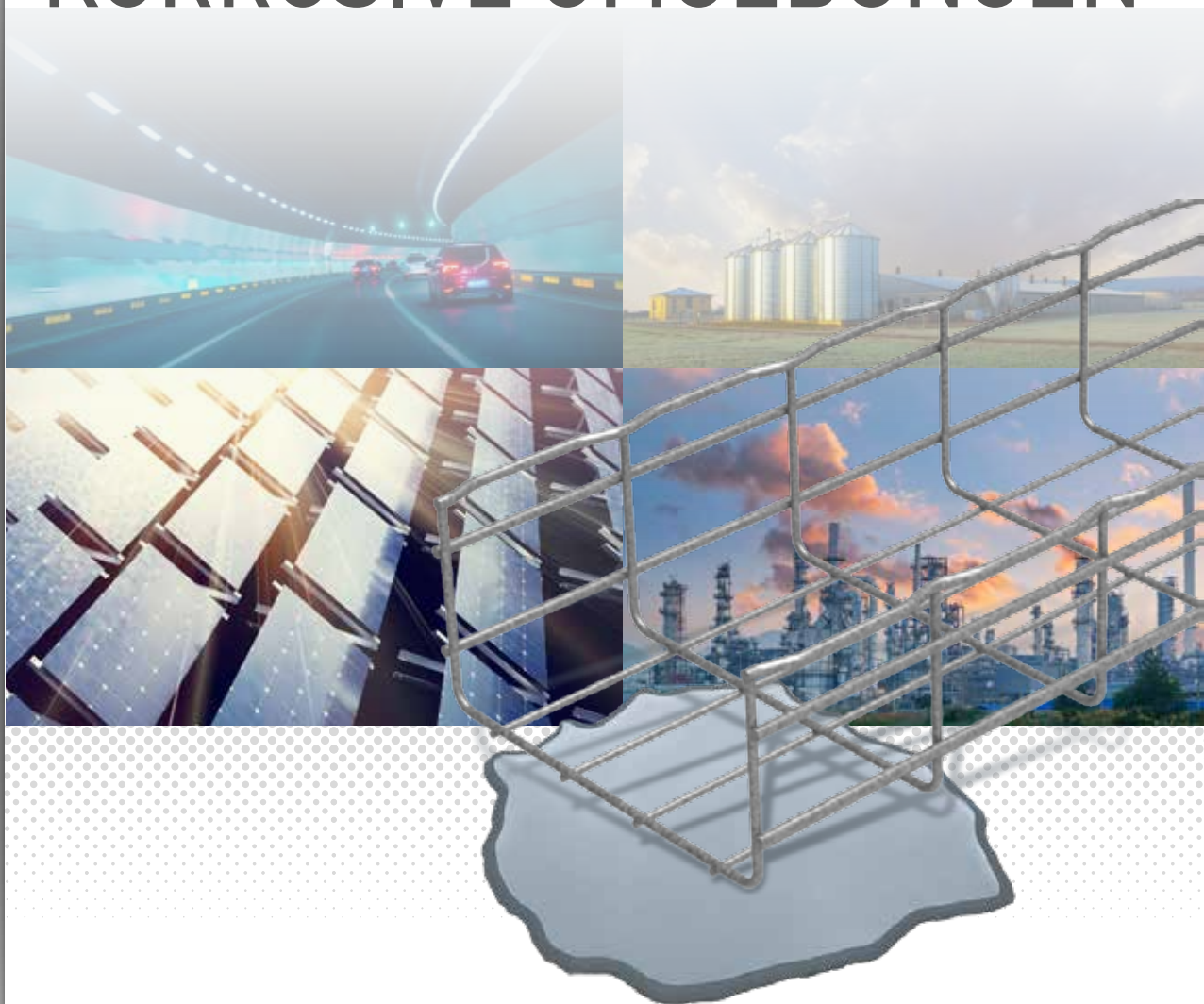


# FEUERVERZINKTE UND HOCHBESTÄNDIGE OBERFLÄCHEN FÜR KORROSIVE UMGEBUNGEN

TECHNISCHES HANDBUCH



**CABLOFIL**<sup>®</sup>

Das umfassende Lösungsangebot von Cablofil für Gitterrinnen aus Drahtgeflecht (inklusive Zubehör) gehört zu den vollständigsten auf dem Markt.

Es bietet echte Spielräume, da verschiedene Konfigurationen für eine große Auswahl an Oberflächen zur optimalen Integration in jede Umgebung zur Verfügung stehen.

Gitterrinnen von Cablofil gibt es in verschiedenen Materialqualitäten, so dass es für jede Art von Umgebung eine Lösung gibt.

Dieses technische Handbuch vergleicht hochbeständige (High Resistance (HR)) und feuerverzinkte (Hot-Dip Galvanising (HDG)) Lösungen und stellt die neue High-Resistance-Serie, ZnAl-Gitter-/ Kabelrinnen, ZnMg-Metall-Gitter-/ Kabelrinnen sowie Zubehör und ZnNi-Schrauben und -Bolzen vor.

#### RECHTLICHE HINWEISE

Ein besonderer Hinweis gilt für Fotos, die Personal ohne persönliche Schutzausrüstung (PSA) zeigen. Das Tragen von PSA ist rechtlich und regulatorisch verpflichtend.

Gemäß seinem Grundsatz der fortlaufenden Verbesserung behält sich Legrand das Recht auf Änderung der technischen Daten und Bilder ohne Vorankündigung vor. Alle Abbildungen, Beschreibungen und technischen Daten in diesem Dokument dienen nur zur Orientierung. Legrand ist nicht verbindlich darauf festgelegt.

# INHALTSVERZEICHNIS

KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT.....	4
Tests im Freien.....	5
Salzsprühtest .....	6
Schwefeldioxid-Test (SO <sub>2</sub> , Salzsprühtest, auch bekannt als „Kesternich-Test“).....	8
MECHANISCHE FESTIGKEIT .....	9
ZINKWHISKER.....	10
ERSCHEINUNGSBILD .....	11
Betrachtung mittels Rasterelektronenmikroskopie .....	11
Allgemeines Erscheinungsbild .....	12
Zinklamellen .....	13
Natürliche Entwicklung .....	15
Nach der Herstellung.....	16
Werkzeuge zum Schneiden vor Ort.....	17
ÜBERLAPPUNGSPHÄNOMEN UND SCHUTZ GEBOGENER TEILE VOR ORT .....	19
SCHUTZ DER UMWELT .....	20
ANHANG.....	22

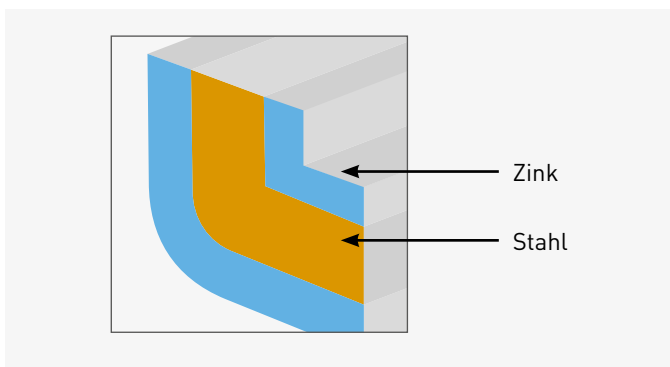
# KORROSIONS- BESTÄNDIGKEIT

Eine Gitter-/ Kabelrinne soll vorrangig als langlebige, effiziente und widerstandsfähige Haltevorrichtung funktionieren.

Es ist ein in allen Metallanwendungen ständig präsent Thema: Ungehemmte Korrosion kann durch chemische oder elektrochemische Reaktion die Leistungsfähigkeit einer Anlage beeinträchtigen und ihre Lebenserwartung verkürzen. Die Gitter-/ Kabelrinne ist einer Umgebung ausgesetzt, die mehr oder weniger aggressiv und somit eine Korrosionsursache sein kann.

Umweltkorrosion: Wenn Stahl (Eisen + Kohlenstoff) mit einem Katalysator und Sauerstoff in Kontakt kommt, bildet sich auf der Oberfläche Eisenoxid (roter Rost). Es gibt zwei Arten von Schutz:

- selbstschützende Strukturen wie Edelstahl (Chromoxid - Passivierung)
- chemische Barrieren - Opferwirkung, z.B. durch Zink. Solange an einem Stahlteil noch genügend Zinkschutz vorhanden ist, oxidiert das Zink, bevor der Stahl zu rosten beginnt.



„Korrosion ist ein unvermeidbares, natürliches Phänomen, das wir bei der Konzeption unserer Gitter-/ Kabelrinnensysteme berücksichtigen müssen“, so Guillaume Luczkiewicz, Marketing Manager von Cablofil.

Feuerverzinkung durch Eintauchen in ein Bad aus geschmolzenem Zink bei 450 °C gibt es seit mehr als 150 Jahren. Diese Technik muss sich nicht mehr beweisen. Seit Langem bereits in der Automobilindustrie als Korrosionsschutz im Einsatz, haben die neuen High Resistance (HR)- Legierungen, die Aluminium und Magnesium enthalten, die Feuerverzinkung jedoch allmählich verdrängt. Weltweit werden daher seit mehr als einem Jahrzehnt Drahtrahmen für die Reberziehung, Gabionen sowie Leitplanken heute zumeist aus Aluminium-Zink oder Magnesium-Zink hergestellt

Die Feuerverzinkung eignet sich, ohne nennenswerte Nacharbeit, wegen ihrer schwankenden Dicke nicht für Kleinteile oder Verbindungselemente. Außerdem würde der thermische Schock im Bad die dünnen Elemente verformen.

Ein übliches Verfahren für diese Art von Teilen ist die zinkreiche Beschichtung. Sie erfordert nur eine Temperatur von 280 °C oder weniger. Die Auftragung erfolgt entweder durch Zentrifugieren oder Aufsprühen. Der Überzug (beschichtete Zink- und Aluminiumlamellen) ist dünner als bei der Feuerverzinkung.

Es gibt verschiedene Wege, um die Haltbarkeit von Stahlteilen zu überprüfen. Einige sind standardisierte, andere empirische Methoden.

Nach IEC 61537 wird ein Gitter-/ Kabelrinnensystem als vorschriftsmäßig betrachtet, wenn der rote Rost (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) weniger als 5 % der Produktoberfläche bedeckt.

# Tests im Freien

Mit seinen zahlreichen Produktionszentren und dank internationaler Präsenz hat Legrand ein 10-jähriges umfassendes Prüfprogramm auf verschiedenen Kontinenten auf den Weg gebracht.

ZnAl-Kabelrinne aus dem Jahr 2012:



Parallel dazu besteht bei zwei Arten von Tests, bei denen sicherlich infrage gestellt werden kann, wie realistisch sie in Bezug auf eine gegebene Umgebung sind, der Vorteil einer einfachen Reproduzierbarkeit und Standardisierung: Das sind der Salzsprühtest und der Schwefeltest. Dabei sind jedes Mal bestimmte Merkmale wie Temperatur, Hygrometrie und Verschmutzung gegeben, die im Labor reproduziert werden können.

Da sich die Herstellungsverfahren für Drahtgitter, Metallkabelrinnen oder kleines Zubehör leicht unterscheiden, ist ein Vergleich interessant, um festzustellen, welche Produkte oder Prozesse die Leistungsfähigkeit des Systems beeinträchtigen.

HR- und HDG-Produkte lassen sich ohne Schwierigkeiten mischen; das Risiko der galvanischen Korrosion ist vernachlässigbar. Aber die Leistungsfähigkeit des Systems wird dabei auf die Merkmale der HDG (Klasse 6) beschränkt sein.

# Salzsprühtest

Der (neutrale) Salzsprühtest nach ISO 9227 ist die häufigste und anerkannteste Prüfung für Gitter-/ Kabelrinnen, Referenz IEC 61537:



Die zyklische neutrale Salzsprühprüfung mit Natriumchlorid-Lösung (NaCl5 %) bei neutralem pH-Wert und einer Temperatur von 35 °C gemäß ISO 9227 ist eine standardisierte Bewertung der Korrosionsfestigkeit metallischer Werkstoffe, die einen relativ schnellen Vergleich zwischen mehreren Produkten ermöglicht.

**SALZSPRÜHTEST (FORTSETZUNG)**

**CF 54/200 HDG 850 h  
Salzsprühtest:**  
Rost mehr als 5 %  
Produkte sind nicht mehr  
vorschriftsgemäß



**HDG-Kompakthalter  
1250 h Salzsprühtest:**



**PFN41S HDG 850 h  
Salzsprühtest:**



**HDG-Schiene Stärke 2 mm  
1200 h Salzsprühtest**



**BTRCC Zinkreiche  
Beschichtung 2000 h  
Salzsprühtest:**  
Der Masseverlust ist bedeutend



**CF 54/200 ZnAl 2000 h  
Salzsprühtest:**  
Ausbreitung von weißem Rost,  
kein roter Rost



**ZnMg-Kompakthalter 1250 h  
Salzsprühtest:**



**PFN41S ZnNi 1250 h  
Salzsprühtest:**



**ZnMg-Schiene Stärke 2 mm  
1200 h Salzsprühtest**



**BTRCC ZnNi 2000 h  
Salzsprühtest**  
Produkte sind weiterhin  
vorschriftsmäßig

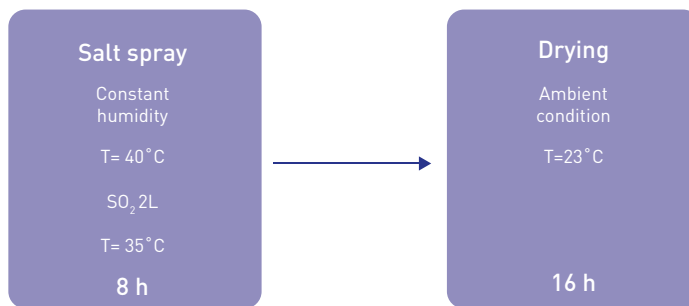
Wenn feuerverzinkt, sind die Produkte bei 850 Stunden nicht mehr vorschriftsmäßig. Bei 2000 Stunden sind sie fast vollständig mit rotem Rost bedeckt.

Gemäß EN ISO 14713-1 ist es im Fall der Feuerverzinkung akzeptabel, dass der Zinkverlust in maritimer Umgebung (C5\*) mindestens 4 bis 8 µm pro Jahr beträgt. Wir stellen fest, dass dies bei Legierungen wie ZnAl und ZnMg nicht der Fall ist. Diese weisen einen viel geringeren Verlust auf.

# Schwefeldioxid-Test

Der Salzsprühtest darf nicht die einzige Prüfung zur Beurteilung der Korrosion in kritischen Umgebungen sein. Deshalb empfehlen wir zusätzliche Tests, damit eine Oberflächenbehandlung ausgewählt wird, die für die Umgebung, in der das Produkt verwendet wird, optimal ist.

Der Schwefeldioxid-Test (SO<sub>2</sub>-Test oder auch „Kesternich“-Test genannt) ist eine ausgezeichnete ergänzende Prüfung, die im Labor stattfindet.



**Prüfergebnisse:**

24 h, EDRN in zinkreicher Beschichtung  
(in Kombination mit HDG):  
Roter Rost > 5 %.

24 h, ZnNi EDRN (in Kombination mit ZnAl):  
Nicht vorhanden



**Kabelrinne HDG 55 µm.**  
Auftreten von rotem Rost bei 384 h

**Kabelrinne ZnMg.**  
Auftreten von rotem Rost bei 456 h



Zink-Nickel- und Zink-Magnesium-Legierungen halten dieser Art von Prüfung besser stand als Zinklamellen und feuerverzinkte Produkte.

\*Siehe die Tabelle mit der Beschreibung der Kategorien im Anhang auf Seite 23



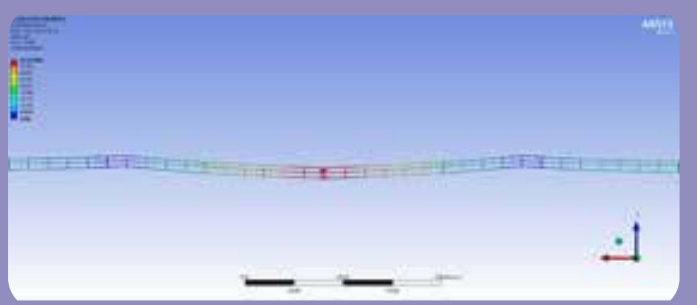
# MECHANISCHE FESTIGKEIT

Die mechanische Festigkeit von Gitter-/ Kabelrinnen bestimmt sich durch die Duktilität, Streckfestigkeit und Bruchdehnung des Stahls, aber auch durch dessen Schweißbarkeit. Der Schutz bzw. die Beschichtung hat keinen Einfluss auf die mechanische Festigkeit. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein durch Elektroverzinkung, eine Zink-Aluminium-Legierung, eine Zink-Magnesium-Legierung oder Feuerverzinkung geschützter Stahl seine mechanische Festigkeit beibehält.

Es gibt keinen Unterschied in den Lastwerten je nach Oberfläche.

Die Porosität und der Reibungskoeffizient von ZnMg- und ZnAl-Oberflächen sind jedoch deutlich niedriger als HDG-Oberflächen.

Daher gleiten die Kabel auf den HR-Oberflächen besser, es entsteht weniger Abrieb, und Kabel lassen sich einfacher ziehen.



Dabei ist der Zinküberzug auf feuerverzinkten Produkten relativ dick (55 µm). In Fällen, in denen die HDG-Beschichtung dicker als 85 µm ist, wäre der Effekt aus zwei Gründen kontraproduktiv:

- **Korrosion.** Je dicker der Überzug, desto spröder ist er und neigt zu Rissbildung; es entstehen Risse, die manchmal für das Auge sichtbar sind oder sogar aufbrechen. Gemäß **EN ISO 1461** können bei mechanisch beanspruchten Teilen Haftungsprüfungen erforderlich sein. Gemäß **EN ISO 1461** Tabelle 1 Anhang D ist als maximal mögliche Dicke auf einem Stahlsubstrat von mindestens 6 mm eine HDG-Schicht von maximal 85 µm akzeptabel.
- **Gewicht:** Im Durchschnitt macht eine HDG-Schicht von 55 µm Gitter-/ Kabelrinnen um 7 % bis 10 % schwerer als eine Zink-Aluminium- oder Zink- Magnesium-Beschichtung, insbesondere auf dünnwandigen oder reaktiven Stählen. Würde die Verzinkungsdicke erhöht, hieße das, dass sich die Belastbarkeit verringert.

China verfügt über eine Kapazität von mehr als 110 Millionen Tonnen mit Zink und mit Zinklegierung behandelte Stahlbleche [ZHANG Qifu, JIANG Sheming, *Development of Zinc and Zinc-alloy Coated Steel Sheets in China*, National Engineering Laboratory of Advanced Coating Technology for Metals, China Iron & Steel Research Institute Group, S. 1]. Laut dem Chinesischen Verband der Automobilindustrie (CAAC) beliefen sich die Fahrzeug-Verkaufszahlen in China 2020 auf 25 Millionen Stück. Das Gewicht ist einer der Hauptgründe, warum die Automobilindustrie in den letzten Jahren von HDG auf ZnMg-Legierungen umgestiegen ist. Diese Entwicklung hat sich mit dem Aufstieg des Elektroautos weiter beschleunigt.

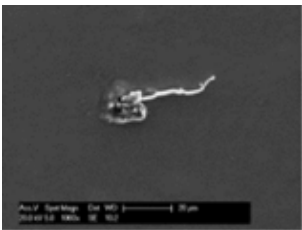


# ZINK- WHISKER

Whisker sind seit den 1940er-Jahren immer wieder Thema. Es begann mit Blech-Whiskern und hat sich in den letzten Jahrzehnten im Bereich der Rechenzentren mit Zink-Whiskern fortgesetzt

Ohne darauf einzugehen, wie sich diese Whisker in einem Computerraum – nicht unbedingt nachweisbar – auswirken, ist bekannt, dass sich auf der Oberfläche von verzinktem Stahl unter bestimmten Bedingungen reine Zinkauswüchse bilden können, wenn die Zinkatome komprimiert werden. Diese Auswüchse mit einem Durchmesser von ca. 2 µm können sich in der Folge ablösen und an elektronischen Platinen oder elektrischen Bauteilen kleben bleiben, ohne dass bisher schädliche Auswirkungen nachgewiesen wurden.

## Zink-Whisker, x 1000



Zink-Whisker finden sich auch auf anderen Oberflächen. Bisher wurde keine derartige Auswuchsbildung bei vorbeschichteten Oberflächen (ZnAl/ZnMg) oder auf Zink-Nickel-Legierungen oder feuerverzinkten Produkten beobachtet.

In einer Rechenzentrums Umgebung, wo Temperatur und Hygrometrie kontrolliert sind und keine Verschmutzung vorliegt, empfiehlt Legrand galvanisch verzinkte Oberflächen, wie auch die Hersteller von Servern, Switches oder Elektronikgeräten, die dieses Verfahren für ihre Gehäuse und Abdeckungen einsetzen. Die Gefahr durch Zink-Whisker wird im Gegensatz zu den Risiken durch elektrostatische Entladung als gering eingeschätzt.

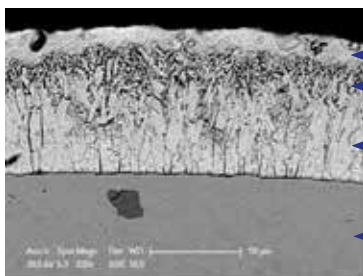


# ERSCHEINUNGSBILD

## Betrachtung mittels Rasterelektronenmikroskopie

Am wahrscheinlich effizientesten lassen sich Produkte unter einem Rasterelektronenmikroskop (REM) betrachten.

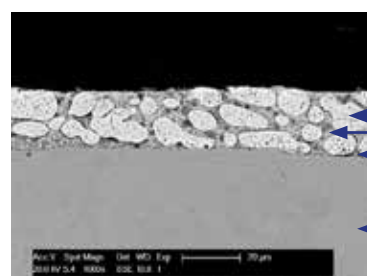
**Querschnitt HDG 55 µm x 620**



- Reines Zink
- 94 % Zink, 6 % Eisen
- 90 % Zink, 10 % Eisen
- Stahlsubstrat

Auf dem Stahlträger besteht die galvanische Beschichtung aus einer Schicht Eisen-Zink-Legierungen, gefolgt von einer Abschlusschicht aus reinem Zink.

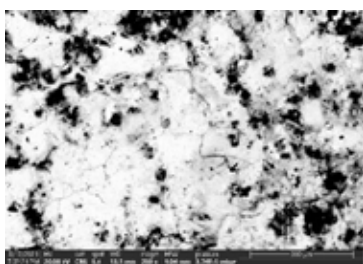
**Querschnitt HDG 55 µm x 620 Querschnitt ZnAl x 1000**



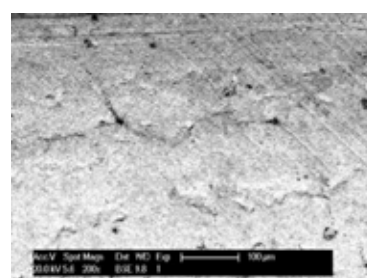
- Reines Zink
- Al / Zn / Mg
- Dünne Schicht Aluminium
- Stahlsubstrat

Auf dem Stahlsubstrat wird eine dünne Aluminiumschicht ausgebildet, die mit einer relativ homogenen Zink-Aluminium-Legierung überzogen ist.

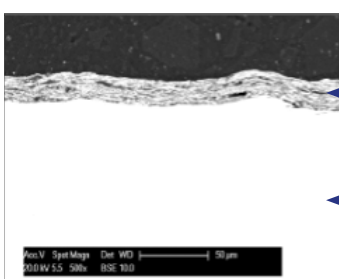
**HDG-Oberfläche x 200**



**ZnAl-Oberfläche x 200**

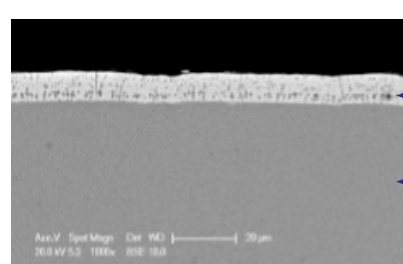


**ZnL-Querschnitt x 500**



- Zinkreiche Beschichtung
- Stahlsubstrat

**ZnNi-Querschnitt x 1000**



- Zink Nickel
- Stahlsubstrat

# Allgemeines Erscheinungsbild

Feuerverzinkte Produkte sind hell, sowohl als Draht als auch als Blech:



**P31 feuerverzinkt am Ende der Produktion**

Das Aussehen der Beschichtung auf einem feuerverzinkten Produkt variiert je nach Stahl. Stähle mit weniger als 0,03 % bzw. 0,04 % Silizium (Si) begünstigen ein schönes, gleichmäßiges Erscheinungsbild, während solche mit Phosphor (P) reaktiver sind, mit einem matteren, fleckigen oder raueren Aussehen.



Zink-Magnesium-Produkte sind GS-Produkten optisch sehr ähnlich: glatt, mit sehr wenigen Unregelmäßigkeiten.



Zink-Aluminium-Produkte haben ein mattes Aussehen mit wenig Glanz. Bei genauer Betrachtung lassen sich eine leichte Stumpfheit, ein Schleier oder weiße Lichthöfe beobachten:



Angelaufener Draht



Weißer Schleier



Schwärzung am Ende des Drahtes



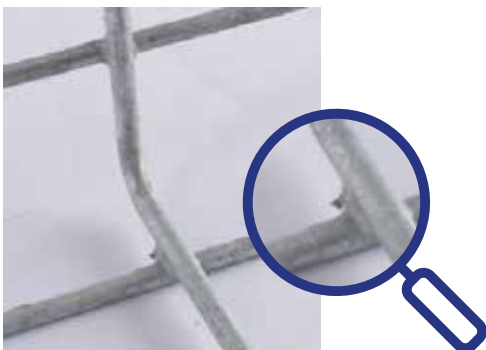
Weiße Lichthöfe an der Schweißnaht

# Zinklamellen

Beim Feuerverzinken kann das Eintauchen von Stahl in ein geschmolzenes Zinkbad mit einer Temperatur von 450 °C zu Tropfen, Noppen, Bärten, Schleiern oder Abläufen aus Zink („Zinklamellen“) führen.

Die Norm **EN ISO 14713** Kapitel 5 und 6 bestimmt die Qualität des Zinküberzugs bei der Feuerverzinkung.

## Zinklamellen und -tropfen auf Gitter- und Kabelrinnen aus Draht und Blech



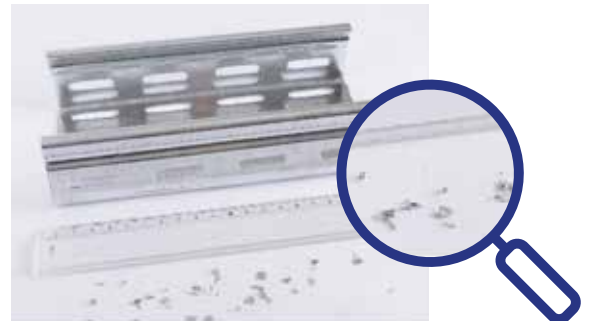
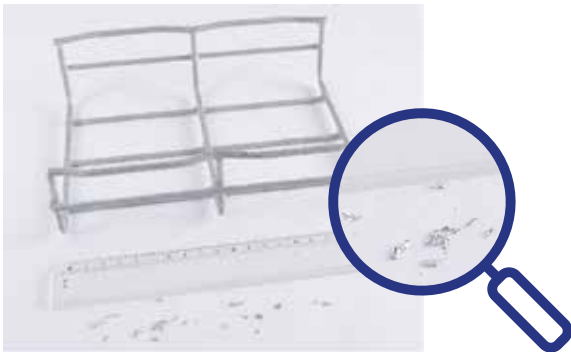
Ein Überschuss bei der Dicke wird toleriert, solange dieser nicht scharf, störend oder für den Verwendungszweck des Produkts gefährlich ist. Eine senkrechte Beobachtung im Abstand von einem Meter, ohne visuelle Unterstützung, ohne dass sich störende Effekte zeigen, wird als akzeptabel betrachtet (gemäß **EN 13438**).

## ERSCHEINUNGSBILD

### ZINKLAMELLEN (FORTSETZUNG)

Es gibt Möglichkeiten, die Bildung von Zinktropfen zu begrenzen (z. B. durch Vibration), aber es ist fast immer menschliches Eingreifen erforderlich, um an bestimmten Stellen scharfe oder störende Lamellen zu beseitigen. Es ist schwierig, Gitter-/ Kabelrinnen ganz ohne Lamellen herzustellen. Die damit verbundene Arbeit ist wichtig, da beim Entfernen der Unregelmäßigkeiten nicht die Zinkschicht auf dem Stahlsubstrat mit entfernt werden darf. Es ist auch deshalb wichtig, weil die hinteren Befestigungspunkte mit einem zinkangereicherten Lack behandelt werden müssen.

Entgratete HDG-Teile

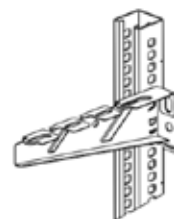
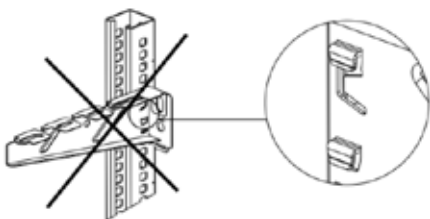


#### Überzugdicke:

In manchen Fällen kann die Dicke der Feuerverzinkung problematisch sein. Es kann vorkommen, dass sich Produkte nicht montieren lassen. Zum Beispiel in der Konfiguration eines CB-Trägers in HDG auf einer HDG-Schiene mit schraubenlosem Haken. In diesem Fall ist der CB in ZnMg auf ZnMg-Schiene empfehlenswert.

HDG

ZnMg



# Natürliche Entwicklung

Bei feuerverzinkten Produkten nimmt der Glanz mit der Zeit ab:

Wenn Wasser auf einer feuerverzinkten Oberfläche steht, verhindert dies die Bildung einer so genannten Patina, und es erscheinen schnell weißliche Flecken, hauptsächlich aus basischem Zinkoxid und Zinkhydroxid. Weißer Rost ist nur optisch störend und kann mit einem Hochdruckreiniger, gefolgt von einer Schnelltrocknung, beseitigt werden.



Weißer Rost auf einer Abdeckung

Bei Zink-Aluminium, einige Wochen nach Herstellung:

- 1) Es entsteht eine homogenere Färbung.
- 2) Potenzielle verzogene, weiße oder schwarze Flecken verschwinden. Aber in einem geringeren Ausmaß ist das Produkt empfindlich gegen weißen Rost.
- 3) Am Ende nicht geschützter Drähte nach Schneidvorgängen im Herstellungsprozess kann leichter roter Rost auftreten. Das Produkt wird im Laufe der Zeit bei Lagerung im Freien matt. Es kommt zur Selbstreparatur, und die Enden überziehen sich mit einer grauweißen Schutzschicht mit etwas rotem Rost. Ein Teil des roten Rosts kann zurückbleiben, das ist jedoch nur kosmetisch, es kommt nicht zu einem Verlust an Masse.



Oberflächlicher roter Rost auf der Schnittfläche

4) Das Produkt wird matt



# VERHALTEN BEIM SCHNEIDEN

## Nach der Herstellung

Die Zink-Aluminium-Beschichtung hat den Vorteil, dass die Schnitte „heilen“, die nach den Vorgaben von Legrand vorgenommen werden.

Das Prinzip dieses Selbstheilungseffekts ist recht einfach. In der Anfangsphase der Korrosion wird die Beschichtung durch eine dünne Aluminiumoxidschicht, die auf natürliche Weise an der Oberfläche der Beschichtung auftritt, gehemmt. In fortgeschrittenen Korrosionsstufen decken die Korrosionsprodukte aus Aluminium die Oberfläche mit einer kompakten weißlichen Schicht ab, die eine fortschreitende Korrosion verhindert.

Diese Schicht breitet sich aus und bedeckt angrenzende Bereiche, die nicht von dem Zink-Aluminium-Überzug bedeckt sind (z. B. Kratzer, die durch die Beschichtung gehen). Kanten werden zunächst durch die Opferwirkung des Zinks (galvanischer Effekt) geschützt, später durch die Korrosionsprodukte aus Aluminium, die die Kanten allmählich bedecken. Die Schutzschicht bedeckt den Schnitt ganz oder teilweise.

Große Drahtdurchmesser können somit eine sehr kleine sichtbare Restmenge an rotem Rost in der Drahtmitte aufweisen, ohne dass jedoch die Gefahr besteht, dass er sich in die Tiefe, innen im Draht, fortsetzt. Der Effekt tritt mehr oder weniger schnell (in den Monaten nach der Installation) ein, je nachdem, wie exponiert die Produkte sind.

Lebenserwartung - Salzsprühstest	HDG	ZnAl
Nach der Herstellung	 Schnitt und feuerverzinkt	 Kalter Schnitt
Nach 48 h Salzsprühstest	 Schutz durch Zink. Menge nimmt ab	 Erstellung einer dünnen Schicht aus Aluminiumoxiden, die Kante ist geschützt
Nach 850 h Salzsprühstest	 Rostiges Produkt	 Kein oder wenig roter Rost
Nach 2000 h Salzsprühstest	Produkte zu stark beeinträchtigt	 Mehrheitlich weißer Rost, kein roter Rost zu diesem Zeitpunkt

Dank der T-Schweißnaht\* betrifft die Anzahl der sichtbaren Schnitte an den Cablofil-Gitterrinnen nur die Enden und stellt einen sehr kleinen Teil der Kabelrinne dar. Beispielsweise beträgt das Verhältnis  $\frac{\text{ratio endpoints}}{\text{total surface}}$  in CF54/300 0,61 %.

Da die Opferwirkung an den Abschrägungen nur begrenzt funktioniert, wäre ein zusätzlicher Zinkschutz erforderlich.



# Werkzeuge zum Schneiden vor Ort

## ■ Cuty fil, oder Bolzenschneider



Am Draht eignet sich dieses Schneidwerkzeug. Der Puffereffekt ist groß. Es ist empfohlen, bei ZnAl einen Sprühlack mit mehr als 90 % Zinkstaub zu verwenden, um unschöne Schnitte zu vermeiden. Dieser Schutz ist beim Schneiden von feuerverzinkten Produkten Pflicht, um Korrosion zu verhindern. Der Träger muss für guten Halt sauber sein.

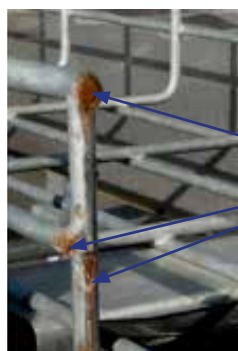
## ■ Schleifer



Achtung: Für dieses Werkzeug braucht es ggf. eine Genehmigung für Heißenarbeiten. Ein Schneiden mit dem Schleifer sollte aus zwei Gründen vermieden werden:

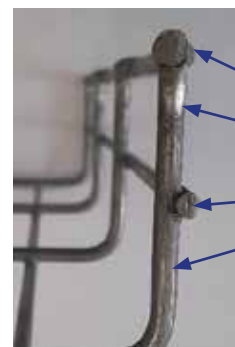
1. Erstens entsteht bei HDG wie auch bei ZnAl oder ZnMg Staub, was zu vermeiden ist, auch wenn das Risiko deutlich unter dem Arbeitsplatzgrenzwert liegt (z. B. französische Regelung: FDS VLEP Abschnitt 8).
2. Zweitens besteht eine Gefahr für die Korrosionsbeständigkeit der Produkte. Der Trennvorgang erfolgt bei sehr hoher Temperatur, was schwarze Brandspuren und deutliche Unregelmäßigkeiten in Form von Stahlspänen hinterlässt, die oft abgefeilt werden müssen. Die Enden eines mit einem Schleifer geschnittenen Drahtes sind beschädigt und unabhängig von der Oberfläche ist ihr Schutz beeinträchtigt. Der Versuch, mit diesem Werkzeug saubere Abschrägungen auszuführen, birgt die Gefahr, dass es an allen Teilen, die von der Schleifscheibe berührt werden, zu Korrosion kommt, ohne dass dies zu diesem Zeitpunkt bemerkt wird. Nach 14 Tagen in einer C3\*-Umgebung (ISO 9223) lässt sich an den vom Schleifer berührten Teilen Folgendes beobachten:

HDG-Produkt: Erscheinen von rotem Rost. Es wird keine ausreichend heilende Wirkung erreicht, um dieses Teil erneut zu schützen.



Roter Rost

ZnAl-Produkt: signifikanter Heilungseffekt. Jedoch sind die betroffenen Teile gegenüber Korrosion anfälliger.



Heilungseffekt

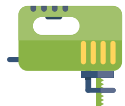
Die einzige Empfehlung zur Vermeidung von Korrosion beim Einsatz des Schleifers an ZnAl, ZnMg, HDG oder sogar galvanisch verzinkten Produkten besteht darin, einen speziellen Lack zu verwenden.

\*Siehe die Tabelle mit der Beschreibung der Kategorien im Anhang auf Seite 23

# VERHALTEN BEIM SCHNEIDEN

## WERKZEUGE ZUM SCHNEIDEN VOR ORT (FORTSETZUNG)

### ■ Stichsäge



Dies ist das Werkzeug der Wahl zum Schneiden von Blech. Sie ist schnell, verursacht aber Vibrationen der Kabelrinne, sie hinterlässt einige Stahldrähte und hat eine gute Pufferwirkung. Der Auftrag eines speziellen Lacks an den Schnittkanten von HDG-Produkten ist zwingend erforderlich.

### ■ Ausklinkwerkzeug

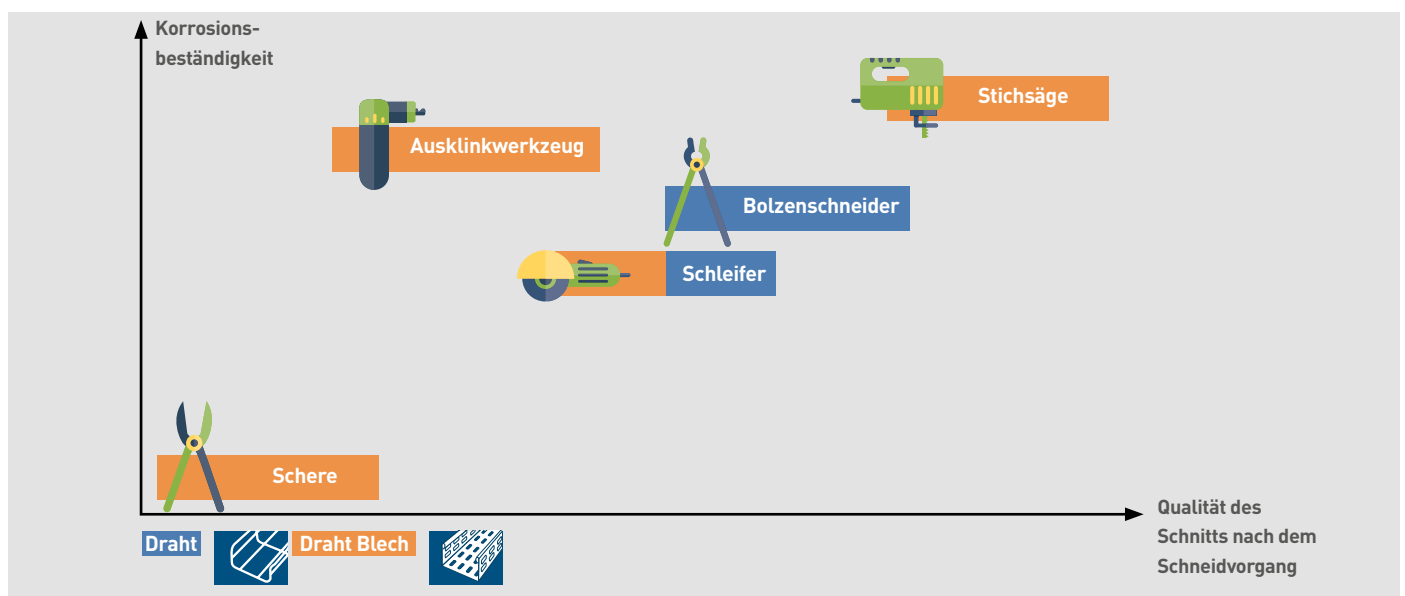


Wirksam zum Schneiden des Bodens der Kabelrinne. Es ist in den Regalen schwieriger zu verwenden und kann lokale Verformungen verursachen, die bei der Montage der Schienenlaschen unter Umständen zu Spannungen führen. Der Auftrag eines speziellen Lacks an den Schnittkanten von HDG-Produkten ist zwingend erforderlich.

### ■ Schere



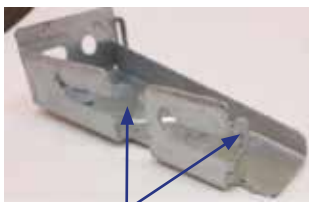
Nicht geeignet zum Schneiden von Gitter-/ Kabelrinnen mit komplexen Geometrien. Der Schneidvorgang führt eher dazu, dass Material abreißt, wodurch der Zinkschutz teilweise oder vollständig entfällt. Es sollte daher vermieden werden.



Zink-Aluminum- oder Zink-Magnesium-Produkte reagieren sehr gut auf Schneidvorgänge. Es tritt ein signifikanter Heilungseffekt auf. Bei HDG-Produkten gibt es auch einen Heilungseffekt, der jedoch begrenzter ist. Zum Beispiel würde ein durchtrennter HDG-Draht sofort zu korrodieren beginnen, daher die zwingende Notwendigkeit, Schnitte, tiefe Kratzer oder andere nicht mehr einwandfreie Teile vor Ort wieder zu schützen.

# ÜBERLAPPUNGSPHÄNOMEN UND SCHUTZ GEBOGENER TEILE VOR ORT

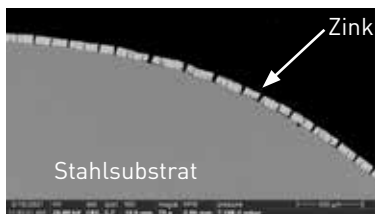
Die Kabelrinnen können vor Ort gefaltet werden, zur Anpassung an die Auslegung und Verzweigungen oder auch, um das System auszusteifen:



**Vor Ort gebogene Teile**

Beim Falten eines bereits beschichteten HDG-Blechs oder -Drahts ist zu sehen, dass die verzinkte Beschichtung beschädigt ist, auf der Innen- und Außenseite des Produkts, wodurch der Stahl am Boden der Risse freiliegt:

**Querschnitt HDG x 70 vor Salzsprühtest**

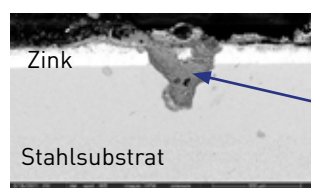


Nach und nach bedeckt sich der Boden dieser großen Risse mit einer Schicht aus Zinkoxid, die den Stahl schützt. Die feinsten Risse werden mit Zinkoxiden gefüllt.

**Querschnitt HDG x 200 nach dem Falten, dann nach 550 h Salzsprühtest**



An einigen Stellen ist Zinkoxid in der Dicke des Überzugs vorhanden, aber auch Eisenoxid, die Korrosion hat sich durch die Zinkschicht gefressen und breitet sich am Substrat aus:

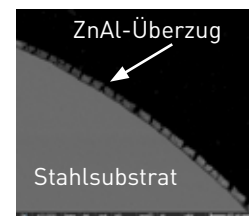


Die Risse wurden teilweise, an einigen Stellen vollständig durch die während der Prüfung gebildeten Zinkoxide gefüllt. Es ergibt sich ein recht guter Heilungseffekt.



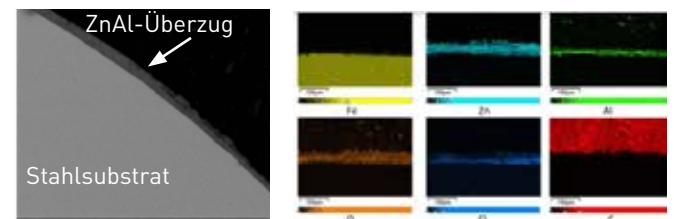
**Gebogener ZnAl-Draht**

**Querschnitt ZnAl x 100 vor Salzsprühtest**



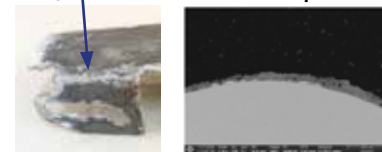
Risse werden in der Beschichtung hauptsächlich an der Außenseite der Biegung beobachtet. Nach 850 h Salzsprühtest sind die Risse nicht mehr sichtbar:

**Test nach 850 h Salzsprühtest - SEM x 100**



Bei ZnMg ist das Rissphänomen ähnlich wie bei ZnAl, sowie das Phänomen der Überlappung und des Schutzes:

**Gebogenes ZnMg-Blech ZnMg x 100 nach Verformung und 2000 h Salzsprühtest:**



→ Gebogene HDG-Produkte sind potenziell anfällig für eine beschleunigte Korrosion und können mit zusätzlichem Schutzlack für höhere Haltbarkeit geschützt werden. ZnAl und ZnMg reagieren sehr günstig auf Verformung und der Heilungseffekt ist sehr ausgeprägt.

# SCHUTZ DER UMWELT

## ZINKVERBRAUCH

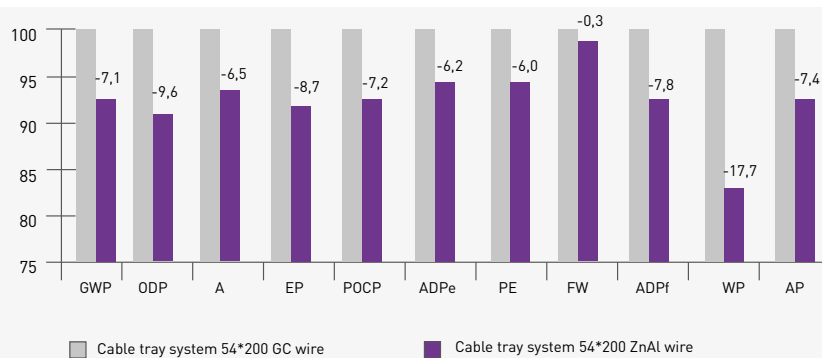
Laut der 2020 von Statista Research veröffentlichten Studie gibt es auf der Erde etwa 180 Millionen Tonnen Zink. Hauptsächlich in Australien, China, Mexiko und Peru. Bei der aktuellen Verbrauchsrate werden die Bestände in weniger als 20 Jahren aufgebraucht sein.

Nur 30 % des weltweit verwendeten Zinks stammt aus recyceltem Zink. Zink-Aluminium-Magnesium-Legierungen geben aufgrund der Stabilität des Korrosionsschutzüberzugs 6-mal weniger Zinkoxid (ZnO) an den Boden ab als die Feuerverzinkung.

## PEP-BEISPIEL (PRODUCT ENVIRONMENTAL PROFILE)



Die ZnAl- und ZnMg-Oberflächen zeichnen sich durch ihr Ökodesign aus. Zum Beispiel ist der Beitrag zur globalen Erwärmung von ZnAl (angegeben als GWP und ausgedrückt in kgCO<sub>2</sub>eq.) um 7,1 % niedriger als bei der Standard-HDG-Oberfläche (Hot-Dip Galvanising).



Auf Grundlage einer in Frankreich durchgeführten Studie über alle Phasen des Lebenszyklus des Referenzprodukts (54 x 200-System) hinweg, d. h. Herstellung, Vertrieb, Installation, Verwendung und Ende der Lebensdauer, hat das Cablofil ZnAl-Gitterrinnensystem systematisch eine geringere oder gleichwertige Umweltauswirkung wie das feuerverzinkte Pendant.

Vergleich gemäß PEP-Daten aus Frankreich zum „HDG“-Draht Kabelrinnensystem, zertifiziert 2020, und Kabelrinnensystem „für korrosive atmosphärische Umgebungen“, zertifiziert 2019 (auf identischer Berechnungsgrundlage: EIME & Datenbank CODE-2018-11) nach PEP Ecopassport Rules PSR-0003-ed1.1-DE-2015 10 16 - 3.2.2.1. Cable tray systems.

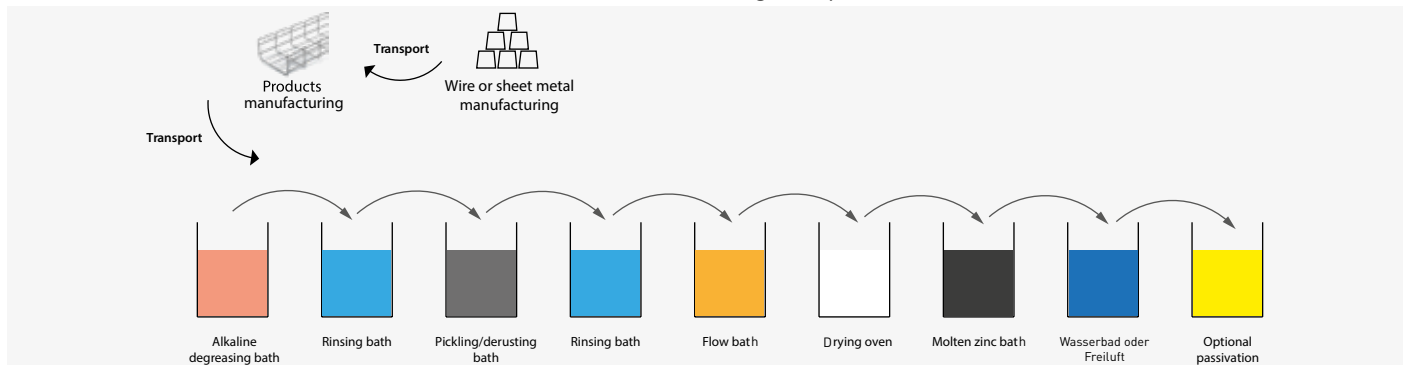
## VERSCHMUTZUNGSRISIKEN DURCH KORROSION

Laut der Studie von Gerhardus Koch, Jeff Varney, Neil Thompson, Oliver Moghissi, Melissa Gould und Joe Payer in der 2016 von der NACE durchgeführten internationalen Impact-Studie „International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies“ ist *Korrosion ein großes Problem in der Industrie: Die Gesamtkosten der Korrosion, die alle Mittel der Bekämpfung von Korrosion, den Austausch korrodierter Teile oder Strukturen und die unmittelbaren und mittelbaren Folgen von Unfällen aufgrund von Korrosion einschließen, wurden für das Jahr 2013 auf 3,4 % des weltweiten Bruttoinlandsprodukts geschätzt. Jede Sekunde werden etwa fünf Tonnen Stahl in Eisenoxid umgewandelt. Man kann sich leicht die Verschmutzung vorstellen, die ungeschützte oder schlecht geschützte Produkte verursachen.*

## VERSCHMUTZUNGSRISIKEN IM ZUSAMMENHANG MIT DEN SCHUTZPROZESSEN

### Feuerverzinkungsprozess

Vor der Feuerverzinkung muss das Metall gereinigt (entfettet, gebeizt, gespült) und oft mit Lösungsmitteln oder Salzsäure (HCl) behandelt werden. Bei diesem Prozess entstehen Wasserverschmutzung, Dämpfe und feste Rückstände wie Zinkasche und Zinkmatte.

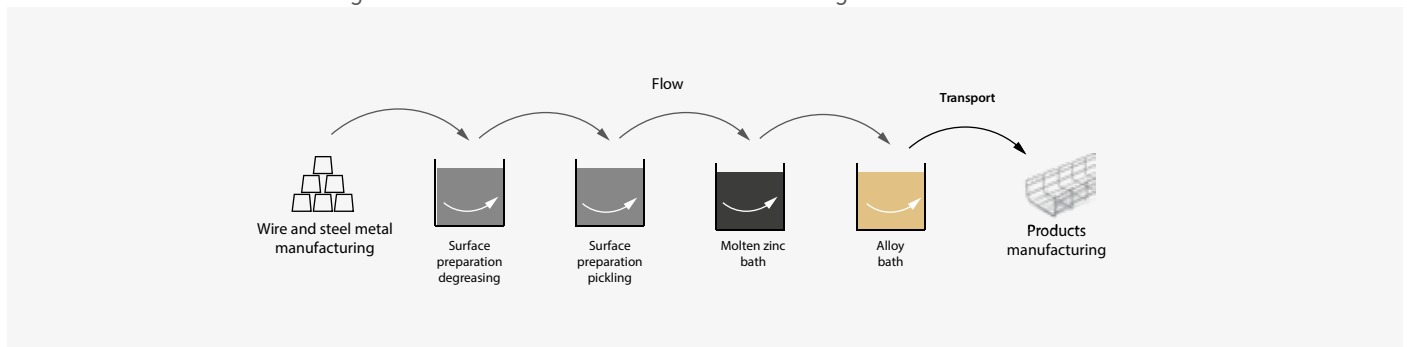


Geschmolzene Zinkbäder sind energieintensiv und können an Wochenenden oder bei Urlaub nicht abgeschaltet werden. Die hohe Temperatur und das Zink neigen dazu, sich in die Struktur der Tiegel (Stahltanks) zu fressen, und sie müssen zudem regelmäßig gewechselt werden, um das Risiko von Zwischenfällen und des Austritts von Zink am Produktionsstandort zu verhindern, was oft mehrere Wochen Abschaltung erfordert. Anlagen wurden schon häufig modernisiert, um diese Verschmutzung zu begrenzen und einen Teil des Abfalls zu recyceln, aber nicht alle Anlagen weltweit wenden dieselben Präventions- und Kontrollstandards an und unterliegen denselben Normen.

Es gab bereits **rechtliche Schritte gegen Hersteller**, die mit dieser Verschmutzung fahrlässig umgingen, etwa seitens der Einwohner von Graham in den Vereinigten Staaten, mithilfe von BREDL, gegen den Verzinker South Atlantic im Jahr 2012.

### ZnAl- und ZnMg-Prozess

Auch bei der Herstellung von Zink-, Magnesium- oder Aluminiumprodukten kommt es zu Verschmutzungen. Aber der vereinfachte Prozess und weniger Bäder machen ihn für die Umwelt weniger belastend:



**Die in Gitter- und Kabelrinnen aus ZnAl (Zink-Aluminium), ZnMg (Zink-Magnesium) oder ZnNi (Zink-Nickel) verwendeten HS-Legierungen (hochwiderstandsfähig) weisen eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit auf, insbesondere bei Salzsprühtests und insbesondere an Schrauben und Bolzen, die häufig der wunde Punkt von HDG-Anlagen (Feuerverzinkung) sind. Die Heilung nach dem Schneiden und Biegen ist ausgezeichnet. Das geringere Gewicht der Oberfläche ist ein wichtiger Vorteil. Die Umweltbelastung durch diese Oberflächen fällt geringer aus.**

# ANHANG

**BESCHREIBUNG TYPISCHER ATMOSPHERISCHER UMGEBUNGEN IN BEZUG AUF DIE ABSCHÄTZUNG DER KORROSIVITÄTSKATEGORIEN (NACH ISO 9223)**

KORROSIVITÄTS-KATEGORIE <sup>a</sup>	KORROSIVITÄTS-	STANDARDUMGEBUNGEN - BEISPIELE <sup>b</sup>	
		INNEN	AUSSEN
C1	Sehr niedrig	Beheizte Räume mit niedriger relativer Luftfeuchtigkeit und niedriger Umweltverschmutzung (Büros, Schulen, Museen)	Trockene oder kalte Zone, Umgebung mit minimaler Feuchtigkeit (einige Wüsten, Arktis, zentrale Antarktis)
C2	Niedrig	Unbeheizte Bereiche mit schwankender Temperatur und relativer Feuchtigkeit. Geringe Kondensationsrate und wenig Verschmutzung (Lager, Sporthallen)	gemäßigte Zone, Umwelt mit geringer Luftverschmutzung (SO <sub>2</sub> < 5 µg/m <sup>3</sup> ) (ländliche Gebiete, Kleinstädte) Trockene oder kalte Zone, atmosphärische Umgebung mit kurzlebiger Feuchtigkeit (Wüsten, subarktische Region)
C3	Durchschnittlich	Bereiche mit mittlerer Kondensationsrate und mäßiger Verschmutzung durch Produktionsprozesse (Lebensmittelfabriken, Wäschereien, Molkereien)	Gemäßigte Zone, Umgebung mit durchschnittlicher Luftverschmutzung (SO <sub>2</sub> = 5 µg/m <sup>3</sup> bis 30 µg/m <sup>3</sup> ) oder mäßiger Chloridbelastung (städtische Gebiete, Küstengebiete mit wenigen Chlorid-Lagerstätten) Subtropische und tropische Zonen mit niedriger Luftverschmutzung
C4	Hoch	Bereiche mit hoher Kondensationsrate und starker Verschmutzung durch Produktionsprozesse (industrielle Verarbeitungsanlagen, Schwimmbäder)	Gemäßigte Zone, Umgebung mit sehr hoher Luftverschmutzung (SO <sub>2</sub> = 30 µg/m <sup>3</sup> bis 90 µg/m <sup>3</sup> ) oder Chloridbelastung (verschmutzte städtische Gebiete, Industriegebiete, Küstengebiete mit weder salzhaltigem Spritzwasser noch Kontakt mit der starken Wirkung von Streusalz) Subtropische und tropische Gebiete mit mittlerer Luftverschmutzung
C5	Sehr hoch	Bereiche mit sehr hoher Kondensationsrate und/oder sehr hohen Verschmutzungsgraden durch Produktionsprozesse (Bergwerke, Lagerstätten für industrielle Verwertung, unbelüftete Schuppen in subtropischen und tropischen Gebieten)	Gemäßigte und subtropische Zone, Umgebung mit sehr hoher Luftverschmutzung (SO <sub>2</sub> = 90 µg/m <sup>3</sup> bis 250 µg/m <sup>3</sup> ) und/oder starke Chloridbelastung (Industriegebiete, Küstengebiete, Schutzgebiete an der Küste)
CX	Extrem	Bereiche mit nahezu dauerhafter Kondensation oder längeren Expositionszeiten in Bezug auf extreme Auswirkungen von Feuchtigkeit und/oder hoher Verschmutzung durch Produktionsprozesse (unbelüftete Schuppen in feuchten tropischen Zonen, die das Eindringen extremer Verschmutzung, einschließlich Chloriden in der Luft und bestimmter Stoffe, die Korrosion begünstigen, ermöglichen)	Subtropische und tropische Zonen (sehr lange persistierende Feuchtigkeit auf Oberflächen, Umgebung mit sehr hoher Luftverschmutzung (SO <sub>2</sub> = Gehalt über 250 µg/m <sup>3</sup> ) einschließlich Begleitfaktoren und Produktion und/oder starke Chloridbelastung (extreme industrielle Zonen, Offshore-Küstengebiete, gelegentlicher Kontakt mit Salzsprühnebel)

a - In als Kategorie „CX“ eingeschätzten Umgebungen wird empfohlen, die Korrosivitätskategorie der Umgebungen anhand der Korrosionsverluste über ein Jahr zu bestimmen.

b - - Die Konzentration von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) sollte für mindestens ein Jahr bestimmt und als Jahresdurchschnitt angegeben werden.

Gewünschtes Leistungsniveau	Produktkorrosionsklasse nach IEC 61537	Mögliche Oberflächenschicht des Systems
<b>EZ</b> Galvanische Verzinkung mit Zink- basiertem elektrolytisch aufgebrachtem Überzug ISO-Norm 2081	Klasse 3	<b>EZ</b> <b>GS</b> <b>GC</b> <b>ZnL</b> <b>ZnAl</b> <b>ZnMg</b> <b>ZnNi</b>
<b>GC</b> Feuerverzinkt nach Herstellung Norm EN ISO 1461	Klasse 6	<b>GC</b> <b>ZnL</b> <b>ZnAl</b> <b>ZnMg</b> <b>ZnNi</b>
<b>ZnAl</b> Zink-Aluminium vor vor kontinuierlicher Herstellung mittels Sendzimir-Verfahren Standard EN 10244-2	Klasse 8	<b>ZnAl</b> <b>ZnMg</b> <b>ZnNi</b>
<b>304L</b> Norm EN 10088-2 und 10088-3	Klasse 9C	<b>304L</b> <b>316L</b>
<b>316L</b> Norm EN 10088-2 und 10088-3	Klasse 9D	<b>316L</b>

- GS** : Kontinuierliches Verzinken vor der Herstellung mittels Sendzimir-Verfahren
- ZnL** : Zinkreiche Beschichtung
- ZnMg** : Zink-Magnesium vor kontinuierlicher Herstellung mittels Sendzimir-Verfahren
- ZnNi** : Zink-Nickel Elektrolytisch aufgebrachtener Überzug auf Zink- und Nickelbasis

# CABLOFIL®

---

**Legrand GmbH**  
Am Silberg 14  
59494 Soest  
T 0 29 21 / 104-0  
[info.service@legrand.de](mailto:info.service@legrand.de)  
[www.legrand.de](http://www.legrand.de)