

Straßen- verkehrstechnik

Sonderdruck: Mobile Schutzwände



Dünnschicht-Stückverzinkungstechnologie als ressourceneffizientes Korrosionsschutzsystem bei Verkehrsrückhaltesystemen aus Ausgabe 7/2013



Liebe Leserinnen und Leser,

verzinkte Verkehrsrückhaltesysteme sind seit vielen Jahrzehnten ein fester Bestandteil im deutschen Straßenbild. Im Rahmen eines langjährigen in-situ-Tests wurde nun die Anwendung von microZINQ® bei der Veredelung von „Leitplanken“ erprobt. Was dabei herausgekommen ist, erfahren Sie im Innenteil.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen!



ZINQ®
Voigt & Schweitzer

Special Mobile Schutzwände

Dünnschicht-Stückverzinkungstechnologie als ressourcen-effizientes Korrosionsschutzsystem bei Verkehrsrückhaltesystemen

Thomas Pinger

Stückverzinkte Bauelemente stellen seit vielen Jahrzehnten die am weitesten verbreitete und bewährte Lösung im Bereich der Verkehrsrückhaltesysteme dar. Im Rahmen eines langjährigen in-situ-Tests wurde nun die Anwendung eines neuartigen Dünnschicht-Stückverzinkungsverfahrens erprobt. Hierbei handelt es sich um eine innovative, ressourceneffiziente Weiterentwicklung des klassischen Stückverzinkungsprozesses, bei dem durch Verwendung einer 95%-Zink-5%-Aluminium-Schmelze sehr dünne, aber trotzdem hoch leistungsfähige Zinkschichten auf Stahlprodukte appliziert werden. Nach 4-jähriger Testphase kann nun ein positives Zwischenfazit gezogen werden: Es ist kein Zinkabtrag messbar, die optische Erscheinung der Bauteile ist einwandfrei. Im Vergleich zur seit vielen Jahren bewährten Variante der klassisch stückverzinkten Rückhaltesysteme zeichnet sich das Dünnschichtsystem durch einen deutlich effizienteren und nachhaltigeren Einsatz des Rohstoffs Zink aus. Im Vergleich zu bandverzinkten Leitplanken, die mit ähnlichen

Zinklegierungen arbeiten, bietet das Dünnschicht-Stückverzinkungsverfahren den Vorteil, dass keine Verletzung der Zinkschicht durch nachgelagerte Fertigungsprozesse erfolgt und somit weder zinkfreie Schnitt- oder Stanzkanten noch infolge von Umformprozessen gestreckte und damit dünnere Zinkauflagen vorliegen.

1 Einleitung

Verzinkte Verkehrsrückhaltesysteme sind seit vielen Jahrzehnten ein fester Bestandteil im deutschen Straßenbild. Die Verbindung von Zink und Stahl im metallurgischen wie auch der damit verbundenen Industriezweige der

stahlverarbeitenden Betriebe und Stückverzinkereien besteht schon seit vielen Jahrzehnten und hat sich hinreichend bewährt. Seit vielen Jahren werden in Europa jedes Jahr konstant circa 1,2 Millionen Tonnen aus dem Bereich Straßen- und Infrastrukturtechnik verzinkt (Garcia de Lucas 2010). Durch die in den letzten Jahren angeregte Wettbewerbssituation, insbesondere durch die Konkurrenz zwischen Rückhaltesystemen aus Stahl mit denen aus Beton, wurden neue Entwicklungen angestoßen. Im Bereich der Stahlschutzplanken wurden diesbezüglich Untersuchungen zum Einsatz von höherfesten Stählen sowie zur Anwendung von bandverzinkten Systemen durchgeführt. In beiden Fällen liegt der Schwerpunkt der Entwicklung auf einer Steigerung der Ressourceneffizienz der eingesetzten Materialien: zum einen im Hinblick auf die Reduzierung der einzusetzenden Blechdicken, zum anderen hinsichtlich der Optimierung des Korrosionsschutzes.

Vor dem Hintergrund der handwerklich geprägten und in kleinen und mittelgroßen Betrieben strukturierten Verzinkungsindustrie lagen die im Bereich der Stückverzinkung in der Vergangenheit durchgeführten Entwicklungen vornehmlich in der Optimierung des Verzinkungsprozesses an sich, insbesondere hinsichtlich der Qualitätssicherung, der innerbetrieblichen Logistik und der Energieeffizienz. Eine produktseitige Innovation, die eine maßgebliche Weiterentwicklung der klassischen Stückverzinkung darstellt, ist die Anfang der 2000er-Jahre entwickelte Dünnschicht-Stückverzinkungstechnologie. Dieses Verfahren, bei dem deutlich reduzierte, aber trotzdem leistungsstarke Zinkauflagen entstehen, zielte zunächst auf den Einsatz stückverzinkter Bauteile im Fahrzeugbau. Nach der erfolgreichen Markteinführung dieser Technologie im Automobilbereich wird nun die Übertrag- und Umsetzbarkeit auf Produkte in neuen, aber auch bisher von der klassischen Stückverzinkung beherrschten Anwendungsfeldern erprobt. Die bisher erzielten Erkenntnisse über die Systemeigenschaften und hinsichtlich einer Anwendung bei Ver-

kehrsrückhaltesystemen sollen nachfolgend dargestellt werden.

2 Hintergrund zur Dünnschicht-Stückverzinkungstechnologie

Die Grundlage der Dünnschicht-Stückverzinkungstechnologie ist applikationsseitig das Feuerverzinken im Stücktauchverfahren. Der Weiterentwicklung dieses traditionellen Verfahrens lag der Ansatz zugrunde, die schmelzentechnologischen Erkenntnisse aus der kontinuierlichen Feuerverzinkung auf die Stückverzinkung zu übertragen. Hierbei wurde auf die bereits erfolgreich in der Bandverzinkung eingesetzte eutektische Zink-Aluminium-Legierung mit einer Zusammensetzung von 95% Zink und 5% Aluminium zurückgegriffen. Die technologische Innovation liegt in der speziellen Vorbehandlung des Stahls zur Gewährleistung einer vollständigen Benetzung der Bauteiloberfläche, die beim Stückverzinkungsverfahren prozess- und produktbedingt grundsätzlich von derjenigen des kontinuierlichen Prozess abweicht.

Das Ergebnis des microZINQ®-Prozesses ist eine dünne Zinkschicht mit einer Dicke von durchschnittlich circa 10 µm. Die Ausbildung der Zinkschicht ist, im Gegensatz zum herkömmlichen Stückverzinken gemäß DIN EN ISO 1461, wo der Silizium-Gehalt des Stahls maßgeblich die Reaktionskinetik zwischen Zink und Stahl und damit die Schichtdicke beeinflusst, unabhängig von der Zusammensetzung des Grundwerkstoffs. Anstelle der inhomogenen, in der Regel zwischen 50–150 µm stark aufgewachsenen Zink-Eisen-Phasen der klassischen Stückverzinkungsschicht bildet sich eine dünne Zinkschicht aus, die geprägt ist durch unter-eutektische, globulare Anteile Zn-reicher β-Phase, die eingebettet ist in die eutektische Grundstruktur (Bild 1a+b).

Neben der gleichmäßig dünnen Zinkschichtausbildung sorgt der relativ hohe Aluminiumgehalt in der Zinklegierung vor allem auch dafür, dass trotz der geringen

Verfasseranschrift:
Dr.-Ing. T. Pinger
Voigt & Schweitzer GmbH & Co.KG
Nordring 4
D-45894 Gelsenkirchen
thomas.pinger@fontaine-technologie.com

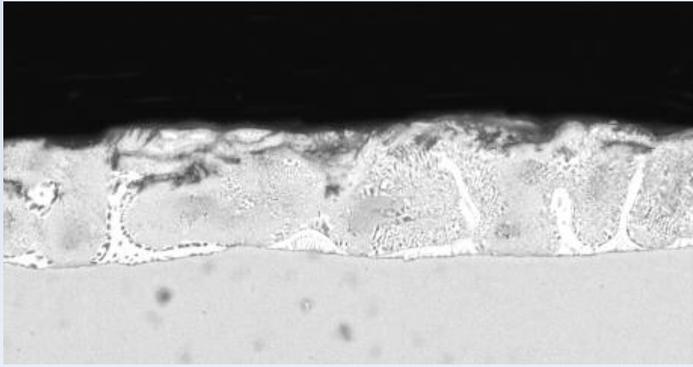


Bild 1a: Zn-Al-Legierungsschicht von circa 10 µm

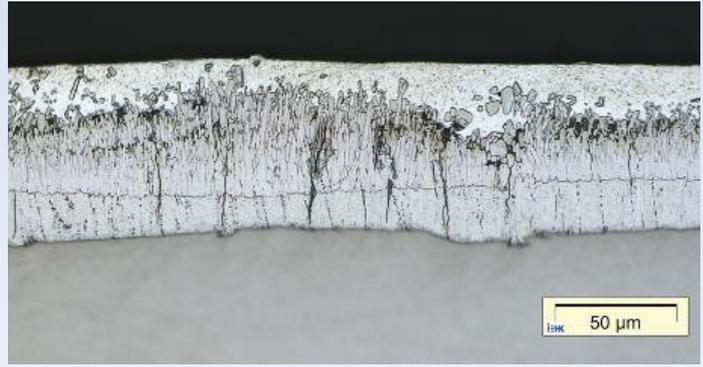


Bild 1b: Zinkschicht gem. DIN EN ISO 1461 von circa 60 µm

Schichtdicke ein gegenüber einer klassischen Stückverzinkung mindestens gleichwertiger Korrosionsschutz gewährleistet wird. Der technologische Hintergrund hierfür liegt in dem deutlich passiveren Verhalten einer Zn-Al-Schicht, wodurch der Angriff der Zinkschicht reduziert und damit verknüpft deren Abtrag in erheblichem Maße verlangsamt wird.

Die Wirksamkeit dieses dünn-schichtigen Korrosionsschutzsystems hat sich sowohl in den Laborprüfungen während der Entwicklungs- und Einführungsphase als auch in der bisherigen praktischen Anwendung nachhaltig erwiesen.

Die üblichen Kurzzeit-Korrosionsprüfungen offenbaren den sehr guten Korrosionsschutz:

- Salzsprühnebeltest gem. ISO 9227:
1.200 Stunden
- Kesternich-Test gem. DIN 50018:
45 Zyklen (0,2 l SO₂)
7 Zyklen (2,0 l SO₂)
- Klimawechseltest gem. VDA 621-415:
10 Zyklen
- Klimawechseltest gem. ISO 16701:
44 Zyklen.

Zusätzlich zeichnen sich die Zinkschichten durch eine stückverzinkungstypische, sehr hohe mechanische Belastbarkeit aus, die aus der metallurgischen Reaktion zwischen Stahl und Zinkschmelze herrührt.

- Abriebbeständigkeit (gem. EN 438-2):
0,01 µm Schichtabtrag
pro Umlauf
- Haftfestigkeit (analog DIN EN 24624):
19,3 N/mm²
- Steinschlagtest (gem. DIN 55996-1):
1,5 (geschädigte Fläche
von 2,5%)
- Steinschlagtest + Kesternich-Test (0,2S):
24 Zyklen
- Härte: 70 HV 0,01.

Die Felderfahrungen mit den dünn-schichtigen Zinkoberflächen liegen vor allem im Bereich des Automobilbaus. In diesem Segment wird die Mikroverzinkung bei Fahrwerkskomponenten im Unterbodenbereich eingesetzt, wobei insbesondere die Kombi-

nation aus hohem Korrosionsschutz bei hoher mechanischer Beständigkeit gegen Steinschlag zum Tragen kommt. Die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes in der praktischen Anwendung zeigt sich beispielhaft an dem in Bild 2 dargestellten Fahrwerks-teil, welches nach einer Laufleistung von 100.000 km (in sechs Jahren) und der Reinigung von verkehrsbedingten Verschmutzungen keine Beschädigungen des Zinküberzuges aufweist. Die Zinkschichtdicke weist einen minimalen Abtrag gegenüber dem Neuzustand von circa 1 µm auf.

Die weiterführende Analyse des Bauteils anhand von Mikroschliffen bestätigt das augenscheinlich gute Ergebnis, dass die Zinkschicht intakt ist und den korrosiven und mechanischen Belastungen sehr gut widersteht.

3 Anwendungspotenzial und erste Erfahrungen auf Stahlschutzplanken

Vor dem Hintergrund der mittlerweile gesammelten positiven Erfahrungen mit der Anwendung der Mikroverzinkung im Automobilsektor als auch der über Jahrzehnte bewährten Stückverzinkung als vorherrschendes Korrosionsschutzsystem für Stahlschutzplanken lag eine Verknüpfung des innovativen Dünn-schichtsystems mit dem traditionellen Anwendungsfeld nahe. Das daraus resultierende Potenzial wird insbesondere im Hinblick auf einen ressourceneffizienten Einsatz von Zink und eine Redu-

zierung des Eintrags von Zink in die Umwelt gesehen.

Die Gegenüberstellung des erforderlichen Zinkeinsatzes für eine mikroverzinkte und eine klassisch verzinkte Leitplatte verdeutlicht diesen Aspekt. Bei deutlich geringeren Zinkauflagen, aber dank des höheren Leistungsvermögens der Zn-Al-Schicht pro µm Schichtdicke ist nur ein Bruchteil der Ressource Zink für den Schutz der Holme erforderlich.

Bei einer Gesamtlänge der aktuell verzinkten Leitplatten von 94.380 km in Deutschland (Hillenbrand, Toussaint et al. 2005) ergibt dies ein Einsparpotenzial von über 50.000 Tonnen Zink nur für B-Holme bei der Neufertigung von Holmen. Hinzu kommen noch alle Anbauteile wie Pfosten sowie die größeren Systeme.

Neben dem reduzierten Rohstoffeinsatz wird durch die höhere korrosive Beständigkeit der dünnen Zink-Aluminium-Schicht deutlich weniger Zink ab- und in die Umwelt eingetragen. Unter Zugrundelegung der Zahlen über den Zinkabtrag von stückverzinkten Oberflächen und den Eintrag von Zink in die Umwelt wird gerade unter diesem Aspekt das maßgebliche Potenzial einer Systemverbesserung im Bereich der Straßenausrüstung ersichtlich. Bei einem aktuellen Zinkeintrag von 296 Tonnen pro Jahr stellt der Bereich Straßenausrüstung mit 38% am Gesamteintrag (784 Tonnen Zink/a) den mit Abstand größten Anwendungsbereich dar (Hillenbrand, Toussaint et al. 2005). Der Einsatz eines ressourceneffi-



Bild 2: Mit microZINQ® verzinktes Unterboden-teil (Fahrwerk) nach sechs Jahren (gereinigt)

Bild 3: Teststrecke an der BAB A 48 mit mikroverzinkten Teilen (Holme, Hohlkasten und Pfosten)



Tabelle 1: Bedarf und Einsparpotenzial an Zink für A- und B-Holme

	Zinkauflage in kg pro km	
	ESP mit B-Holm	ESP mit A-Holm
klassische Verzinkung *)	621,46	963,79
Zn-Al-Mikroverzinkung **)	75,9	117,74
Differenz = Einsparpotenzial	545,56	846,05

*) 0,540 kg/m² bei einer durchschnittlichen Schichtstärke von 75 µm (Dichte 7,2)

***) mit 0,066 kg/m² bei einer durchschnittlichen Schichtstärke von 10 µm (Dichte 6,6)

zienten Stückverzinkungsverfahrens wie microZINQ® würde sowohl den spezifischen Eintrag als auch den Gesamteintrag deutlich reduzieren.

Auf Basis der vorgenannten Systemeigenschaften, den gesammelten Erfahrungen und den resultierenden Potenzialen wurde im Frühjahr 2009 eine circa 150 m lange Teststrecke mit mikroverzinkten Holmen und Pfosten auf der Bundesautobahn A 48 in der Eifel eingerichtet (Bild 3). Seitdem werden die Bauteile regelmäßig in Augenschein genommen und der Zustand der Zinkschicht bewertet.

Nach nun vier Jahren Standzeit unter realen Bedingungen kann ein gutes Zwischenfazit gezogen werden. Alle mikroverzinkten Teile weisen eine gleichmäßige, hellgraue Erscheinung auf, ein Zinkabtrag ist nicht feststellbar. Dieses Ergebnis bestätigt die positiven Erfahrungen mit dünn-schichtigen Zn-Al-Systemen, wie sie in vergleichbarer Form bei der verwandten Bandverzinkung eingesetzt werden (Schrüder 2011). Weißrost oder rostige Stellen liegen nicht vor. Im Gegensatz zu den bandverzinkten Varianten,

bei denen durch Abläng- oder Stanzschritte, die der Verzinkung nachgelagert sind, unverzinkte Schnittkanten entstehen, liegen bei den mikroverzinkten Bauteilen prozessbedingt keine derartigen Schwachpunkte vor.

4 Zusammenfassung

Die Dünnschicht-Stückverzinkung stellt ein ressourceneffizientes und leistungsstarkes Korrosionsschutzsystem dar, das die positiven, prozessbedingten Systemeigenschaften der Stückverzinkung, wie eine hohe mechanische Belastbarkeit und eine vollständige Umschließung der Produkte mit Zink, mit den weitreichenden Kenntnissen aus dem Bereich der kontinuierlichen Feuerverzinkung über dünne, aber hoch leistungsfähige Zink-Aluminium-Legierungen verbindet. Im Ergebnis resultieren im Durchschnitt circa 10 µm dünne Zinkschichten, die zunächst im Bereich hochbelasteter Fahrwerkskomponenten der Automobilindustrie ein erstes großes Anwendungsfeld fanden. Basierend auf den in diesem Bereich gesammelten

positiven Erfahrungswerten und vor dem Hintergrund der traditionellen Anwendung stückverzinkter Stahlschutzplatten wurde der Bereich der Verkehrsrückhaltesysteme als vielversprechendes Anwendungsfeld ausgemacht, insbesondere unter dem Aspekt des Ressourceneinsparpotenzials. Zur Prüfung der Systemtauglichkeit unter den spezifischen Korrosionsbelastungen wurde eine Teststrecke eingerichtet.

Nach 4-jähriger Testphase kann nun ein positives Zwischenfazit gezogen werden: Es ist kein Zinkabtrag messbar, die optische Erscheinung der Bauteile ist einwandfrei. Im Vergleich zur seit vielen Jahren bewährten Variante der klassisch stückverzinkten Rückhaltesysteme zeichnet sich das microZINQ®-System durch einen deutlich effizienteren und nachhaltigeren Einsatz des Rohstoffs Zink aus. Im Vergleich zu bandverzinkten Leitplatten, die mit ähnlichen Zinklegierungen arbeiten, bietet das Dünnschicht-Stückverzinkungsverfahren den Vorteil, dass keine Verletzung der Zinkschicht durch nachgelagerte Fertigungsprozesse erfolgt und somit weder zinkfreie Schnitt- oder Stanzkanten noch infolge von Umformprozessen gestreckte und damit dünnere Zinkauflagen vorliegen.

Literaturverzeichnis

Anselm, Gauger et al. 1998: Anshelm, F.; Gauger, T.; Köble, R.: Kartierung von Toleranzwerten der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Materialien in Deutschland. – Endbericht zum Forschungsvorhaben 108 07 034, Umweltbundesamt, Berlin 1998

Garcia de Lucas, C (2010): Review of European Markets in 2009, EGGA Assembly 2010, Wien
Hillenbrand, Toussaint et al. 2005: Hillenbrand, T.; Toussaint, D.; Böhm, E.; Fuchs, S.; Scherer, U.; Rudolphi, A.; Hoffmann, M.; Kreibitz, J.; Kotz, C. (2005): Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden – Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen, Bericht 19 des Umweltbundesamt, Berlin 2005

Schröder, M. (2011): Korrosionsschutz von Schutzeinrichtungen, BAST-Expertengespräch Stahlbrückenbau

ZINQ® ist anerkannter Vorreiter bei der Entwicklung neuer, leistungsfähiger Oberflächen auf Stahl:

Mit **microZINQ®** und **ecoZINQ®** sind Qualität, Funktion und Ressourceneffizienz kein Widerspruch. Gemeinsam mit unseren Kunden entwickeln wir innovativen Hochleistungskorrosionsschutz nach dem „Weniger ist Mehr“-Prinzip.

www.zinq.com

 **ZINQ®**
Voigt & Schweitzer