



ZUVERLÄSSIGE AUSLEGUNG VON SHM-ELEKTRONIK FÜR EXTREME UMWELTBEDINGUNGEN

Dipl.-Ing. Robert Schwerz, Tobias Gaul, Dr. Mike Röllig, Bernd Frankenstein

Das Fraunhofer IKTS arbeitet an Sensorsystemen für die Überwachung von Strukturbaugruppen unter Einsatz von geführten Ultraschallwellen. Die Sensorsysteme befinden sich in oder an den Strukturen und sind den örtlichen Umweltbedingungen ausgesetzt. Ein Beispiel ist die Überwachung der verschweißten Gründungsstrukturen von Offshore-Windkraftanlagen.

Die Auslegung der Sensorsysteme für ein robustes Handling und eine langzeitstabile, zuverlässige Funktionserfüllung sind Bedingungen für deren Akzeptanz sowie Kosteneffizienz. Im Projekt »Sensormanschette« wurde eine Lösung erarbeitet, bei der ein SHM-Sensorsystem in Form einer Manschette in einer Tiefe von 20 bis 40 Metern dauerhaft (bis zehn Jahre) betrieben werden kann. Dazu waren höchste Ansprüche an die hermetische Kapselung und Medienresistenz zu lösen, die Widerstandsfähigkeit unter hohem Druck umzusetzen, die Anpassungsfähigkeit von Sensor und Elektronik an gekrümmte Oberflächen zu gewährleisten und das robuste Handling im Tauchbetrieb zu berücksichtigen. Dabei sind die funktionellen Zielstellungen der verlustarmen Ein- und Auskopplung von Ultraschall in jedem Arbeitsschritt zu prüfen und zu berücksichtigen. Entscheidend für die zuverlässige Auslegung sind die Gestalt und der innere Aufbau des Sensorknotens sowie die Auswahl der Packaging-Werkstoffe im Hinblick auf ihre Funktion.

Das Konzept zur hermetischen Kapselung basiert auf der signifikanten Verlängerung von Diffusionspfaden flüssiger Medien und dem Einsatz von Werkstoffen mit geringer Wasseraufnahme- und -durchlassfähigkeit. Zudem wurden drei Barriereebenen zum Schutz vor eindringenden Medien verbaut: 1 – Deckfolie (Polymerträger mit mehrlagigen anorganischen Schichten),

2 – Einbettungsmaterial der Manschette (Thermoplast), 3 – Vergussmaterial der Elektronik (Epoxid-Keramikkomposit oder medienresistentes Polyurethan). Für diese Werkstoffe wurde die Resistenz vor Mikrorissbildung gegenüber mechanischen Biegebelastungen geprüft, um eine Kurzschlussbildung von Diffusionspfaden zu vermeiden. Zudem müssen die Barrierewerkstoffe luftabschlussfrei verarbeitet werden, da diese sich ebenfalls zu Diffusionsbrücken ausbilden können. Die Vermeidung von Hohlräumen unter den elektronischen Bauelementen kann mit einem geeigneten Underfiller gewährleistet werden. Dies verhindert Gewaltbrüche bei Anwendungen, die unter hohem Druck arbeiten. Die piezoaktive Keramik zur Erzeugung von Ultraschallwellen wurde in den Schaltungsträger integriert.

Einerseits ergibt sich ein Kostenvorteil, andererseits reduzieren sich die kritischen elektrisch-mechanischen Kontaktstellen, wodurch sich die Ausfallsicherheit erhöht. Die Sensormanschette wurde zunächst in Druckprüfkammern getestet. Im nächsten Schritt erfolgte die Erprobung unterhalb der Wasseroberfläche.

1 Gründungsknoten aus dem Projekt »UnderWaterInspect« mit instrumentiertem Sensorsystem.

2 Angepasstes Schaltungsdesign für langzeitzuverlässige Sensorknoten.