

# Mehrlagenkeramische Sensorlösungen für die turbinennahe Druck- und Temperaturbestimmung

Dr.-Ing., Steffen Ziesche, Fraunhofer IKTS Dresden, Germany, [steffen.ziesche@ikts.fraunhofer.de](mailto:steffen.ziesche@ikts.fraunhofer.de); Adrian Goldberg, Fraunhofer IKTS; Holger Kappert, Fraunhofer IMS; Sebastian Schopferer, Fraunhofer EMI

## Kurzfassung

Der Beitrag beschreibt die Entwicklung eines Sensors zur Erfassung von Druck- und Temperatur unter rauen Umgebungsbedingungen. Einsatzbereiche sind die Zustandsüberwachung von Triebwerken und Turbinen. Die für die Anwendung relevanten Anforderungen und der entwickelte Sensor wird besprochen. Schwerpunkt der Ausführung ist das mehrlagenkeramische sensorische Element mit den integrierten Strukturen für Temperatur- und Absolutdruckbestimmung. Die Ergebnisse der Charakterisierung im Hochtemperaturdruckprüfstand bzw. im Stoßrohr werden vorgestellt und diskutiert.

## Abstract

The article describes the development of a sensor for recording pressure and temperature under harsh environmental conditions. Areas of application are condition monitoring of engines and turbines. The requirements relevant to the application and the developed sensor are discussed. The focus of the design is the multi-layer ceramic sensory element with the integrated structures for temperature and absolute pressure determination. The results of the characterization in the high-temperature pressure test bench and in the shock tube are presented and discussed.

## 1 Motivation

Robuste und zuverlässige Sensoren sind essenziell für die Zustandsüberwachung von Triebwerken und Turbinen. Sie ermöglichen die Optimierung der Prozessführung, die Erhöhung der Energieeffizienz, die Verminderung des Abgasausstoßes und die Verlängerung von Serviceintervallen. Im Rahmen des Fraunhofer Leitprojekts **eHarsh** wurde ein p/T – Multisensor mit integrierter Elektronik für den Temperaturbereich bis 500 °C bzw. 300 °C entwickelt. Die Integration der Elektronik ermöglicht es Potenziale hinsichtlich Miniaturisierung und Zuverlässigkeit zu heben, der modulare Ansatz in Kombination mit den nutzenbasierten keramischen Fertigungstechnologien erschließt Kostenvorteile.

## 2 Einsatzbereiche und resultierende Anforderungen

Die Entwicklungsanforderungen ergeben sich aus dem Einsatz des Sensors im Kompressionsbereich von Triebwerken. Relevante Anforderungen wurden durch industrielle Partner bereitgestellt. Dazu gehören hohe Umgebungstemperaturen bis 300 °C und an der Sensorspitze bis zu 500 °C, starke Vibrationsbelastungen (50 g, 50 – 2000 Hz), hohe statische Drücken (50 bar) und dynamische Druckänderungen (1 bar, 1 kHz).

## 3 Sensorentwurf und Umsetzung

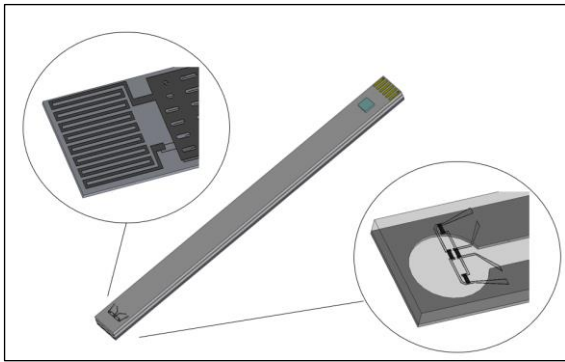
Der Sensor (Bild 1) besteht aus zwei modularen Gehäusekomponenten (GK). Die GK I fasst das stäbchenförmige Sensorelement, die GK II trägt die Platine mit der Auswer-

teelektronik. Das Sensorelement (Bild 2) basiert auf der keramischen Mehrlagentechnologie LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics).

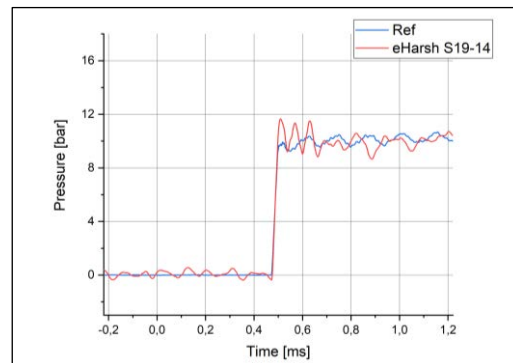


**Bild 1** p,T Kombisensor mit integrierter Elektronik

An der Elementspitze sind die piezoresistiven Widerstandselemente in Form einer Wheatstoneschen Messbrücke platziert und erfassen in Kombination mit dem membranbasierten Verformungskörper und einem Referenzdruckkompartiment den Absolutdruck. Die keramikintegrierte Pt100 Widerstandsstruktur ermöglicht die parallele Erfassung der Temperatur an der Elementspitze. Die Umverdrahtung der sensorischen Strukturen erfolgt keramikintegriert in Richtung der rückseitigen Kontaktpads. Die stäbchenförmige Geometrie gestattet dabei die hermetische Fügung in die Gehäusekomponente und die Reduktion der Temperatur im Kontaktbereich.



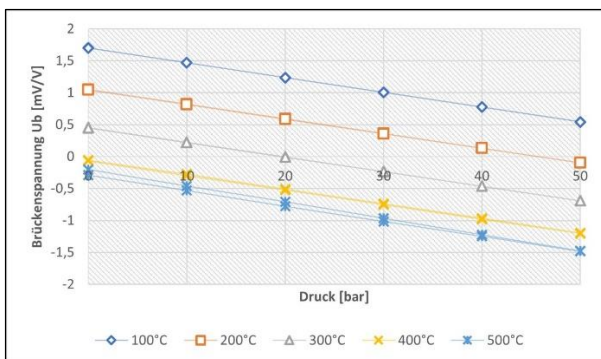
**Bild 2** Mehrlagenkeramisches Sensorelement



**Bild 4** Charakterisierung dynamischer Druckänderungen ( $f > 1$  kHz) im Stoßrohr

## 4 Sensorische Charakterisierung und Zuverlässigkeitsbewertung

Im Rahmen des Vorhabens wurde der entwickelte Sensor umfassend bzgl. sensorischer Performanz und anwendungsspezifischer Zuverlässigkeitsanforderungen charakterisiert. Die sensorische Charakterisierung (Bild 3) umfasst die Bestimmung der temperaturabhängigen sensorischen Kenndaten (temperaturabhängige Sensitivität, Linearität, Hysterese, Wiederholbarkeit) durch dafür entwickelte Hochtemperaturdruckprüfstände im statischen Druckbereich.



**Bild 3** Charakterisierung im Hochtemperaturdruckprüfstand bei stat. Druck bis 50 bar und Umgebungstemperatur bis 500°C

Die Charakterisierung im dynamischen Druckbereich (Bild 4) erfolgt durch hydraulische Druckimpuls-Generatoren ( $f < 1$  kHz) bzw. durch Stoßrohrprüfstände ( $f > 1$  kHz). Die Zuverlässigkeitsuntersuchungen beinhalten statische/transiente Beanspruchungen in drei Domänen (thermisch, mechanisch und korrosiv).

## 5 Literatur

- [1] Kurtz A.D., Ned A.A., Epstein A.H. Ultra High Temperature, Miniature, SOI Sensors for Extreme Environments, presented at the IMAPS International HiTEC 2004 Conference, Sante Fe, New Mexico, May 17-20, 2004
- [2] Combustion dynamics instrumentation, IMI sensors – a PCB piezotronics division, [www.imi-sensors.com](http://www.imi-sensors.com)