

Duplex-Systeme: Feuerverzinken plus Beschichten





INHALT

Duplex-Systeme	5	Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Duplex-Systemen	9	Duplex-Systeme im Offshore-Bereich	16
Feuerverzinken	6	Wirkungsweise von Duplex-Systemen	11	Auswahl von Korrosionsschutzsystemen	18
Beschichten	7	Praxisbeispiele	12	Ausschreibung und Ausführung von Duplex-Systemen	20
Wichtige Regelwerke zu Duplex-Systemen	8				

INSTITUT FEUERVERZINKEN GMBH

Das Institut Feuerverzinken GmbH ist die Serviceorganisation des Industrieverbandes Feuerverzinken e.V. Zu seinen Aufgaben gehört die firmenneutrale, problem-lösungsbezogene Beratung von Anwendern.

Weitere Informationen zum Feuerverzinken und zu Duplex-Systemen bietet www.feuerzinken.com.

Impressum

„Duplex-Systeme:
Feuerverzinken plus Beschichten“

Herausgeber:

Institut Feuerverzinken GmbH,
Postfach 14 04 51,
40074 Düsseldorf

Ein Nachdruck dieser Veröffentlichung ist – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und mit Quellenangabe gestattet.

Die zugrunde liegenden Informationen wurden mit größter Sorgfalt recherchiert und redaktionell bearbeitet. Eine Haftung ist jedoch ausgeschlossen.

Umschlagbilder:

Titelseite: Duplex-beschichtete Toranlage am Haus „Riva“ in Dortmund (Entwurf und Ausführung Michael Stratmann, Essen)
Rückseite: Ausbildungszentrum in Ingolstadt mit duplex-beschichteter Lamellenfassade (Architekten: Diezinger und Kramer)



Duplex-Systeme

Unter einem Duplex-System versteht man ein „Korrosionsschutz-System, das aus einer Feuerverzinkung nach DIN EN ISO 1461 in Kombination mit einer oder mehreren nachfolgenden organischen Beschichtungen besteht“. Beide Korrosionsschutzsysteme ergänzen sich in idealer Weise. Duplex-Systeme haben sich als Korrosionsschutz beispielsweise im Bauwesen, im Straßenverkehr oder in der Energieversorgung bewährt. Vorteile von Duplex-Systemen sind:

- **Lange Schutzdauer:**

Eine Feuerverzinkung schützt den Stahl zumeist für viele Jahrzehnte. Eine zusätzliche Beschichtung verbessert den langlebigen Korrosionsschutz der Feuerverzinkung. Die Schutzdauer von Duplex-Systemen ist in der Regel 1,2 bis 2,5 Mal länger als die Summe der jeweiligen Einzelschutzdauer einer Verzinkung und einer Beschichtung.

- **Gestalterische Gründe:**

Im Gegensatz zum metallischen Zinküberzug mit silbrigem oder grauem Aussehen ist es bei Duplex-Systemen möglich, die gesamte Palette der farblichen Gestaltung zu nutzen ohne auf einen dauerhaften Korrosionsschutz zu verzichten.



 Duplex-beschichteter Busbahnhof Aarau

(Entwurf: Vehovar Jauslin in Zusammenarbeit mit formTL; Foto: Niklaus Spoerri)

- **Signalgebung/Tarnung:**

Bei manchen Objekten ist eine farbige Kennzeichnung zur Warnung oder Identifikation erforderlich oder es kann mit entsprechenden Beschichtungsstoffen ein Tarneffekt erzeugt werden.

- **Zusätzliche Sicherheit:**

Wenn Stahlteile nach der Montage nicht mehr zugänglich sind oder wenn Kontroll- und Instandsetzungsarbeiten am Korrosionsschutz beispielsweise Betriebsunterbrechungen oder Staus verursachen, stellen Duplex-Systeme eine optimale und dauerhafte Lösung dar.

Das Duplex-System kommt der Forderung nach einem Korrosionsschutz ab Werk entgegen. Sowohl die Feuerverzinkung als auch die Beschichtungsarbeiten können unter definierten Bedingungen im Fachbetrieb ausgeführt werden. Baustellenarbeiten und Unwägbarkeiten durch Witterung und Temperatur sind nicht erforderlich. Belastungen der Umwelt durch Korrosionsschutzarbeiten vor Ort werden ebenfalls minimiert.

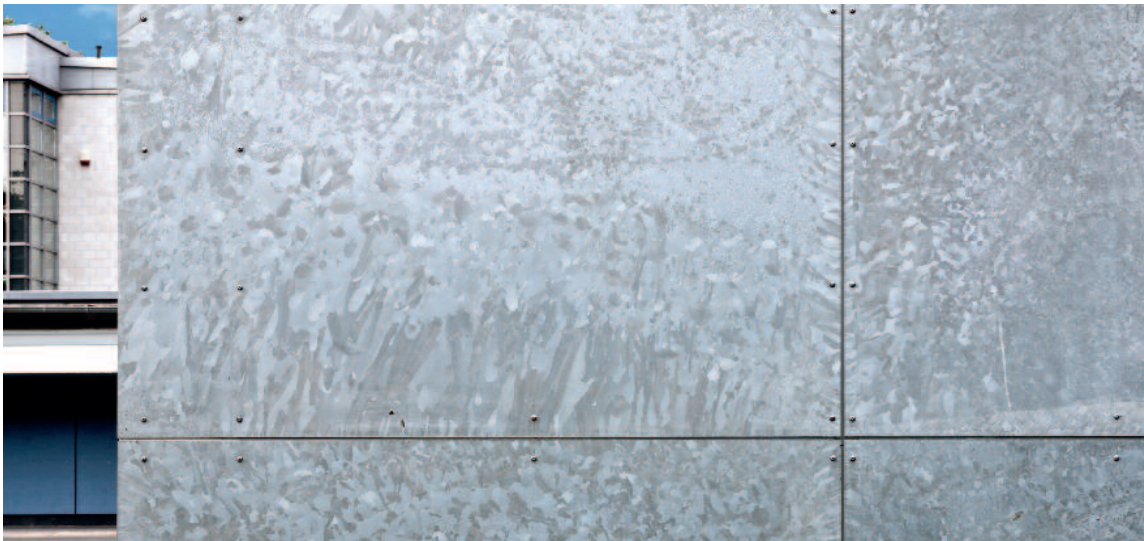
Feuerverzinken

Beim Feuerverzinken gemäß DIN EN ISO 1461 (Stückverzinken) werden bereits gefertigte Bauteile wie zum Beispiel Treppenkonstruktionen in eine flüssige Zinkschmelze am Stück eingetaucht. Hierdurch erhalten die Bauteile einen dauerhaften abrieb- und korrosionsbeständigen Zinküberzug mit Schichtdicken, die üblicherweise zwischen 50 und 150 Mikrometern oder darüber liegen. Stückverzinkte Bauteile erreichen abhängig von der

Zinkschichtdicke und der Korrosionsbelastung eine Korrosionsschutzdauer von bis zu 100 Jahren. Bedingt durch das Tauchverfahren werden Hohlprofile außen wie innen gleichermaßen geschützt. Eine Stückverzinkung gewährleistet im Gegensatz zu organischen Beschichtungen auch an Kanten einen optimalen Korrosionsschutz. Das Haupteinsatzgebiet von stückverzinktem Stahl sind Anwendungen im Außenbereich, da hier in der

Regel Schutzzeiträume von zumeist mehr als 50 Jahren erreicht werden müssen.

Durch Feuerverzinken wird zudem die Feuerwiderstandsdauer von Stahl verbessert. R30 ist vielfach mit feuerverzinkten Stahlkonstruktionen möglich, ohne dass es weiterer Brandschutzmaßnahmen bedarf. Mehr hierzu unter www.feuerverzinken.com/brandschutz.



 Feuerverzinkte Fassade der Werner-von-Siemens-Schule in Bochum (Architekten: Reiser und Partner; Foto: Rainer Grünewald)

Korrosionsschutzdauerangaben können irreführend sein

Duplex-Systeme bieten zumeist einen Korrosionsschutz für viele Jahrzehnte. Im Hinblick auf die Schutzdauer von Duplex-Systemen ist zu beachten, dass die für Duplex-Systeme relevanten Normen ausschließlich Angaben zur Schutzdauer des Beschichtungssystems machen und nicht die zusätzliche Schutzdauer der Feuerverzinkung berücksichtigen. Das Gesamtsystem aus Feuerverzinkung und Beschichtung zeichnet sich durch eine extrem lange Schutzdauer aus.



Beschichten

Beschichtungsstoffe, im Volksmund auch oftmals einfach nur „Farbe“ genannt, sind Materialien auf Basis unterschiedlicher Bindemittel, die als Flüssigbeschichtung oder als Pulverbeschichtung auf den Stahl aufgebracht werden. Beschichtungen werden auf verschiedene Weise appliziert, z. B. durch Streichen, Rollen oder Spritzen. Neben der korrosiven Belastung und der gewünschten Schutzdauer hängt die Schichtdicke eines Beschichtungssystems von der Anzahl der applizierten Schichten sowie der Stärke der einzelnen Schichten ab. Die Beschichtungssysteme werden in der Regel nach den Bindemitteln unterteilt. Diese verschiedenen Bindemittel werden zumeist in mehreren Schichten (Grund- und Deckbeschichtungen) und oftmals kombiniert aufgebracht. Typische Bindemittel für Stahlkonstruktionen im Baubereich sind: Alkydharze, Acrylharze, Epoxidharze, Vinylchloridharze, Polyurethanharze, Ethylsilikate sowie Pulverbeschichtungen mit Polyesterpulver bzw. Epoxidharzen. Die verschiedenen Bindemittel unterscheiden sich hinsicht-

➔ Duplex-
beschichtete
Fußgängerbrücke in
Rietberg.

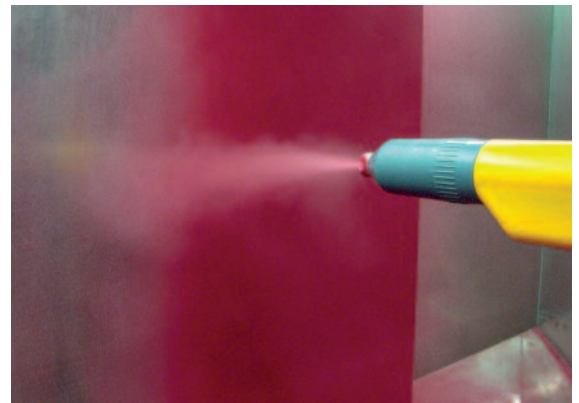


lich Glanz- und Farbhaltung, Abriebwiderstand, Härte, Schlagfestigkeit und Dehnbarkeit sowie Beständigkeit gegenüber chemischen Einflüssen.

Nassbeschichtungssysteme

Unter „Nassbeschichten“ versteht man die Applikation von Flüssig-Beschichtungsstoffen. Maßgeblich für den Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen ist die DIN EN ISO 12944 (Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, Teil 1–9). Teil 5 von DIN EN ISO 12944 beschreibt unter anderem Flüssig-Beschichtungen auf feuerverzinktem

Stahl. Für dünnwandige tragende Bauteile mit einer Materialdicke ≤ 3 mm gilt DIN 55634.



Pulverbeschichtungssysteme

➔ Applikation
des Pulverlackes
durch Sprühen.

Das Pulverbeschichten ist ein Beschichtungsverfahren, bei dem der Beschichtungsstoff als elektrostatisch aufgeladene Pulverwolke auf Stahl aufgebracht wird und anschließend eingebrannt wird. Im Bauwesen regelt DIN 55633 den Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Pulver-Beschichtungssysteme auf feuerverzinktem Stahl. Ergänzend ist zudem DIN EN 15773 zu erwähnen. Für dünnwandige tragende Bauteile mit einer Materialdicke ≤ 3 mm gilt DIN 55634.



➔ Foto ganz links:
Feuerverzinkung
einer Fußgänger-
brücke in Rietberg
(siehe auch Foto
Seite 7 oben und
links).
Foto links: Nass-
beschichtung einer
feuerverzinkten
Fußgängerbrücke in
Rietberg.

Wichtige Regelwerke zu Duplex-Systemen

Korrosionsschutzarbeiten werden nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik durchgeführt und sind in aktuellen Regelwerken festgelegt.

- Für das Verfahren der Stückverzinkung gilt die DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)“. Die Norm regelt alle Anforderungen an das Verfahren des Stückverzinkens und an die so aufgetragenen Zinküberzüge.
- Sollen tragende Stahlbauteile feuerverzinkt werden, ist zudem im bauaufsichtlich geregelten Bereich die DAST-Richtlinie 022 „Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen“ zu berücksichtigen.
- DIN EN ISO 12944, Teil 5, „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“ legt für tragende Stahlbauteile mit einer Materialdicke > 3 mm unter anderem fest, wie Duplex-Systeme geplant und ausgeführt werden sollen. Eine Korrosionsschutzplanung, die sich an den Anforderungen an die Stahlkonstruktion und der Korrosionsbelastung vor Ort orientiert, steht dabei im Vordergrund.
- DIN 55633 „Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Pulver-Beschichtungssysteme – Bewertung der Pulver-Beschichtungssysteme und Ausführung der Beschichtung“ regelt Pulver-Beschichtungssysteme für tragende Stahlbauteile mit einer Materialdicke > 3 mm, die nach DIN EN ISO 1461 feuerverzinkt wurden.
- Für dünnwandige tragende Bauteile (in der Regel mit Materialdicken ≤ 3 mm) die einen Zinküberzug nach DIN EN ISO 1461 aufweisen und zusätzlich flüssig- oder pulverbeschichtet werden, legt der Teil 1 der DIN 55634 „Beschichtungssysteme und Überzüge – Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen aus Stahl“ die Anforderungen und Prüfverfahren fest.
- EN 1090-2 „Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken“ regelt auch den Korrosionsschutz für Stahlbauteile, insbesondere Anforderungen an den Korrosionsschutz sowie Ausführungs- und Prüfvorgaben.
- Als Ergänzung zu den normativen Regelungen gibt es für Nass- und Pulverbeschichtungen auf verzinktem und unverzinktem Stahl Güte- und Qualitätsgemeinschaften. Die Qualitätsbestimmungen dieser Gemeinschaften gelten in Verbindung mit einschlägigen Gesetzen, Verordnungen und Normen.
- Die Arbeitsblätter Feuerverzinken des Institutes Feuerverzinken bieten praxis- und normengerechte Informationen zum Korrosionsschutz durch Feuerverzinken und gehen im Kapitel „G. Duplex-Systeme“ auf die Anforderungen und Ausführung von Duplex-Systemen auf der Basis von Nass- und Pulverbeschichtungen ein (Kurzlink: www.fv.lc).

 Duplex-
beschichtete
Stahlkonstruktion



Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Duplex-Systemen

Eine Investition muss sowohl bei kurzfristiger als auch bei langfristiger Betrachtung Sinn machen. Die Erstkosten sollten sich im Rahmen halten und die Folgekosten durch Wartung und Instandhaltung möglichst gering sein. Für atmosphärisch beanspruchte Stahlbauteile ist der Korrosionsschutz durch Feuerverzinken unter wirtschaftlichen Aspekten in der Regel die erste Wahl, da er in der Regel bereits bei den Erstkosten günstiger ist und keiner weiteren Wartung und Instandhaltung bedarf.

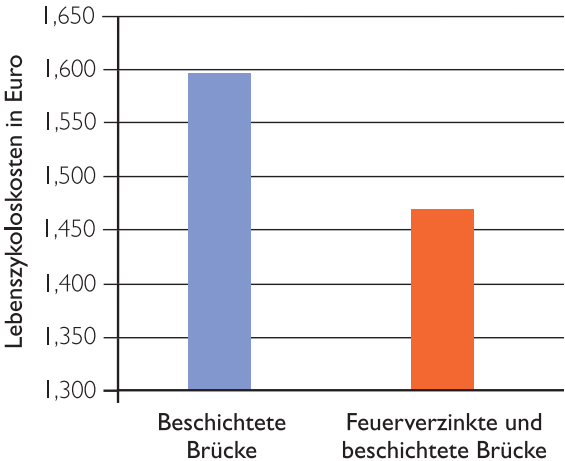
Eine aktuelle von der Bundesanstalt für Straßenwesen in Auftrag gegebene Studie hat die Nachhaltigkeit von Stahl-Verbund-Brücken im Hinblick auf den Korrosionsschutz analysiert. Unter anderem wurden die durch unterschiedliche Korrosionsschutzsysteme verursachten Lebenszykluskosten sowie die externen Kosten über eine Nutzungsdauer von 100 Jahren überprüft.

Im direkten Vergleich spart die durch eine Feuerverzinkung und eine anschließende organische Beschichtung vor Korrosion geschützte Brücke im Hinblick auf die Gesamt-Brückenbaukosten 120.000 Euro gegenüber zu einer „nur“ organisch beschichteten Brücke ein. Dies sind rund 8 Prozent der gesamten anfallenden Lebenszykluskosten der Brücke (Grafik 1). Zusätzlich wurden die sogenannten externen Kosten ermittelt, die durch Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an Brücken entstehen. Durch diese Brückenarbeiten kommt es zumeist zu Behinderungen von Verkehrs-

teilnehmern, zu verlängerten Fahrzeiten, erhöhten Kraftstoffverbräuchen, erhöhtem Fahrzeugverschleiß durch Stop-&-Go-Fahrweise und erhöhter Luftverschmutzung. Die externen Kosten der nur „beschichteten“ Brücke liegen rund 14 Prozent höher als die externen Kosten der feuerverzinkten und anschließend beschichteten Brücke.

Generell gilt: Korrosionsschutz ist Ressourcenschutz. Denn der Korrosionsschutz verlängert die Lebensdauer des Stahls. Für feuerverzinkte Baustähle sind aktuelle Umweltdaten in Form einer Umweltproduktdeklaration verfügbar (www.fv.lc/epd). Für den Korrosionsschutz durch Beschichten gibt es bisher keine umfassenden Umweltproduktdeklarationen, die den gesamten Prozess von der Herstellung der Beschichtungsstoffe bis zur Applikation von Beschichtungen transparent machen.

Die bereits weiter oben zitierte von der Bundesanstalt für Straßenwesen in Auftrag gegebene Studie hat nachgewiesen, dass die feuer-



Grafik 1: Vergleich Lebenszykluskosten einer beschichteten Straßenbrücke mit einer feuerverzinkten und beschichteten Straßenbrücke.

Die Umwelt-Produktdeklaration „Feuerverzinkte Baustähle“

Wirkungskategorie	Einsparungen der feuerverzinkten und organisch beschichteten Brücke
Treibhauspotenzial	4 %
Ozonabbaupotenzial	2 %
Versauerungspotenzial	1 %
Eutrophierungspotenzial	3 %
Photochem. Oxidantienpotenzial	30 %
Primärenergiebedarf	10 %

Tabelle 1: Nachhaltigkeitsvergleich: Einsparungen einer feuerverzinkten und beschichteten Straßenbrücke im Vergleich zu einer „nur“ beschichteten Straßenbrücke.

verzinkte und anschließend beschichtete Brücke im Vergleich zu einer „nur“ beschichteten Brücke auch unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten überlegen ist und in allen wichtigen Wirkungskategorien geringere Umweltauswirkungen verursacht. Die in Tabelle 1 dargestellten Einsparungen beziehen sich auf die Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus des ganzen Brückenbauwerks, d.h. inklusive sämtlicher Instandsetzungen.

Aktuelle DIN EN ISO 12944 macht dünnere Beschichtungen auf feuerverzinktem Stahl möglich

Durch die Verwendung von Duplex-Systemen werden Beschichtungsstoffe eingespart. Die aktuelle Ausgabe der Beschichtungsnorm DIN EN ISO 12944 trägt der Langlebigkeit von feuerverzinktem Stahl zumindest ansatzweise Rechnung und ermöglicht um ein Drittel dünnere Beschichtungen auf feuerverzinktem Stahl sowie weniger Schichten (Tabelle 2). Hierdurch wird die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Duplex-Systemen weiter gestärkt.

 Tabelle 2: Beschichten gemäß DIN EN ISO 12944: Vergleich von gestrahltem Stahl bzw. feuerverzinktem Stahl (Mindestanzahl an Schichten (MNOC) und Mindestschichtdicken (NDFT) in Abhängigkeit von der Schutzdauer und der Korrosivitätskategorie.)

Schutzdauer		Niedrig					Mittel					Hoch					Sehr hoch				
Art des Substrates		gestrahltes Stahl-substrat			Feuerver-zinkter Stahl		gestrahltes Stahl-substrat			Feuerver-zinkter Stahl		gestrahltes Stahl-substrat			Feuerver-zinkter Stahl		gestrahltes Stahl-substrat			Feuerver-zinkter Stahl	
Art des Grundbeschichtungsstoffes		Zn (R)	div.				Zn (R)	div.				Zn (R)	div.				Zn (R)	div.			
Bindemittelbasis des Grundbeschichtungsstoffes		ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	EP, PUR	AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	EP, PUR	AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	EP, PUR	AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	EP, PUR	AY
Bindemittelbasis der nachfolgenden Schichten		EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	AY
C2	MNOC	a			a		–	–	I	a		I	I	I	I	I	2	2	2	I	2
	NDFT						–	–	100			60	120	160	80	80	160	180	200	120	160
C3	MNOC	–	–	I	a		I	I	I	I	I	2	2	2	I	2	2	2	2	2	
	NDFT	–	–	100			60	120	160	80	80	160	180	200	120	160	200	240	260	160	200
C4	MNOC	I	I	I	I	I	2	2	2	I	2	2	2	2	2	2	3	2	–	2	
	NDFT	60	120	160	80	80	160	180	200	120	160	200	240	260	160	200	260	300	–	200	
C5	MNOC	2	2	–	I	2	2	2	–	2	2	3	2	–	2		3	3	–	2	
	NDFT	160	180	–	120	160	200	240	–	160	200	260	300	–	200		320	360	–	240	

a: Es ist ein System für eine höhere Korrosivitätskategorie oder Schutzdauer zu verwenden.

Lesbeispiel: Für eine Beschichtung auf EP-, PUR- und/oder AY-Basis auf unverzinktem Stahl sind 3 Schichten mit einer Gesamtmindestschichtdicke von 360 Mikrometern zur Erreichung einer sehr hohen Schutzdauer in der Korrosivitätskategorie C5 vor-

geschrieben. Bei Verwendung von feuerverzinktem Stahl unter gleichen Bedingungen sind lediglich 2 Schichten mit einer Gesamtschichtdicke von 240 Mikrometern erforderlich, d.h. ein Drittel weniger Beschichtungsstoff sowie ein Arbeitsgang weniger.

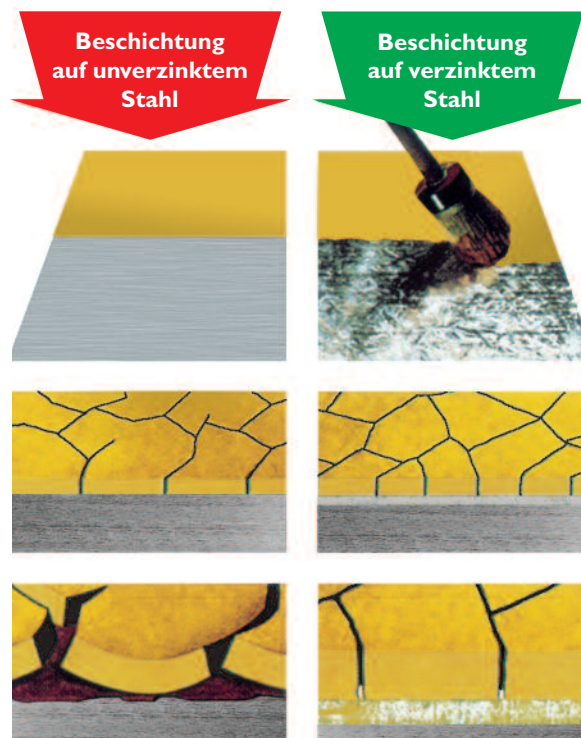
Wirkungsweise von Duplex-Systemen

Die Schutzdauer eines Duplex-Systems ist erheblich länger als die Summe der Einzelschutzdauer der Feuerverzinkung und der Beschichtung. Dieser Synergie-Effekt entsteht, weil sich Feuerverzinkung und Beschichtung gegenseitig schützen. Die Beschichtung verhindert, dass atmosphärische und chemische Einflüsse auf den Zinküberzug einwirken. Ein Abtrag des metallischen Zinks wird vermieden und die Lebensdauer des Zinküberzuges verlängert sich (Abb. rechts).

Beschädigungen an der Beschichtung haben keine Korrosion zur Folge, da die hohe Widerstandsfähigkeit und Abriebfestigkeit des darunterliegenden Zinküberzuges auch hohen Belastungen standhält. Die für Beschichtungen typischen Unterrostungen können nicht entstehen, der Stahl bleibt auch an Stellen, an denen die Beschichtung schadhaft ist, wirksam geschützt.

Typische Problemzonen von Beschichtungen sind Hohlräume und Vertiefungen sowie Ecken und Kanten. Da Zinküberzüge auch an diesen kritischen Stellen einen gu-

ten Korrosionsschutz bieten, werden die Schwächen von Beschichtungen in diesen Bereichen durch die Stärken des Zinküberzuges kompensiert.



→ Vergleich des Korrosionsverhaltens von konventioneller Beschichtung und Duplex-Systemen auf Stahl



→ ÖPNV-Drehscheibe Nördlingen mit duplex-beschichteter Stahlkonstruktion (Architekten/Fotos: Morpho-Logic)

Praxisbeispiele

Vorhallendächer Kölner Hauptbahnhof (Baujahr 1991)

Projektinfo: Die um 1900 erbauten historischen Vorhallendächer des Kölner Hauptbahnhofs wurden in den Jahren 1990 und 1991 durch eine aus Kreuzgewölben bestehende Stahl-Glas-Konstruktion ersetzt, die als Duplex-System ausgeführt wurde.

Entwurf: Busmann + Haberer Architekten mit dem Tragwerksplaner Prof. Dr. Stefan Polónyi



 Duplex-
beschichtete Vor-
hallendächer des
Kölner Haupt-
bahnhofs.

Korrosionsbelastung an Standort:

Korrosive Belastungen durch die Stadtatmosphäre der Stadt Köln (Korrosivitätskategorie C3) sowie Belastungen durch Kotablagerungen von Tauben und anderen Vögeln und mechanische Beschädigungen seitens der Bahnhofsnutzer im Stützenbereich.

Zustandsbeschreibung und Prognose:

Im Rahmen einer in 2014 durchgeführten Inspektion der Vordächer durch das Institut Feuerverzinken wurden Schichtdickenmessungen an den Vorhallendächern durchgeführt. Die gemessenen Schichten der Feuerverzinkung ($88\text{ }\mu\text{m}$ – $438\text{ }\mu\text{m}$) und der Beschichtung ($90\text{ }\mu\text{m}$ – $904\text{ }\mu\text{m}$) übertrafen selbst nach rund 25 Jahren noch weitestgehend die Anforderungen der Ausschreibung und geben den Vorhallendächern ein hervorragendes Potenzial für die Zukunft.



➔ Duplex-beschichtete Fußgängerbrücke Hiroshimasteg

Hiroshimasteg in Berlin (Baujahr 1987)

Projektinfo: Die im Jahr 1987 anlässlich der Internationalen Bauausstellung (IBA) erbaute Brücke über dem Berliner Landwehrkanal hat eine Länge von 36 Metern und wurde als Duplex-System ausgeführt.

Entwurf: Maedebach + Redeleit, Berlin

Korrosionsbelastung an Standort: Stadtatmosphäre (Korrosivitätskategorie C3) mit Zusatzbelastungen wie erhöhter Luftfeuchtigkeit durch den Landwehrkanal, Moosanhaftungen, Tierkot.

Zustandsbeschreibung und Prognose: Das Duplex-System präsentierte sich bei einer Inspektion in 2014, nach einer Standzeit von 27 Jahren, in einem sehr guten Zustand. An den Enden des Handlaufes sind einige Abplatzungen an der Beschichtung zu beobachten. Die gemessenen Schichtdicken der Verzinkung lagen bei der durchgeführten Messung zwischen 190 μm und 230 μm . Die Schichtdicken des Gesamtsystems aus Feuerverzinkung plus Beschichtung lagen zwischen 360 μm –385 μm . Aufgrund des sehr guten Zustands des Duplex-Systems besteht weder mittel- noch langfristig Handlungsbedarf für Instandhaltungsmaßnahmen.



➔ Detailfotos einer Inspektion der Beschichtung nach 27 Jahren.



➔ Stahlzentrum Düsseldorf mit duplex-beschichteter Fassade.
(Foto: Wirtschaftsvereinigung Stahl)



➔ Detailfotos einer Inspektion der Beschichtung nach 28 Jahren.



Stahl-Zentrum Düsseldorf (Baujahr 1986)

Projektinfo: Gemeinschaftlicher Mittelpunkt der deutschen Stahlindustrie ist das Stahl-Zentrum in Düsseldorf. Die tragenden Außenstützen des in Stahl- und Stahlverbundbauweise errichteten Gebäudes und die vorgehängte, hinterlüftete Stahlblechfassade wurden durch ein Duplex-System vor Korrosion geschützt.

Korrosionsbelastung an Standort: Die Korrosionsbelastung am Stahl-Zentrum kann in die Korrosivitätskategorie C3 (Stadtatmosphäre) eingeordnet werden.

Zustandsbeschreibung und Prognose: Bei einer Inspektion in 2014 befanden sich die Außenstützen und Fassadenbleche in einem guten korrosionsfreien Zustand. Messungen des Beschichtungssystems ergaben, dass die durchschnittliche Schichtdicke bei ca. 120 Mikrometer lag. Die gemessenen Zinkschichtdicken der Außenstützen betrugen ca. 400 Mikrometer und an den Fassadenblechen zwischen 140 und 150 Mikrometer. Mit Blick in die Zukunft wird sich das Stahl-Zentrum auch für kommende Jahrzehnte mit dem Attribut „rostfrei“ schmücken können, ohne dass es einer Instandsetzung bedarf.

Kunsteisbahn in Balingen (Baujahr 1977)

Projektinfo: Die Kunsteisbahn in Balingen zeichnet sich durch ein 30 m x 60 m großes Hockeyfeld mit einer Längsribüne aus und wird durch eine halboffene, erdbebensichere Halle stützenfrei überdacht. Das Haupttragwerk der Halle wurde als Stahlkonstruktion ausgeführt und durch ein Duplex-System vor Korrosion geschützt.

Entwurf: Ernst Besenfelder

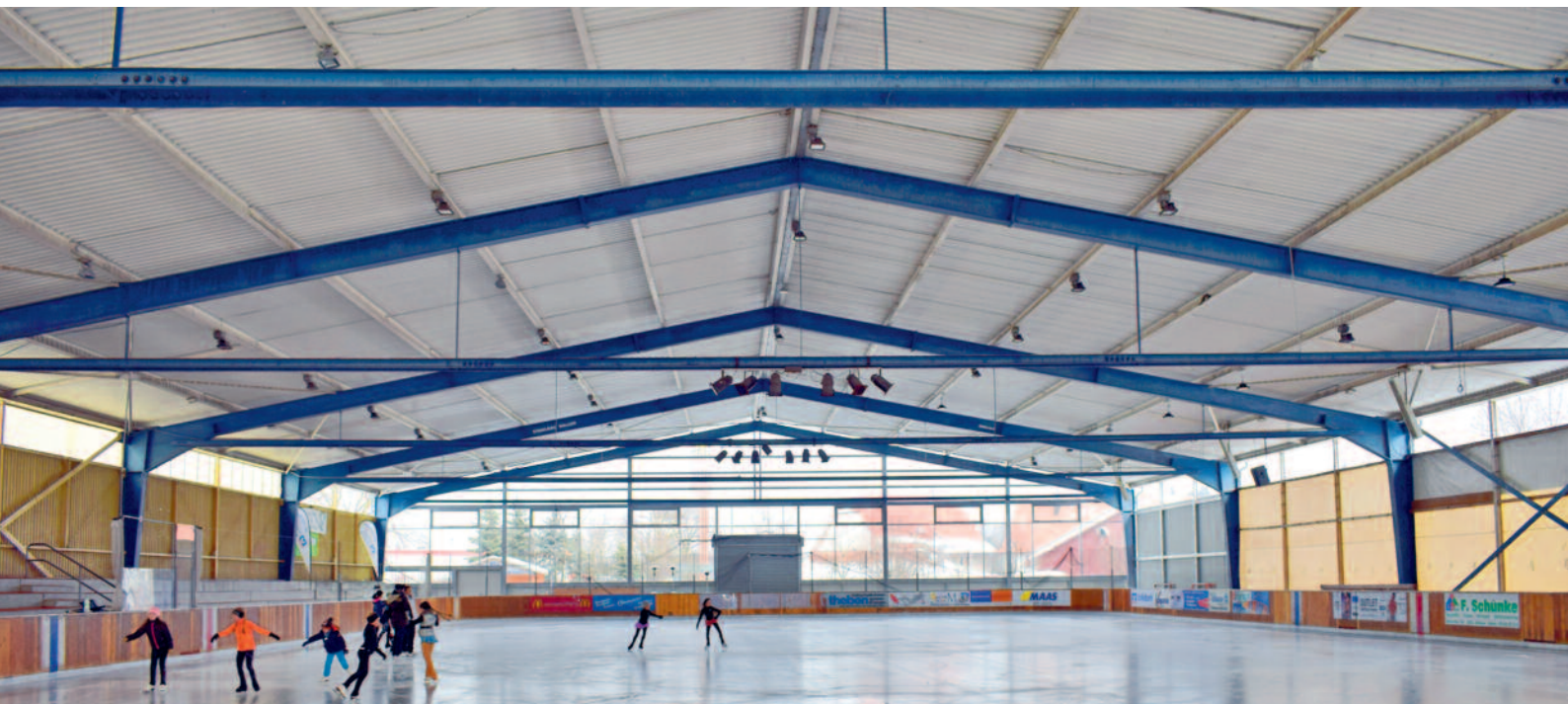
Korrosionsbelastung am Standort: Die Korrosionsbelastung von Eissporthallen liegt im Bereich der Korrosivitätskategorie C4 (hoch).

Zustandsbeschreibung und Prognose: Bei einer Überprüfung der Kunsteisbahn in 2018 zeigte sich das untersuchte Haupttragwerk in einem sehr guten Zustand. Korrosion war nicht festzustellen. Die blaue Beschichtung des Duplex-Systems wies zwar Auskretidungen

auf. Die gemessenen Schichtdicken der Beschichtung zwischen 56 und 73 Mikrometer sowie der Zinkschichtdicken mit mehr als 220 Mikrometer lassen auch in den nächsten Jahrzehnten keine Instandsetzungsmaßnahmen am Haupttragwerk erwarten.



 Fotos einer Inspektion des Duplex-Systems der Kunsteisbahn Balingen nach 41 Jahren.



Duplex-Systeme im Offshore-Bereich

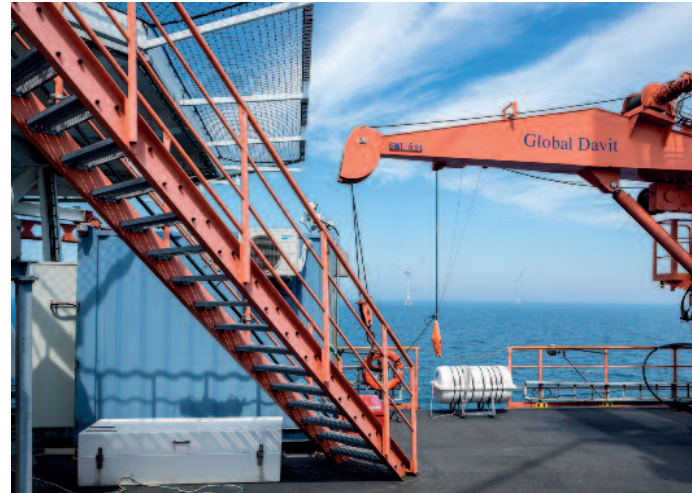


 Die Offshore-Forschungsstation Fino I mit duplex-beschichteten Stahlbauteilen (Foto: Holger Vonderlind)

Für den Korrosionsschutz im Offshore-Bereich bieten Duplex-Systeme eine dauerhaftere Korrosionsschutzlösung als reine Beschichtungen. Ein Vergleich der beiden Systeme am Beispiel der Offshore-Plattform Fino I belegt die Überlegenheit der Duplex-Systeme.

Die im Jahr 2003 errichtete Forschungsplattform Fino I befindet sich etwa 45 km nördlich der Insel Borkum. Fino I ist auf einem Jacket-Fundament gegründet und besitzt somit eine offshore-typische Konstruktionsweise, die auch vielfach für Bohrseln, Konverter-Platt-

formen oder Windkraftanlagen zum Einsatz kommt. Fino I ist in extremen Maße Wind, Wetter und Meer ausgesetzt. Aus korrosionsschutz-technischer Sicht ist die Plattform gemäß aktueller DIN EN ISO 12944 in die Korrosivitätskategorie CX (Korrosionsbelastung:



➔ Die duplex-beschichteten Bauteile der Offshore-Forschungsstation Fino I sind nach 10 Jahren mängelfrei, während die nur beschichteten Stahlbauteile Korrosionserscheinungen aufweisen. (Fotos: Holger Vonderlind)

extrem) einzuordnen, zu der Offshore-Bereiche mit hoher Salzbelastung wie beispielsweise Ölplattformen und Windparks gehören.

Als Korrosionsschutz für die Fino-I-Plattform kamen überwiegend reine Beschichtungssysteme zum Einsatz. Ausnahmen bildeten die Geländer des Laufstegs und der Aufstieg zum Helicopter-Deck, die als Duplex-Systeme ausgeführt wurden. Hierdurch ist eine direkte Vergleichsmöglichkeit des Korrosionsschutzes gegeben. Nach zehn-

jährigem Betrieb erfolgte eine Begutachtung des Korrosionsschutzes der Forschungsplattform im Rahmen einer Vor-Ort-Untersuchung. Die Begutachtung erfolgte im Auftrag der Firma Sika Deutschland, einem Hersteller von Korrosionsschutzbeschichtungssystemen.

An den als Duplex-System ausgeführten Stahlbauteilen wurden bei der Begutachtung nach 10 Jahren Einsatz unter sehr hoher Korrosionsbelastung keine Mängel in Form von Korrosion festgestellt.

Im Gegensatz dazu zeigten die beschichteten Bereiche des oberen Jackets diverse, teilweise erhebliche Korrosionserscheinungen, die bis zu Durchrostungen reichten.

Der Korrosionsschutz durch Duplex-Systeme im Offshore-Bereich (Korrosivitätskategorie CX) ist seit 2018 im Teil 9 der DIN EN ISO 12944 geregelt. Auch bei Offshore-Anwendungen ermöglicht die Norm für feuerverzinkten Stahl erheblich dünnere Beschichtungen im Vergleich zu schwarzem Stahl (s. Tabelle 3).

➔ Tabelle 3: Vergleich: Mindestanforderungen an Beschichtungssysteme und ihre anfängliche Leistung.

	Gestrahelter unlegierter Stahl: SA 2 1/2, Oberflächenprofil: mittel (G)		Feuerverzinkter Stahl oder Stahl mit thermisch gespritztem Zinküberzug ^{a)}
Art der Umgebung	CX (Offshore)		CX (Offshore)
Art des Grundbeschichtungsstoffes	Zn (R) ^{b)}	andere Grundbeschichtungsstoffe	
NDTF	≥ 40 µm	≥ 60 µm	
Mindestanzahl der Schichten	3	3	2
NDFT des Beschichtungssystems	≥ 280 µm	≥ 350 µm	≥ 200 µm

^{a)} Die Dicke des metallischen Überzugs muss nach ISO 1461 (feuerverzinkt) oder ISO 2063 (alle Teile) (thermisch gespritzter Metallüberzug) sein, und der Metallüberzug muss wie in ISO 12944-4 angegeben, vorbereitet sein. Das Übersichten von thermisch gespritztem Aluminium (TSA) wird nicht empfohlen, da die Gefahr besteht, dass die Beschichtung ablättert und am TSA Korrosion auftritt. Für TSA wird nur eine Versiegelungsschicht empfohlen.

^{b)} ZN (R) = zinkstaubreicher Grundbeschichtungsstoff nach ISO 12944-5

Auswahl von Korrosionsschutzsystemen

Die Auswahl eines Schutzsystems für Stahlkonstruktionen hängt stark von den korrosiven Belastungen am Standort ab. Hierzu gehören mikro- und makroklimatische Einflüsse. Dies sind atmosphärische Belastungen durch Wind, Wetter, Verunreinigungen in der Luft und lokale Einflüsse wie Meeres- und Flussnähe. Auch zu beachten sind eventuelle Tausalzeinflüsse und verwendungsbedingte Faktoren wie chloridhaltige Luft in Schwimmbädern oder extreme Luftfeuchtigkeit zum Beispiel in Wäschereien. Ebenso müssen konstruktionsbedingte Problemzonen berücksichtigt werden. Hierzu zählen scharfe Profilkanten, Spalten und Fugen, freiliegende Schrauben- und Nietköpfe sowie Handschweißnähte und unzugängliche Stellen. Ein weiterer Aspekt sind mechanische Belastungen durch Transport, Handling und Montage während der Bauphase sowie Belastungen durch Steinschlag, Sandabrieb und Stöße beispielsweise durch Gabelstaplerbetrieb in der Nutzungsphase.

Gemäß der in Deutschland vorherrschenden atmosphärischen Belastungen erreicht eine Feuerverzinkung in der Regel eine Schutzdauer von 50 Jahren und mehr, wenn keine korrosiven Zusatzbelastungen zu erwarten sind. Die Korrosivitätskategorien nach DIN EN ISO 14713 unterstützen bei einer groben Abschätzung der Schutzdauer einer Feuerverzinkung.

Die Fälle extremer Korrosionsbelastung, bei denen eine Feuerverzinkung keinen hinreichend langen

 Duplex-beschichtete ÖPNV-Bauten: ZOB Bochum (Böll Architekten); Haltestelle Wilhelma Stuttgart (Kaag Schwarz Architekten); ZOB Emsdetten (OX2 Architekten)



Schutz bietet, sind heute eher selten. Aus korrosionsschutztechnischer Sicht ist der Einsatz von Duplex-Systemen in der Regel erst ab der Korrosivitätskategorie C4 erforderlich. Die Bedeutung von Duplex-Systemen erstreckt sich bei Belastungen gemäß der Korrosivitätskategorien bis C3 primär auf die Gestaltung durch eine gewünschte Farbgebung.

Aufbau und Eigenschaften von Duplex-Systemen

Wesentliche Eigenschaften von Beschichtungssystemen, z.B. Diffusionsdichte, UV-Stabilität, Alkalibeständigkeit, müssen bei der Planung von Duplex-Systemen berücksichtigt werden. Eine einwandfreie Haftung der Beschichtung auf dem Zinküberzug ist Voraussetzung für einen langfristigen Schutz. Prinzipiell sollten für Duplex-Systeme nur solche Beschichtungen verwendet werden, die sich auf Zink oder Zinküberzügen bewährt haben

und darüber hinaus auch entsprechende Eignungsprüfungen bestanden haben. Angaben zur Eignung von Beschichtungsstoffen für feuerverzinkten Stahl sind im produkttechnischen Datenblatt des Herstellers zu finden.

Je nach Anwendungsfall werden bei Duplex-Systemen in Abhängigkeit von der geforderten Schutzdauer und der Korrosionsbelastung auf den Zinküberzug ein bis zwei Schichten mit Gesamtschichtdicken von 80 bis 240 Mikrometer appliziert. Die Zusammensetzung der Beschichtungsstoffe hat einen erheblichen Einfluss auf die Haftfestigkeit der Beschichtungen auf der Feuerverzinkung. Organische Substanzen, die mit dem Zinküberzug reagieren und lösliche, instabile, haftungsmindernde Schichten bilden, dürfen nicht verwendet werden. Voraussetzung für ein wirksames Duplex-System ist eine ausreichende Überdeckung des Zinküberzuges.



Korrosionsschutzplanung und Schutzdauer von Duplex-Systemen

Ein wirksamer Korrosionsschutz, der über Jahrzehnte zuverlässig funktioniert, muss frühzeitig und systematisch geplant werden. Eine korrosionsschutzgerechte Konstruktion und Fertigung der Stahlkonstruktion bietet eine wichtige Voraussetzung für einen wirksamen Langzeit-Korrosionsschutz. Wertvolle Informationen hierzu können den Normen DIN EN ISO 12944 und DIN EN ISO 14713 entnommen werden. Im Hinblick auf die Schutzdauer von Duplex-Systemen machen die einschlägigen Normen nicht immer hilfreiche Angaben. So machen die Nassbeschichtungsnorm DIN EN ISO 12944-5 bzw. die Pulverbeschichtungsnorm DIN 55633 lediglich Angaben zur Schutzdauer des Farbbeschichtungssystems, aber keine Angaben zur Schutzdauer des Gesamtsys-

tems, die deutlich höher liegt als die in den beiden Normen angegebenen Werte.

Duplex-Systeme auf der Basis einer Stückverzinkung in Kombination mit Nass- oder Pulverbeschichtungen gewährleisten heutzutage zumeist Korrosionsschutzdauern von mehr als 50 Jahren. Das hängt mit der gestiegenen Qualität und Leistungsfähigkeit dieser Systeme zusammen, aber auch mit der verringerten Korrosionsbelastung der uns umgebenden Atmosphäre, die in DIN EN ISO 12944-2 standardisiert ist. In der Praxis kommt es üblicherweise zu Zusatzbelastungen, die über die Einwirkung der Witterung hinausgehen, z.B. mechanische Einflüsse. Belastungen beim Transport und bei der Montage gehören ebenso dazu wie z.B. Steinschlag und Abrieb während der Nutzungsphase, die unter anderem durch Publikums- oder Straßenverkehr verursacht werden können. Derartige Einflüsse können die Schutzdauer auch von Kombinationssystemen erheblich verrin-

gern und sollten angemessen berücksichtigt werden.

Duplex-Systeme bieten aber auch beim Vorliegen von mechanischen Belastungen beste Voraussetzungen für eine lange Schutzdauer; da selbst bei einem Versagen der Farbbeschichtung als Folge der mechanischen Belastung immer noch der Zinküberzug mit seiner extrem hohen Belastbarkeit zur Verfügung steht. In diesem Zusammenhang muss auch die hohe Beständigkeit von Duplex-Systemen an Kanten hervorgehoben werden. Denn gerade an Kanten wird der Korrosionsschutz vielfach stark belastet. Farbbeschichtungen allein haben dort zumeist Schwachstellen, da aus physikalischen Gründen flüssige Beschichtungsstoffe an Kanten stets nur eine relativ dünne Schichtdicke ausbilden (Kantenflucht). Dieses ist bei der Feuerverzinkung nicht der Fall. Der starke Schutz des Zinküberzuges hilft, diesen Effekt zu kompensieren; Schwachstellen werden so vermieden.

Ausschreibung und Ausführung von Duplex-Systemen

Musterausschreibung zu Duplex-Systemen als Download

Wie bei allen Gewerken ist auch beim Korrosionsschutz ein richtiger Ausschreibungstext die Basis für eine fachgerechte Ausführung. Muster-Ausschreibungstexte für Duplex-Systeme stehen in der jeweils aktuellen Form als kostenloser Download unter: www.feuerverzinken.com/ausschreibungstexte zur Verfügung.

Ausführung von Duplex-Systemen

Soll ein feuerverzinktes Bauteil zusätzlich beschichtet werden, ist es notwendig, die Feuerverzinkerei vor dem Verzinken des Bauteils hierüber zu informieren. Der Verzinkungsbetrieb ist ferner vorab darauf hinzuweisen, dass er keine Maßnahmen ergreift, die das Haftvermögen und die Eigenschaften einer Beschichtung negativ beeinflussen können. Dies kann bei der Auftragsvergabe durch die Angabe: „t Zn k – keine Nachbehandlung“ erfolgen. Für den Fall, dass Ausbesserungen am verzinkten Bauteil erfolgen sollen, muss die Feuerverzinkerei den Auftraggeber über die vorgesehene Art einer möglichen Ausbesserung informieren. Der Kunde und der Beschichter sollten sich vorab vergewissern, dass das gewählte Ausbesserungsverfahren für die nachfolgende Beschichtung geeignet ist.

Bei gesonderten z.B. erhöhten optischen Anforderungen an das Bauteil kann es erforderlich sein,

die stückverzinkten Bauteile vor der nachfolgenden Beschichtung zusätzlich durch sogenanntes „Feinverputzen“ (z.B. Schleifen der Oberfläche) nachzuarbeiten. Diese zusätzlichen Arbeiten sind nicht über die DIN EN ISO 1461 abgedeckt und müssen im Bedarfsfall zusätzlich bereits bei der Auftragsvergabe zwischen den Parteien vereinbart werden.

Oberflächenvorbereitung und Applikation von Nassbeschichtungen

Das ausführende Beschichtungsunternehmen hat sich vor der Applikation vom Zustand des Zinküberzuges und von seiner Eignung als Beschichtungsträger zu überzeugen. Eine Oberflächenvorbereitung des Zinküberzuges ist in der Regel erforderlich, um die Haftfestigkeit einer Beschichtung auf der Feuerverzinkung zu gewährleisten. Eventuell vorliegende art-

eigene Produkte (z.B. Weißrost) und artfremde Verunreinigungen (z.B. Schmutz, Öl, Fett usw.) müssen zuvor entfernt werden.

Die Ausführung der fachgerechten Oberflächenvorbereitung liegt im Verantwortungsbereich des Beschichtungsunternehmens. Art und Umfang der Oberflächenvorbereitung sind abhängig vom Oberflächenzustand der Feuerverzinkung, vom aufzubringenden Beschichtungsstoff, von der späteren Korrosionsbelastung (Korrosivitätskategorie und erwartete Schutzdauer) sowie von der technischen Durchführbarkeit.

Als Vorbereitungsverfahren von feuerverzinkten Oberflächen hat sich neben den Reinigungsverfahren, wie Abwaschen, Entfetten, Abbürsten oder Druckwasserstrahlen, das sogenannte Sweep-Strahlen bewährt, ein sanftes Strahlverfahren mit abgesenkten Strahlparametern und der Verwendung



 Feuerverzinkte und nassbeschichtete Stahlbauteile.

 Tabelle 4: Beispiele für Duplex-Systeme mit Flüssig-Beschichtungsstoffen

Schutzdauer		Niedrig		Mittel		Hoch		Sehr Hoch	
Art des Substrates		Feuerverzinkter Stahl		Feuerverzinkter Stahl		Feuerverzinkter Stahl		Feuerverzinkter Stahl	
Bindemittelbasis des Grundbeschichtungsstoffes		EP, PUR	AY	EP, PUR	AY	EP, PUR	AY	EP, PUR	AY
Bindemittelbasis der nachfolgenden Schichten		EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY	EP, PUR, AY	AY
C2	MNOC	a		a		1	1	1	2
	NDFT					80	80	120	160
C3	MNOC	a		1	1	1	2	2	2
	NDFT			80	80	120	160	160	200
C4	MNOC	1	1	1	2	2	2	2	
	NDFT	80	80	120	160	160	200	200	
C5	MNOC	1	2	2	2	2		2	
	NDFT	120	160	160	200	200		240	

Anmerkungen/Hinweise: a = Es ist ein System für eine hohe Korrosivitätskategorie oder Schutzdauer zu verwenden; MNOC = Mindestzahl an Schichten; NDFT = Mindestollschichtdicken; C2, C3, C4, C5 = Korrosivitätskategorien: Bei Einschichten wird die Bindemittelbasis des Grundbeschichtungsstoffes empfohlen.

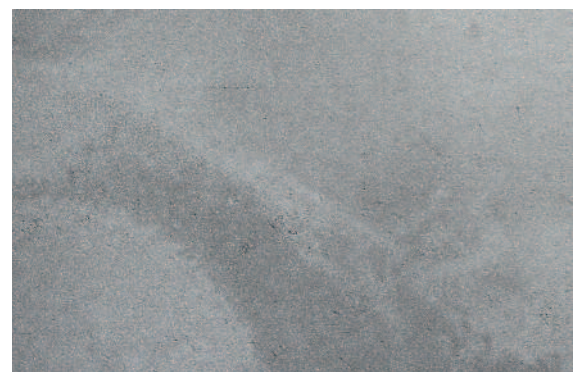
von nichtmetallischen Strahlmitteln zum Reinigen und Anrauen der Zinkoberfläche. Nach dem Sweep-Strahlen muss die Oberfläche einheitlich matt aussehen (s. DIN EN ISO 12944-4). Weitere Oberflächenvorbereitungsverfahren sind Reinigen (zum Beispiel durch Abbürsten, Abwaschen, Druckwasserstrahlen, etc.) oder Entfetten.

Ein Aspekt der fachgerechten Oberflächenvorbereitung ist die technische Durchführbarkeit. Die werksseitige Oberflächenvorbereitung und Beschichtung ist der bauseitigen vorzuziehen. Werden feuerverzinkte Stahlbauteile werksseitig sehr zeitnah nach dem Aufbringen des Zinküberzuges beschichtet, reicht oftmals eine fachgerechte Reinigung der feuerverzinkten Oberfläche. Eine enge Abstimmung mit dem Beschichtungstoffhersteller mit entsprechenden Prüfnachweisen ist erforderlich.

Flüssig-Beschichtungsstoffe können grundsätzlich sowohl im Werk als auch auf der Baustelle durch Spritzen, Rollen und Streichen appliziert werden. Für neu zu errichtende Stahlkonstruktionen empfiehlt sich die werksseitige Applikation der Beschichtung unter definierten, optimalen Bedingungen im Fachbetrieb. Montagebedingte Beschädigungen der Beschichtung können in den meisten Fällen einfach und problemlos vor Ort ausgebessert werden. Die Verarbeitung der Beschichtungsstoffe sowie eine evtl. produktspezifische Oberflächenvorbereitung sind nach den Vorgaben des Beschichtungstoff-Herstellers durchzuführen.

Die Schutzdauer für Nassbeschichtungssysteme ist in DIN EN ISO 12944-1 (Ausgabe April 2018) definiert:

Niedrig (L) – Low = bis zu 7 Jahre
Mittel (M) – Medium = 7 bis 15 Jahre



Hoch (H) – High = 15 Jahre bis 25 Jahre
Sehr Hoch (VH) – Very High = über 25 Jahre

 Eine einwandfreie Oberflächenvorbereitung vor dem Beschichten ist wichtig.

Die Schutzdauer gibt den Zeitraum bis zur ersten Erneuerung einer Beschichtung an, wobei das Ausmaß der aufgetretenen Beschichtungsschäden vereinbart sein muss. Es ist zu beachten, dass sich die Schutzdauer gemäß DIN EN ISO 12944-1 ausschließlich auf das Beschichtungssystem bezieht und nicht den zusätzlichen Schutz der Feuerverzinkung berücksichtigt.

Oberflächenvorbereitung und Applikation der Pulverbeschichtung

Das ausführende Beschichtungsunternehmen hat sich vor der Applikation vom Zustand des Zinküberzuges und von seiner Eignung als Beschichtungsträger zu überzeugen. Eine Oberflächenvorbereitung und/oder Vorbehandlung des Zinküberzuges ist in der Regel erforderlich, um die Haftfestigkeit einer Beschichtung auf der Feuerverzinkung zu gewährleisten. Eventuell vorliegende arteigene Produkte (z.B. Weißrost) und artfremde Verunreinigungen (z.B. Schmutz, Öl, Fett usw.) müssen zuvor entfernt werden. Die Ausführung der fachgerechten Oberflächenvorbereitung liegt im Verantwortungsbereich des Beschichtungsunternehmens.

Art und Umfang der Oberflächenvorbereitung sind abhängig vom

Oberflächenzustand der Feuerverzinkung, von dem aufzubringenden Beschichtungsstoff, von der späteren Korrosionsbelastung (Korrosivitätskategorie und erwartete Schutzdauer) und von der technischen Durchführbarkeit. Die Vorbereitung der für das Pulverbeschichten (gemäß DIN 55633) als geeignet befundenen verzinkten Oberflächen erfolgt durch Sweep-Strahlen und/oder durch Gelb-Chromatieren. Andere Verfahren mit gleicher Eignung sind möglich.

Sweep-Strahlen ist ein sanftes Strahlen mit nichtmetallischen Strahlmitteln zum Reinigen und Anrauen der Zinkoberfläche. Nach dem Sweep-Strahlen muss die Oberfläche einheitlich matt aussehen (s. DIN EN ISO 12944-4).

Das nur im Werk durchzuführende Verfahren beinhaltet folgende technologische Schritte: Entfetten,

Spülen, Beizen (Aktivieren), Spülen, Gelb-Chromatieren, Spülen, Spülen mit entsalztem Wasser, Trocknen. Mittlerweile sind auch Cr(VI)-freie Verfahren am Markt verfügbar.

Pulver-Beschichtungsstoffe können nur im Werk per Hand- oder Automatanlage durch Sprühen appliziert werden. Nach der Beschichtung erfolgt die Aushärtung zu meist in einem Einbrennofen bei Temperaturen von 150 °C bis 220 °C. Die Verarbeitung der Beschichtungsstoffe sowie eine evtl. produktspezifische Vorbereitung der Oberflächen sind nach den Vorgaben des Beschichtungsstoff-Herstellers durchzuführen. Zum Schutz vor Beschädigung beim Transport oder weiterer Montage sind entsprechende Maßnahmen vorzusehen. Zwischen den Vertragspartnern sollten im Vorfeld Regelungen über die Ausbesserung von evtl. Beschädigungen getroffen werden.

 Tabelle 5: Beispiel Duplex-Systeme mit Pulver-Beschichtungsstoffen

Oberflächen- vorbereitung/ -vorbehandlung ¹⁾	Grund- beschichtung(en)			Deckbeschichtung(en) inkl. Zwischenbeschichtung(en)			Gesamt- system	
	Bindemittel- basis	Anzahl Schichten	NDFT µm	Bindemittel- basis	Anzahl Schichten	NDFT µm	Anzahl Schichten	NDFT µm
Sw	–	–	–	SP, EP/SP, PUR	1	80	1	80
Chr	–	–	–		1	80	1	80
Sw	–	–	–		2	60	2	120
Sw	EP	1	60	SP, EP/SP, PUR	1	60	2	120
Chr		1	60		1	60	2	120
Sw		1	80		1	80	2	160
Chr		1	80		1	80	2	160



 Feuerverzinkte und pulverbeschichtete Stahlbauteile.

Im Gegensatz zur in 2018 aktualisierten DIN EN ISO 12944 wurden für die Pulverbeschichtungsnorm DIN 55633 die Schutzdauerklassen noch nicht aktualisiert. DIN 55633 (Ausgabe April 2009) gibt unter Abschnitt 5.4 die Schutzdauer wie folgt an:
 Niedrig (L) – Low = 2 bis 5 Jahre
 Mittel (M) – Medium = 5 bis 15 Jahre
 Hoch (H) – High = über 15 Jahre

Auch hier ist zu beachten, dass sich die Schutzdauer ausschließlich auf das Beschichtungssystem be-

zieht und nicht den zusätzlichen Schutz der Feuerverzinkung berücksichtigt. Die Schutzdauer des Gesamtsystems aus Feuerverzinkung und Beschichtung ist um ein vielfaches höher.

Für das Gros der pulverbeschichteten Stahl- und Metallbauteile (mit einer Materialdicke ≥ 3 mm) ist die DIN 55633 in der derzeit noch gültigen Ausgabe von 2009 anzuwenden. Eine Überarbeitung und Aktualisierung der Norm ist jedoch notwendig und wird voraussichtlich in 2019 beginnen.

Für die dünnwandigen tragenden Bauteile (in der Regel mit Materialdicken ≤ 3 mm) die einen Zinküberzug nach DIN EN ISO 1461 aufweisen und zusätzlich flüssig- oder pulverbeschichtet (stück- oder pulverbeschichtet) werden, legt der Teil I der DIN 55634 „Beschichtungsmittel und Überzüge – Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen aus Stahl“ die Anforderungen und Prüfverfahren fest. Als Oberflächenvorbereitung bzw. -vorbehandlung der feuerverzinkten (stückverzinkten) Oberflächen wird nach dieser Norm neben dem Sweepen und Chromatieren auch das Zinkphosphatieren als geeignetes Oberflächenvorbereitungsverfahren angegeben. Ferner sind z. B. alternative Passivierungen und alternative in gleicher Weise geeignete Vorbereitungs- und Vorbehandlungsverfahren möglich. Die Eignung hierfür ist nachzuweisen.

¹⁾ Chr = Gelb-Chromatieren
 Sw = Sweep-Strahlen
 Alternative in gleicher Weise geeignete Verarbeitungs- und Vorbehandlungsverfahren sind zulässig.

Erwartete Schutzdauer für Korrosivitätskategorien C2 bis C5-M L = Niedrig, M = Mittel, H = Hoch														
C2			C3			C4			C5-I			C5-M		
L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
•	•	•	•	•										
•	•	•	•	•	•	•								
•	•	•	•	•	•	•								
•	•	•	•	•	•	•	•							
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•		
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•		
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	



Weitere Informationen zum Feuerverzinken erhalten Sie beim Institut Feuerverzinken e. V.,
Postfach 14 04 51, 40074 Düsseldorf, Telefon (02 11) 69 07 65-0, Telefax (02 11) 69 07 65-28,
E-Mail: info@feuerverzinken.com, Internet: www.feuerverzinken.com