

Auszug aus dem Jahresbericht 2016  
Zur aktuellen Website: [www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)

## ULTRAHOCHLEISTUNGSFÄHIGE SENSOR-KONTROLLIERTE MOMENTENVERBINDUNGEN

Im Holzbau werden oftmals Pfosten-Riegel-Verbindungen zur Aussteifung des Gebäudes eingesetzt. Die Anforderungen an diese Verbindungen unterscheiden sich jedoch von Fall zu Fall. Bei Beanspruchungen durch Wind und schwache Erdbeben müssen diese z. B. möglichst steif sein, um entstehende Verformungen gering zu halten. Bei starken Erdbeben hingegen sind weiche Verbindungen von Vorteil, da sich durch die Möglichkeit der Verformung keine kritischen Spannungen aufbauen können – das Gebäude schwingt zwar, kollabiert jedoch nicht. Um ein Bauwerksmonitoring zu ermöglichen, wurden daher am Fraunhofer IST unterschiedliche Module mit sensorischen Dünnschichtsystemen aufgebaut, die innerhalb von neu entwickelten Momentenverbindungen die auftretenden Belastungen und Temperaturen im direkten Reibkontakt erfassen können.

### Multifunktionales Schichtsystem

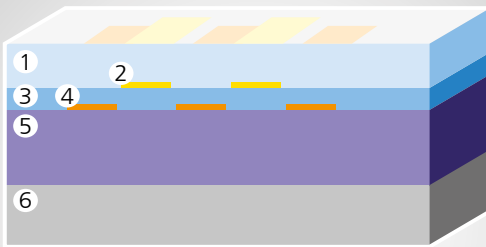
Die in Abbildung 1 und 2 dargestellten Sensormodule weisen auf ihrer Oberfläche ein multifunktionales Schichtsystem auf, das neben einer hohen Verschleißfestigkeit piezoresistive und teilweise auch zusätzliche thermoresistive Sensorstrukturen (vgl. Abbildung 2) enthält. Der schematische Aufbau des multifunktionalen Schichtsystems ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die Grundlage für das sensorische Schichtsystem bildet die am Fraunhofer IST entwickelte piezoresistive amorphe Kohlenwasserstoffschicht DiaForce® (5), welche mit einer Schichtdicke von 6 µm auf die polierte Oberfläche homogen abgeschieden wird. Auf diese Sensorschicht werden Elektrodenstrukturen aus Chrom (4) mit einer Schichtdicke von 200 nm aufgebracht, die mit einer elektrischen Isolationszwischenschicht aus mit Silizium und Sauerstoff modifiziertem Kohlenwasserstoff SiCON® (d ~ 1 µm) (3) bedeckt werden. Die Leiterbahnen sowie der Bereich der Kontaktstellen werden aus Chrom in einer Dicke von 200 nm (2) auf dieser Zwischenschicht abgeschieden. Wird eine lokale Temperaturmessung gewünscht, werden dafür zusätzlich Mäanderstrukturen, ebenfalls aus Chrom, aufgebracht (vgl. Abbildung 2). Diese Strukturen werden

abschließend mit einer weiteren SiCON®-Schicht (d ~ 3 µm) (1) isoliert und vor Verschleiß geschützt. Die Gesamtdicke des Schichtsystems beträgt lediglich rund 10 µm. Zur Schichtherstellung werden ausschließlich Vakuumbeschichtungsverfahren eingesetzt: die plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung (PACVD-Verfahren) für die amorphen Kohlenwasserstoffschichten DiaForce® und SiCON® und die physikalische Gasphasenabscheidung (PVD-Verfahren) für die Elektrodenschichten aus Chrom.

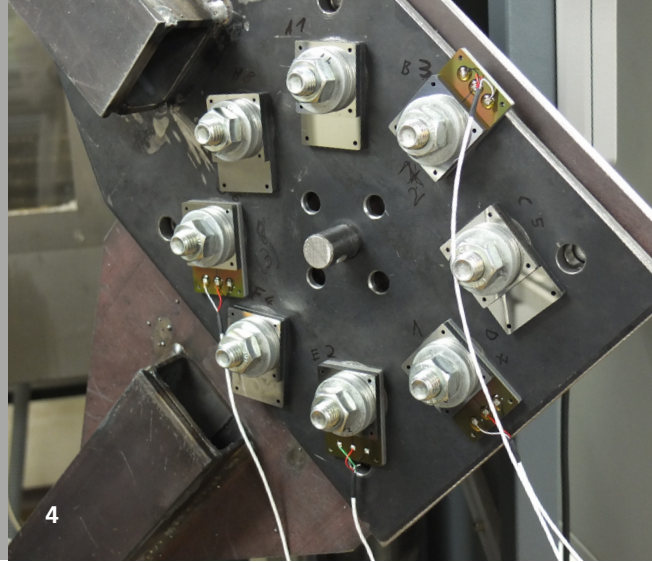
### Einsatz der Sensormodule im Versuchsaufbau

Um das Trag- und Verformungsverhalten der neuartigen Sensormodule zu untersuchen, wurden sie in einen Momentenverbinder integriert und im Prüfstand des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (IBMB) der TU Braunschweig mit zyklischen Beanspruchungen nach DIN EN 12512 belastet. Die nebenstehende Grafik zeigt die Messwertverläufe eines Kraft- und Temperatursensors. Dabei spiegelt der Kurvenverlauf des Kraftsensors deutlich die zyklischen Beanspruchungen wider. Die zu beobachtende Temperaturerhöhung um 4 K ist auf die über Reibung dissipierte Energie zurückzuführen.



- 1 Isolations- und Verschleißschutzschicht (3  $\mu\text{m}$ )
- 2 Temperaturmäanderstruktur (0,2  $\mu\text{m}$ )
- 3 Isolations- und Verschleißschutzschicht (1  $\mu\text{m}$ )
- 4 Elektrodenstruktur Cr (0,2  $\mu\text{m}$ )
- 5 DiaForce® (6  $\mu\text{m}$ )
- 6 Stahlgrundkörper

3

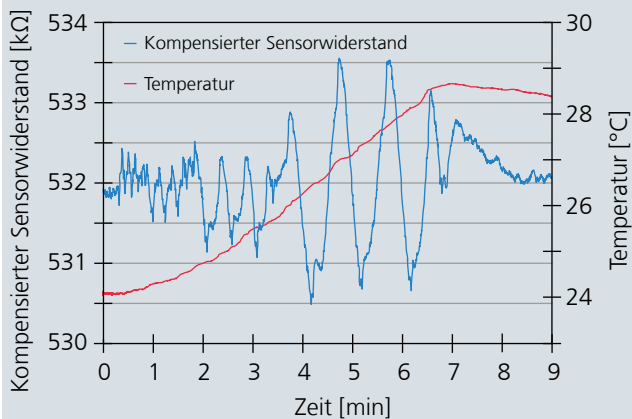


4

### Das Projekt

Die Sensormodule für ultrahochleistungsfähige Momentenverbindungen sind in Kooperation mit der Firma Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG und dem Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (IBMB) der TU Braunschweig mit Unterstützung durch das Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, und innerhalb des Projekts »Entwicklung von ultrahochleistungsfähigen sensor kontrollierten Momentenverbindungen mit großem Energie-Dissipationspotenzial für Holzbauten in Erdbebengebieten« KF 2178811 entstanden, das durch das Programm »Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand – ZIM« gefördert wurde.

Exemplarisches Messergebnis der piezo- und thermoresistiven Sensoren des multifunktionalen Schichtsystems.



1 Viereckiges Sensormodul mit ringförmiger kraftmessender Sensorstruktur.

2 Sensorelement mit kraftmessenden Sensorstrukturen und zusätzlicher Mäanderstruktur zur lokalen Temperaturmessung.

3 Schematische Darstellung des multifunktionalen Schichtsystems.

4 Anordnung der einzelnen Sensormodule im Momentenverbinder.

## KONTAKT

Dr.-Ing. Saskia Biehl

Telefon +49 531 2155-604

saskia.biehl@ist.fraunhofer.de