

4 Kugellager aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik.

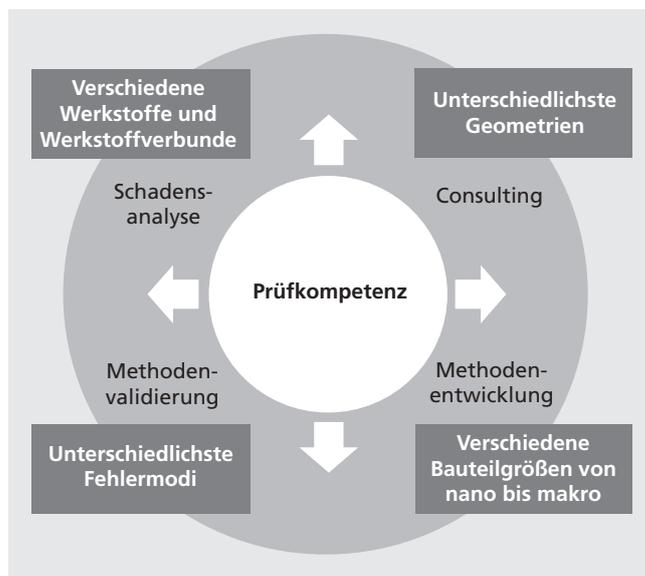


## ZFP-ZENTRUM

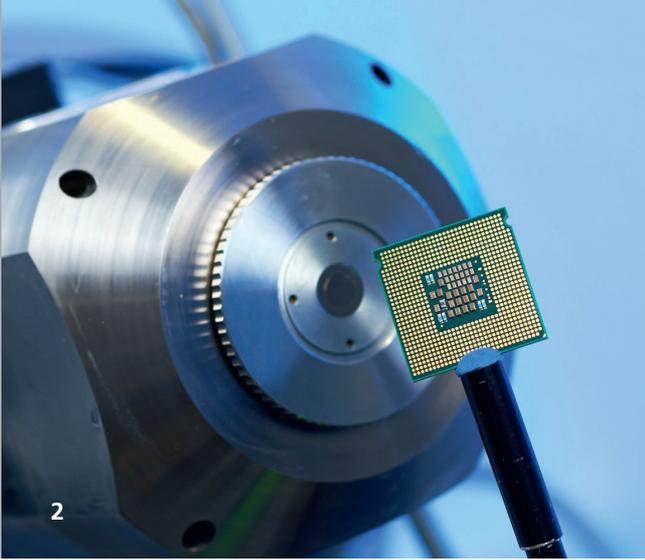
Für alle relevanten Fragestellungen der zerstörungsfreien Prüfung bietet das ZfP-Zentrum des Fraunhofer IKTS Prüfdienstleistungen der klassischen Routineprüfung, nach Norm und abgewandelt, an. Völlig neue Fragestellungen, Machbarkeitsstudien, die Entwicklung von Prüfkonzepten sowie die Validierung bzw. Qualifizierung neuer Verfahren und Prüfkonzepte gehören zum ZfP-Full-Service-Angebot des ZfP-Zentrums und können für Kunden, branchenunabhängig, je nach Prüfaufgabe sowohl vor Ort als auch im Prüflabor durchgeführt werden.

Der ZfP-Full-Service umfasst alle Arbeitsschritte von der Beratung bis hin zum individuellen Prüfergebnis. Dies beginnt beispielsweise in Form von Machbarkeitsstudien für individuelle Verfahrenslösungen, Änderungen, Erweiterungen, Adaptionen oder auch Neuentwicklungen von Prüfverfahren und setzt sich mit der Validierung, Konzeption und Erstellung von Prüflösungen und kundenspezifischen Dienstleistungen fort. Machbarkeitsstudien werden zu bestehenden ZfP-Verfahren an neuen Materialien und Anwendungen sowie in Anlehnung an bestehende Verfahren durchgeführt. Dabei werden verschiedene Lösungsansätze für eine definierte Fragestellung analysiert, um die Realisierbarkeit unter bestimmten Rahmenbedingungen zu prüfen. Das ZfP-Zentrum greift dabei sowohl auf kommerzielle Prüftechnik als auch auf sämtliche Neuentwicklungen der Fachabteilungen des Fraunhofer IKTS zurück. Damit können individuelle Fragestellungen unter Einsatz neuester Sensorik, Gerätetechnik und auch Algorithmik gelöst werden.

Sind für spezifische Anwendungen von ZfP-Verfahren im Bereich Ultraschall und Wirbelstrom noch keine Normungen etabliert, so optimiert, evaluiert und validiert das Prüfzentrum dieses Verfahren unter den kundenspezifischen Randbedingungen. Mit der Validierung wird auf Basis einer ausführlichen Untersuchung bestätigt, ob und unter welchen Bedingungen ein nicht genormtes Prüfverfahren für eine bestimmte Fragestellung anwendbar ist.



1 Ultraschalluntersuchung an einem GFK-Verbundbauteil.



## Leistungsangebot

### Ultraschallverfahren

- Detektion von Volumenfehlern mit material- und verfahrensabhängiger Auflösung von  $\varnothing \geq 100 \mu\text{m}$
- Ultraschall-Scan an ebenen, gekrümmten und auch rotationssymmetrischen Proben verschiedener Materialien (realisierbare Objektparameter: Gewicht < 100 kg, Geometrie < 500 x 300 x 300 mm)

### Prüfkopfcharakterisierung

- Nach DIN EN 12668-2, DIN EN 16392 sowie weiteren Methoden

### Röntgentechniken

- Röntgen-Mikro-Computertomographie
- Laminografie für Teilbereiche flacher Baugruppen, z. B. elektronische Leiterplatten
- Röntgendiffraktion zur Analyse von Phasen und Oberflächenspannungen

### Wirbelstromverfahren

- Handprüfung an Bauteilen verschiedener Geometrien
- Wirbelstrom-Scans, Ortsauflösung bis zu  $200 \mu\text{m}$
- Prüfung auf Oberflächenfehler, Leitfähigkeit nach Kalibrierung sowie Schicht- und Wanddickenbestimmung
- Untersuchungen mit verschiedenen Sensoren (Absolut- und Differenzsensoren), Messfrequenzen bis 100 MHz

## Mikromagnetische Materialcharakterisierung

- Nutzung des Barkhausen-Effekts
- Prüfung mittels 3MA und FracDim® im Labor sowie vor Ort
- Realistische Abschätzung der Materialschädigung
- 2D-Messung der Eigenspannung mit und ohne experimenteller Kalibrierung
- Ermittlung der Härte und anderer gefügeabhängiger Parameter (z. B. Härtetiefe, Defekte)

### Aktive Thermographie

- Lock-In-Thermographie möglich
- Verschiedene Anregungsarten: thermisch (z. B. Warmluft), elektrisch (Konduktion, Induktion) oder optisch (Laser, Infrarotstrahler, Halogenstrahler)

### Weitere Oberflächenverfahren

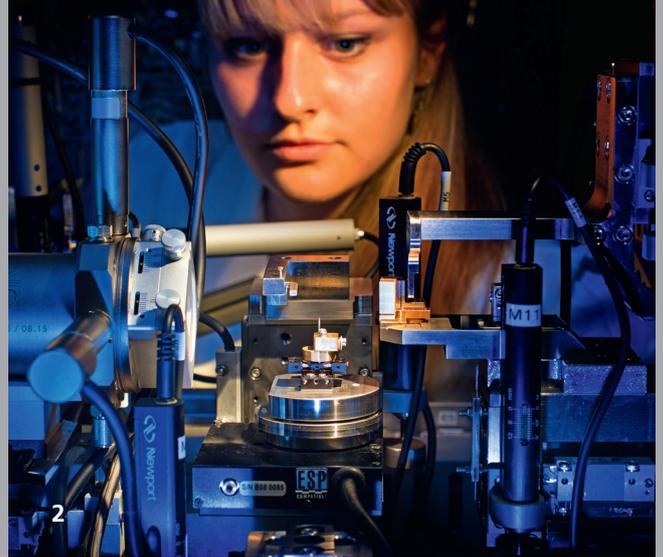
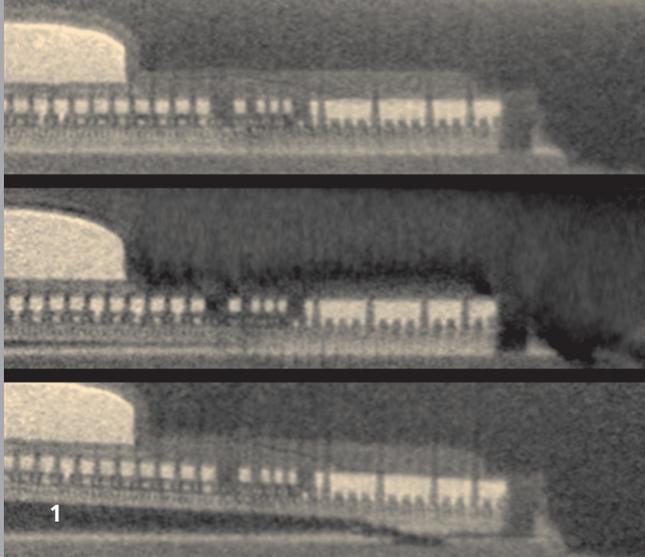
- Anwendung von Eindringprüfung, Magnetpulverprüfung oder Sichtprüfung
- Prüfung auf oberflächennahe Defekte und Oberflächeneigenschaften
- Anwendung an nahezu allen Arten von Materialien möglich

---

## Kontakt

Christoph Prüfer  
 Gruppenleiter ZfP-Zentrum  
 Telefon +49 351 88815-552  
[christoph.pruefer@ikts.fraunhofer.de](mailto:christoph.pruefer@ikts.fraunhofer.de)

- 2** Röntgenuntersuchung an einer elektronischen Baugruppe.  
**3** Mikromagnetische Untersuchung an einem Stahlträger.



## PRÜFUNG FÜR DIE MIKRO- UND NANOELEKTRONIK

Eine besondere Kompetenz am Fraunhofer IKTS umfasst die Nutzung mikroskopischer Prinzipien bei der durchstrahlenden Charakterisierung von Bauteilen und Verbänden insbesondere für die Mikro- und Nanoelektronik. Dadurch wird der Einsatzbereich der röntgenbasierten Methoden zu Auflösungsgrenzen bis ca. 50 nm erweitert, was auch die dreidimensionale Erfassung komplizierter Geometrien erlaubt.

### Röntgenmikroskopie und -tomographie

Ein Verfahren, das am Fraunhofer IKTS zur Analyse von Strukturen und Fehlern in Werkstoffen eingesetzt wird, ist die Röntgenmikroskopie (XRM) und die darauf basierende Nano-Röntgentomographie (Nano-XCT) mittels Röntgenmikroskop. Die Verfahren ermöglichen die zerstörungsfreie Untersuchung von Struktur- und Funktionswerkstoffen auf mikroskopischer Ebene mit einer Auflösung bis ca. 50 nm. Die Hauptanwendungen liegen in der Abbildung von Poren, Einschlüssen und Rissen in Verbundwerkstoffen (z. B. faserverstärkten Keramiken), nanoporösen Werkstoffen (Filtermembranen) und der Mikroelektronik (Through Silicon Vias). Objekte, die größer als das Sichtfeld (max. 65 µm x 65 µm) sind, können durch Mosaikaufnahmen röntgenmikroskopisch abgebildet werden.

Insbesondere bei Werkstoffen mit geringer Dichte kann eine Kontrasterhöhung durch Ausnutzung des Zernike-Phasenkontrasts erreicht werden, um Grenzflächen und Oberflächen, aber auch Delaminationen und Risse hervorzuheben. Für eine umfassende Werkstoffcharakterisierung wird die Röntgenmikroskopie und -nanotomographie zusammen mit zahlreichen abbildenden und analytischen Methoden wie Lichtmikroskopie, Mikro-CT, Elektronenmikroskopie (REM, TEM) inklusive Spektroskopie (EDX, EELS) und Mikro- und Nanoindentation im Fraunhofer IKTS kombiniert.

### In-situ-Experimente

Miniaturisierte thermische und mechanische Prüfvorrichtungen im Strahlengang des Röntgenmikroskops erlauben Experimente so zu beobachten, dass neben 3D-Informationen auch 4D-Datensätze gewonnen werden können. Gegenwärtig stehen folgende miniaturisierte Prüfvorrichtungen für den Einsatz im Röntgenmikroskop zur Verfügung:

- Mikroindenter mit variablem Prüfkörper (Flat Punch, Sphere, Berkovich, Cube Corner) bis 1 N
- Micro Double Cantilever Beam für Rissausbreitungsversuche
- Mikroreaktionskammer für Abbildung unter erhöhten Temperaturen bis 500 °C (reaktive oder inerte Atmosphäre)
- Elektro-/Stress-Migration-Testverfahren

### Kontakt

Dr.-Ing. Birgit Jost  
 Gruppenleiterin Mikro- und Nanoanalytik  
 Telefon +49 351 88815-547  
 birgit.jost@ikts.fraunhofer.de

- 1 Tomographische Querschnitte durch einen Mikrochip während Mikro-DCB-Test.
- 2 Werkstoffanalyse im Röntgenmikroskop.



## WEITERE ANWENDUNGSSPEZIFISCHE PRÜFMETHODEN

Die große Bandbreite der dargestellten Methoden zur Charakterisierung von Prozessen, Werkstoffen und Bauteilen ist für einen breiten Einsatzbereich geeignet. Für spezielle Anwendungsfelder wurde darüber hinaus am Fraunhofer IKTS ein besonderes Know-how aufgebaut.

### Charakterisierung von Granulaten und des Pressverhaltens von Rohstoffen

Im modernsten ausgestatteten Kompetenzzentrum Pulvertechnologie werden alle Prozessschritte von der Auswahl keramischer, metallischer und Verbundwerkstoffe über die Aufbereitung bis zur Konfektionierung durch qualifizierte Charakterisierungsverfahren begleitet.

### Verarbeitbarkeit thermoplastischer Massen

Die Formgebung thermoplastischer Massen ist eine Kernkompetenz am Fraunhofer IKTS und greift auf umfangreiche Erfahrungen hinsichtlich Werkstoff- und Prozesscharakterisierung zurück.

### Poröse Werkstoffe und Membranen

Ein Schwerpunkt am Fraunhofer IKTS ist die Membranentwicklung und -technologie. Dafür stehen einmalige Methoden für die anwendungsspezifische Membrantestung anhand pilothafter Verfahrens- und Systementwicklungen zur Verfügung (z. B. Durchströmbarkeit, Trennverhalten).

### Brenner und Systeme der Abgasnachbehandlung

Die Material- und Komponentenentwicklung im Bereich keramischer Hochtemperaturwerkstoffe greift auf unikale Charakterisierungsmethoden zurück. Die Charakterisierung poröser Werkstoffe insbesondere für die Abgasnachbehandlung wird seit vielen Jahren in enger Kooperation mit führenden Herstellern vorangetrieben.

### Charakterisierung katalytischer Aktivität

Als Grundlage für energie- und umwelttechnische Systeme ermöglicht die Charakterisierung katalytischer Aktivität von Stoffen und Komponenten einzigartige Lösungen für die Energie- und Stoffwandlung.

### Eigenschaften von Batteriekomponenten und Batterien

Im Mittelpunkt stehen alle relevanten Charakterisierungsmethoden insbesondere für Lithium-, Natrium-Nickelchlorid-, Redox-Flow- sowie Metall-Luft-Batterien.

### Brennstoffzellen-Technologie

Das Fraunhofer IKTS ist eines der weltweit führenden Institute für die Entwicklung von Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Insbesondere für die SOFC- und MCFC-Technologie stehen komplexe Charakterisierungsverfahren vom Werkstoff bis zur Qualifizierung prototypischer Systeme im Feld zur Verfügung.

### Charakterisierung elektrischer und dielektrischer Eigenschaften bei Raum- und hohen Temperaturen

Die gezielte Einstellung elektrischer und dielektrischer Eigenschaften eröffnet für keramische Werkstoffe eine Vielzahl von Anwendungen. Das Wissen über geeignete multiskalige Charakterisierungsmethoden wird am Fraunhofer IKTS durch eine exzellente technische Ausstattung ergänzt.

### Charakterisierung optischer Eigenschaften

Durch effiziente Herstellungsverfahren können transparente Keramiken und keramische Leuchtstoffe hergestellt werden. Die dafür notwendigen Charakterisierungsmethoden stehen am Fraunhofer IKTS zur Verfügung.

3 Teststände für SOFC-Brennstoffzellensysteme.

# KURZPORTRÄT DES FRAUNHOFER IKTS

Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS betreibt anwendungsorientierte Forschung für Hochleistungskeramik. Die drei Instituts-teile 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 Fertigungs-linien bis in den Pilotmaßstab. Darüber hinaus umfasst das Forschungsportfolio 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.

Das Fraunhofer IKTS arbeitet in acht marktorientierten Geschäftsfeldern, um keramische Technologien und Komponenten sowie zerstörungsfreie Prüfverfahren für neue Branchen, Produktideen und Märkte jenseits der klassischen Einsatz-gebiete zu demonstrieren und zu qualifizieren. Dazu gehören keramische Werk-stoffe und Verfahren, Maschinenbau und Fahrzeugtechnik, Elektronik und Mikro-systeme, Energie, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Bio- und Medizintechnik, Optik sowie die Material- und Prozessanalyse.



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

## KONTAKT

Industrielösungen  
**Charakterisieren – Analy-  
sieren – Messen – Prüfen**

Dr. Mathias Herrmann  
**Fraunhofer-Institut für  
Keramische Technologien  
und Systeme IKTS**

Winterbergstraße 28  
01277 Dresden  
Telefon +49 351 2553-7527  
mathias.herrmann@  
ikts.fraunhofer.de