

Auszug aus dem Jahresbericht 2019  
Zur aktuellen Website: [www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)

## DÜNNSCHICHTSENSORIK ZUR TEMPERATURMESSUNG IM MISCHREIBUNGSKONTAKT

Zur Optimierung von teil- oder vollgeschmierten Tribosystemen ist die Kenntnis der Temperatur im Schmierpalt wichtig. Um die Fresstragfähigkeit von Verzahnungen besser auslegen zu können, muss die Temperatur im mischreibungsbeanspruchten Zahnflankenkontakt gemessen werden. Dazu eignen sich sensorische Dünnschichtsysteme, die allerdings in diesen Kontaktzonen sehr hohem Verschleiß ausgesetzt sind. Im Rahmen eines AiF-Forschungsvorhabens (Nr. 19330 BG) entwickelt das Fraunhofer IST daher gemeinsam mit Partnern eine verschleißfeste Dünnschichtsensorik zur langzeitstabilen Messung von Temperaturen in mischreibungsbeanspruchten Zahnflankenkontakten.

### Schichtsystem mit integrierten Temperatursensorstrukturen

Das Dünnschichtsystem wird direkt auf polierten Oberflächen von Stahlringen und Zahnradflanken ( $R_z$ -Wert von  $0,1 \mu\text{m}$ ) aufgebaut. Als Grundsicht wird Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) als elektrische Isolationsschicht in einer Dicke von  $4\text{--}6 \mu\text{m}$  homogen abgeschieden. Im Anschluss werden die Proben mit  $200 \text{ nm}$  dickem Chrom beschichtet, das in einer Kombination aus Photolithographie und nasschemischer Ätzung strukturiert wird. Ein Stahlring mit Sensorstrukturen ist in Abbildung 1 dargestellt, ein Zahnrad in Abbildung 3. Die minimale Strukturbreite konnte im Laufe des Projekts stark verringert werden und beträgt  $10 \mu\text{m}$  (vgl. Abb. 2 und 4), wodurch eine hohe Ortsauflösung und Sensitivität der Sensoren erreicht wird. Abschließend wird als Isolations- und Verschleißschutzschicht eine  $1\text{--}2 \mu\text{m}$  dicke SiCON<sup>®</sup>-Schicht aufgebracht, eine mit Silizium und Sauerstoff modifizierte amorphe Kohlenwasserstoffschicht ( $\text{a-C:H:Si:O}$ ). Damit weist das Dünnschichtsystem eine Dicke von weniger als  $10 \mu\text{m}$  auf.

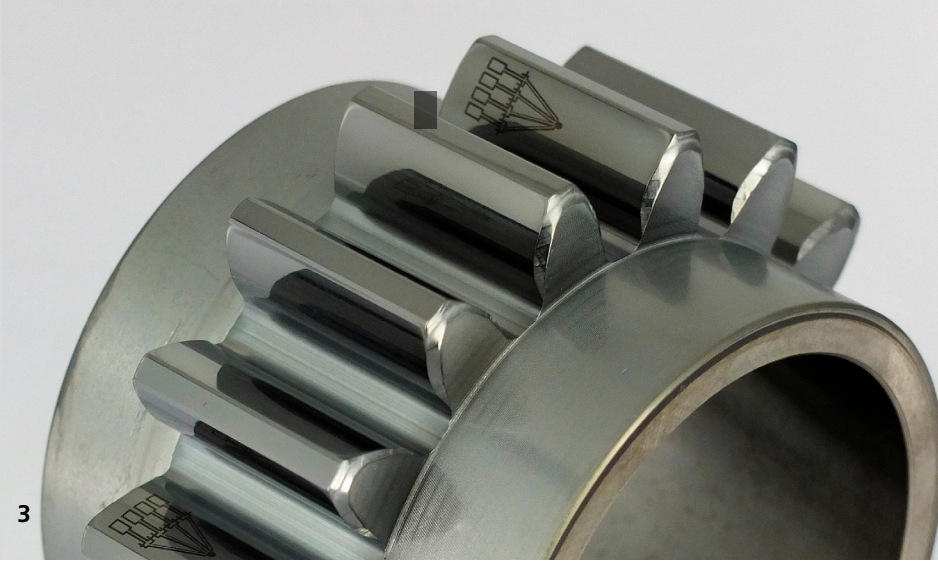
### Charakterisierung der Sensorstrukturen

Zur Aufnahme der thermoresistiven Widerstandskennlinien werden die Sensoren in einer sogenannten Vier-Leiter-Schaltung vermessen, d. h. über zwei Zuleitungen wird ein konstanter Strom angelegt und über zwei weitere Leitungen wird die über den Sensor abfallende Spannung gemessen. Der Sensorwiderstand berechnet sich dann nach dem Ohmschen Gesetz. Während der Messung befinden sich die Proben in einem Ofen und werden zunächst auf ca.  $170 \text{ °C}$  erwärmt und im Anschluss wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Widerstände der einzelnen Sensorstrukturen weisen die für metallische Strukturen erwartete lineare Abhängigkeit von der Temperatur auf.

### Temperaturmessungen im Mischreibungskontakt

Die Funktionalität der Dünnschichtsensoren sowie ihre Verschleißfestigkeit werden in Versuchsreihen unter Mischreibungsbedingungen getestet. In der nebenstehenden Grafik ist eine Beispielmessung der Temperaturerhöhung bei Überrollung des Sensors dargestellt.





1-2 *Stahling mit Sensorstrukturen (1) und Mikroskopaufnahme der 10 µm dicken Sensorstruktur (2).*

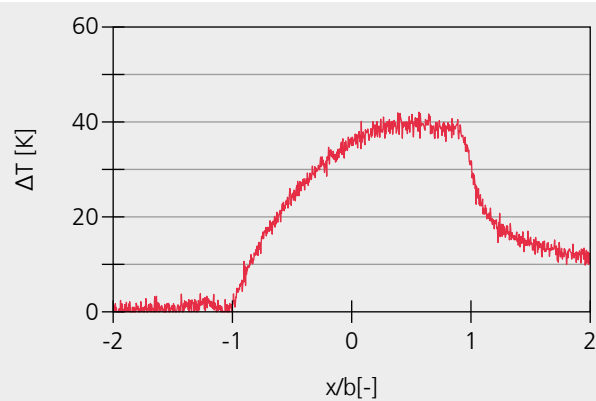
3-4 *Zahnradflanken mit Sensorstrukturen (3) und Mikroskopaufnahme der 10 µm dicken Sensorstruktur (4).*

### Ausblick

Zukünftig soll das Sensorsystem so weiterentwickelt werden, dass auch Drücke und Spalthöhen bestimmt werden können. Ein solches multisensorisches Dünnschichtsystem könnte in einem nächsten Schritt auch in anderen mischreibungsbeanspruchten Kontakten wie in Wälzlagern, Gleitlagern oder Dichtungen zum Einsatz kommen, wobei entweder alle drei Größen – Temperatur, Druck und Spalthöhe – oder auch nur einzelne gemessen werden können.

### Das Projekt

Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb des FVA-Projekts 789 I Sensorik für Mischreibung mit dem Thema »Entwicklung einer robusten Dünnschichtsensorik zur Messung der Temperatur in mischreibungsbeanspruchten thermo-elastohydro-dynamischen Kontakten« erzielt, an dem das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem Institut für Maschinenkonstruktion (IMK) der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg arbeitet. Das Projekt ist gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags sowie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF, Fördervorhaben Nr.: 19330BG) und hat eine Laufzeit vom 1.2.2017 bis 30.10.2019.



### Versuchsbedingungen

Summengeschwindigkeit	2 m/s
Schlupf	40 %
Normalkraft	1,5 kN
Ölzuführtemperatur	40 °C

Gemessene Temperaturerhöhung im Mischreibungskontakt.

### KONTAKT

Marcel Plogmeyer, M.Sc.  
 Telefon +49 531 2155-661  
 marcel.plogmeyer@ist.fraunhofer.de