

Weniger Kupfer – mehr Schutz



Quelle: tiero – stock.adobe.com

BIOFOULING // STRUKTURMODIFIZIERTE KIESELSÄURE REDUZIERT KUPFEROXID IN EINER SCHIFFSRUMPFBESCHICHTUNG, OHNE DEREN ANTI-FOULING-EIGENSCHAFTEN GEGEN BEWUCHS ZU SCHWÄCHELN.

Marco Heuer und Julia Foth, Evonik Operations

Biofouling ist ein Problem für Schiffseigner und wird in der Regel mit Bioziden wie Kupferoxid in der Schutzbeschichtung bekämpft. Die Reduzierung von Bioziden ist aus ökologischer und gesetzlicher Sicht sowie im Hinblick auf die Erhaltung wertvoller Ressourcen wünschenswert. Ein strukturmodifiziertes Siliziumdioxid bietet einen neuen Weg zur Formulierung nachhaltigerer Bewuchsschutzbeschichtungen für Schiffe, ohne dass die Leistung darunter leidet.

Global betrachtet ist der maritime Transportweg die erste Wahl jeglicher Fracht zwischen den Kontinenten; ca. 90% aller weltweit transportierten Güter werden von mehr als 50.000 Schiffen pro Jahr transportiert [6]. Die kommerzielle Rentabilität weltweiter Handelsflotten ist stark abhängig vom Rumpf des Transportschiffs. Biofouling – verursacht durch pflanzliches und tierisches Wachstum am äußeren Schiffsrumpf unterhalb der Wasserlinie – ist ein ernst zu nehmender Grund, der dem einwandfreien Betrieb eines Schiffs im Wege steht. Neben dem ästhetischen und schädlichen Einfluss an der Rumpfbeschichtung führt es zu einem zunehmenden Widerstand und einem damit einhergehenden höheren Energiebedarf zur Bewegung der Frachtschiffe. Als Konsequenz dieses Phänomens folgt ein höherer CO₂-Ausstoß. Schon ein dünner Biofilm erhöht die CO₂-Emission um über 270 Mio. Tonnen pro Jahr (basierend auf der gesamten globalen Schiffsflotte).

Eine der bislang effektivsten Methoden zum Schutz der Rümpfe sind Beschichtungen, die Biozide enthalten. Dabei ist das zugelassene Kupferoxid (Cu₂O) als Biozid auf dem Markt für maritime Anwendungen am weitesten verbreitet. Die giftige Substanz tritt aus der Matrix der Beschichtung aus und bildet dadurch eine Art Wolke um das Schiff, die maritime Mikroorganismen tötet, bevor diese sich auf dem äußeren Rumpf ansiedeln können.

Teure Verluste

Circa 16.000t Kupferoxid gelangen pro Jahr in die Meere – unter der Annahme, dass pro Schiff schätzungsweise 4t an Beschichtungsmaterial mit einem Kupferoxid-Anteil von etwa 40% notwendig sind. Weitere Grundlagen der Berechnung sind die übliche Lebensspanne pro Rumpfbeschichtung von rund fünf Jahren und eine Flotte von circa 50.000 Schiffen. Dies führt zu enormen Schäden des maritimen Lebens sowie zum Absinken unschätzbaren Ressourcen auf den Ozeanboden ohne jegliche Chance auf Wiederverwertung. Daraus folgt, dass etwa 0,07% des produzierten, abgebauten Kupfers pro Jahr in den Weltmeeren versenkt wird [7].

Experten der University of Sydney warnen, dass das Maximum der weltweiten Kupferproduktion im Jahr 2040 erreicht sein wird. Im Jahr 2020 ließ sich bereits eine stark steigende Nachfrage nach Kupfer, speziell aus China, feststellen [5]. Immer mehr Händler und Analysten glauben, dass der schrumpfende Nachschub einen weiteren Preisanstieg auslösen wird. Insbesondere die vermehrte Verwendung elektrischer Fahrzeuge, erneuerbarer Energie und der Wechsel von primärer fossiler zu elektrischer Energie führt zu einer höheren Nachfrage nach Kupfer und entsprechenden Kupferlegierungen. Der Kupferpreis hat im September 2020 mit einem Preis von 6800USD pro Tonne bereits ein Zweijahreshoch erreicht [4].

Die gestiegene Nachfrage nach Kupfer hat zu erhöhten Abbauaktivitäten mit vermindertem Kupfergehalt im Gestein geführt. In einer der größten Kupferminen der Welt – Chuquicamata, Chile – ist der durchschnittliche Gehalt von 1,53% im Jahr 1915 auf 0,85% im Jahr 2015 gefallen [8].

Aus dem Verlust von 16.000 Tonnen Kupferoxid pro Jahr in den Weltmeeren und Seen dieser Welt ergeben sich zusätzlich etwa 2 Mio. t Boden und Gestein, die aus Tiefen von bis zu 1800m zutage gefördert, zerkleinert, veredelt und transportiert werden müssen.

Reduzierende Vorschriften

Abgesehen vom Verlust und zusätzlicher Förderung wird der umweltschädliche Einfluss des Biozids Kupferoxid weltweit mehr und mehr kritisch betrachtet. Insbesondere die hohe Beladungen mit Kupferoxid sind ein Grund für ernsthafte Bedenken: 50Gew.-% oder mehr sind für eine maximale Effizienz in maritimer Umgebung notwendig.

Darüber hinaus werden regional neue Vorschriften geschaffen, und die Zukunft wird sogar noch mehr Einschränkungen für den Einsatz von Bioziden und Co-Bioziden in der Meeresumgebung bringen. Der koreanischen Biozid-Regulierung (K-BPR) zufolge müssen in Korea beispielweise ab Januar 2020 Biozidprodukte und mit Wirkstoffen behandelte Gegenstände vollständig zugelassen sein, bevor diese importiert und auf dem Markt verfügbar gemacht werden. Die Frist für solche Antifouling-Produkte ist der 30.06.2026 [11].

Schweden reguliert bereits die Verwendung von Bioziden in Beschichtungen von Freizeitbooten. Manche Teile der Ostsee erlauben lediglich den Gebrauch von Produkten mit deutlich reduzierter Kupferoxid-Menge.

Eine Lösung zur Reduktion des Gesamtbedarfs an Kupferoxid in einer Antifouling-Beschichtung ist das Einarbeiten strukturmodifizierter, synthetischer Kieselsäuren, ohne die Antifouling-Eigenschaften in Schiffsrumpfbeschichtungen abzuschwächen.

Beschichtungssystem

Eine typische Schiffsrumpfbeschichtung basiert auf einem dreischichtigen Filmsystem (Abb. 1).

Der zinkreiche Primer (50–90µm) sorgt hauptsächlich für eine exzellente Adhäsion auf der Sandstrahl-behandelten Stahloberfläche. Die Zinkmetallflocken oder das -pulver in dieser ersten Lackschicht dienen über einen Opferanoden-Mechanismus dem Korrosionsschutz für den Fall, dass alle drei Schichten über dem Stahl beschädigt werden und ein direkter Kontakt zum Meerwasser besteht; dies passiert bei tiefen Beschädigungen wie Kontakt mit Steinen. Üblicherweise sind zinkreiche Primer eingebettet in aromatische Epoxide, Epoxid-Novolake, anorganische Silikate oder andere Harzsysteme als Bindemittel. Weit verbreitet sind Ethylsilikat-basierte Zink-Primer für Schiffsrümpfe unterhalb der Wasserlinie, da diese Vorteile für eine komfortable Anwendung auf großen Flächen bieten.

Der Epoxid-Primer, auch Tiecoat-Primer genannt, bildet die Zwischenschicht und dient der Adhäsion zwischen dem Zink-Primer und der Deckschicht. Aufgrund des hohen Filmaufbaus von 150–250µm wird häufig eine Nass-in-nass-Zweikomponenten-Epoxidbeschichtung be-

Ergebnisse auf einen Blick

- Die neue strukturmodifizierte Kieselsäure bietet eine längere Haltbarkeit von Antifouling-Beschichtungen für Schiffe.
- Die Menge an Kupferoxid als Biozid lässt sich ohne Leistungsverluste über die Zeit reduzieren.
- Schiffseigentümer müssen Schiffsrümpfe seltener warten.

Typische Aufbauten für maritime und Korrosionsschutz- und allgemeine Industriebeschichtungen

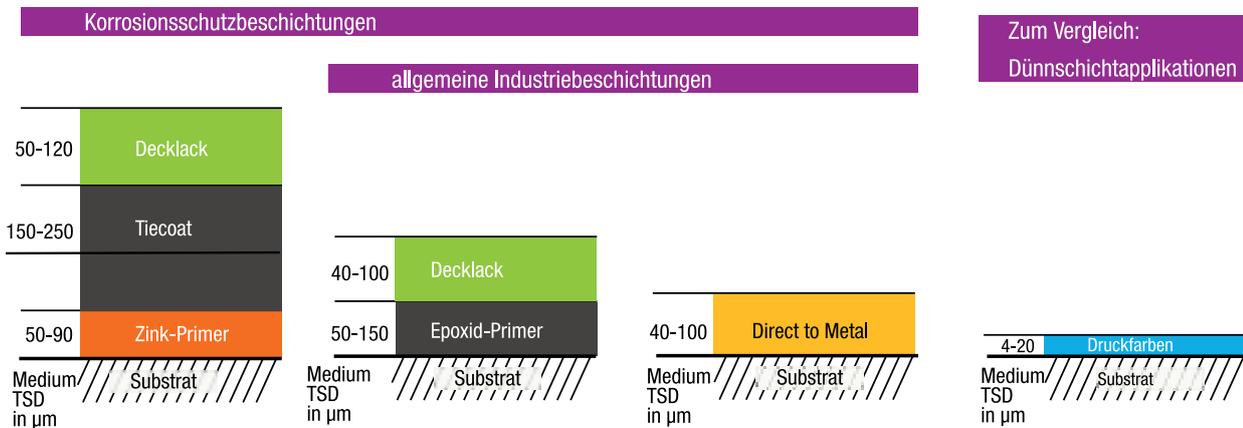


Abb. 1 // Typisches Dreischichtsystem für maritime Beschichtungen unterhalb der Wasserlinie.

nötigt, bei der im Endeffekt zwei Schichten eines Epoxid-Primers auf dem zinkreichen Primer ohne explizite Zwischentrocknung aufgetragen werden. Neben der Erreichung eines hohen Filmaufbaus werden zwei Schichten benötigt, um potenziell durchgängige Löcher in der getrockneten und behandelten Epoxid-Primer-Schicht zu minimieren. So muss eindringendes Wasser einen längeren Weg durch die Schichten gehen (Labyrinth-Effekt). Durch Verwendung dieser Technik wird eine physikalische Barriere aufgebaut, die die Langlebigkeit des gesamten Drei-Schicht-Beschichtungssystems der lackierten Schiffsrümpfe erhöht.

Die Deckschicht (Topcoat) dieses dreischichtigen Beschichtungssystems enthält üblicherweise die Biozide wie Kupferoxid und einige Co-Biozide, darunter Zinkoxid oder Zinkphyrithion. Diese töten aquatische Organismen, die für pflanzliches und tierisches Wachstum verantwortlich sind, und hindern diese daran, auf der Schiffsrumpf-Oberfläche zu wachsen.

Teilweise steht der Antifouling-Effekt im starken Zusammenhang mit Abriebeffekten an der Oberfläche der Deckschicht des Schiffsrumpfs, ausgelöst durch die Bewegung des Schiffs. Die verwendete Harzmatrix für die Deckschicht basiert üblicherweise auf Kolophonium- oder Silylacrylatharz. Aufgrund des Aufbaus mit einer Trockenschichtdicke von 50–120 µm im ausgehärteten Zustand und der großen Menge an-

organischer Pigmente, Biozide und Füllstoffe, ist lediglich eine Auftragung nötig, um eine ordentliche Oberfläche zu erzielen.

Die Deckschichttypen von Unterwasserschiffsrümpfen lassen sich in drei unterschiedliche Beschichtungsuntergruppen klassifizieren (Abb. 2):

- HAFC (Hard-antifouling coating): Die aktiven Wirkstoffe (darunter Kupferoxid, Zinkoxid oder Zinkphyrithion) werden aus der Biozid-enthaltenden Beschichtung über die Zeit ausgewaschen, wobei die umgebende stabile Polymermatrix unverändert bleibt und damit kein Abbau des Harznetzwerks erwartet wird.
- CDP (controlled depletion polymer): Die polymere Matrix wird einschließlich des verwendeten Biozids hydrolysiert und setzt vordefinierte Mengen sowohl des Polymers als auch des Biozids nach und nach frei.
- SPC (self-polishing coating): Die polymere Matrix und das kovalent oder koordinativ gebundene Biozid werden zusammen aufgrund von Hydrolyseprozessen schrittweise freigesetzt.

Zusammengenommen garantieren die drei Beschichtungslagen ein langlebiges Schutzsystem für die Stahloberfläche, indem sie verschiedene Mechanismen nutzen, um Korrosion und Biofouling in der alltäglichen Anwendung zu vermeiden:

- aktive Korrosionspigmente in der zinkreichen Primer-Schicht, die anschließende doppellagigen Tiecoats minimieren Löcher in der Beschichtung,
- Epoxid-basierte Tiecoats weisen exzellente chemische Beständigkeiten und sehr gute mechanische Widerstandskräfte gegenüber Stößen, aber auch gegenüber Zähigkeits- und Ermüdungserscheinungen auf.

Die mit Bioziden und Co-Bioziden angereicherte Decklackschicht auf Basis von Kolophonium- oder Silylacrylatharzsystemen verfügt über einen Politureffekt und ist für die Reduktion des Wachstums maritimer Organismen zuständig.

Zertifikat zum Schiffsbetrieb

Typischerweise muss die Zulassung eines Schiffs alle fünf Jahre erneuert werden. Dieses geschieht durch international anerkannte Zertifizierungsbetriebe wie Bureau Veritas, Det Norske Veritas Ger-

Mehr zum Thema!



69 Ergebnisse für Antifouling!
Jetzt testen: www.farbeundlack.de/360

manischer Lloyd (DNV GL) und Lloyd's Register [10].

Um eine Zulassung zu erhalten, muss eine technische Überprüfung im Trockendock durchgeführt werden. Dabei wird meistens die Deckschicht mitsamt ihrer Antifouling-Eigenschaften abgeschliffen und neu aufgetragen. Teilweise werden die anderen beiden Lagen der Beschichtung des Schiffsrumpfs ebenfalls erneuert. Abhängig von der Größe des Schiffs, der verwendeten Ausrüstung und der beschichteten Fläche kann diese Prozedur drei bis vier Wochen oder gar bis zu zwei Monate dauern. Dies ist wohl die zeit- und kostenintensivste Wartungsperiode für den jeweiligen Schiffsbesitzer. Demnach bringt eine höhere Lebenszeit der Deckschicht mitsamt ihrer Antifouling-Eigenschaften einen Renditeanstieg für den Flotteneigentümer mit sich.

Die nötigen und wichtigen Beschichtungseigenschaften wie Härte, Viskosität und Lagerstabilität einer Deckschicht mit modifizierter Kieselsäure wurden im Labor unter realistischen Konditionen getestet. Die Tests garantieren die Anwendbarkeit als Deckschicht von Schiffsrümpfen.

Rheologie

Es ließ sich nachweisen, dass die Zugabe von 4–6Gew.-% der neuen strukturmodifizierten Kieselsäure die Härte des Decklacks erhöht und die mechanischen Eigenschaften der Oberfläche signifikant verbessert. Der Einfluss dieses speziellen Kieselsäure-Typs auf die Rheologie ist relativ gering im Vergleich zum Standard der pyrogenen Kieselsäure (SFS). Im Gegenteil, es wird bezüglich der Lagerstabilität und des Absetzverhaltens üblich eingesetzter Pigmente und Füllstoffe eine Verbesserung erzielt.

Eine SFS hat einen großen Einfluss auf das rheologische Profil der flüssigen Beschichtungsformulierung. Die Nutzung von SFS verbessert üblicherweise den Scherverdünnungseffekt respektive den Thixotropie-Effekt von Beschichtungen. Durch Verwendung derartiger Produkte bildet sich eine dreidimensionale Struktur innerhalb der flüssigen Beschichtung (Kartenhausstruktur). Die Wasserstoffbrücken der SFS können über Scherkräfte kurzzeitig und reversibel getrennt werden. Als Nebeneffekt ist die Viskosität ungerührter Systeme sehr hoch und behindert sehr häufig die Ausbildung einer schönen und glatten Oberfläche. Dieser Verdickungseffekt ist für die Lagerung von Beschichtungen sehr willkommen, da dadurch die Inhaltsstoffe der Beschichtungsformulierung „eingefroren“ vorliegen. Dies verhindert beispielsweise das Absetzen von Partikeln mit hoher Dichte und damit eine Phasentrennung der gesamten Beschichtung.

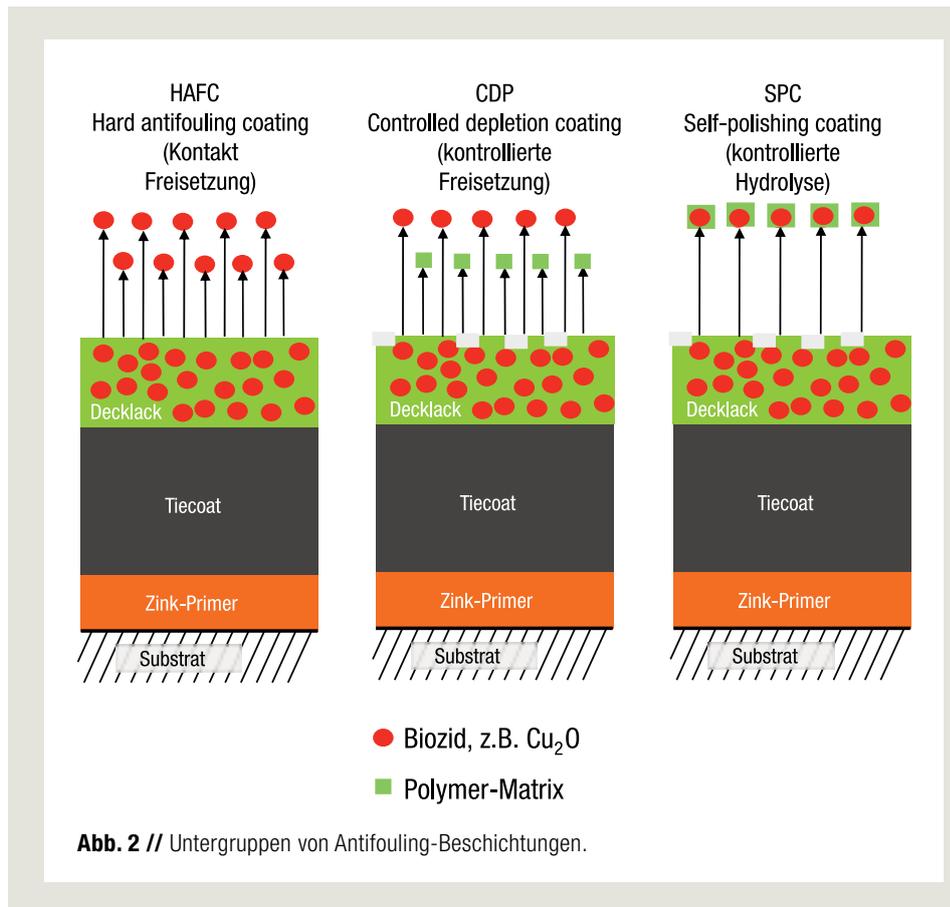


Abb. 2 // Untergruppen von Antifouling-Beschichtungen.

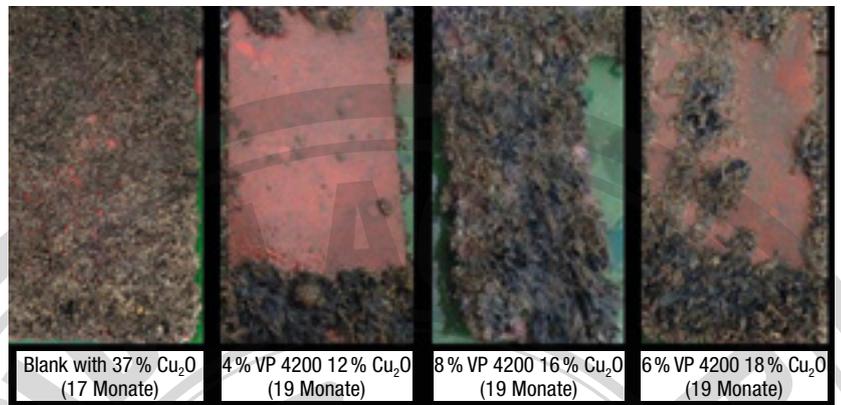


Abb. 3 // Exposition in Meerwasser in Singapur nach 17 bis 19 Monaten.

Eine derartige Trennung ist fatal für Antifouling-Beschichtungen von Schiffsrümpfen. Bei einer schlechten Verteilung der unterschiedlichen Inhaltsstoffe – im Besonderen der aktiven Substanzen wie Biozide (Kupferoxid), Co-Biozide (Zinkoxid oder Zinkphyritthione) und Füllstoffe (Bariumsulfat, Talkum usw.) – tritt die Antifouling-Eigenschaft der behandelten Beschichtung zufällig verteilt auf. Dies kann zum Befall mit aquatischen Organismen mancher Bereiche der Oberfläche führen, auf denen diese sich rasch vermehren können. Die Konsequenz aus diesem Szenario wäre das Abbremsen des entsprechenden Schiffs und ein erhöhter Treibstoffverbrauch.

Die neu entwickelte strukturmodifizierte Kieselsäure beeinflusst die Viskosität gering. Aufgrund der Partikelmodifikation tritt ein Aufbaueffekt einer dreidimensionalen Struktur in flüssigen Beschichtungen kaum auf. Zur Vermeidung einer Phasentrennung wird die zusätzliche Zugabe von SFS empfohlen, um ein hohes Leistungs-niveau und erhöhte Haltbarkeit der flüssigen Beschichtung zu erzielen.

Da bis zu 40% des Gewichts an Kupferoxid mit nur lediglich 4–6% des Gesamtgewichts durch die strukturmodifizierte Kieselsäure in der Formulierung ersetzt werden, stellt sich die Frage nach einer Kompensation. Fehlen-

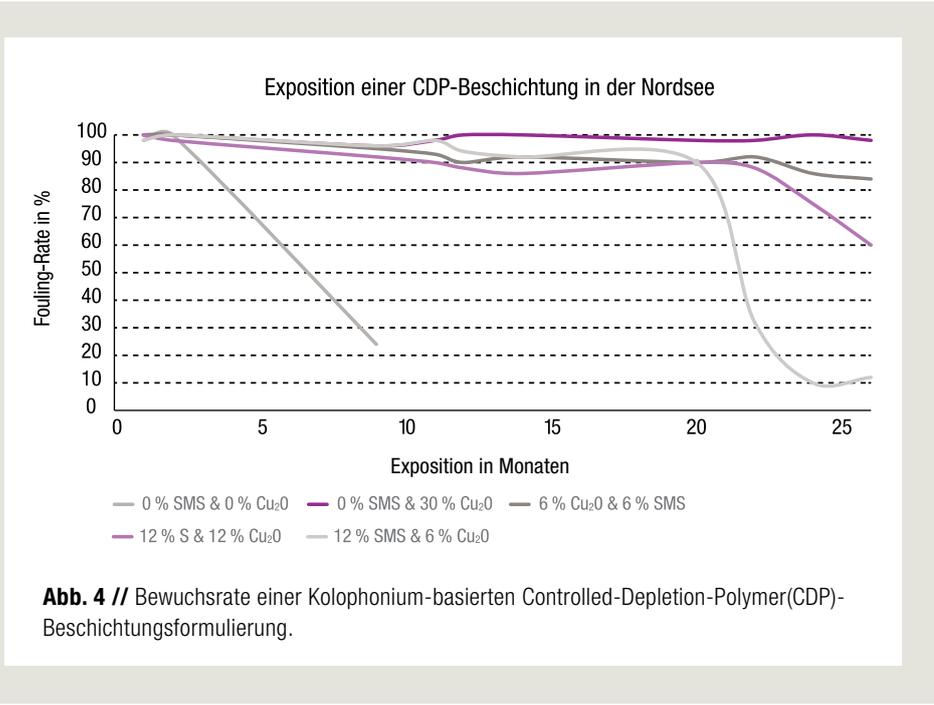


Abb. 4 // Bewuchsrate einer Kolophonium-basierten Controlled-Depletion-Polymer(CDP)-Beschichtungsformulierung.

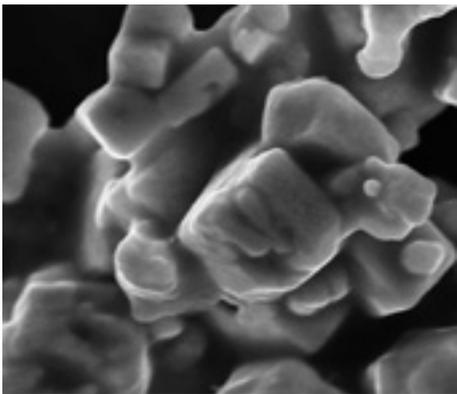


Abb. 5 // Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Cu₂O ohne modifizierte Kieselsäure.

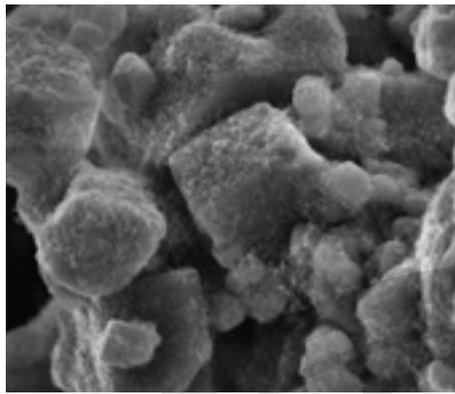


Abb. 6 // Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme Cu₂O mit modifizierter Kieselsäure.

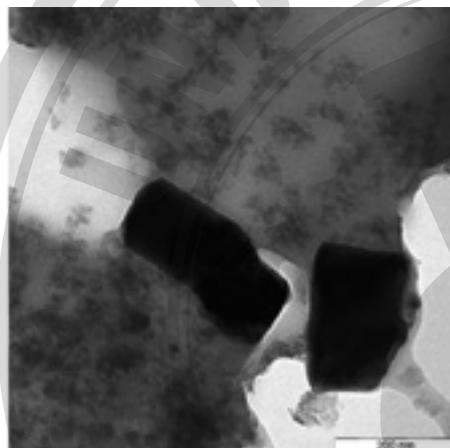


Abb. 7 // TEM-Bild einer Beschichtung mit strukturmodifizierter Kieselsäure.

des Kupferoxid lässt sich durch Lösemittel, zusätzliche Mengen üblicher Füllstoffe und eine dezente Erhöhung des Bindemittelgehalts ausgleichen.

Wirksamkeit

Zum Nachweis der Wirksamkeit der strukturmodifizierten Kieselsäure wurde diese in kaltem und warmem Meerwasser ausgelagert. Dazu wurde das Produkt in verschiedenen Typen von Antifouling-Beschichtungen für Schiffsrümpfe getestet. Die gleiche Antifouling-Performance ließ sich erzielen bei der Verwendung von lediglich einem Drittel Biozid. *Abb. 3* zeigt ein Beispiel nach 17-monatiger Auslagerung in der Meeresregion von Singapur. Geprüft wurde eine Silylacrylat-Formulierung mit Kupferoxid als Hauptbiozid und Kupferphyrythione als Co-Biozid. Die Referenzformulierung mit einem Gewichtsanteil von 37 % Kupferoxid weist eine schlechte Leistung auf und ist stark verschmutzt (*Abb. 3*, links). Die Formulierung mit einem Gewichtsanteil von nur 12 % Kupferoxid, aber 4 Gew.-% der neuen strukturmodifizierten Kieselsäure (SMS) zeigt eine sehr gute Leistung. Die Referenz ist stark verschmutzt mit Makrobewuchs.

Abb. 4 zeigt die Exposition lackierter Testplatten, die den Schiffsrumpf simulieren, in der gegenüber der Meeresregion von Singapur deutlich kälteren Nordsee über mehrere Monate. Die Bewuchsrate wurde über die Standardtestmethode ASTM D 6690-03 berechnet. Eine geringe Einstufung steht für einen starken Bewuchs auf der Oberfläche der Beschichtung des Schiffsrumpfs.

Das richtige Verhältnis

Die getesteten Formulierungen zeigen, wie schwierig es ist, das richtige Verhältnis zwischen der neuen strukturmodifizierten Kieselsäure und Kupferoxid zu finden, um den Anforderungen der Industrie für Schiffsbeschichtungen gerecht zu werden.

Generell werden Antifouling-Beschichtungen von Schiffsrümpfen nach ihren Trockenvolumenparametern mit einem Verhältnis von 3:1:1 an

Kupferoxid zu Zinkoxid zu Co-Biozid als Startpunkt formuliert. Für Formulierungen mit der neuen strukturmodifizierten Kieselsäure erwies sich ein Verhältnis von etwa 1:1:1:1 als vorteilhaft.

Rasterelektronenmikroskop-Bilder (*Abb. 5 und 6*) zeigen, dass sich die neue strukturmodifizierte Kieselsäure auf der Oberfläche der Kupferoxidpartikel anlagert. Es bildet sich ein schmaler Schutzfilm, der die freigesetzte Menge an Cu₂O reduziert.

Ein Transmissionselektronenmikroskop(TEM)-Bild einer Schiffsrumpfbeschichtung mit 5 %

der strukturmodifizierten Kieselsäure und 10% Kupferoxid zeigt, dass die neue Kieselsäure stark an die Kupferoxid-Oberfläche gebunden ist (Abb. 7), obwohl eine Bindung an anderen Flächen wie die von Pigmenten oder Füllstoffen möglich wäre.

Hypothese zum Wirkmechanismus

In den untersuchten harzbasierten Formulierungen wird ein Wirkmechanismus wie in Abb. 8 angenommen. Ohne die neue strukturmodifizierte Kieselsäure treten große Mengen Kupferoxid innerhalb kurzer Zeit aus dem Film aus und die Beschichtungsmatrix auf dem Schiffsrumpf wird aufgebraucht, bleibt aber größtenteils erhalten.

Durch Zugabe der neuen strukturmodifizierten Kieselsäure bildet sich ein Schutzfilm um die Kupferoxid-Partikel, ähnlich einer Hülle oder Haut. Das Biozid tritt langsamer und dennoch permanent aus der Matrix durch die Schutzhülle der Kieselsäure. Die Matrix wird jedoch nicht nur aufgebraucht, sondern auch abgetragen.

Der Einfluss auf die Haltbarkeit ist dadurch enorm. Eine Steigerung der zeitlichen Effizienz um den Faktor 5 oder mehr kann erzielt werden. Die Schichtdicke des Decklacks nimmt bei diesem anhaltenden Prozess durch den Kontakt zum Meerwasser beständig ab.

Zusammengefasst

Die strukturmodifizierte Kieselsäure bietet neue Möglichkeiten für das Formulieren nachhaltiger maritimer Antifouling-Beschichtungen. Die Mengen an Biozid und Co-Biozid sind reduziert, ohne Kompromisse bei den geforderten Eigenschaften für Schiffsrümpfe eingehen zu müssen.

Die Zeit zwischen den Service- und Wartungsprozeduren können für die Schiffseigentümer von aktuell fünf Jahren auf sechs oder sieben Jahre ausgedehnt werden, ohne Kompromisse bei der Leistung eingehen zu müssen.

Literatur

[1] Brooks, N.; M Waldoock, M.: The use of copper as a biocide in marine antifouling paints, in *Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies*, Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering 2009, 492–521
 [2] Katranitsas, A.; Castritsi-Catharios, J.; Persoone, G.: The effects of a copper-based antifouling paint on mortality and enzymatic activity of a non-target marine organism. *Mar. Pollut. Bull.* 2003, 46 (11), 1491-1494.
 [3] hintergrund // juni 2018 Sind kupferhaltige Antifouling-Anstriche ein Problem für unsere Gewässer? Umweltbundesamt
 [4] www.pressebox.de/pressemitteilung/goldinvest-consulting-gmbh/Kupfer-wird-knapp-Steigt-der-Preis-weiter/boxid/1021632 (Hamburg, 04.09.20), abgerufen am 09.03.2021

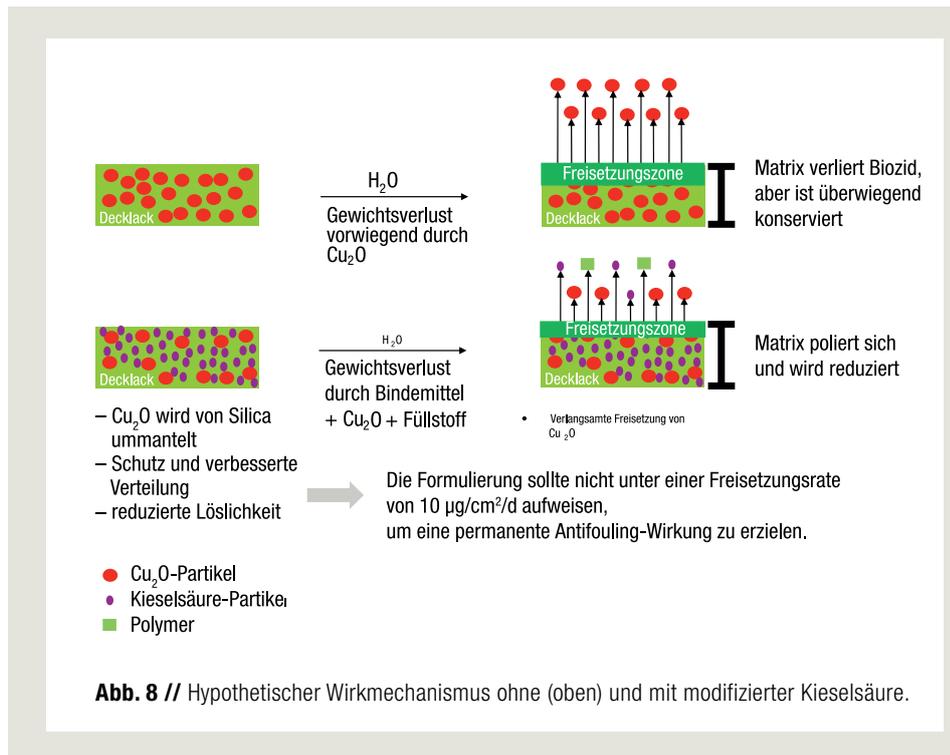


Abb. 8 // Hypothetischer Wirkmechanismus ohne (oben) und mit modifizierter Kieselsäure.

[5] www.spektrum.de/magazin/wann-wird-kupferknapp/1322085, abgerufen am 09.03.2021
 [6] Elements, october 2017 #60
 [7] www.technik-einkauf.de/rohstoffe/die-10-groessten-kupferproduzenten-der-welt-255.html, abgerufen 11.11.2021
 [8] www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/umsress_fallstudie_kupfer_chile.pdf, abgerufen 16.11.2021

[9] Online seminar: "This time for Africa", Evonik Industries AG, Session 4, 07.05.2020
 [10] www.hb-fh-muenster.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/949/file/Masterarbeit_Michael_Laser.pdf, abgerufen am 16.11.2021
 [11] www.scc-gmbh.de/korea-biocides-kbpr-compliance, abgerufen am 23.12.2021

Kontakt // marco.heuer@evonik.com

JULIA FOTH

studierte Chemieingenieurwesen Fachrichtung Lack an der Hochschule Niederrhein in Krefeld. Sie begann 2010 bei der Evonik in verschiedenen Positionen innerhalb der Anwendungstechnik und Forschung und Entwicklung zu arbeiten, hauptsächlich im Bereich des schweren und leichten Korrosionsschutz inkl. Anti-Fouling. Zur Zeit arbeitet sie bei Evonik Operations, Business Line Coating Additives im Bereich von Product Management & Operations als Product Launch Coach.



MARCO HEUER

studierte Chemie und Technologie der Beschichtungsstoffe an der Universität Paderborn. Nach diversen Positionen als Labor- und anwendungstechnischer Leiter sowie Key Account Manager bei mittelständischen Lackfabriken begann er 2006 bei einer Vorläuferfirma von Evonik Industries als Application Development Manager und Area Sales Manager. Sein jetziges Tätigkeitsgebiet umfasst die Leitung der EMEA Anwendungstechnik von Evonik Operations, Business Line Coating Additives, für schweren und leichten Korrosionsschutz inkl. Anti-Fouling sowie ACE, OEM und Refinish-Lacke.

