






ISyMOO

Intelligente integrative Systeme für das **Monitoring** von **Oberflächenschutzsystemen**
 an **Offshore-Windenergiekonstruktionen**

Partner

	Muehlhan AG Schlinckstraße 3 21107 Hamburg
	Universität Bielefeld Technische Fakultät PO Box 100131 33501 Bielefeld
	saltation GmbH & Co. KG Niederwall 43 33602 Bielefeld
	SubCtech GmbH Wellseedamm 3 24145 Kiel
	Leibniz Universität Hannover Institut für Stahlbau Appelstraße 9A 30167 Hannover

Assoziierte Partner

	GCP German Cathodic Protection GmbH Am Luftschaft 23 45307 Essen
	EnBW Energie Baden- Württemberg AG Fischertwiete 1 20095 Hamburg
	CIS GmbH Hansestraße 21 18182 Bentwisch

Problembeschreibung

Während ihrer Lebensdauer sind Offshore-Windenergie-Anlagen (in der Folge OWEA) extremen meteorologischen und ozeanologischen Bedingungen ausgesetzt. Eine der entscheidenden Voraussetzungen für den zuverlässigen Betrieb von OWEA wird die Einführung effektiver und kostengünstiger Instandhaltungsprozesse sein. Dieser Aspekt hat ein wirtschaftliches und wissenschaftliches Zukunftspotential, da es sich bei OWEA um instandhaltungssensitive Konstruktionen handelt, die sich teilweise in mehr als 100 km von der Küste Deutschlands und somit in einem schwierig zugänglichen Umfeld befinden. Einen wesentlichen Beitrag zur Funktion von OWEA liefern Oberflächenschutzsysteme, insbesondere Beschichtungen sowie kathodische Schutzsysteme (KKS), aber auch Korrosionszuschläge. Hierbei handelt es sich um leistungsfähige Industrieprodukte, die allerdings auch hohe Ansprüche an Wartung und Instandsetzung stellen. Insbesondere die Reparatur von geschädigten Beschichtungen ist ein äußerst zeit- und kostenaufwändiges Unterfangen mit komplexer. Die Kosten unter Offshore-Bedingungen das 200fache der Neubaukosten betragen. Ein wesentlicher Beitrag zur Kostenreduktion besteht somit in der Minimierung bzw. Optimierung von Offshore-Einsätzen.

Moderne Instandhaltungsstrategien, die z.B. Inspektion, Schadensbewertung), Zustandsbewertung, Instandhaltungsplanung, Reparaturszenarien und elektronische Datenvorhaltung umfassen und eine Optimierung von Offshore-Einsätzen gestatten, finden aus ökonomischen Gründen für den Oberflächenschutz von OWEA bisher keine Anwendung. Jedoch bieten die rasante Entwicklung von autonomen Inspektionstechniken, wie z.B. Drohnen über Wasser und fernbediente ROVs unter Wasser, und von Sensoren sowie die immensen Möglichkeiten der elektronischen Datenverarbeitungs- und Kommunikationstechnik Möglichkeiten, auch in diesem Bereich moderne kostensparende Instandhaltungsmodelle zu entwickeln. In der Zukunft werden Digitalisierung, Verfügbarkeit von Echtzeit-Informationen, vernetzte Sensorik und Simulation auch Instandhaltungsprozesse prägen. Ein zielführender Ansatz ist die Einführung einer Daten-basierten Instandhaltungsstrategie, die eine differenzierte und effektive Betrachtung komplexer Situationen ermöglicht. Die Strategie ist ausschließlich funktionsbezogen. Zustand-basierte Ansätze sind in der Offshore-Öl- und Gas-Industrie entwickelt worden, und einige formale Elemente können für die Übertragung auf OWEA übernommen werden.

Der im Rahmen des Projektes vorgesehene Ansatz geht aber weit über diese Ansätze hinaus und hat ein vernetztes, streng Daten-basiertes Instandhaltungsmodell zum Ziel, das den Einsatz moderner Inspektions-, Datenmanagement- und Kommunikationstechniken einschließt.

Ökonomisch-technische und wissenschaftliche Zielstellungen

Die ökonomisch-technische Zielstellung umfasst die folgenden Punkte:

- Reduktion von Inspektions- und Instandhaltungskosten;
- Beschleunigung (Effizienzsteigerung) von Beurteilungs-/Monitoring-Prozessen für Oberflächenschutzsysteme;
- Erhöhung der Zuverlässigkeit von Zustandsprognosen von Oberflächenschutzsystemen;
- Erhöhung der Genauigkeit der Beurteilung der strukturellen Integrität von OWEA;
- Erstellung realer Anforderungsprofile für Inspektionen/Monitoring;
- Erhöhung der Sicherheit bei Inspektionsarbeiten;
- Aufbau einer Software-Plattform zur Integration und Management von Monitoring-Daten und multimodalen Informationen;
- Normalisierung und Standardisierung von Datenstrukturen;
- Nachhaltige und praxisrelevante Entwicklung neuer Algorithmen und Software zur Auswertung großer Bild-Datensätze aus Offshore-Monitoring-Prozessen (manuell/UAV/Drohne/ROV).

Die wissenschaftliche Zielstellung kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Bewertung und Einführung bestehender Degradationsmodelle (Korrosion, Beschichtungsabbau, Bewuchs, etc.) in bestehende Bemessungs- und Instandhaltungsmodelle;
- Entwicklung von algorithmischen Methoden zur Berechnung konsistenter und generalisierungsfähiger Merkmale für sichtbare Oberflächenzustände in Bildern (Farbe, Textur, etc.);
- Entwicklung und Evaluation neuer Algorithmen zur Voll- oder Teilautomatisierung der Erkennung von Oberflächenzuständen in Beurteilungs- bzw. Monitoring-Prozessen (z.B. durch Anwendung von Deep Learning-Ansätzen aus dem maschinellen Lernen);
- Entwicklung eines Systems zur Exploration, Verwaltung, Verarbeitung von großen multi-modalen Datensätzen (Zeitreihen, Bilddaten, 3D Modelle);
- Sicherung von Benutzbarkeit, Effizienz und Performanz der Datenauswertung durch integrierte Softwarelösungen;
- Modulare Integration der Daten;
- Erarbeitung der Grundlagen für ein Computer-gestütztes Entscheidungssystem;
- Erarbeitung der Grundlagen für eine Anwendungsstudie an einer OWEA.

Generelle Konzepte für die Instandhaltung von Offshore-Konstruktionen sind bekannt (siehe Abbildung 1). Um die Strukturen dieser Konzepte auf den Zustand von Oberflächenschutzsystemen/Oberflächen an OWEA übertragen zu können, müssen die folgenden Zusammenhänge geklärt werden:

1. Erstellung detaillierter Beanspruchungskollektive für lokale Strukturbereiche;
2. Definition von Beanspruchungskollektiven für Beschichtungssysteme unter der Berücksichtigung von Sonderlasten;
3. Systematische, mechanisierte oder teilautomatisierte, Inspektion von Beschichtungssystemen und Strukturbereichen über und unter Wasser und in Innenbereichen;
4. Quantitative Erfassung und Bewertung von Schäden an Beschichtungssystemen;
5. Automatische Datenbank-bezogene Kategorisierung von Schäden;
6. Automatische (räumliche) Zuordnung von Schaden und Schadensstelle;
7. Kriterien für die Bewertung lokaler Strukturbereiche;
8. Zustandsanalyse kathodischer Schutzsysteme;
9. Verarbeitung, Management und Übertragung aller Daten (Vernetzung);
10. Ableitung von Zustandsberichten und Erstellung von Zustandskategorien;
11. Ableitung von Zustandsmodellen zur Bestimmung des Schadensfortschritts;
12. Ableitung von Instandhaltungsmodellen.

Abbildung 1 wurde auf Wunsch des Autors gelöscht.

Abbildung 1: Struktur der Projektidee (Monitoring-/Instandhaltungs-System)

Angestrebter Fortschritt

Der angestrebte Fortschritt lässt sich folgendermaßen darstellen.

1. Im Rahmen des Projektes soll erstmalig eine Übergangsfunktion „Zustand→ Instandhaltung“ für OWEA bestimmt und quantifiziert werden, auf deren Basis ein Daten-basiertes Instandhaltungsmodell installiert werden kann.
2. Es wird die zuverlässige Bestimmung von Zuständen von Oberflächenschutzsystemen mittels moderner Inspektions- und Sensortechnik in Kombination mit Datenverarbeitungs-, Datenmanagement- und Kommunikationstechnik untersucht. Hierzu zählt die Daten-basierte Bestimmung der Zustände von Beschichtungssystemen sowie von Stahlbaubereichen (insbesondere Stahldicke) und der Zustand von kathodischen Korrosionsschutz-Anlagen. Insgesamt soll der Einsatz manueller Inspektionen (Kletterer, Taucher) auf ein Minimum reduziert werden.
3. Zur Bestimmung und Bewertung der Zustandskennzahlen in den digitalen Bilddaten werden Algorithmen aus den Gebieten Bildverarbeitung, Mustererkennung und *machine learning* angewendet, evaluiert und teilweise weiterentwickelt, um neue voll-/teilautomatische Analyse *workflows* zu entwickeln. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei in der Bewältigung der teilweise stark variierenden Qualität der Bilddaten, die durch flexible datengetriebene Adaptation mit neuen Hand-gelabelten Stichproben erreicht werden soll. Auf der Softwareebene wird eine Flexibilität gegenüber unterschiedlichen Datenformaten und -qualitäten durch geeignete Schnittstellen und Vorverarbeitungsroutinen unterstützt.
4. Auf Basis der wissenschaftlichen Ergebnisse wird eine portable und optimierte Software zur Analyse der erfassten Daten entwickelt, die über Schnittstellen mit externen Systemen kommunizieren und in Folgeprojekten zu einem kompletten Datenmanagement-System ausgebaut werden kann.
5. Moderne Kommunikations- und Datenübertragungstechnik wird systematisch zur online-Übertragung und Analyse (auch in Echtzeit) der Daten genutzt.
6. Detaillierte lokale Beanspruchungs- und Funktionsanalysen der Stahlstruktur werden erstmals mit Informationen zu Schutzsystemen (Beschichtung, Korrosionszuschlag, KKS) kombiniert.

Öffentliche Förderung

Das Projekt „Intelligente integrative Systeme für das Monitoring von Oberflächenschutzsystemen an Offshore-Windenergiekonstruktionen (ISyMOO) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie über das 6. Energieforschungsprogramm gefördert.

<https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/26?op=enargus.eps2&m=1&v=10&p=0&s=1&q=isymoo>

Ansprechpartner

PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber
Muehlhan AG
Schlinckstraße 3
21107 Hamburg
040 7527 1144
momber@muehlhan.com