ZUKUNFTSprogramm Wirtschaft
Investition in Ihre Zukunft
Gefördert durch die Europäische Union, Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), den Bund und das Land Schleswig-Holstein

FACHHOCHSCHULE KIEL
Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Forschungs- und Entwicklungszentrum
Fachhochschule Kiel GmbH

# Abschlussbericht

für das Projekt

# Entwicklung und Erprobung von neuartigen Korrosionsschutzoberflächen für den Einsatz auf Offshore-Bauwerken

Bewilligungszeitraum:
01.10.2011 – 31.03.2014

Projektleiter:
Prof. Dr. rer. nat. habil. Mohammed Es-Souni

## Zusammenfassung

Zwei Entwicklungen waren im Fokus des Vorhabens:

1. Korrosionsschutzschichten für kleine Bauteile komplexer Geometrie für den Einsatz im maritimen Bereich
2. Transparente Schichten mit Antibewuchswirkung für optische Sensoren und Überwachungskameras, ebenfalls im maritimen Bereich.

Zu diesem Zweck wurden verschiedene Schichtsysteme auf der Basis von Keramiken und organisch-anorganischen Verbindungen erprobt.

Entwicklung von Korrosionsschutzschichten:
Ein innovativer Ansatz konnte mit den organisch-anorganischen Verbindungen und nanoskaligen Füllmaterialien gefunden werden (Abb. 1). Diese Schichten mit Dicken im Bereich von 300 bis 1000 nm zeichnen sich durch hohe Haftfestigkeit, Kratzfestigkeit und Transparenz aus (Abb. 2, Abb. 3). Weiterhin sind sie superhydrophob und oleophob und daher selbstreinigend (Abb. 4).

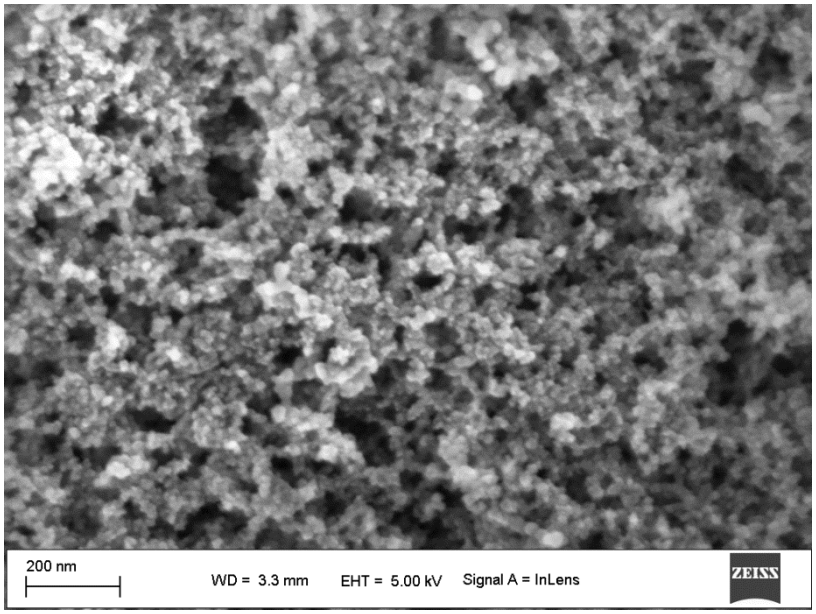


Abb. 1: Schichtmikrostruktur. Aufsicht.

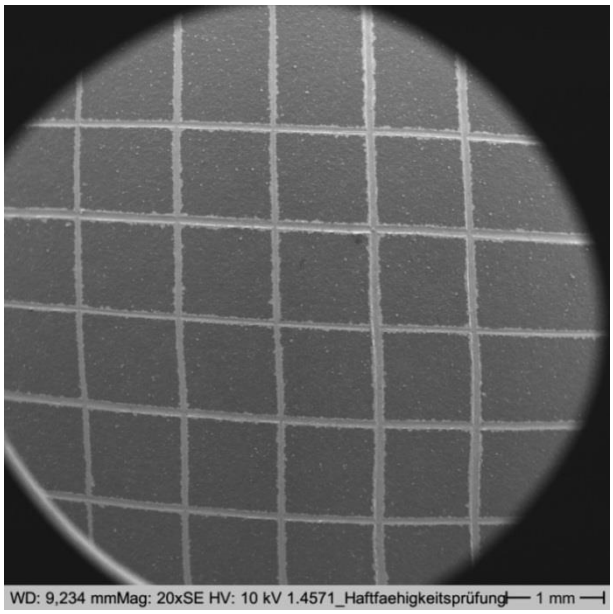


Abb. 2: Haftfestigkeitsprüfung. Gitterschnittverfahren mit der höchsten Güteklasse

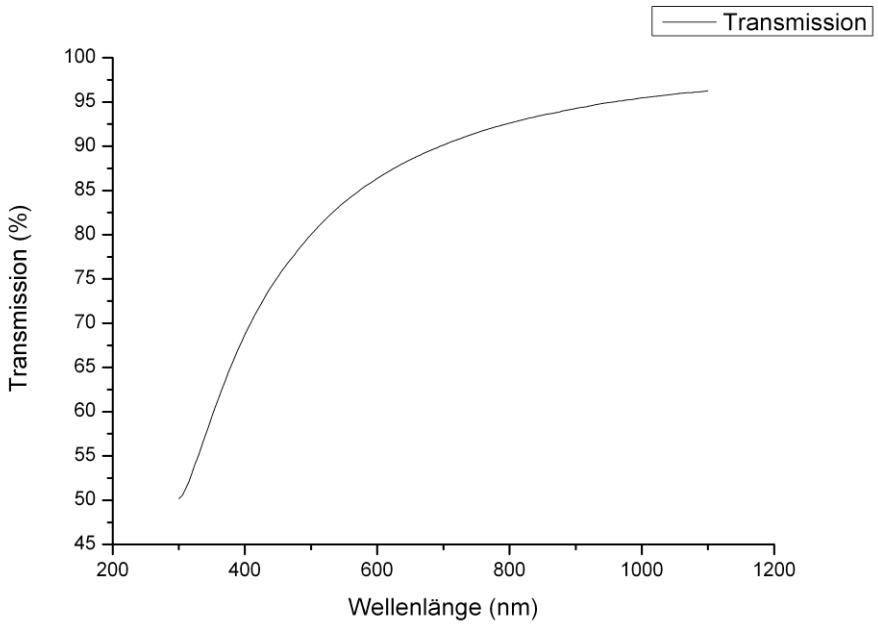


Abb. 3: Transmission einer Schicht auf Glass.

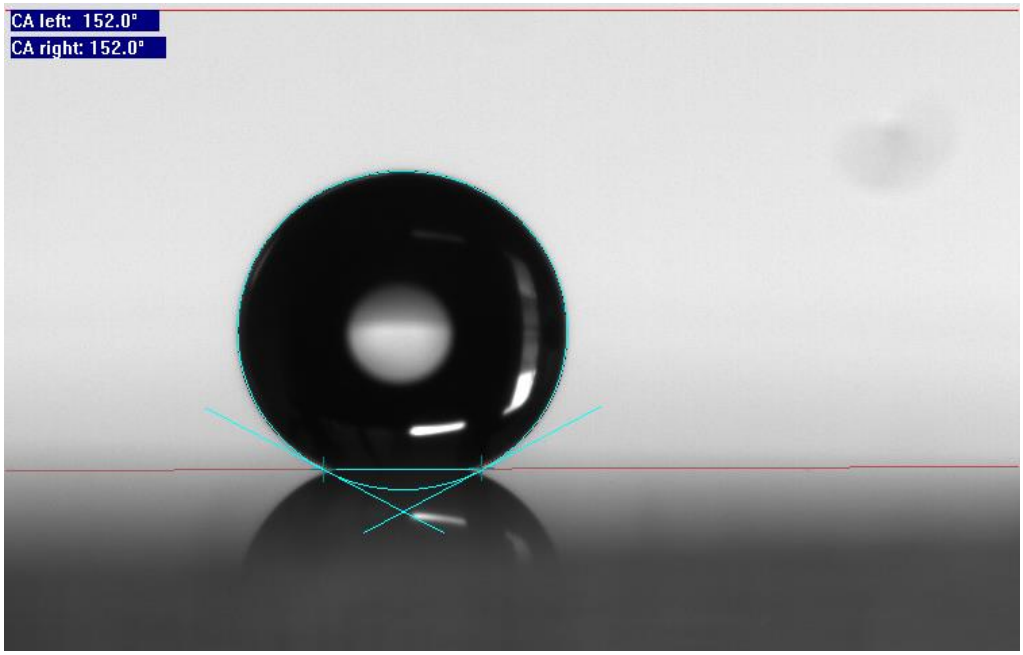


Abb. 4: Wasserkontaktwinkel einer superhydrophoben Schicht.

Die Korrosionsschutzwirkung wurde potentiodynamisch in einer entlüfteten 3%igen Kochsalzlösung geprüft. Abb. 5 zeigt, dass das kritische Lochfraßpotential im Vergleich zu unbeschichteten Stahlsubstraten zu nobleren Werten verschoben wird.

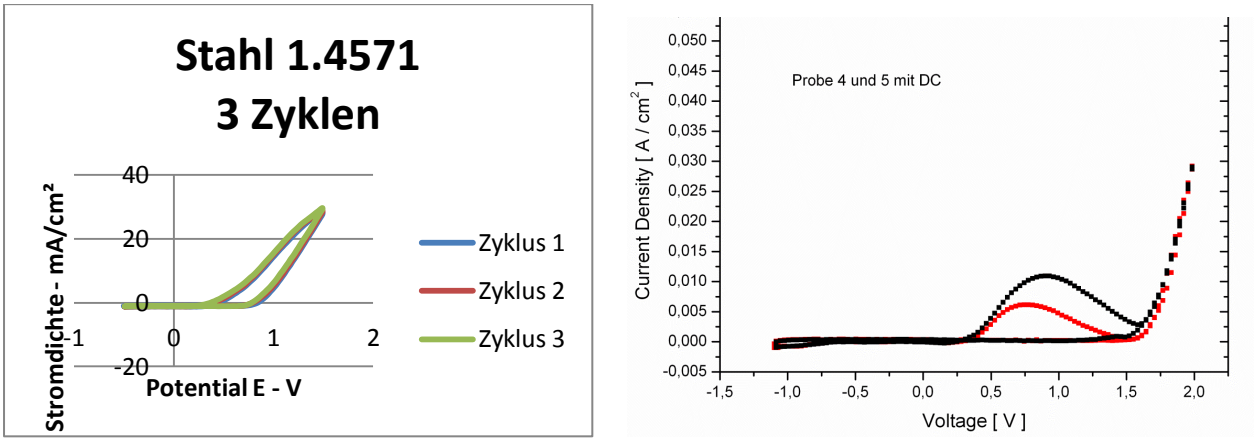


Abb. 5: Potentiodynamische Prüfung der Lochfraßbeständigkeit. Links: unbeschichteter, rostfreier Stahl; Rechts: beschichtet. Das Lochfraßpotential wird um etwa das doppelte verbessert.

<u>Transparente Antibewuchsschichten:</u>

Obige Schichten wurden mit zwei Molekülen mit Biozidwirkung funktionalisiert. Die Schichten wurden vorerst mit einem Kopplungsagent funktionalisiert und nachträglich mit den Biozidmolekülen im Immersionsverfahren versehen. Die Schichten wurden für sechs Monate in einem Aquarium mit Mikroalgen gelagert; die Sichtprüfung erfolgte jede Woche. Die Kontrollproben waren beschichtete, nichtfunktionalisierte Stahlsubstrate. Abb. 6 zeigt Makroaufnahmen der Oberflächen, mit eindeutiger Bewuchshemmung der funktionalisierten Proben.

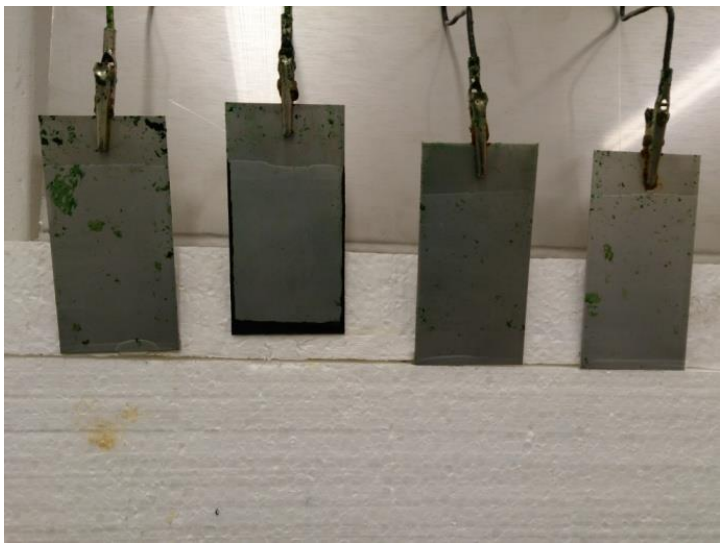

Abb. 6: Beschichtete Proben nach 6 monatiger Lagerung in einem Mikroalgenaquarium. Mittige, funktionalisierte Proben zeigen kaum Bewuchs. Außen links und rechts: nichtfunktionalisierte Proben mit mehr Bewuchs.

Die mikroskopische Betrachtung der Proben zeigt bei den funktionalisierten Beschichtungen lediglich vereinzelt anhaftende Mikroorganismen (Abb. 7).

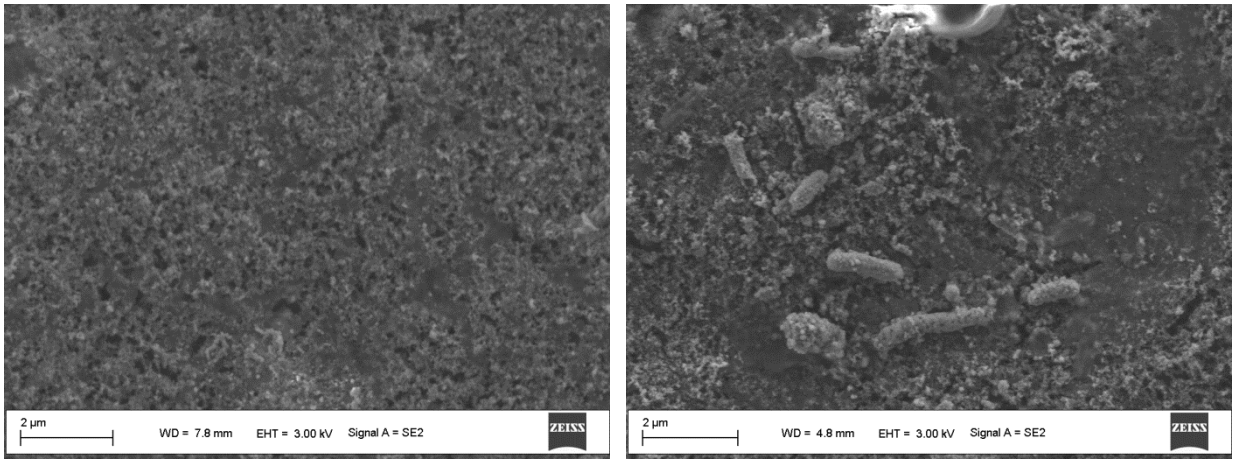


Abb. 7: Funktionalisierte Beschichtung mit keiner Anhaftung in weiten Bereichen (links); rechts zeigt vereinzelt Mikroorganismen (hier wahrscheinlich Bakterien) auf der Oberfläche.

<u>Feldversuche auf der FINO3-Forschungsplattform:</u>

Ein zehnmonatiger Feldversuch auf der FINO3 wurde mit zwei Probenserien von Mai 2012 bis März 2013 durchgeführt. Die Lage der Proben ist Abb. 8 zu entnehmen. Serie 1 war eine keramische Beschichtung auf der Basis von ZrO2, Serie 2 die obige organisch-anorganische Beschichtung.

Abb. 8: Lage der Proben auf FINO3.

Die Auswertung ergab für die keramische Beschichtung keine ausreichende Schutzwirkung, wahrscheinlich aufgrund vorhandener, prozessbedingter Porosität (Abb. 9).

Hingegen zeigen die organisch-anorganischen Beschichtungen einen ausreichenden Schutz gegen Korrosion. Es sind lediglich vereinzelt Korrosionsprodukte beobachtet worden, die an Randstellen auftraten, aufgrund fehlerhafter Auftragung der Schichten (Abb. 10).

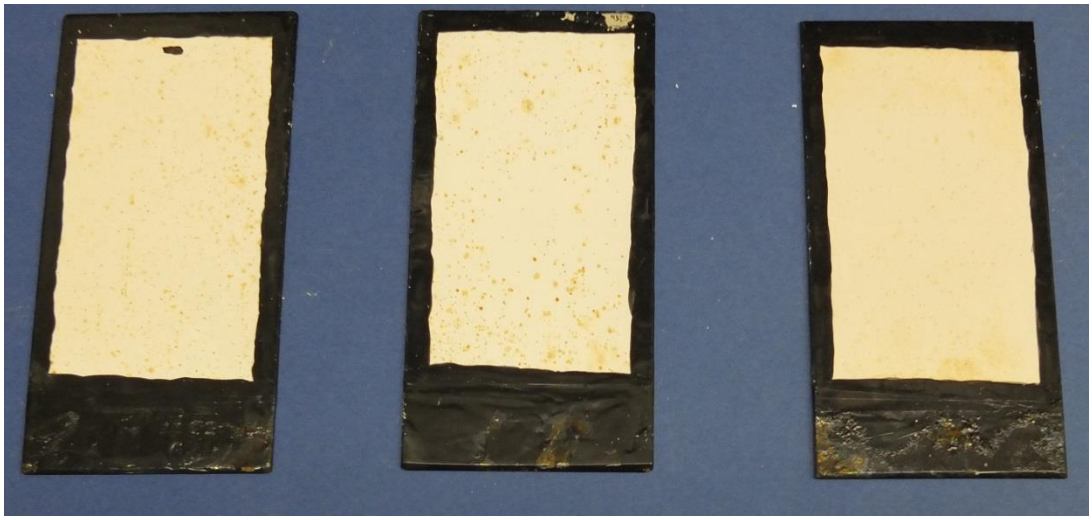

Abb. 9: $ZrO_2$-beschichteter Stahl nach zehnmonatiger Auslagerung auf FINO3. Es sind zahlreiche Korrosionsstellen zu sehen.

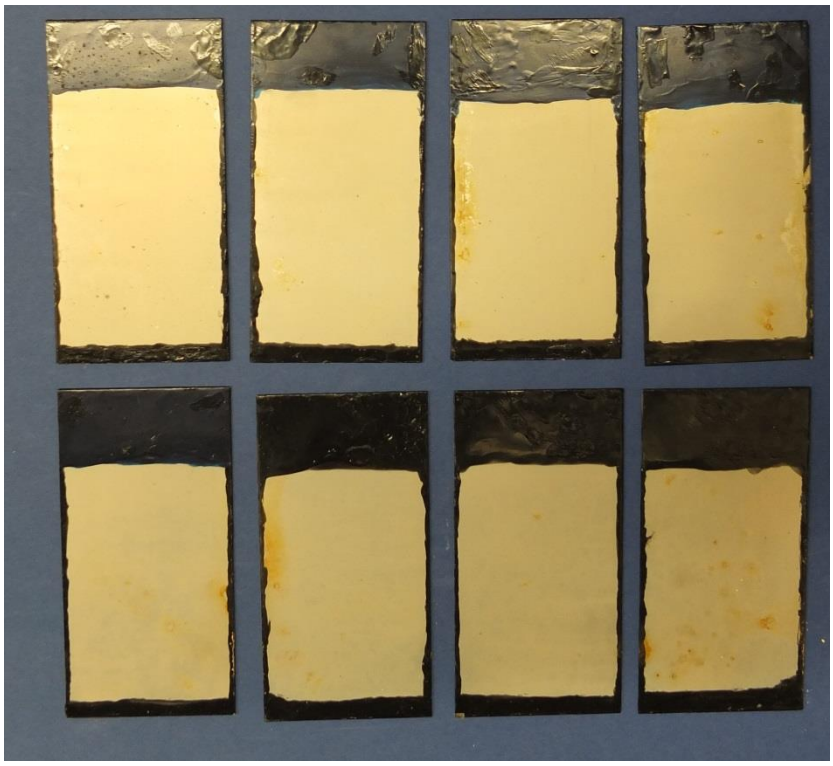

Abb. 10: Organisch-anorganisch-beschichteter Stahl nach zehnmonatiger Auslagerung auf FINO3. An Randbereichen sind Korrosionsstellen zu sehen.

Ausblick:

Ein innovativer Ansatz für die Entwicklung von Korrosionsschutzschichten mit Antibewuchswirkung und hoher Transparenz wurde mit organisch-anorganischen Dünnschichten gefunden. Erste Ergebnisse zeigen eine effiziente Antibewuchswirkung nach 6-monatiger Immersion in einem Mikroalgenaquarium. Es gilt diese Ergebnisse weiter abzusichern und eventuell zusätzliche Moleküle mit Biozidwirkung zu erproben. Die Korrosionsschutzwirkung konnte im Laborversuch gezeigt werden. Auch nach einer 6-monatigen Immersion im Mikroalgenaquarium (mit Salzwasser) konnten keine Korrosionsschäden festgestellt werden. Anders verhält sich der Materialverbund im offenen Feldversuch. Hier können kleinste Schichtdefekte zu nachweislicher Korrosion führen. Es gilt daher in zukünftigen Arbeiten die Prozessführung bei der Beschichtung zu optimieren.