

# Eingebettete langzeitzuverlässige PZT-EMUS-Sensormanschette zur Schweißnahtprüfung an Offshore-Strukturen

Andreas SCHNABEL<sup>1</sup>, Tobias GAUL<sup>1</sup>, Robert SCHWERZ<sup>1</sup>,  
Martin OEMUS<sup>1</sup>, André LIENERT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden

<sup>2</sup> WiE GmbH – Werk für industrielle Elektronik, Kreischa

Kontakt E-Mail: andreas.schnabel@ikts.fraunhofer.de

## Kurzfassung

Für den Übergang von turnusmäßiger zu permanenter Überwachung während des Betriebs ohne den Einsatz von Tauchern, aber unter Zuhilfenahme von Unterwasserfahrzeugen (ROV), wurde im Projekt ELMEDA eine neuartige Messsystem entwickelt.

Das gurtartige, elektronische Messsystem dient zur Überwachung von Schweißnähten und arbeitet mit geführten Wellen. Generell ist das System für die Prüfung von zylindrischen Bauteilen zur kombinierten Messung von Abrasion und Defektdetektion geeignet. Hauptanwendung ist derzeit die Langzeitüberwachung ausgewählter Gründungsstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen.

Im Vordergrund steht der Entwicklungsfortschritt des innovativen integrierten Sendempfangs-Konzeptes bestehend aus elektromagnetischer Spulenanregung von Ultraschallwellen (EMUS) und sensitiver piezoelektrischer Empfangssensorik. Die beschriebene Anregungsart bietet große Vorteile durch vereinfachte Ankopplungstechnik.

Die unterwasserfeste Auslegung und somit Kapselung des Messsystems bildet den wesentlichen Bestandteil für eine langzeitzuverlässige Funktionsweise. Die Kapselung basiert zum Großteil auf adaptierter Leiterplattentechnologie in Kombination mit geeigneten Kapselmateriale. Weiterhin wurde die Entwicklung der Energieübertragung und Datenkommunikation so ausgelegt, dass diese mit ROV kompatibel sind.

Die Arbeit wird die genannten Aspekte der Forschung & Entwicklung beleuchten und somit zur zukünftigen Sensorentwicklung für maritime Anwendungen beitragen.

# EINGEBETTETE LANGZEITZUVERLÄSSIGE PZT-EMUS-SENSORMANSCHETTE ZUR SCHWEIßNAHTPRÜFUNG AN OFFSHORE-STRUKTUREN

Andreas Schnabel<sup>1</sup>, Tobias Gaul<sup>1</sup>, Robert Schwerz<sup>1</sup>, Martin Oemus<sup>1</sup>, André Lienert<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

<sup>2</sup> WIE GmbH – Werk für industrielle Elektronik

## MOTIVATION

### Anwendung

- Langzeitüberwachung von Schweißnähten oder Lochkorrosion in zylindrischen Bauteilen, wie z.B. bei ausgewählten Gründungsstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen
- Messsystem wird gurtartig um die Struktur und in der Nähe potenziell gefährdeter Stellen angebracht
- Permanent installiertes System ermöglicht Messung während des Betriebs und den Übergang von turnusmäßiger Kontrolle hin zu einer Überwachung ohne den riskanten Einsatz von Tauchern
- Messvorgänge sind von Unterwasserfahrzeugen (ROV) realisierbar
- Fehlstellen werden mittels geführter Wellen detektiert

### Fortschritt

- Vordergründig steht der Entwicklungsfortschritt des innovativen integrierten Sende-Empfänger-Konzeptes mit:
  - Aktor: elektromagnetisch angeregter Ultraschall (EMUS)
  - Empfänger: sensitiver piezoelektrische Sensorik (PZT)
- EMUS bietet große Vorteile durch die vereinfachte Ankopplungsform
- Langzeitüberlässige Funktionsweise wird wesentlich durch unterwasserfeste Auslegung und Kapselung des Messsystems erreicht
- Kapselung basiert auf adaptierter Leiterplattentechnologie in Kombination mit geeigneten Polymermaterialien
- Entwicklung der Energieübertragung und Datenkommunikation ist ROV kompatibel und somit zukunftsweisend
- Modulaufbau erlaubt flexible Anpassung an Umfang des Prüfobjektes

## MESS- UND TECHNOLOGIEKONZEPT

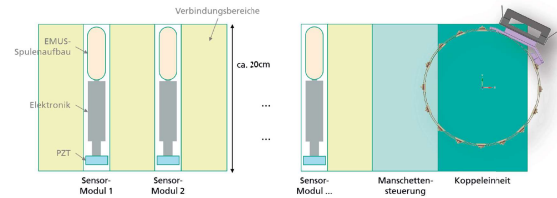


Bild 1: Konzeptdarstellung der integrierten Spulen und Sensoren in beliebiger Länge

- Demonstrator-Messsystem im Labor bestehend aus:
  - 17 Sensormodulen sowie
  - Kommunikations- und Koppel Einheit
- Drahtlose Kommunikation und Energieübertragung
- Gesicherte, robuste Befestigung an Gründungsstruktur durch Umsetzung als Gurt
- Fangkorb-Konzept zur einfachen Anfahrt und Kopplung mit Ausleseeinheit am verwendeten ROV-System



Bild 2: Demonstrator an einer Beispielstruktur.

## ERGEBNISSE UND TECHNOLOGIEUMSETZUNG

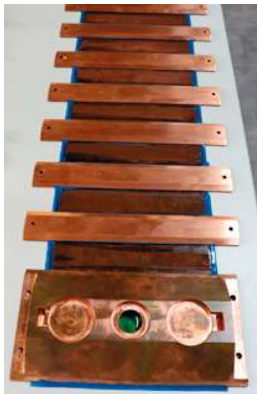


Bild 3: Gurtsystem mit Kapfen ohne Befestigung.

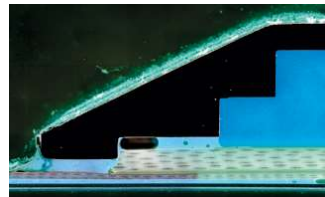


Bild 4: Schnitt durch den Aufbau des Sensormoduls

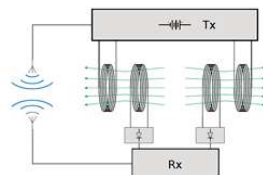


Bild 5: Konzept der drahtlosen Daten- und Energieübertragung.

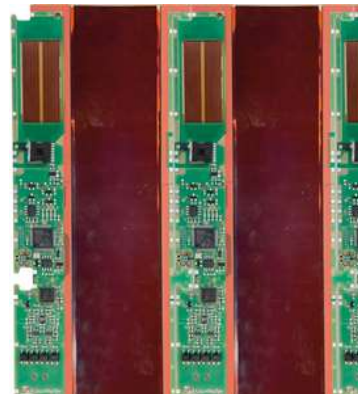


Bild 6: Verkettung der Sensormodule mit jeweils integrierter Spule und Piezokeramik.

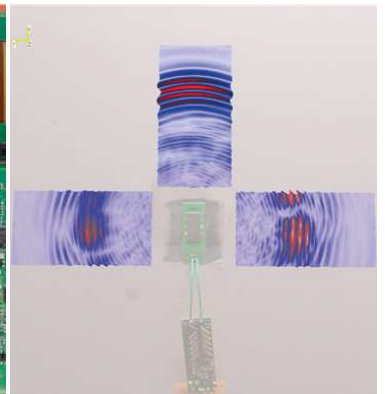


Bild 7: 3D-Laserscan der EMUS-angeregten SH-Welle.

### Aufbau- und Verbindungstechnik

- US-Anregung durch hohe Leistungsdichten der EMUS-Spule
- Druck- und Zuverlässigkeitstests der Sensorik
- Hermetische Kapselung von Sensorik, sensornaher Elektronik und Funk-Energie-Übertragungsmodul bei Unterwasser-Anwendung im Salzwasser und unter Druck
- Vollständige Integration von Sendespule, Empfangspiezokeramik sowie Mess- und Steuerelektronik in wiederholbares Leiterplattendesign
- Redundante Auslegung der drahtlosen Energieversorgung

### Funktionsprinzip

- Duales Konzept zur Anregung mittels EMUS-Prinzip und Empfang über Piezokeramik
- Impulserzeugung an einer Spule mit bis zu 500V für 15 µs
- Paralleles Aufzeichnen aller Sensoren mit bis zu 10 MS/s und 16 Bit Auflösung
- Anwendung geführter SH-Wellen zur Rissdetektion unabhängig des Bewuchses
- Optimierung des Sensormodulabstandes für gute Defektauflösung
- Manschettenbefestigung sichert ausreichenden Anpressdruck der Sensoren
- Drahtlose Energie- und Datenübertragung über Ausleseeinheit als ROV-Schnittstelle

## ZUSAMMENFASSUNG

- Realisierung eines integrierten EMUS-Wandlers und Einbettung eines PZT-Sensors in einem Sensormodul
- Aufbau und Kopplung der Sensormanschette bestehend aus mehreren Sensormodulen und einem Koppelmodul zur Kommunikation und Energieübertragung via ROV
- Funktionstests der einzelnen Sensorelemente und in Verkettung
- Untersuchungen der Materialverträglichkeiten von Metall und Salzwasser
- Test der Kapselung und der Befestigung in der Warnow dauert an

### Ausblick

- Gesamter Funktionstest in der Warnow geplant

## DANKSAGUNG

### Danksagung für die Mitarbeit, Unterstützung und Förderung

- Weitere Projektpartner
  - G&W Leiterplatten Dresden GmbH & Co.KG,
  - Simpex Hydraulik GmbH Gera,
  - sh-Elektronik GmbH
- Assoziierte Partner
  - BALTIC Taucherei- und Bergungsbetrieb Rostock GmbH,
  - MacArtney Germany GmbH
- Gefördert vom BMBF: Projekt ELMEDA (Verbundnummer: ES2KMU17/408, Förderkennzeichen: 16ES0863)