

[Projekte](#) / [Projektsuche](#) / Windenergieanlagen vor Korrosion schützen



Windenergie

Windenergieanlagen vor Korrosion schützen

Kurztitel:

OptiWind

Förderkennzeichen:

0325809A-C

Themen:

Offshore Aspekte, Logistik und Betrieb




Projektkoordination:




Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Laufzeit gesamt:

April 2015 bis März 2019

ANSPRECHPARTNER ZUM PROJEKT


 Oliver Kranz
 +49(0)421-2246-7378
 Fraunhofer IFAM
Wienerstraße 12
28359 Bremen
 <https://www.ifam.fraunhofer.de>

 Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT
 Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen
 <http://www.mpa-bremen.de/www/index.php?id=648>

 Bundesanstalt für Wasserbau
 <https://www.baw.de>

FORSCHUNGSBERICHT ZUM PROJEKT

TIB Hannover

 [Entwicklung eines ganzheitlichen, etablieren und umweltgerechten Korrosionsschutzes zur Gesamtkostenoptimierung durch optimierte und abgestimmte Fertigungsabschnitte für Offshore-Windenergieanlagen](#)

QUINTESSENZ

- Ist der Untergrund gut vorbereitet, lassen sich kleinere Korrosionsschäden an Tragstrukturen von Offshore-Anlagen provisorisch vor Ort konservieren.
- Schadhafte Stellen werden durch ein lasergestütztes System vorbereitet. Dieses entfernt schnell und sicher die defekte Beschichtung und Korrosionsprodukte.
- Feldversuche haben gezeigt, dass im Sediment vorkommende Mikroorganismen großen Einfluss auf die Korrosion der Gründungsstrukturen ausüben. Baugrundgutachten können wichtige Hinweise für Planer bieten.
- Die zu erwartenden Betriebskosten der Offshore-Anlage sowie Ausführungsqualität, Art der Beschichtung und Wartungskonzepte können an Modellen von Tragstrukturen bewertet werden.

Offshore-Windenergieanlagen unterliegen während ihrer gesamten Betriebszeit rauen Umweltbedingungen. Daher muss der eingesetzte Korrosionsschutz über die geplante Betriebszeit von

25 oder mehr Jahren optimal funktionieren. Stahl korrodiert, wenn er mit Sauerstoff und Wasser in Berührung kommt und es bildet sich Rost. Das schwächt das Bauteil und dessen Haltbarkeit. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben untersucht, wie sich beispielsweise mechanische Belastungen, mariner Bewuchs und Mikroorganismen auf die Korrosion beziehungsweise den Korrosionsschutz der Tragstrukturen auswirken. Die Ergebnisse werden aktuell bereits in Normen und Prüfverfahren berücksichtigt.

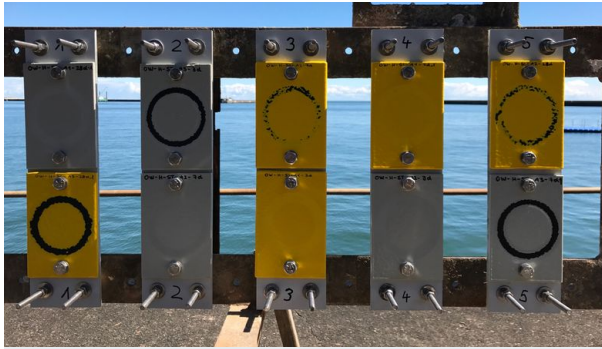
Korrosionsschutz reduziert Betriebskosten

Ein geeigneter Korrosionsschutz reduziert die Betriebskosten – insbesondere bei Offshore-Windenergieanlagen. Aufwändige Wartungsarbeiten, die den Einsatz von Schiffen oder Hubschraubern erfordern und meist auch zu unrentablen Abschaltzeiten der Anlagen führen, können reduziert werden. Innerhalb des Projekts OptiWind, kurz für „Entwicklung eines ganzheitlichen, umweltgerechten Korrosionsschutzes zur Gesamtkostenminimierung durch optimierte und abgestimmte Fertigungsabschnitte für Offshore-Windenergieanlagen“ haben sich die Projektpartner auf die Tragstrukturen von Windenergieanlagen fokussiert. Dabei interessierte sie, welchen Einflüssen die Bauteile ausgesetzt sind und wie sich diese auf den Korrosionsschutz auswirken. Hierzu gehören auch Risiken durch maritimen Bewuchs und mikrobiell induzierter Korrosion.

Materialschichten schützen Tragstrukturen von Offshore-Anlagen

Üblicherweise handelt es sich sowohl um passive, aus mehreren Lagen bestehende Beschichtungen aus Epoxidharz und Polyurethan, die den Kontakt der Stahlstrukturen mit Salzwasser unterbinden sollen, als auch um aktive Systeme mit Aluminiumanoden oder Schutzstrom. Diese aktiven Systeme, auch als kathodischer Korrosionsschutz bezeichnet, erzeugen durch Schutzpotenziale auf der Oberfläche der Bauteile einen stabilen Zustand, bei dem eine fortlaufende Eisenauflösung unterbunden wird. Hierbei handelt es sich um ein elektrochemisches Verfahren. Ein Gleichstrom fließt auf die zu schützenden Bereiche und verhindert, dass Metallionen aus der Oberfläche gelöst werden.

Im Projekt OptiWind haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersucht, wie sich Beschichtungssysteme auf Basis eines Epoxid- und eines Polyurethansystems bei unterschiedlicher Schutzspannung verhalten. Das Epoxidsystem hat sich in diesem Fall als das beständigere System herausgestellt. Grund hierfür sind kleine Poren innerhalb der Materialschichten. So kann Wasserstoff entweichen, der an der Grenzfläche der Beschichtung zum Stahl entsteht. Die Beschichtung ist haltbarer. In weiteren Versuchen haben die Projektteams die häufigsten mechanischen Belastungen, wie Druck- und Schlagbelastungen sowie das Abriebverhalten von Beschichtungen geprüft. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die untersuchten Beschichtungsmaterialien wesentlich empfindlicher auf schlagende Belastungen als auf anpressende Kräfte reagieren. Dabei spielt es eine entscheidende Rolle, welchen Trockengrad die Beschichtung erreicht hat. Je schneller eine Beschichtung abbindet, umso eher kann diese Kräfte aufnehmen, die auf das Bauteil wirken.



© Dr.-Ing. Michael Irmer

Vor Helgoland wurden Versuche mit unterschiedlichen Materialproben durchgeführt. Die Probenkörper aus Stahl erhalten definierte Schäden.

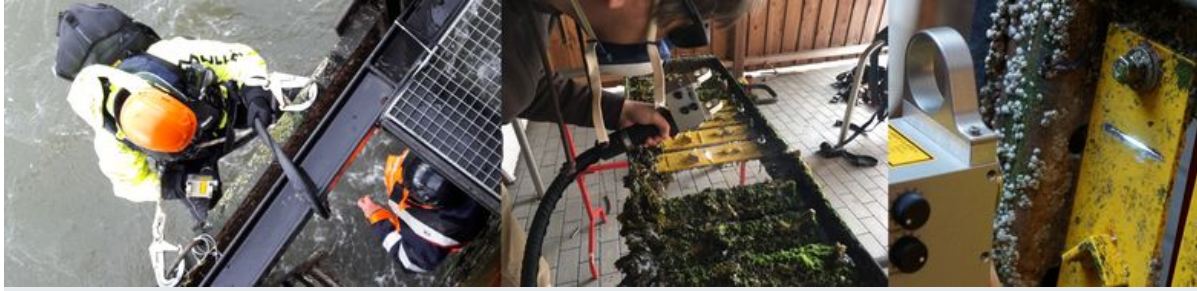


© Dr.-Ing. Michael Irmer

Die Prüfeinrichtung erzeugt definierbare Schäden an den Probenkörpern aus Stahl.

Kleinere Schäden werden gesammelt und vor Ort konserviert

Die provisorischen Korrosionsschutzsysteme konservieren die Oberfläche temporär bis zur nächsten Instandsetzungskampagne. Gleichzeitig helfen sie als Markierung, um die zu reparierenden Stellen schnell aufzufinden. Die Anwendung und Leistungsfähigkeit solcher provisorischen Systeme, die meist auf sehr einfachen Methoden und Lösungen beruhen, sind bisher nicht in ausreichendem Maße und unter dem Aspekt des Korrosionsschutzes untersucht worden. Nach wenigen Monaten beziehungsweise bei günstigem Wetter, können die so konservierten Schadstellen professionell repariert werden. Zunächst haben die Forscherinnen und Forscher Versuche mit unterschiedlichen Materialproben durchgeführt, die sich für provisorische Reparaturen eignen. Dazu haben sie spezielle Probenkörper aus Stahl konstruiert, die mit Schrauben, angeschweißten Stahlwinkeln und definierten Schäden versehen waren. Die Proben haben sie einer offshore-ähnlichen marinen Situation ausgesetzt. Bereits nach kurzer Zeit entstanden erste Korrosionsschäden, die sie mit unterschiedlichen provisorischen Reparatursets, wie Klebebändern aus Polyharnstoff, Aluminium oder Kautschuk abgedeckt haben. Zuvor mussten sie an den zu bearbeitenden Stellen die alte Beschichtung entfernen und die Oberfläche gezielt und schnell für das Provisorium vorbereiten. Für diesen Arbeitsschritt haben die Projektpartner unter anderem ein lasergestütztes System erfolgreich getestet und eingesetzt.



Korrosionsprodukte werden an den Probenkörpern dokumentiert und mit einem lasergestützten System entfernt.

© Fraunhofer IFAM

Mikroorganismen beeinflussen die Korrosion an Gründungsstrukturen

In Meeressedimenten finden vielfältige mikrobielle Vorgänge statt, die die Korrosion ungeschützter Stahlbauwerke im Meer beschleunigen. Innerhalb des Projekts OptiWind haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die mikrobiell beeinflussten Korrosionsprozesse untersucht und sich auf sulfatreduzierende- und schwefeloxidierende-Bakterien fokussiert. Ihnen kommt bei der mikrobiell beeinflussten Korrosion eine Schlüsselrolle zu. Vor allem bestimmte Arten der sulfatreduzierenden Bakterien können Eisen-Elektronen aus ungeschütztem Stahl für ihren Stoffwechsel nutzen. Zudem bilden sie starke Säuren, wie Schwefelsäure, die ebenfalls den Korrosionsprozess antreiben kann. Häufig entstehen als Folge sogenannte „Pits“, also kleine Löcher oder Krater in der Stahloberfläche. Diese sind lokal begrenzt, sorgen aber sehr schnell für einen Materialverlust in die Tiefe und können so zu einem Bauteilversagen führen.

Die genannten Bakterien kommen in großer Anzahl in marinen- und Brackwasserstandorten vor. Ihre Besiedlungsdichte ist abhängig von den vorherrschenden Umweltbedingungen, wie der Zusammensetzung des Sediments und der verfügbaren Nährstoffe. Um die genaue Dichte in der Nord- und Ostsee zu bestimmen, haben die Forscherinnen und Forscher an ausgewählten Standorten – jeweils im Sommer und Winter - Sedimentproben entnommen und die mikrobielle Gemeinschaft analysiert. An jedem beprobten Standort haben Sie sulfatreduzierende- und schwefeloxidierende-Bakterien nachweisen können. Allerdings schwankt deren Anzahl jahreszeitlich sowohl von Standort zu Standort als auch innerhalb der Standorte. Daher ist es für die Untersuchung des Baugrunds ganz entscheidend, wann dieser untersucht wird. Risiken könnten sonst möglicherweise unterschätzt werden.



© Oliver Kranz

Untersuchung der prokaryotischen Lebensgemeinschaften auf mit Schutzstrom geschützten und ungeschützten Proben auf einer Hallig. Hier: entnommene Proben.



© Oliver Kranz

Untersuchung der prokaryotischen Lebensgemeinschaften auf mit Schutzstrom geschützten und ungeschützten Proben auf einer Hallig. Hier: Schutz der Verkabelung bei Flut, die ins Sediment eingebracht wird.

Konzept zur Baugrundanalyse berücksichtigt die lokalen Einflüsse

Die mikrobielle Gemeinschaft verändert sich in unmittelbarer Gegenwart von Stahlbauteilen. Feldversuche haben gezeigt, wie groß der Einfluss der Mikroorganismen an der Offshore-Anlage tatsächlich ist, wobei insbesondere der Anteil der sulfatreduzierenden Bakterien steigt. Werden Stahlplatten nicht durch eine Fremdstromanlage (-900 Millivolt) geschützt, korrodiert der Stahl stärker. Insgesamt haben die Analysen ein sehr heterogenes Bild der mikrobiellen Gemeinschaft gezeigt. Den einen Baugrundzustand, gegen den gezielt Maßnahmen ergriffen werden können, gibt es auf Grundlage der erzielten Vergleichsanalysen nicht. Grundsätzlich existieren an vielen Standorten mikrobielle Gemeinschaften, von denen ein potenzielles Risiko ausgeht. Ob dieses wirklich relevant ist, bestimmen verschiedene lokal variierende Umweltparameter. Dennoch haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf Basis der Forschungsarbeiten, Konzepte für Baugrundanalysen entwickeln können, die die lokalen Einflüsse berücksichtigen. Um Korrosion zu vermeiden, können diese wichtige Empfehlungen für Planer, Errichter und Betreiber bieten. Dafür ist es wichtig, Anlagendesign und vorgesehene Korrosionsschutzkonzept einzubeziehen.

Planungsphase entscheidet über zu erwartende Betriebskosten

Daher haben die Forscherinnen und Forscher zwei Modelle erarbeitet, die die zu erwartenden Betriebskosten ermitteln sollen. Sie basieren auf einer Jacketstruktur und einem Monopile als Tragstruktur. Berücksichtigt werden Kosten für Fertigung, Errichtung, Betrieb- und Rückbau der Anlagen. Ziel ist es, den wirtschaftlichen Mehrwert einer technischen Maßnahme im Vergleich zu anderen möglichen Maßnahmen zu ermitteln. Beispielsweise ob Anschlagpunkte für eine schnellere Reparatur von Vorteil sind und Industriekletterer Schadstellen schneller und sicherer erreichen. Zudem können Kosten für technische Maßnahmen mit den entstehenden Kosten durch zusätzlichen Inspektionsbedarf verglichen werden. Die Modelle sind modular aufgebaut und können jeweils an neue Anforderungen angepasst werden. Bereits während der Planungsphase können die Betriebskosten abhängig von den gewählten Produkten, beispielsweise für die Beschichtung, in Hinblick auf wirtschaftliche und ökologische Gesichtspunkte, betrachtet werden.

Forschungsergebnisse finden sich in Richtlinien und Normen

Die gewonnenen Erkenntnisse sind bereits durch die Gremienarbeit in der „DIN 18088-1:2019-01 1 - Teil 1: Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen und dem Standardpapier „Korrosionsschutz von Offshore-Windenergieanlagen und Windparkkomponenten von VGB PowerTech (VGB) und der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) berücksichtigt. Gleiches gilt für die Ergebnisse zum Umgang mit Beschichtungen, die in die Richtlinie „Korrosionsschutz von Offshore-Windenergieanlagen“ der Gesellschaft für Korrosionsschutz e. V. (GfKORR) eingeflossen sind.

Letzte Aktualisierung: 17.06.2021



Bei EnArgus, dem zentralen Informationssystem zur Energieforschungsförderung, befindet sich unter anderem eine Datenbank mit sämtlichen Energieforschungsprojekten – darunter auch dieses Projekt.