

FARBE **UND** LACK

06.2023 // 129. Jahrgang // www.farbeundlack.de

Quelle: Cary Peterson - stock.adobe.com



Flakes versus Staub

PETER WISSLING, JANNICK VOGEL,
PATRICK MELEROWICZ, MARTINA HAUENSTEIN,
ANNA-LENA SCHARRER, ECKART

Flakes versus Staub



Quelle: sorapop - stock.adobe.com

KORROSIONSSCHUTZ // FORMULIERUNGEN MIT ZINKFLAKES STELLEN
EINE NACHHALTIGE ALTERNATIVE ZUM ZINKSTAUB MIT GEICHZEITIG
GALVANISCHEM SCHUTZ DAR.

Peter Wißling, Jannick Vogel, Patrick Melerowicz, Martina Hauenstein, Anna-Lena Scharrer, Eckart

In Korrosionsschutzlacken haben sich seit Jahrzehnten Zinkstaubgrundierungen etabliert, sog. „zinc rich primer“. In diesen Systemen werden mit 80 Gew.-% Zinkstaub – teilweise auch über 85 % – hoch gefüllte Epoxidsysteme als Grundbeschichtung (Primer) auf Stahlsubstraten eingesetzt und in der Regel anschließend überlackiert.

Der Grund für den hohen Füllgrad ist, dass die sphärischen Zinkstaubpartikel in direktem Kontakt miteinander stehen müssen, so dass ein Stromfluss als Grundlage für den galvanischen Korrosionsschutz ermöglicht wird (Abb. 1).

Zinkpigmente sind darüber hinaus plättchenförmig verfügbar: als Zinkflakes oder Zinklamellen (Abb. 2). Zinkflakes richten sich im Epoxid-Primer mehr oder weniger parallel zum Stahlsubstrat aus, sodass sich niedrigere Schichtdicken erzielen lassen, als dies mit Zinkstaub realisierbar ist.

Schwerer Schutz

Der schwere Korrosionsschutz für z. B. Brücken oder Bohrplattformen, die im aggressiven Seeklima vor Küsten errichtet werden, wird in der ISO 12944 geregelt. Diese beschreibt einen Dreischichtaufbau bestehend aus Zinkstaub-haltigem Epoxid-Primer, auf den eine Zwischenschicht und ein Decklack appliziert werden.

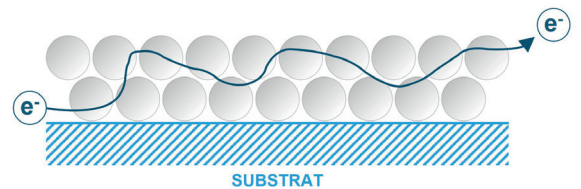
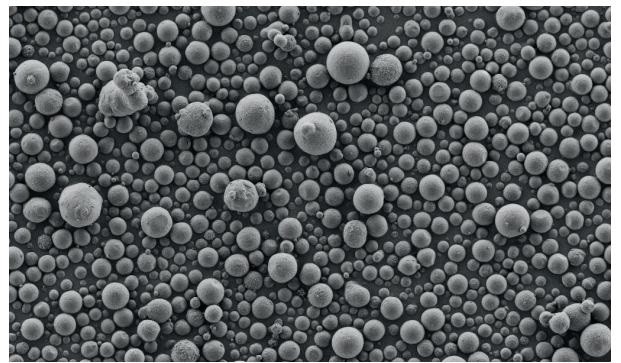
Eine überarbeitete und modernisierte Revision der ISO 12944, die Mitte 2018 in Kraft trat, führte systematische Änderungen in den Korrosivitätskategorien, der Ritzanbringung usw. ein. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit eröffnet, Korrosionsschutzbeschichtungen anzubieten, die neben den bewährten „zinc rich primern“ auch andere Formulierungen verwenden (z. B. solche mit Zinkflakes), so lange diese die im Teil 6 [1] beschriebenen Prüfkriterien erfüllen.

Neue Beschichtungssysteme [2] – z. B. Zinkflake-basierte Grundierungen, auch wenn diese nicht explizit genannt werden – sollen ebenso in der industriellen Praxis mit herangezogen werden.

Ende des Jahres 2021 folgte für den US-amerikanischen Korrosionsschutzmarkt ergänzend zur Zinkstaub-basierten „Paint 20“ die neue „Paint 29“. Dieses Regelwerk fokussiert sehr stark auf die Erfüllung der

Korrosionsschutzanforderungen Haftung, Unterwanderung am Ritz usw. und unterscheidet zur Erfüllung des galvanischen Korrosionsschutzes nicht mehr zwischen Zinkstaub und -flake. In der „Paint 29“ wird nur noch von Zinkpigmenten gesprochen.

In Formulierungen für den schweren Korrosionsschutz kann demzufolge ein Austausch von Zinkstaub durch Zinkflakes erfolgen, ohne Normen zu verletzen. Dieser Austausch darf nicht in einem 1:1-Verhältnis erfolgen. Der Grund hierfür ist die größere Oberfläche der Zinkflakes. Diese hängt auch mit dem Aspektverhältnis zusammen – dem Verhältnis von Teilchendurchmesser und Teilchendicke oder von größter zu kleinster Abmessung. Bei Zinkstaub beträgt das Aspektverhältnis je nach Type näherungsweise 1,5:1. Die Plättchendicke von Zinkflakes liegt bei ca.



Leitfähigkeit gemäß ASTM D257: ~3⁻¹⁰ [S]

Abb. 1 // Zinkstaub, 200-fach vergrößert (oben); Punkt-zu-Punkt-Kontakt und elektrische Leitfähigkeit in Zinkstaubsystemen (unten).

Ergebnisse auf einen Blick

- Zinkflakes werden deutlich niedriger pigmentiert als der klassische Zinkstaub.
- Es ergeben sich technische Vorteile wie geringeres Absetzen, Ablaufen, höhere Elastizität und verbesserte Applikationseigenschaften.
- Damit tragen Zinkflakes zur Nachhaltigkeit bei durch geringe Anteile metallischen Zinks in der Formulierung und bei nachgelagertem Schweißen oder Sandstrahlen.
- Schichtdickenreduzierungen und damit Rohstoffersparnis und Prozessoptimierungen sind möglich.
- Damit lässt sich der Product Carbon Footprint (PCF) von Formulierungen reduzieren.

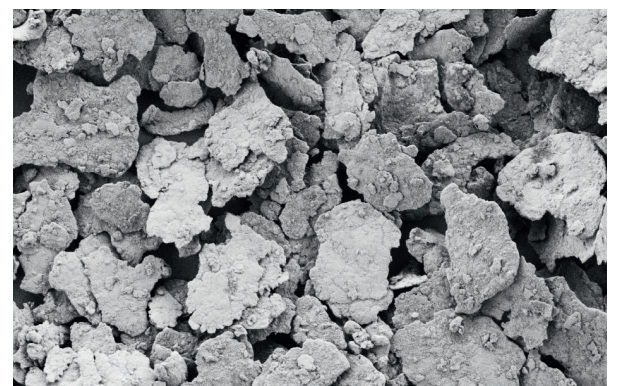


Abb. 2 // Zinkflakes, 200-fach vergrößert.

Tab. 1 // Vergleich Zinkflake und Zinkstaub.

	Zinkflake	Zinkstaub
Teilchenform	Plättchen	irregulär, sphärisch
Schüttdichte (Pulver)	~ 1,1 kg/l	~ 2,2 kg/l
Durchschnittliche Teilchengröße d50	~ 14 - 31 µm	~ 3 µm
Aspektverhältnis	40 / 1	1,5 / 1
Ölzahl	~ 22 g / 100g	~ 6,5 g / 100g
Spezifische Oberfläche	~ 1,2 m ² / g	~ 0,25 - 0,5 m ² /g
Bindemittelaufnahme	hoch	niedrig

350 nm. Dies entspricht bei Teilchendurchmessern von 14 µm bis zu 31 µm einem Aspektverhältnis 40:1 (Tab. 1).

Daraus ergeben sich für den schweren Korrosionsschutz gemäß ISO 12944 Zugaben an Zinkflakes von lediglich 25 % bis 35 %. Nur so lassen sich verarbeitungsfähige Lacke mit entsprechendem rheologischen Verhalten formulieren.

Bei den genannten Zinkflake-Zugaben ist (wegen der höheren Oberflächen) der galvanische Korrosionsschutzmechanismus gewährleistet, wie dieser auch für Zinkstaubgrundierungen beschrieben wurde (Abb. 3). Die Wirksamkeit von Zinkflakes im schweren Korrosionsschutz nach ISO-12944-C-5-Kriterien wurde von unabhängiger Stelle bestätigt [3].

Vorteile von Zinkflakes gegenüber Zinkstaub

Die Reduzierung des Zinkanteils in Zinkflake-Formulierungen auf 25 % bis 35 % in Lacken mit Zinkflakes erhöht die Formulierungsfreiheit, da der abgesenkte Anteil an Zinkpigment die Verwendung anderer Formulierungsbestandteile erlaubt, wie aus den Grafiken ersichtlich ist (Abb. 4). Eine Zinkflake-Formulierung lässt sich damit gezielt auf bestimmte Eigenschaften wie Haftung, Filmelastizität, Wasseraufnahme etc. optimieren. Daneben bietet der reduzierte Zinkanteil in einer Zinkflake-basierten Formulierung eine ganze Reihe technischer Vorteile, die hier stichpunktartig aufgelistet sind:

- Neben dem nachgewiesenen galvanischen Korrosionsschutzmechanismus [3] bieten die Zinkflakes einen zusätzlichen Barrierschutz.
- Geringer Zinkflake-Anteil bei erhöhtem Bindemittel- und Additivanteil führt zu erhöhter Elastizität und Flexibilität der Grundierung

und damit zu verbesserten mechanischen Eigenschaften (Pendelhärten von Zinkflake-Formulierungen waren in den geprüften Formulierungen um 10 Schläge geringer als Zinkstaubformulierungen. Die Werte variieren je nach Bindemittel, Zinkpigmentmenge und Füllstoff in Zinkflake-Formulierungen.)

- Geringerer Anteil an spezifisch schwerem Zink (Dichte 7,1 g/cm³) vermindert die Sedimentation während Lagerung und Transport; daher sind abgesetzte Lackbestandteile, so vorhanden, leicht und bequem aufrührbar, und es ergibt sich eine geringere Ablaufneigung (sagging), insbesondere bei hohen Primer-Schichtdicken.
- Geringerer Anteil an spezifisch schwerem Zink ergibt ein geringeres Lackgewicht und damit reduziertes Transport- und Lagerungsgewicht.
- Formulierungen mit Zinkflakes führen zu exzellenten Applikationseigenschaften (keine Sedimentation bei Lackierung, keine Düsenverstopfungen).

Ökologie

Über die technischen Vorteile hinaus erlauben Korrosionsschutzgrundierungen mit Zinkflakes, nachhaltiger zu formulieren als mit Zinkstaub. Nachhaltigkeit und Umweltschutz sind seit Jahren in modernen Märkten ein gesellschaftlicher Megatrend.

Für die Herstellung der Zinkflakes werden hochreine SHG-Zinkbarren mit 99,995 % Zinkgehalt verwendet, also ein Type-III-Metall nach ASTM D 529 und damit im Rahmen des Machbaren frei von umweltschädlichen Schwermetallen. Die Darstellung erfolgt in einem Zweistufenprozess: Im ersten Schritt wird geschmolzenes Zink durch eine Düse zu einem unregelmäßig geformten Gries geformt (Atomisierung) und im zweiten Mahlschritt in Kugelmøhlen zu einem Flake ausgeformt (Abb. 5). Der Cradle-to-gate-product-carbon-footprint (PCF) der Zinkflakes wurde im Rahmen einer Ökobilanzanalyse nach ISO 14040/44:2006 und ISO 14067:2019 bewertet. Der PCF basierend auf Produktionsdaten aus dem Jahr 2021 liegt für diese Produktgruppe bei unter 3 kg CO₂eq/kg Produkt (excl. biogenicemissions and removals). Der PCF von Zinkflakes wird primär durch die eingesetzten Rohstoffe und Energie bestimmt. Durch die Umstellung auf Grünstrom reduzierte sich der PCF der Zinkflakes um 30 %.

Eine weitere Maßnahme zur Reduzierung der produktbezogenen Emissionen könnte der Einsatz von Low-carbon-Zink sein. Dieser alternative Rohstoff würde sich zusätzlich positiv auf die Ökobilanz des Produkts auswirken, da hier überwiegend regenerative Energiequellen bei der Zinkgewinnung eingesetzt werden.

Für eine voll umfängliche Betrachtung der Umweltauswirkung müssen neben dem Zinkflake auch die übrigen Rezepturbestandteile berücksichtigt werden. Dazu wurden die Emissionsfaktoren [5] der wichtigsten Rohstoffe herangezogen.

Für den Vergleich zu einer Rezeptur mit Zinkstaub wurde das gleiche CO₂-Äquivalent herangezogen. Das ist bei dem vorliegenden Datenmaterial eine realistische Annahme. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass sich je nach Herstellungsmethode des Zinkstaubs unterschiedliche CO₂-Äquivalentwerte ergeben können.

In der Gesamtbetrachtung der Rezeptur ergibt sich durch die deutliche Reduktion der benötigten Zugaben an Zinkflakes ein wesentlicher Vorteil in Bezug auf die verursachten CO₂-Äquivalente (Tab. 2).

Ein weiterer Beitrag zur Verbesserung der Nachhaltigkeit ist die Absenkung des Anteils metallischen Zinks von > 80 Gew.-% Zinkstaub auf 25 % bis 35 % bei Zinkflake-basierten Primern bei gleichzeitigem Erhalt des galvanischen Korrosionsschutzes. Dies entspricht einer durchschnittlichen Reduzierung des metallischen Zinkanteils von über 35 %. Ein geringerer metallischer Zinkgehalt in der Beschichtung bedeutet zudem einen geringeren Eintrag metallischen Zinks in den Boden, wenn Stahlkonstruktionen wie Brücken saniert werden müssen und zu diesem Zweck gestrahlt werden. Hier sind die abgestrahlten, losen Res-

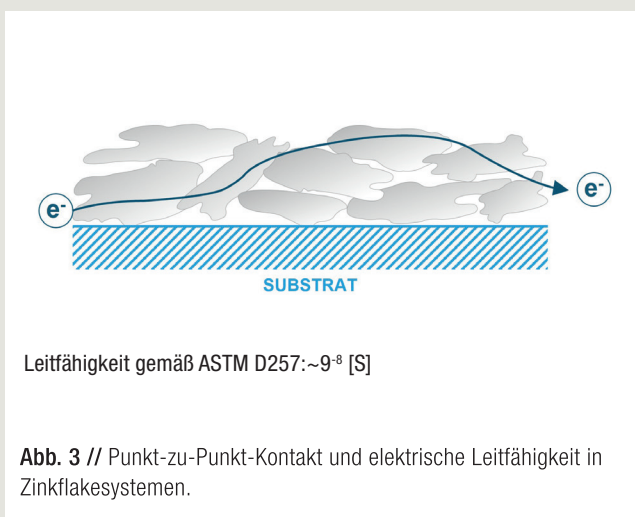


Abb. 3 // Punkt-zu-Punkt-Kontakt und elektrische Leitfähigkeit in Zinkflakesystemen.

te am wenigsten mit metallischem Zink behaftet. Eine mögliche Bodenkontamination wird reduziert.

Ein weiteres Kriterium bei Stahlkonstruktionen, die mit zinkhaltigen Systemen gegen Korrosion geschützt werden, ist deren Verschweißbarkeit. Sowohl feuerverzinkte als auch mit zinkhaltigen Primern beschichtete Stahlbauteile lassen sich verschweißen. In einer Testreihe der Schweiß-technischen Lehr- und Versuchsanstalt Halle [6] wurde die Verschweißbarkeit anhand der Kriterien Qualität und Porosität der Schweißnaht sowie deren Zugfestigkeit Rm (N/mm²) sowohl für eine Beschichtung mit Zinkstaub als auch mit Zinkflakes gemäß ISO 17652-2 bestätigt. Die beim Schweißen entstandenen Schweißdämpfe wurden analysiert: Der Zinkgehalt im Schweißdampf eines Zinkstaubprimers wurde mit 140mg/m³ gemessen. Dieser Wert sank deutlich auf ca. 25mg/m³ bei einer Beschichtung mit 25 Gew.-% Zinkflakes.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass sich der reduzierte Anteil metallischen Zinks in einer Formulierung basierend auf Zinkflakes auch in nachgelagerten Verarbeitungsprozessen in einer niedrigeren Umweltbelastung manifestiert.

Schichtdicken

In den vorangehenden Ausführungen wurde die Bedeutung reduzierter Schichtdicken für die Nachhaltigkeit bereits erwähnt. Zinkflakes eignen sich aufgrund ihrer im Vergleich zum sphärischen Zink geringeren Dicke hervorragend für den Einsatz in Primern mit reduzierten Schichtdicken.

Zu berücksichtigen ist, dass für den schweren Korrosionsschutz gemäß ISO 12944 Teil

Tab. 2 // Rezepturvergleich Zinkflake und Zinkstaub.

Rezeptur mit Zinkflakes		Rezeptur mit Zinkstaub	
30 %	Zinkflake	73 %	Zinkstaub
22 %	Epoxidbindemittel	12 %	Epoxidbindemittel
16,80 %	Füllstoffe: Bariumsulfat / Talkum (1:1)	9,50 %	Lösemittel: Butylacetat/ Butylglykol (1:1)
18,80 %	Lösemittel: Butylacetat / Butylglykol (1:1)	5,50 %	Additive
15,40 %	Additive	36,5 kg	CO ₂ eq/kg Produkt
20,4 kg	CO ₂ eq/kg Produkt		

5; Anhang B für die unterschiedlichen Korrosionsschutzkategorien Mindestschichtdicken vorgeschrieben sind, die eingehalten werden müssen, will man normgerecht arbeiten.

Darüber hinaus schreibt ISO 12944 im Teil 5 Anhang C höhere Schichtdicken vor für Beschichtungen, die nicht mindestens 80 % Zinkstaub in der Grundbeschichtung enthalten. Diese sind ebenfalls einzuhalten, will man normgerecht arbeiten.

In diesen Anwendungen kommt eine Schichtdickenreduzierung nicht infrage. Im nicht normierten Bereich, etwa bei Beschichtung von Tanks, Rohren oder Containern, ist eine Schichtdickenreduzierung zur Verbesserung der Nachhaltigkeit sehr wohl möglich.

Um abschätzen zu können, wie sich der Korrosionsschutz mit Zinkflakes bei reduzierten Schichtdicken verhält, wurden verschiedene Versuchsreihen durchgeführt. Dabei wurden sowohl die Primer-Schichtdicken als auch die verwendeten Zinkflakes variiert. Außerdem wurden Primer-Topcoat-Zweischichtaufbauten getestet.

Alle Versuche wurden in einem 2K-Lösemittel-basierten Epoxidlack auf 3 mm dicken SA

2 ½ gestrahlten Stahlblechen durchgeführt. Nach der Applikation und Konditionierung wurden die Bleche in den neutralen Salzsprühtest nach ISO 9227 bis zu 2500 h eingesetzt und auf Unterwanderung am Ritz gemäß ISO 4628 Teil 8 und auf Haftung gemäß ISO 4624 geprüft. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

In einer ersten Versuchsreihe wurde der Einfluss der Zink-Pigment-Volumen-Konzentration (PVK) und der durchschnittlichen Teilchengröße d₅₀ des Zinkflakes untersucht. Hierbei wurde eine grobe Type mit einem d₅₀ von 31 µm mit einer feinen Type mit einem d₅₀-Wert von 14 µm verglichen.

Beim Zinkflake liegt die Überlegung zugrunde, dass je feiner das Zinkflake ist, desto größer die Oberfläche anzunehmen ist. Dies hat eine bessere Kontaktierung der Pigmente und damit einen erhöhten galvanischen Korrosionsschutz zur Folge.

Im Versuch wurde eine Primer-Schichtdicke (trocken) von 80 µm gewählt; ein Decklack wurde nicht appliziert. Werden die feinen Zinkflakes mit 13 % PVK formuliert, lassen sich 1976h Salzsprühtest erzielen. Die Unterwanderung am

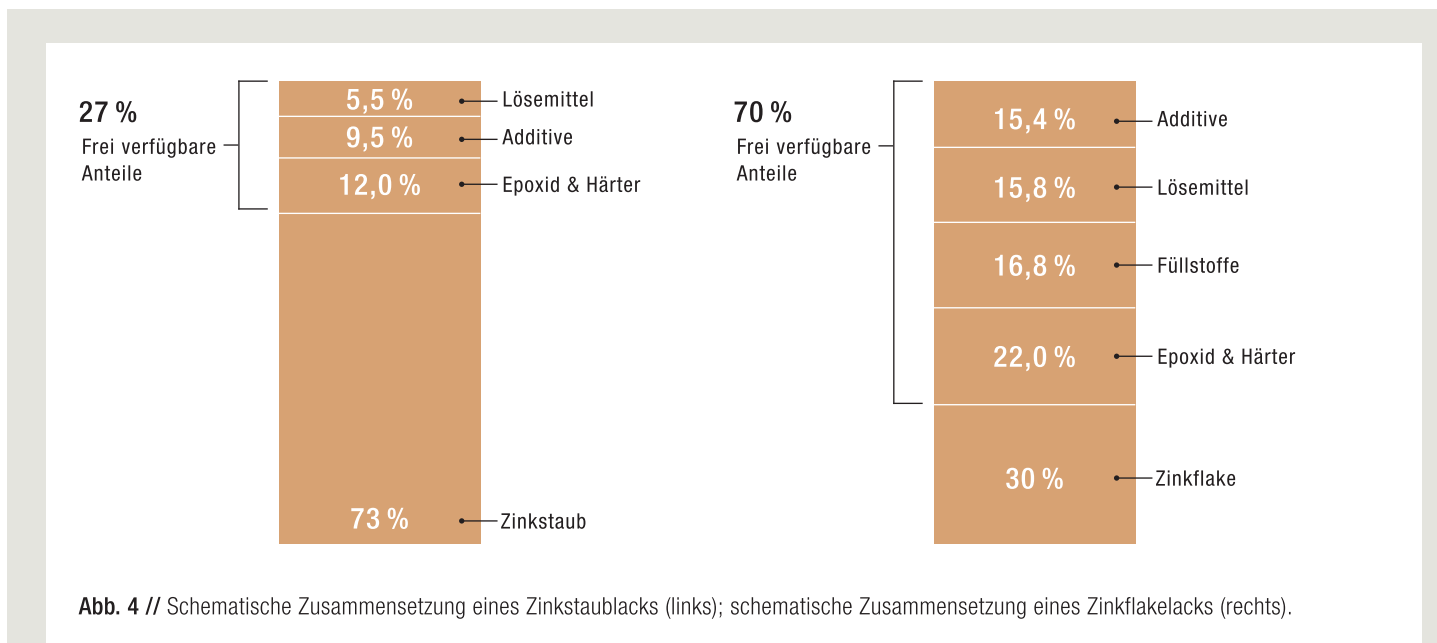


Abb. 4 // Schematische Zusammensetzung eines Zinkstaublacks (links); schematische Zusammensetzung eines Zinkflakelacks (rechts).

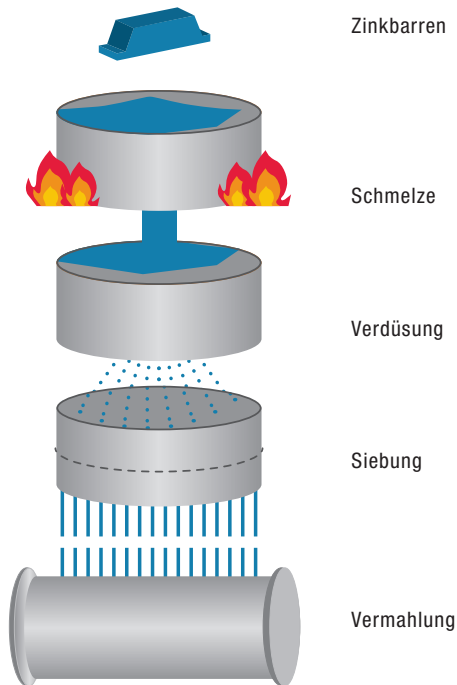


Abb. 5 // Schematische Darstellung Zinkflake-Produktion.

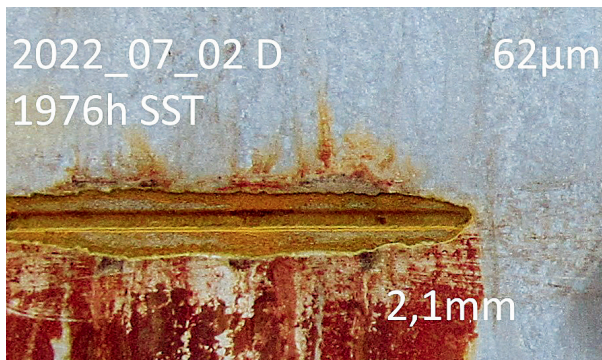
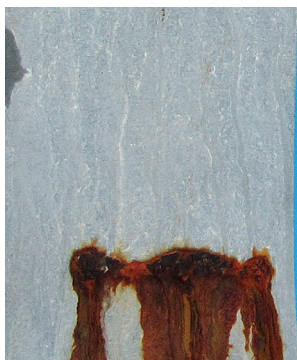
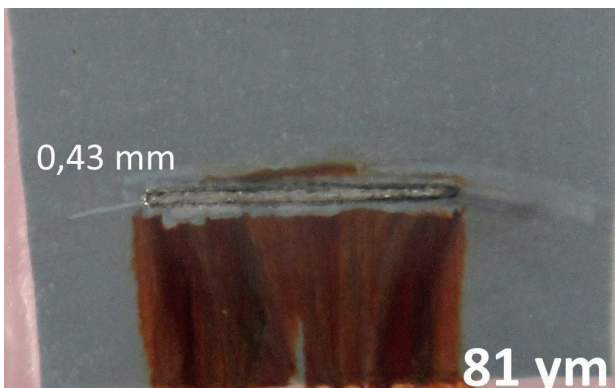


Abb. 6 // Salzsprühergebnisse nach 1976 h; 60 µm trocken, einschichtig; oben: grobes Flake d_{50} : 31 µm, PVK Zink 13 %; unten: feines Zinkflake d_{50} 14 µm, PVK 8,5 %.

Ritz wurde mit 0,43 mm bestimmt. Die maximale Unterwanderung darf nach ISO 12944 für das Prüfregime C2 bis C5 mittel 1,5 mm nicht überschreiten (und in zyklischer Prüfung C5 vh und CX maximal 3 mm betragen).

Die Haftung erreichte einen Wert von 5,3 MPas (mit einem Ausgangswert von 5,7 MPas). Die ISO 12944 fordert im Teil 5 einen Mindestabreißwert von 2,5 MPas oder 5 MPas im Offshoreteil CX. Dabei darf es zu keinem Adhäsionsbruch kommen.

Bei sehr niedrigen Zinkgehalten lassen sich demnach sehr gute Korrosionsschutzergebnisse erzielen; dies ist ein wichtiger Beitrag zur Nachhaltigkeit.

Eine weitere Absenkung des Gehalts an feinem Zinkflake auf eine PVK von 8,5 % resultierte in Korrosionsschutzergebnissen bei 1976h (Unterwanderung 2,1 mm bei 4,9 MPas Haftzugwert). Verwendet man das gröbere Zinkflake, ergeben sich bei 18 % PVK, 80 µm Schichtdicke Trockenfilm wegen der geringeren Zinkflake-Oberfläche und der daraus resultierenden geringeren Punkt-zu-Punkt-Kontaktierung leicht schlechtere Werte. Ermittelt wurden in den Versuchen 1,8 mm Unterwanderung am Ritz bzw 4,7 MPas in der Haftzugsprüfung. Erhöht man die Konzentration des groben Zinkflakes auf eine PVK von ~ 21 %, reduziert sich die Unterwanderung auf 1,1 mm. Die Haftung wurde mit 5,5 MPas gemessen (Abb. 6).

In einer folgenden Versuchsreihe wurden bei unterschiedlichen Schichtdicken jeweils ein feines Zinkflake d50 14 µm und ein grobes Zinkflake d50 31 µm in 40 µm, 60 µm und 80 µm Trockenfilmstärken nur als Primer (ohne Intermediate und Decklack) appliziert.

40 µm Trockenfilm sollten als Primer allein, ohne Decklack, für einen lang anhaltenden Korrosionsschutz nicht unterschritten werden. Im beschriebenen Lacksystem zeigten sich nach 600 h Blasen und deutliche Unterwanderung am Ritz.

Eine Verbesserung der Korrosionsschutzwirkung auf 3000 h Salzsprühtest ergibt sich, wenn 70 µm Zinkflake-Primer mit einem 2K-PUR-Decklack überlackiert wird.

Die beschriebenen Schichtdickenreduktionen und Zinkflake-Pigmentierungshöhen stellen eine wesentliche Ressourcen- und Prozessersparnis dar und sind somit ein Nachhaltigkeitsvorteil dieser Pigmentklasse.

Ein Intermediate ist wegen der Flexibilität des Zinkflake-Primers nach diesem Versuch nicht erforderlich. Auch dies wirkt sich durch Einsparung eines Prozessschritts ökologisch vorteilhaft aus.

Zusammenfassung und Ausblick

Korrosionsschutz auf Stahluntergründen lässt sich durch unterschiedliche Verfahren darstellen. Im Zuge des nachhaltigen Umbaus der Welt nimmt das ökologische Bewusstsein seit einiger Zeit auch in diesem Anwendungsgebiet eine breitere Rolle ein. Bis dato stand bei den Überlegungen ein günstiger Preis im Fokus aller Überlegungen.

Der ökologische Beitrag von Zinkflakes in dem Umfeld liegt insbesondere in der Reduktion des Gehalts an metallischem Zink in der Beschichtung und damit der Reduktion des Cradle-to-gate-product-carbon-footprints bei einer gleichzeitig hochwertigen und lang anhaltenden, weil galvanisch aktiven, Korrosionsschutzbeschichtung. Damit ist auch die Langlebigkeit der Beschichtung ein Vorteil der Zinkflakebeschichtung, im Sinne der Nachhaltigkeit. Zukünftige Potentiale wurden beschrieben, darunter die Entwicklung stabilisierter Produkte für wässrige Systeme oder möglicherweise eine weitere Reduktion des Zinkgehalts.

Literatur

- [1] ISO 12944 Teil 6
- [2] ISO 12944 Teil 5; Abschnitt 6.1
- [3] Eckart Website; IKS Dresden Prüfzertifikat
- [4] Feuerverzinken; Internationale Fachzeitschrift; 37. Jahrgang Special Nachhaltigkeit aus 2008
- [5] Sphera v2022, CEPE v3, ecoinvent v1.3
- [6] Schweißbarkeitsuntersuchungen im Auftrag der Eckart Switzerland SA vom 27. Oktober 2010 der Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH
- [7] Akzo Patent EP 0 525 870 B1
- [8] Prozessoptimierte Zinklamellenbeschichtung für einen umweltbewussten Umgang mit Ressourcen und reduzierter CO₂-Bilanz, Vortrag anlässlich der ZVO Oberflächentage in Leipzig 14.-16.09.2022
- [9] Carboline Whitepaper 2022 „The Role of Protective Coatings in Shrinking the Carbon Footprint“

Kontakt // Peter.Wissling@altana.com

PETER WISSLING

ist Dipl.-Ingenieur im Bereich Farben und Lacke. Seit über 30 Jahren ist er bei Eckart auf dem Gebiet der Metalleffekt-Pigmente tätig und hat sein Wissen in einem Fachbuch veröffentlicht. Seit zwei Jahren beschäftigt er sich schwerpunktmäßig mit funktionalen Metallpigmenten mit einem Fokus auf den Produkten zum Korrosionsschutz.



JANNICK VOGEL

hat einen Abschluss als M. Sc. Angewandte Chemie und bekleidet bei Eckart derzeit die Position des Sustainability Managers. Zu seinen Aufgaben zählen u. a. die Weiterentwicklung und Umsetzung der Unternehmens-Nachhaltigkeitsstrategie.



PATRICK

MELEROWICZ

ist Chemielaborant mit 20-jähriger Berufserfahrung bei Eckart. Er arbeitete in den Bereichen Forschung und Entwicklung, New Business Development und Technisches Marketing zu Metallpigment-Herstellung, -Beschichten und -Anwendungen. Sein aktueller Arbeitsschwerpunkt liegt in der Entwicklung, Anwendung und Vermarktung funktioneller Pigmente im Korrosionsschutz, elektromagnetischer Abschirmung und elektrischer Leitfähigkeit.



MARTINA

HAUENSTEIN

ist seit 1997 bei Eckart beschäftigt. Die Industriemeisterin im Bereich Chemie ist seit November 2017 als Projektmanagerin im Bereich der funktionalen Pigmente tätig, Schwerpunkt Korrosionsschutz.



ANNA-LENA SCHARER

hat eine Ausbildung zur Lacklaborantin abgeschlossen und bearbeitet im Bereich der funktionalen Metallpigmente Kundenanfragen. Darüber hinaus testet sie Rohstoffe, die auch in Richtrezepturen einfließen.



Mehr zum Thema!



35 Ergebnisse für schweren Korrosionsschutz!
Jetzt testen: www.farbeundlack.de/360