

**DIN EN ISO 14713-1**

ICS 25.220.40; 91.080.10

Mit DIN EN ISO  
14713-2:2010-05 und  
DIN EN ISO 14713-3:2010-05  
Ersatz für  
DIN EN ISO 14713:1999-05

**Zinküberzüge –  
Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und  
Stahlkonstruktionen vor Korrosion –  
Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und  
Korrosionsbeständigkeit (ISO 14713-1:2009);  
Deutsche Fassung EN ISO 14713-1:2009**

Zinc coatings –  
Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in  
structures –  
Part 1: General principles of design and corrosion resistance (ISO 14713-1:2009);  
German version EN ISO 14713-1:2009

Revêtements de zinc –  
Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de  
l'acier dans les constructions –  
Partie 1: Principes généraux de conception et résistance à la corrosion  
(ISO 14713-1:2009);  
Version allemande EN ISO 14713:2009

Gesamtumfang 26 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN  
Normenausschuss Eisen und Stahl (FES) im DIN

## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 14713-1:2009) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107/SC 4 „Hot dip coatings (galvanized, etc.)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, und vom Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge“, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, im Rahmen der Wiener Vereinbarung übernommen.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-75 AA „Schmelztauchüberzüge“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP).

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 1461	siehe	DIN EN ISO 1461
ISO 2063	siehe	DIN EN ISO 2063
ISO 2064	siehe	DIN EN ISO 2064
ISO 8044	siehe	DIN EN ISO 8044
ISO 9227	siehe	DIN EN ISO 9227
ISO 10684	siehe	DIN EN ISO 10684
ISO 11303	siehe	DIN EN ISO 11303
ISO 11844-1	siehe	DIN EN ISO 11844-1
ISO 12683	siehe	DIN EN ISO 12683
ISO 12944-5	siehe	DIN EN ISO 12944-5
ISO 12944-8	siehe	DIN EN ISO 12944-8
ISO 14713-2	siehe	DIN EN ISO 14713-2
ISO 14713-3	siehe	DIN EN ISO 14713-3

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN ISO 14713:1999-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) DIN EN ISO 14713, *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen für den Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion* wurde wie folgt aufgeteilt:
- *Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit*
  - *Teil 2: Feuerverzinken*
  - *Teil 3: Sherardisieren*

## **Frühere Ausgaben**

DIN EN ISO 14713: 1999-05

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*

DIN EN ISO 2063, *Thermisches Spritzen — Metallische und andere anorganische Schichten — Zink, Aluminium und ihre Legierungen*

DIN EN ISO 2064, *Metallische und andere anorganische Schichten — Definitionen und Festlegungen, die die Messung der Schichtdicke betreffen*

DIN EN ISO 8044, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Grundbegriffe und Definitionen*

DIN EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen*

DIN EN ISO 10684, *Verbindungselemente — Feuerverzinkung*

DIN EN ISO 11303, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Leitfaden zur Auswahl von Verfahren zum Schutz gegenüber atmosphärischer Korrosion*

DIN EN ISO 11844-1, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Einteilung der Korrosivität in Räumen mit geringer Korrosivität — Teil 1: Bestimmung und Abschätzung der Korrosivität in Räumen*

DIN EN ISO 12683, *Durch mechanisches Plattieren aufgebrachte Zinküberzüge — Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN ISO 12944-5, *Beschichtungssysteme — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 5: Beschichtungssysteme*

DIN EN ISO 12944-8, *Beschichtungssysteme — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung*

DIN EN ISO 14713-2, *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Teil 2: Feuerverzinken*

DIN EN ISO 14713-3, *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Teil 3: Sherardisieren*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Zinküberzüge —  
Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und  
Stahlkonstruktionen vor Korrosion —  
Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und  
Korrosionsbeständigkeit  
(ISO 14713-1:2009)

Zinc coatings —  
Guidelines and recommendations for the protection against  
corrosion of iron and steel in structures —  
Part 1: General principles of design and corrosion  
resistance  
(ISO 14713-1:2009)

Revêtements de zinc —  
Lignes directrices et recommandations pour  
la protection contre la corrosion du fer et  
de l'acier dans les constructions —  
Partie 1: Principes généraux de conception et  
résistance à la corrosion  
(ISO 14713-1:2009)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 18. November 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

## Inhalt

Seite

Vorwort .....	3
1 Anwendungsbereich .....	4
2 Normative Verweisungen .....	4
3 Begriffe .....	5
4 Werkstoffe .....	6
4.1 Eisen und Stahl als Grundwerkstoffe .....	6
4.2 Zinküberzüge.....	6
5 Auswahl des Zinküberzugs .....	6
6 Anforderungen an die Gestaltung.....	7
6.1 Allgemeine Gestaltungsgrundsätze zur Vermeidung von Korrosion .....	7
6.2 Gestaltung für die Anwendung verschiedener Verzinkungsverfahren.....	8
6.3 Rohre und Hohlprofile .....	8
6.4 Verbindungen.....	9
6.5 Duplex-Systeme .....	10
6.6 Instandsetzung.....	10
7 Korrosion in unterschiedlichen Umgebungen .....	11
7.1 Atmosphärische Belastung .....	11
7.2 Belastung durch Böden .....	14
7.3 Belastung durch Wasser.....	16
7.4 Abriebbeständigkeit .....	17
7.5 Belastung durch Chemikalien .....	17
7.6 Belastung durch erhöhte Temperaturen .....	17
7.7 Kontakt mit Beton .....	17
7.8 Kontakt mit Holz.....	18
7.9 Bimetallischer Kontakt.....	18
8 Schnellprüfverfahren für Zinküberzüge .....	21
Literaturhinweise .....	22

## Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 14713-1:2009) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 14713:1999.

EN ISO 14713, *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen für den Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion* besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit*
- *Teil 2: Feuerverzinken*
- *Teil 3: Sherardisieren*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

### Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 14713-1:2009 wurde vom CEN als EN ISO 14713-1:2009 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## **1 Anwendungsbereich**

Dieser Teil von ISO 14713 bietet Leitfäden und Empfehlungen betreffend der allgemeinen Grundlagen der Gestaltung von Gegenständen, auf die zum Zweck des Korrosionsschutzes ein Zinküberzug aufgebracht wird und des Ausmaßes der Korrosionsbeständigkeit, der durch Zinküberzüge auf Gegenständen aus Eisen und Stahl in verschiedenen Umgebungen erreicht wird. Der Erstschutz wird erfasst hinsichtlich

- der verfügbaren genormten Verfahren,
- der konstruktiven Gesichtspunkte und
- der bei der Anwendung vorliegenden Umgebungen.

Dieser Teil von ISO 14713 wird auf folgende Verfahren angewandt:

- a) feuerverzinkte Überzüge (aufgebracht nach der Fertigung);
- b) feuerverzinkte Überzüge (aufgebracht auf Stahlband);
- c) sherardisierte Überzüge;
- d) thermisch gespritzte Überzüge;-
- e) mechanisch plattierte Überzüge;
- f) galvanisch abgeschiedene Überzüge.

Nicht erfasst wird in diesen Leitfäden und Empfehlungen die Instandsetzung des Korrosionsschutzes für Stahl durch Zinküberzüge unter Einsatzbedingungen. Für einen Leitfaden zur Instandsetzung, siehe ISO 12944-5 und ISO 12944-8.

**ANMERKUNG** Es gibt eine große Anzahl von Produktnormen (z. B. für Nägel, Befestigungselemente, duktile Eisenrohre usw.), in denen spezifische Anforderungen an die angewendete Verzinkung festgelegt werden, die über die in diesem Teil von ISO 14713 angegebenen allgemeinen Anforderungen hinausgehen. Diese Anforderungen, die für ein bestimmtes Produkt gelten, haben Vorrang bezüglich dieser angegebenen allgemeinen Empfehlungen.

## **2 Normative Verweisungen**

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 1461, *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles — Specifications and test methods*

ISO 2063, *Thermal spraying — Metallic and other inorganic coatings — Zinc, aluminium and their alloys*

ISO 2064, *Metallic and other inorganic coatings — Definitions and conventions concerning the measurement of thickness*

ISO 2081, *Metallic and other inorganic coatings — Electroplated coatings of zinc with supplementary treatments on iron or steel*

ISO 8044:1999, *Corrosion of metals and alloys — Basic terms and definitions*

ISO 9223, *Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification*



ISO 9224, *Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Guiding values for the corrosivity categories*

ISO 9226, *Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity*

ISO 11844-1, *Corrosion of metals and alloys — Classification of low corrosivity of indoor atmospheres. Determination and estimation of indoor corrosivity*

ISO 12683, *Mechanically deposited coatings of zinc — Specification and test methods*

ISO 12944-5, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint system — Part 5: Protective paint systems*

ISO 12944-8, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 8: Development of specifications for new work and maintenance*

ISO 14713-2, *Zinc coatings — Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron in structures — Part 2: Hot dip galvanizing*

ISO 14713-3, *Zinc coatings — Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron in structures — Part 3: Sherardizing*

EN 10240, *Innere und/oder äußere Schutzüberzüge für Stahlrohre — Festlegungen für durch Feuerverzinken in automatisierten Anlagen hergestellte Überzüge*

EN 10346, *Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl - Technische Lieferbedingungen*

EN 13438, *Beschichtungsstoffe — Pulverbeschichtungen für verzinkte oder sherardisierte Stahlerzeugnisse für Bauzwecke*

EN 13811, *Sherardisieren — Zink-Diffusionsüberzüge auf Eisenwerkstoffen — Anforderungen*

EN 15520, *Thermisches Spritzen — Empfehlungen zum konstruktiven Gestalten von Bauteilen mit thermisch gespritzten Schichten*

### **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 1461, ISO 2063, ISO 2064, ISO 8044, ISO 12683 und EN 13811 und die folgenden Begriffe.

#### **3.1**

##### **atmosphärische Korrosion**

Korrosion mit der Erdatmosphäre als Korrosionsmedium bei Umgebungstemperatur

(siehe ISO 8044:1999, 3.04)

#### **3.2**

##### **erhöhte Temperaturen**

Temperaturen zwischen +60 °C und +200 °C

#### **3.3**

##### **Sonderbelastungen**

außergewöhnliche Belastungen, die die korrosive Belastung beträchtlich verstärken und/oder die Anforderungen an das Korrosionsschutzsystem erhöhen

### **3.4**

#### **Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung**

Zeitintervall zwischen der Aufbringung eines ersten Überzugs und dem Zeitpunkt, an dem sich die Schutzwirkung des Überzugs so weit verringert hat, dass eine Instandsetzung erforderlich ist, um weiterhin den Schutz des Grundmetalls sicherzustellen

## **4 Werkstoffe**

### **4.1 Eisen und Stahl als Grundwerkstoffe**

Beim Feuerverzinken wird die Reaktivität des Stahls von seiner chemischen Zusammensetzung beeinflusst, besonders durch seinen Silizium- und Phosphorgehalt (siehe ISO 14713-2). Die metallurgischen und chemischen Eigenschaften des Stahls sind für thermisch gespritzte oder sherardisierte Überzüge ohne Bedeutung.

Die Gesamtheit der Stähle, die üblicherweise feuerverzinkt werden, ist in folgende Kategorien eingeteilt:

- unlegierter Stahl, der nur aus Eisen und Kohlenstoff besteht und für 90 % der Stahlerzeugnisse verwendet wird [z. B. EN 10025-2 und EN 10080 (Bewehrungsstahl)];
- hochfester, niedrig legierter Stahl (HSLA), der nur geringe Zusätze (im Allgemeinen einen Massenanteil von < 2 %) anderer Elemente enthält, üblicherweise 1,5 % Mangan, um bei mäßigen Mehrkosten die Festigkeit zu steigern (z. B. EN 10025-6);
- niedrig legierter Stahl, der mit anderen Elementen, üblicherweise Molybdän, Mangan, Chrom oder Nickel bis zu einem Massenanteil von 10 % legiert wird, zwecks Verbesserung der Härtebarkeit dicker Abschnitte (z. B. EN 10083-1).

Stahl kann warmgewalzt oder kaltverformt werden. Warmwalzen wird angewendet, um Winkelstahl, I-Profile, H-Profile oder andere Profile zu erzeugen. Einige Bauteile, z. B. Schutzplanken und Fassadenschienen sowie auch Fassadenelemente, werden kaltverformt.

Gusswerkstoffe und Schmiedeeisen unterscheiden sich hinsichtlich ihres metallurgischen Gefüges und ihrer chemischen Zusammensetzung. Dies ist für thermisch gespritzte oder sherardisierte Überzüge ohne Bedeutung, ist jedoch für die Auswahl der Feuerverzinkung zu berücksichtigen (siehe ISO 14713-2).

### **4.2 Zinküberzüge**

Die Anwendung von Zinküberzügen stellt ein wirksames Verfahren dar, um die Korrosion von Eisenwerkstoffen zu verzögern oder zu verhindern (siehe Abschnitt 1 für Zinküberzüge/Verfahren, die in diesem Teil von ISO 14713 behandelt werden). Zinküberzüge werden zum Korrosionsschutz eingesetzt, weil sie für Eisen- und Stahlerzeugnisse sowohl eine Barrierewirkung als auch einen kathodischen Schutz bieten.

## **5 Auswahl des Zinküberzugs**

Bei Auswahl der anzuwendenden Zinküberzüge sollten folgende Gesichtspunkte beachtet werden:

- a) die allgemeine Umgebung (Makroklima), in der die Überzüge eingesetzt werden;
- b) die örtlichen Schwankungen der Umgebungsbedingungen (Mikroklima), einschließlich der vorhersehbaren zukünftigen Veränderungen und aller Sonderbelastungen;
- c) die geforderte Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung des Zinküberzugs;
- d) die Notwendigkeit zusätzlicher Maßnahmen;
- e) die Notwendigkeit, einer Nachbehandlung zum temporären Schutz;

- f) die Notwendigkeit einer Beschichtung, entweder im Zuge der Fertigung (Duplex-Systeme) oder im Rahmen der Instandsetzung bei Annäherung an das Ende der Schutzdauer des Zinküberzugs zum Zwecke der Kostenminimierung;
- g) die Verfügbarkeit und die Kosten;
- h) die Möglichkeit der einfachen Instandsetzung für den Fall, dass die Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung des Überzugs kürzer als die für das Bauteil geforderte Lebensdauer ist.

ANMERKUNG Die Schutzdauer eines Zinküberzugs ist unter den verschiedenen atmosphärischen Belastungen der Überzugsdicke annähernd proportional.

Die Vorgehensweise bei der Aufbringung des ausgewählten Zinküberzugs sollte zwischen dem Stahlverarbeitungsunternehmen und dem mit dem Verzinkungsunternehmen abgestimmt werden.

## 6 Anforderungen an die Gestaltung

### 6.1 Allgemeine Gestaltungsgrundsätze zur Vermeidung von Korrosion

Die konstruktive Gestaltung von Bauteilen und Produkten sollte Einfluss auf die Auswahl des Korrosionsschutzsystems haben. Es kann zweckmäßig und wirtschaftlich sein, die Gestaltung so abzuändern, dass das bevorzugte Schutzsystem eingesetzt werden kann.

Die Punkte a) bis j) sollten beachtet werden.

- a) Für eine sichere und einfache Zugänglichkeit zum Zwecke der Reinigung und Instandsetzung sollte gesorgt werden.
- b) Taschen, Rücksprünge und Vertiefungen, in denen sich Wasser und Schmutz sammeln können, sollten vermieden werden; eine Gestaltung der äußeren Form mit glatten Konturen erleichtert das Aufbringen eines Korrosionsschutzsystems und hilft dadurch, die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. Korrosiv wirkende Substanzen sollten von Konstruktionsteilen abgeleitet werden, z. B. sollten Drainagerohre angewendet werden, um Tausalzlösungen abzuführen.
- c) Flächen, die nach der Montage unzugänglich sind, sollten mit einem Korrosionsschutzsystem geschützt werden, das die geforderte Lebensdauer der Konstruktion überdauert.
- d) Falls Kontaktkorrosion (Korrosion durch Kontakt unterschiedlicher Werkstoffe: Metalle und/oder Legierungen) auftreten kann, sollten zusätzliche Schutzmaßnahmen angewendet werden (siehe ISO 14713-2).
- e) Wenn das mit einem Überzug versehene Bauteil mit anderen Baustoffen in Kontakt kommen kann, sollte den Kontaktflächen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, beispielsweise sollten gegebenenfalls Beschichtungen, Isolierbänder oder Trennfolien aus Kunststoff angewendet werden.
- f) Das Feuerverzinken, Sherardisieren, mechanische Plattieren, Aufbringen von Zinklamellenüberzügen oder Elektroplattieren ist nur im Werk durchführbar; thermisches Spritzen kann sowohl im Werk als auch vor Ort durchgeführt werden. Falls vorgesehen ist, eine zusätzliche Beschichtung auf einen Zinküberzug aufzubringen, ist die Ausführung im Werk wesentlich leichter zu überwachen; bei Gefahr einer Beschädigung beim Transport oder Montage, kann der Auftraggeber sich für das Aufbringen der Deckbeschichtung vor Ort entscheiden. Auf verzinkten Stahl kann nur im Werk eine Pulverbeschichtung aufgebracht werden.

Wenn das gesamte System nicht vor Ort aufgebracht wird, muss zur Vermeidung von Beschädigungen die Sorgfalt beim Umgang mit den verzinkten Bauteilen in allen Arbeitsschritten festgelegt und, wenn erforderlich, die Art der Ausbesserung der fertig montierten Konstruktion beschrieben werden.

- g) Feuerverzinken (nach ISO 1461), Sherardisieren (nach EN 13811) und thermisches Spritzen (nach ISO 2063) sollten nach dem Biegen und grundsätzlich nach jeglicher Ver- und Bearbeitung der Bauteile durchgeführt werden.
- h) Es sind nur solche Markierungen zu verwenden, die die Qualität der Vorbehandlung vor dem Aufbringen des Überzugs nicht beeinflusst.
- i) Zur Minimierung des Auftretens von Verformungen während oder nach der Verzinkung können Vorsichtsmaßnahmen notwendig sein.
- j) Die Verzinkungsbedingungen, denen die Bauteile während des Aufbringens des Überzugs ausgesetzt sind, sind möglicherweise auch zu berücksichtigen.

## **6.2 Gestaltung für die Anwendung verschiedener Verzinkungsverfahren**

Die Gestaltungsanforderungen für feuerverzinkte Bauteile unterscheiden sich von denen anderer Verzinkungsverfahren. ISO 14713-2 enthält Leitfäden für die Gestaltung feuerverzinkter Überzüge. Diese Leitfäden ergänzen die allgemeinen Grundsätze für die Gestaltung von Stahlkonstruktionen.

Die Anforderungen an die Gestaltung sherardisierter Bauteile sind in ISO 14713-3 enthalten.

Für das thermische Spritzen von Zink sollte die Gestaltung bereits zu einem frühen Zeitpunkt mit dem Verarbeitungsbetrieb dahingehend abgestimmt werden, dass eine ausreichende Zugänglichkeit zu allen Bereichen des Gegenstands sichergestellt ist (siehe EN 15520).

Für die Gestaltung von Bauteilen für das elektrolytische Verzinken gelten die allgemeinen Gestaltungsgrundsätze zum Galvanisieren, die hier nicht beschrieben sind. Bei mechanisch zu plattierenden Bauteilen ist die Gestaltung mit den darauf spezialisierten Betrieben abzustimmen; dieses Verfahren ist im Allgemeinen für Kleinbauteile geeignet, die in einer Trommel beschichtet werden können; möglicherweise gibt es Betriebe, die sich darauf spezialisiert haben, auch andere Bauteilformen nach diesem Verfahren zu verzinken.

## **6.3 Rohre und Hohlprofile**

### **6.3.1 Allgemeines**

Die Innenflächen von Rohren und Hohlprofilen benötigen keinen Schutz, wenn sie trocken und hermetisch dicht verschlossen sind. Falls hermetisch nicht verschlossene Hohlprofile der Witterung oder einer Innenraum-Umgebung mit möglicher Kondensation ausgesetzt sind, sollte beachtet werden, dass ein Korrosionsschutz sowohl auf der Innen- als auch auf der Außenseite notwendig ist.

### **6.3.2 Korrosionsschutz von Innen- und Außenflächen**

Die Überzugsdicken feuerverzinkter Hohlprofile sind innen und außen annähernd gleich. Es gibt einige Sonderprodukte, bei denen die Überzugsdicke an Innen- und Außenflächen unterschiedlich ist, z. B. Rohre für Wasserverteilungssysteme (siehe EN 10240). Falls das Feuerverzinken der Rohre und Hohlprofile nach ihrem Einbau in das Gesamtsystem erfolgt, sollten im Hinblick auf den Verfahrensablauf Entwässerungs- und Be- bzw. Entlüftungsöffnungen vorgesehen werden (siehe ISO 14713-2).

Durch Sherardisieren sind innen und außen gleiche Überzugsdicken zu erreichen. Für Hohlprofile sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Wenn Rohre zu sherardisieren sind, sollte ein Gemisch aus Zinkstaub und Sand in die Rohre eingebracht werden, bevor mit dem Verfahren der thermischen Diffusion begonnen wird (siehe ISO 14713-3).

## 6.4 Verbindungen

### 6.4.1 Feuerverzinkte, sherardisierte oder thermisch gespritzte Verbindungselemente

Das Verzinkungsverfahren für Schrauben, Muttern und andere Arten tragender Verbindungen sollte sorgfältig ausgewählt werden. Im Idealfall sollte ein gleichwertiger Korrosionsschutz für die Verbindungselemente und die übrige Stahlkonstruktion erreicht werden. Spezielle Anforderungen sind in den jeweiligen Internationalen Produktnormen enthalten (z. B. ISO 10684), und eine Reihe von Internationalen Normen für Überzüge der Verbindungselemente ist in Vorbereitung/Veröffentlichung.

Für Verbindungselemente aus Stahl sollten feuerverzinkte (siehe z. B. ISO 1461, mit Festlegung von Mindest-Überzugsdicken bis 55 µm), sherardisierte oder andere Überzüge in Betracht gezogen werden. Alternativ können auch Verbindungselemente aus nicht rostendem Stahl eingesetzt werden; dabei sind Vorkehrungen zur Vermeidung von Kontaktkorrosion zu treffen, siehe 7.9.

Die Kontaktflächen von gleitfesten Schraubenverbindungen sollten zur Erhöhung des Reibbeiwertes eine Sonderbehandlung erhalten. Dabei ist es nicht notwendig, gespritzte, sherardisierte oder feuerverzinkte Überzüge zu entfernen, um einen ausreichenden Reibbeiwert zu erreichen, jedoch sollte das Langzeitverhalten oder die Anforderungen an die Vermeidung von Kriechgleiten und notwendige Anpassungen an die Montage Maße berücksichtigt werden.

### 6.4.2 Schweißtechnische Hinweise im Bezug auf Überzüge

Das Schweißen ist bevorzugt vor dem Feuerverzinken, Sherardisieren oder thermischen Spritzen durchzuführen. Die Anwendung von Schweißsprays, die im Zuge der Vorbehandlung nicht entfernt werden können, sollte vermieden werden. Aus diesem Grund werden nur silikonarme und wasserlösliche Schweißsprays empfohlen. Nach dem Schweißen sollte die Oberfläche im Nahtbereich bis zu dem Oberflächenvorbereitungsgrad vorbereitet werden, der für die gesamte Konstruktion vor Aufbringen des jeweiligen Überzugs erforderlich ist. Das Schweißen sollte gleichmäßig ausgeführt werden (d. h. symmetrische Ausführung), um ungleichförmige Spannungen in einer Konstruktion zu vermeiden. Schweißrückstände müssen vor dem Aufbringen der Überzüge entfernt werden. Die üblichen Vorbereitungen für das thermische Spritzen sind in der Regel hierfür ausreichend, für das Feuerverzinken kann jedoch eine besondere Vorbehandlung erforderlich sein, besonders Schweißschlacke sollten sorgfältig entfernt werden. Einige Schweißverfahren hinterlassen alkalische Überreste. Sie müssen durch Strahlen entfernt werden, auf das ein Waschen mit sauberem Wasser folgt, bevor dann die Überzüge thermisch aufgespritzt werden. (Dies gilt nicht für das Feuerverzinken und das Sherardisieren, weil bei diesen Verfahren alkalische Ablagerungen durch die Oberflächenvorbereitung beseitigt werden.)

Es ist zu empfehlen, keine Fertigungsbeschichtungen auszuführen, da diese vor dem Feuerverzinken, dem Sherardisieren oder dem thermischen Spritzen wieder vollständig entfernt werden müssen.

Falls das Schweißen nach dem Feuerverzinken, dem Sherardisieren oder dem thermischen Spritzen durchgeführt wird, sollte der Überzug vor dem Schweißen in der Schweißnahtzone örtlich entfernt werden, um eine hochwertige Schweißung sicherzustellen. Nach dem Schweißen sollte der Überzug örtlich wieder durch thermisches Spritzen, Aufbringen von Loten und/oder Zinkstaubbeschichtungen instand gesetzt werden.

Das Schweißen von sherardisierten Bauteilen wird nicht empfohlen, eine Punktschweißung für bestimmte Anwendungen ist möglich.

Nach dem Schweißen von verzinktem Stahl sollte die Oberfläche bis zu dem Oberflächenvorbereitungsgrad vorbereitet werden, der für die gesamte Stahlkonstruktionen erforderlich ist, bevor eine Beschichtung oder eine Pulverbeschichtung erfolgt.

Die Fertigung von Baugruppen, die aus unterschiedlichen Metallen bestehen und deshalb unterschiedlicher Vorbehandlung bedürfen, sollte mit dem ausführenden Unternehmen abgestimmt werden.

Das Schweißen von verzinkten Bauteilen muss nach den geltenden Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften unter Anwendung einer geeigneten Be-/Entlüftung durchgeführt werden.

### **6.4.3 Hart- oder Weichlöten**

Weichgelötete Baugruppen können nicht feuerverzinkt oder sherardisiert werden; auch das Hartlöten sollte nach Möglichkeit vermieden werden — viele Arten des Hartlötens eignen sich nicht für eine nachfolgende Feuerverzinkung oder Sherardisierung. Falls auf das Hartlöten nicht verzichtet werden kann, sollte ein Fachmann für das Feuerverzinken oder Sherardisieren konsultiert werden.

Weil bei diesem Verfahren gegebenenfalls korrosive Flussmittel eingesetzt werden, ist das Entfernen der Flussmittelreste nach dem Verzinken unbedingt notwendig, um eine Korrosion der verzinkten Bauteile zu verhindern; die Bauteile sollten so gestaltet sein, dass die Reinigung leicht möglich ist.

### **6.5 Duplex-Systeme**

ISO 12944-5 und EN 13438 geben Hinweise für das Aufbringen organischer Beschichtungen auf feuerverzinkte oder sherardisierte Überzüge. Wenn eine zusätzliche organische Beschichtung aufgebracht wurde, ist die Benennung „Duplex-System“ anzuwenden, um die Kombination der Schichten zu beschreiben — ursprünglich wurde dieser Begriff nur für Beschichtungen auf Feuerverzinkung benutzt.

ANMERKUNG EN 15773 befasst sich mit den Anforderungen an die Qualität und den Informationsaustausch in der Lieferkette für Duplex-Systeme.

Die Nutzungsdauer einer verzinkten Konstruktion ist länger als die Schutzdauer eines Überzugs, da ein Teil des Stahls durch Korrosion zerstört werden kann, ehe die gesamte Konstruktion unbrauchbar wird. Falls es notwendig ist, die Schutzdauer des Zinküberzugs zu verlängern, ist eine Instandsetzung durchzuführen, bevor sich Rost gebildet hat und möglichst, wenn die Restschichtdicke des Zinküberzugs nicht weniger als 20 µm bis 30 µm beträgt. Dadurch ist für derart instand gesetzte Bauteile eine längere Schutzdauer als für ausschließlich beschichtete Bauteile gegeben.

Die Schutzdauer eines Korrosionsschutzsystems aus Zinküberzug und organischer Beschichtung ist im Allgemeinen merklich länger als die Summe der getrennt erreichbaren Schutzdauern des Zinküberzugs und der Beschichtung. Dies beruht auf einem Synergieeffekt, d. h., der Zinküberzug verhindert die Unterrostung der Beschichtung, und die Beschichtung bewahrt den Zinküberzug vor frühzeitiger Korrosion. Falls vorgesehen ist, dass die intakte Altbeschichtung bei der Instandsetzung auf der Oberfläche verbleiben soll, sollte bei der Ausgangsbeschichtung von vornherein die Schichtdicke erhöht werden.

Eine Instandsetzung wird üblicherweise durchgeführt, wenn ein Zinküberzug unansehnlich oder stark abgebaut wird. Dazu benötigt ein Zinküberzug in der Regel eine längere Zeitspanne als eine Beschichtung. Deshalb kann z. B. für einen Zinküberzug eine Schutzdauer von mehr als 20 Jahren bis zur ersten Instandsetzung empfohlen werden, wohingegen der gleiche Zinküberzug zuzüglich einer Beschichtung aufgrund des Aussehens der Beschichtung bereits nach nur 10 Jahren instand gesetzt werden sollte. Es sollte angemerkt werden, dass eine Fläche mit abgewitterter Beschichtung Feuchtigkeit aufnehmen kann, wodurch die Korrosion des Metalls besonders dann beschleunigt wird, wenn diese Fläche nicht durch Regen abgewaschen werden kann.

Wenn die Instandsetzung hinausgezögert wird, bis der Zinküberzug abgewittert ist und das Rosten bereits begonnen hat, ist das Bauteil genauso instand zu setzen wie eines mit durchrosteter Beschichtung.

### **6.6 Instandsetzung**

Zinküberzüge bedürfen nicht der Instandsetzung, wenn sich die Korrosionsgeschwindigkeit des Überzugs vernachlässigbar auf die geplante Einsatzdauer der Konstruktion auswirkt. Übersteigt die Nutzungsdauer der Konstruktion die Schutzdauer des Überzugs, so sollte durch Entzinkung und Neuverzinkung oder durch Beschichtung auf einer Restzinkschicht eine Instandsetzung erfolgen.

## 7 Korrosion in unterschiedlichen Umgebungen

### 7.1 Atmosphärische Belastung

Die Korrosionsgeschwindigkeit des Zinküberzugs hängt von der Zeit ab, in der der Zinküberzug Feuchtigkeit, Luftverunreinigungen und Oberflächenverschmutzung ausgesetzt ist, aber sie ist viel kleiner als die Korrosionsgeschwindigkeit des Stahls und nimmt mit der Zeit oft ab. Allgemeine Informationen zur atmosphärischen Korrosionsgeschwindigkeit für Zink enthält ISO 9224.

In Tabelle 1 wird die grundlegende Einteilung der Umgebungen (bezogen auf ISO 9223) vorgenommen. Bei einer relativen Luftfeuchte unter 60 % ist die Korrosionsgeschwindigkeit für Eisen und Stahl vernachlässigbar, und ein Zinküberzug ist dann nicht unbedingt erforderlich, z. B. bei Anwendung innerhalb von Gebäuden. Ein Zinküberzug mit oder ohne zusätzliche Beschichtung kann jedoch aus optischen oder hygienischen Gründen, z. B. bei der Lebensmittelherstellung, gefordert werden. Wenn die relative Luftfeuchte mehr als 60 % beträgt oder die Umgebung nass ist, wenn die Bauteile ein- oder untergetaucht werden können oder eine längere Kondensationsdauer besteht, gibt es für Eisen und Stahl sowie für die meisten Metalle eine große Korrosionsgefährdung. Auf der Oberfläche abgeschiedene Verunreinigungen, besonders Chloride und Sulfate, beschleunigen den Korrosionsangriff. Substanzen, die auf einer Eisen- oder Stahloberfläche abgelagert sind, verstärken die Korrosion, wenn sie Feuchtigkeit absorbieren oder sich auf der Oberfläche auflösen. Für ungeschütztes Eisen und Stahl hängt die Korrosionsgeschwindigkeit auch von der Temperatur ab, dabei haben Temperaturschwankungen im Vergleich zu einer gleichmäßigen Temperaturverteilung einen stärkeren Einfluss.

Das Mikroklima, d. h. die Bedingungen in unmittelbarer Nähe der Konstruktion, ist auch wichtig, weil es eine exaktere Bewertung der wahrscheinlichen Bedingungen am Bauteil im Vergleich zum Bezug auf das Makroklima ermöglicht. In der Planungsphase eines Projekts ist das Mikroklima möglicherweise noch nicht abzuschätzen. Es sollte so genau wie möglich bestimmt werden, weil es ein wesentlicher Faktor in der Auswahl des Korrosionsschutzverfahrens ist. Ein Beispiel für ein Mikroklima ist die Unterseite einer Brücke (besonders oberhalb der Wasserfläche).

Die Korrosion von Stahlbauten innerhalb von Gebäuden hängt von Innenraumbedingungen ab, ist jedoch in einer „normalen“ Atmosphäre, z. B. trocken und beheizt, nicht von Bedeutung. Stahlbauten in Außenwänden von Gebäuden werden durch die Konfiguration innerhalb der Außenwand beeinflusst, z. B. birgt eine Stahlkonstruktion mit vollständiger Trennung von der Außenhaut einer Wand, die aus zwei voneinander durch einen Luftspalt getrennten Teilen besteht, ein geringeres Korrosionsrisiko als eine Stahlkonstruktion, die mit der Außenhaut in Kontakt steht oder in sie eingebettet ist. Industriell genutzte Bauwerke, chemische, feuchte oder verunreinigte Umgebungen sollten besonders beachtet werden. Für teilweise überdachte Stahlkonstruktionen, z. B. Ställe und Flugzeughallen, sollte davon ausgegangen werden, dass sie einer äußeren Umgebung zuzuordnen sind.

In Tabelle 1 werden Anhaltspunkte für die Abschätzung der Korrosionsgeschwindigkeit von Zinküberzügen in unterschiedlichen Umgebungen gegeben, bezogen auf Korrosivitätskategorien in ISO 9223.

**Tabelle 1 — Beschreibung der typischen atmosphärischen Umgebungen, bezogen auf die Abschätzung der Korrosivitätskategorien**

<b>Korrosivitätskategorie C</b>  <b>Korrosionsgeschwindigkeit für Zink</b> <b>(basierend auf einjähriger Auslagerung),</b> $r_{\text{corr}}$ ( $\mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ ) <b>und Kategoriebezeichnung</b>	<b>Typische Umgebungen (Beispiele)</b>	
	<b>Innen</b>	<b>Außen</b>
C1  $r_{\text{corr}} \leq 0,1$  sehr niedrig	Beheizte Räume mit niedriger relativer Luftfeuchte und unbedeutender Luftverunreinigung, z. B. Büros, Schulen, Museen.	Trockenes oder kaltes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit sehr niedriger Luftverunreinigung und geringer Nässe, z. B. bestimmte Wüsten, zentrale arktische/antarktische Bereiche.
C2  $0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,7$  niedrig	Nicht beheizte Räume mit schwankender Temperatur und relativer Luftfeuchte. Seltene Kondensatbildung und geringe Luftverunreinigung, z. B. Lagerräume, Sporthallen.	Gemäßigtes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit geringer Luftverunreinigung ( $\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), z. B. ländliche Bereiche, Kleinstädte. Trockenes oder kaltes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit kurzzeitiger Nässe, z. B. Wüsten, subarktische Bereiche.
C3  $0,7 < r_{\text{corr}} \leq 2$  mittel	Räume mit gelegentlicher Kondensatbildung und mäßiger, durch den Produktionsprozess bedingten Luftverunreinigung, z. B. Lebensmittelverarbeitungswerke, Wäschereien, Brauereien, Molkereien.	Gemäßigtes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit mittlerer Verunreinigung ( $\text{SO}_2$ : $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oder leichte Chloridbelastung, z. B. städtische Bereiche, Küstenbereiche mit niedriger Chloridablagerung, subtropische und tropische Klimagebiete mit Atmosphären mit geringer Verunreinigung.
C4  $2 < r_{\text{corr}} \leq 4$  hoch	Räume mit häufiger Kondensatbildung und hoher, durch den Produktionsprozess bedingten Luftverunreinigung, z. B. Industrieanlagen, Schwimmbäder.	Gemäßigtes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit hoher Verunreinigung ( $\text{SO}_2$ : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oder beträchtliche Chloridbelastung, z. B. verunreinigte städtische Bereiche, industrielle Bereiche, Küstenbereiche ohne Versprühen von Salzwasser, starke Tausalzbelastung, subtropische und tropische Klimagebiete mit Atmosphäre mit mittlerer Verunreinigung.
C5  $4 < r_{\text{corr}} \leq 8$  sehr hoch	Räume mit sehr häufiger Kondensatbildung und/oder mit hoher, durch den Produktionsprozess bedingten Luftverunreinigung, z. B. Bergwerke, industriell genutzte Kavernen, unbelüftete Schuppen in Gebieten mit subtropischem und tropischem Klima.	Gemäßigte und subtropische Klimagebiete, atmosphärische Umgebung mit sehr hoher Verunreinigung ( $\text{SO}_2$ : $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und/oder wesentliche Chloridbelastung, z. B. industrielle Bereiche, Küstenbereiche, Schutzhütten an der Küste.



Tabelle 1 (fortgesetzt)

<b>Korrosivitätskategorie C</b>  <b>Korrosionsgeschwindigkeit für Zink</b>  <b>(basierend auf einjähriger Auslagerung),</b> $r_{\text{corr}}$ ( $\mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ ) <b>und</b> <b>Kategoriebezeichnung</b>	<b>Typische Umgebungen (Beispiele)</b>	
	<b>Innen</b>	<b>Außen</b>
<p>CX</p> <p><math>8 &lt; r_{\text{corr}} \leq 25</math></p> <p>extrem</p>	<p>Räume mit nahezu ständiger Kondensatbildung oder ausgedehnten Belastungszeiten mit starker Feuchtigkeitseinwirkung und/oder mit hoher, durch den Produktionsprozess bedingten Luftverunreinigung, z. B. unbelüftete Schuppen in feuchten, tropischen Klimagebieten mit eindringenden Verunreinigungen aus der Außenluft, einschließlich luftübertragener Chloride und Feststoffteilchen, die Korrosion fördern.</p>	<p>Subtropische und tropische Klimagebiete (sehr lange Nässeeinwirkungszeiten), atmosphärische Umgebung mit sehr hoher Verunreinigung (<math>\text{SO}_2</math> mehr als <math>250 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>), inklusive begleitender und durch Produktion bedingte Verunreinigung und/oder starke Chloridbelastung, z. B. extreme industrielle Bereiche, Küsten- und Offshore-Bereiche mit gelegentlichem Salzsprühkontakt.</p>
<p>ANMERKUNG 1 Die Chloridablagerung in Küstenbereichen hängt stark von den Variablen ab, die Einfluss auf den Transport von Seesalz in das Land hinein haben, z. B. Windrichtung, Windgeschwindigkeit, lokale Topographie, Windschutzinseln außerhalb der Küste, Abstand des Standorts von der See usw.</p> <p>ANMERKUNG 2 Extreme Chloridbelastung, die typisch ist für eine Spritzwasserzone oder starker Salzsprühnebel, ist im Anwendungsbereich von ISO 9223 nicht erfasst.</p> <p>ANMERKUNG 3 Die Korrosivitätseinteilung bestimmter Einsatzatmosphären, z. B. in der chemischen Industrie, ist im Anwendungsbereich von ISO 9223 nicht erfasst.</p> <p>ANMERKUNG 4 Überdachte und nicht durch Regen abwaschbare Oberflächen können in einer maritimen atmosphärischen Umgebung, in der sich Chloride ablagern, wegen der hygroskopischen Wirkung einer höheren Korrosivitätskategorie zugeordnet werden.</p> <p>ANMERKUNG 5 Für Umgebungen, für die mit „Kategorie CX“ zu rechnen ist, wird empfohlen, die Einteilung für die atmosphärische Korrosivität aus den über ein Jahr ermittelten Korrosionsverlusten zu bestimmen. ISO 9223 wird gegenwärtig überarbeitet; die „Kategorie CX“ wird in das überarbeitete Dokument aufgenommen.</p> <p>ANMERKUNG 6 Die Konzentration des Schwefeldioxids (<math>\text{SO}_2</math>) sollte über mindestens 1 Jahr bestimmt werden; sie wird als jährlicher Mittelwert angegeben.</p> <p>ANMERKUNG 7 Die Umgebungen innerhalb von Räumen mit den Korrosivitätskategorien C1 und C2 werden in ISO 11844-1 ausführlich beschrieben. Die Innenraum-Korrosivitätskategorien IC1 bis IC5 werden definiert und klassifiziert.</p> <p>ANMERKUNG 8 Das Einteilungskriterium basiert auf den Verfahren zur Bestimmung der Korrosionsgeschwindigkeit an Standardproben (siehe ISO 9226).</p> <p>ANMERKUNG 9 Die Schichtdickenverlustwerte stimmen mit den in ISO 9223 angegebenen Werten überein, außer, dass für eine Korrosionsgeschwindigkeit von <math>2 \mu\text{m}</math> (je Jahr) oder mehr die Zahlen auf ganzzahlige Werte gerundet werden.</p> <p>ANMERKUNG 10 Das Referenzmaterial für Zinkstandardproben wird in ISO 9226 beschrieben.</p> <p>ANMERKUNG 11 Korrosionsgeschwindigkeiten, die über die oberen Grenzwerte der Kategorie C5 hinausgehen, werden als extrem hoch angesehen. Die Korrosivitätskategorie CX bezieht sich auf spezifische maritime und maritime/industrielle Umgebungen.</p> <p>ANMERKUNG 12 Die Korrosionsgeschwindigkeit verschiedener Zinküberzüge kann in einer bestimmten Umgebung näherungsweise als gleich angenommen werden. Eisen und Stahl korrodieren üblicherweise 10- bis 40-mal schneller als Zink, wobei die höheren Werte im Allgemeinen in Umgebungen mit hoher Chloridbelastung auftreten. Diese Daten beziehen sich auf Blechproben nach ISO 9223 und ISO 9224.</p> <p>ANMERKUNG 13 Die atmosphärische Umgebung verändert sich mit der Zeit. In vielen Regionen verringerte sich die Luftverunreinigung (besonders <math>\text{SO}_2</math>). Das führte zu einer Verringerung der Korrosivitätskategorie für diese Regionen. Dies wiederum führte dazu, dass die Zinküberzüge geringere Korrosionsgeschwindigkeiten erfahren haben, als in älteren Aufzeichnungen dokumentiert. Andere Bereiche haben eine zunehmende Luftverunreinigung und industrielle Aktivität erfahren, sodass zu erwarten ist, dass sie durch eine höhere Korrosivitätskategorie genauer zu beschreiben sind.</p> <p>ANMERKUNG 14 Die Korrosionsgeschwindigkeiten von Zink- und Zink-Eisen-Legierungsschichten sind annähernd gleich.</p>		

In Tabelle 2 wird für eine Auswahl von Zinküberzügen, die dem Bereich dieser Korrosivitätskategorien ausgesetzt sind, die Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung angegeben. Die kürzeste und die längste erwartete Schutzdauer werden für alle ausgewählten Systeme und Schutzdauerklassen angezeigt. Die Schutzdauer wird in folgende Klassen eingeteilt:

- a) sehr niedrig (VL) 0 Jahre bis < 2 Jahre;
- b) niedrig (L) 2 Jahre bis < 5 Jahre;
- c) mittel (M) 5 Jahre bis < 10 Jahre;
- d) hoch (H) 10 Jahre bis < 20 Jahre;
- e) sehr hoch (VH)  $\geq$  20 Jahre.

## **7.2 Belastung durch Böden**

Der breite Bereich physikalischer und chemischer Eigenschaften der Böden (z. B. die Schwankung des pH-Werts von 2,6 bis 12 und des spezifischen elektrischen Widerstands von 10  $\Omega$  bis zu etwa 100 k $\Omega$ ) sowie die Inhomogenität der Böden insgesamt bewirken, dass Zinküberzüge im Erdboden selten gleichmäßig korrodieren. Die Korrosion im Erdboden ist abhängig von seinem Gehalt an Mineralien, seiner Art, von den organischen Bestandteilen und dem Wasser- und dem Sauerstoffgehalt (aerobe und anaerobe Korrosion). In gestörten Böden sind die Korrosionsgeschwindigkeiten im Allgemeinen höher als im ungestörten Boden. In EN 12501-1 kann eine allgemeine Richtlinie für die Korrosionswahrscheinlichkeit im Erdboden gefunden werden.

Kalkhaltige und sandige Böden (vorausgesetzt, sie sind chloridfrei) sind im Allgemeinen am wenigsten korrosiv, während Ton- und Tonmergelböden bis zu einem begrenzten Umfang zu Korrosion führen. In Moor- und Torfböden hängt das Korrosionsverhalten vom Gesamtsäuregehalt ab.

Wenn ausgedehnte Stahlkonstruktionen, z. B. Rohrleitungen, Tunnel und Tankanlagen, unterschiedliche Bodenarten durchlaufen, kann sich der Korrosionsangriff (Lochkorrosion) an vereinzelten Stellen (anodischen Flächen) durch die Bildung unterschiedlicher Belüftungselemente verstärken. In einigen Anwendungsfällen, z. B. bei bewehrter Erde, wird eine kontrollierte Hinterfüllung in Verbindung mit einem Zinküberzug für die Bewehrung angewendet.

Korrosionselemente können sich auch an den Grenzflächen Boden/Luft und Boden/Grundwasserspiegel bilden und den Korrosionsangriff möglicherweise verstärken, sodass diese Stellen besonders beachtet werden sollten. Umgekehrt kann die Anwendung eines kathodischen Schutzes für Konstruktionen im Erdboden (oder im Wasser) sowohl die Anforderungen an den Überzug verändern als auch die Haltbarkeit der Konstruktion verlängern. Hierzu sollte zur Berücksichtigung aller geltenden Bedingungen der Rat eines Fachmanns eingeholt werden.

Während die mittleren jährlichen Korrosionsgeschwindigkeiten für Zinküberzüge in den meisten Erdböden weniger als 10  $\mu\text{m}$  je Jahr betragen, sind die Einflussfaktoren auf die Korrosion in spezifischen Bodenumgebungen komplex, und hinsichtlich der individuellen Belastungsbedingungen sollte der Rat eines Fachmanns eingeholt werden.

**Tabelle 2 — Schutzdauer für unterschiedliche Zinküberzüge in unterschiedlichen Korrosivitätskategorien**

Verfahren	Bezugsnorm	Mindestdicke (µm)	Ausgewählte Korrosivitätskategorien (ISO 9223), kürzeste/längste Schutzdauer (Jahre) und Schutzdauerklasse (VL, L, M, H, VH)							
			C3		C4		C5		CX	
Feuerverzinken (Stückverzinken)	ISO 1461	85	40/>100	VH	20/40	VH	10/20	H	3/10	M
		140	67/>100	VH	33/67	VH	17/33	VH	6/17	H
		200	95/>100	VH	48/95	VH	24/48	VH	8/24	H
Feuerverzinken (Bandverzinken)	EN 10346	20	10/29	H	5/10	M	2/5	L	1/2	VL
		42	20/60	VH	10/20	H	5/10	M	2/5	L
Feuerverzinken von Rohren	EN 10240	55	26/79	VH	13/26	H	7/13	H	2/7	L
Sherardisieren	EN 13811	15	7/21	H	4/7	M	2/4	L	1/2	VL
		30	14/43	VH	7/14	H	4/7	M	2/4	VL
		45	21/65	VH	11/25	H	6/11	M	3/6	L
Galvanische Verzinkung von Blechen	EN 2081	5	2/7	L	1/2	VL	1/1	VL	0/1	VL
		25	12/36	H	6/12	M	3/6	M	1/3	VL
Mechanisches Plattieren	ISO 12683	8	4/11	M	2/4	L	1/2	VL	0/1	VL
		25	12/36	H	6/12	M	3/6	L	1/3	VL

**ANMERKUNG 1** Die Werte für die Schutzdauer wurden auf ganze Zahlen gerundet. Die Zuordnung der Schutzdauerklasse basiert auf dem Durchschnitt der kürzesten und längsten berechneten Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung, z. B. 85 µm Zinkschichtdicke in Korrosivitätskategorie C4 (Korrosionsgeschwindigkeit für Zink zwischen 2,1 µm und 4,2 µm je Jahr) ergibt eine erwartete Schutzdauer von  $85/2,1 = 40,746$  Jahren (gerundet 40 Jahre) und  $85/4,2 = 20,238$  Jahren (gerundet 20 Jahre). Durchschnitt der Schutzdauer  $(20 + 40)/2 = 30$  Jahre – gekennzeichnet „VH“.

**ANMERKUNG 2** Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung eines Überzugs: In dieser Tabelle sind zahlreiche Korrosionsschutzsysteme aufgelistet, geordnet und klassifiziert nach Umgebungseinflüssen und Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung; sie zeigt die für den Auftraggeber (Spezifizierer) bestehenden Möglichkeiten. Die für Langzeitwirkung empfohlenen Systeme sind durchweg auch für kürzere Zeiten geeignet und sogar auch für diese kürzeren Zeiten wirtschaftlich.

**ANMERKUNG 3** Diese Tabelle kann auf alle Zinküberzüge angewendet werden, um die Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung zu bestimmen. Die Korrosionsgeschwindigkeit für alle aufgeführten Umgebungen wird durch die Korrosivitätskategorien C3 bis CX klassifiziert. Für das ausgewählte Korrosionsschutzsystem wird die kürzeste und die längste Schutzdauer bis zur ersten Instandsetzung im Hauptteil der Tabelle festgelegt.

**ANMERKUNG 4** Es ist nicht möglich, bei Überzügen unabhängig von ihrer Art eine exakt gleichmäßige Dicke zu erzielen. In Spalte 3 dieser Tabelle wird der Mindestwert für die durchschnittliche Überzugsdicke für alle Überzugssysteme angegeben. In der Praxis liegen die Durchschnittswerte meist erheblich darüber, was bedeutsam ist, weil Zinküberzüge auch benachbarten Bereichen Schutz gewähren können, die ihren Überzug vorzeitig verloren haben.

**ANMERKUNG 5** Es sollte darauf hingewiesen werden, dass sich in EN 10240 Schichtdickenangaben auf die örtliche Mindestdicke beziehen. Die Dickenangaben in diesen Tabellen weichen teilweise von Festlegungen in anderen Normen ab.

**ANMERKUNG 6** In dieser Tabelle werden Richtwerte für Überzüge angegeben, die auf feuerverzinkte Bleche und kalt geformte Profile mit tragender Funktion aufgebracht werden, sowie für elektrolytisch verzinktes Blech, ferner für thermisch gespritzte Überzüge aus Zink, für mechanisch plattierte Überzüge, sherardisierte Überzüge und feuerverzinkte Überzüge auf Fertigbauteilen. Feuerverzinkte Fertigteile und Halbzeuge, die aus dünnwandigen Werkstoffen hergestellt sind, sowie Befestigungsmittel und andere geschleuderte Kleinwaren, haben üblicherweise eine mittlere Überzugsdicke (die hierzu geltenden Produktnormen sind zu beachten). Da die Schutzdauer aller Zinküberzüge annähernd verhältnismäßig zur Dicke oder Masse des vorhandenen Zinküberzugs ist, kann die relative Gebrauchstauglichkeit dieser Überzugsdicken leicht eingeschätzt werden.

**ANMERKUNG 7** Zink-Aluminium-Überzüge (mit 5 % Al bis 55 % Al) haben üblicherweise eine höhere Korrosionsbeständigkeit als reines Zink; weil deren Gebrauch in größerem Umfang noch aussteht, sind sie in dieser Tabelle nicht aufgeführt. Für diese Art von Überzügen steht Fachliteratur in großem Umfang zur Verfügung.

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Verfahren	Bezugsnorm	Mindest- dicke (µm)	Ausgewählte Korrosivitätskategorien (ISO 9223), kürzeste/längste Schutzdauer (Jahre) und Schutzdauerklasse (VL, L, M, H, VH)			
			C3	C4	C5	CX
<p>ANMERKUNG 8 Dicke des Zinküberzugs auf Fertigbauteilen: ISO 1461 legt die genormte Überzugsdicke auf mindestens 85 µm bei Stahl-Wanddicken &gt; 6 mm fest. Dünnerwandige Stähle, in automatischen Anlagen feuerverzinkte Rohre und geschleuderte Kleinbauteile (üblicherweise Gewindeteile und Leitungsrohr-Fittings) haben dünnere Überzüge, aber im Allgemeinen über 45 µm Dicke. Wenn Überzüge anzuwenden sind, deren Dicke von diesen Werten abweicht, lässt sich deren Schutzdauer berechnen; die Schutzdauer von Zinküberzügen ist (in erster Näherung) zu ihrer Dicke etwa proportional. Für Rohre nach EN 10240 kann der Kunde auch dickere Zinküberzüge bestellen, die dann eine längere Schutzdauer haben. Feuerverzinkte Überzüge mit einer Dicke über 85 µm sind in ISO 1461 nicht genormt, es gelten jedoch die allgemeinen Bestimmungen dieser Internationalen Norm, die zusammen mit den spezifischen Zahlenwerten für die Dicke eine Spezifikation bilden können, die von Dritten verifiziert werden kann. Die Kenntnis der Zusammensetzung des zu verwendenden Stahls ist hierzu von grundlegender Bedeutung; der Verzinker sollte vor der Auswahl des Stahls zu Rate gezogen werden, weil sich die erwähnten großen Überzugsdicken nicht auf allen Stahlsorten erzeugen lassen. Sofern der Stahl geeignet ist, können dickere Überzüge vereinbart werden.</p> <p>ANMERKUNG 9 Dicke sherardisierter Überzüge auf Fertigbauteilen: EN 13811 legt die Überzugsdicke von 3 Klassen fest, die eine Dicke bis zu 45 µm haben, für Sonderanwendungen sind jedoch höhere Dicken anwendbar. Überzugsdicken bis 75 µm können erzeugt werden. Der Sherardisierer sollte konsultiert werden, weil ein dickerer Überzug sich möglicherweise nicht auf allen Stahlsorten erzeugen lässt.</p> <p>ANMERKUNG 10 Thermisch gespritzte Überzüge: Diese Überzüge werden üblicherweise als Korrosionsschutzsystem mit nachträglicher Versiegelung eingesetzt. Der Korrosionsschutz dieses Systems hängt in großem Maße von der richtigen Ausführung ab. Dieses Dokument stellt für diese Systeme keine Korrosionsschutzdaten zur Verfügung. Weitere Informationen enthält EN 15520.</p>						

### 7.3 Belastung durch Wasser

Die Art des Wassers, weiches oder hartes Süßwasser (Leitungswasser), Brackwasser oder Salzwasser, hat einen erheblichen Einfluss auf die Korrosion von Eisen- und Stahlwerkstoffen im Wasser und auf die entsprechende Auswahl von schützenden Zinküberzügen. Bei Zinküberzügen wird der Korrosionsangriff zunächst einmal durch die chemische Zusammensetzung des Wassers beeinflusst, wobei aber Temperatur, Druck, Durchflussmenge, Bewegung sowie das Vorhandensein von Sauerstoff ebenfalls von Bedeutung sind. Zink sollte beispielsweise nicht in heißem, weichem (d. h. nicht zur Kesselsteinbildung neigendem) Wasser angewendet werden; ein starker Korrosionsangriff auf Zink kann auch durch Kondensateinwirkung erfolgen, besonders zwischen etwa 55 °C und 80 °C (z. B. in Saunaaanlagen). Andererseits kann bei allen Temperaturen eine Deckschichtbildung auftreten; unterhalb von etwa 60 °C kann Zink auch einen kathodischen Schutz bewirken. Die Schutzdauer von Zinküberzügen in kaltem, hartem Wasser ist üblicherweise höher als in weichem Wasser (mit Ryznars- oder Langeliers-Index sollte berechnet werden, ob das Wasser hart oder weich ist). Weil die Zusammensetzung von nicht salzhaltigem Wasser stark variieren kann, sollten vorhandene Erfahrungen genutzt oder der Rat eines Fachmanns eingeholt werden.

Für den Einsatz bei heißem Wasser sollte immer der Rat eines Fachmanns eingeholt werden (siehe auch z. B. in EN 12502-3). Überzüge, die für Bauteile oder für Konstruktionen im Trinkwasserbereich verwendet werden (einschließlich Rohre, Verbindungstücke, Behälter und Tankdeckel), sollten nicht toxisch sein und sollten weder Geschmack noch Geruch, Farbe oder Trübung auf das Wasser übertragen und auch keinen mikrobiologischen Angriff begünstigen. Bei Behältern, bei denen ein zusätzlicher Schutz des Zinküberzugs notwendig ist, sollte ein geeigneter hochwertiger Bitumenanstrich in ausreichender Dicke aufgebracht werden.

Zonen mit wechselndem Wasserspiegel (z. B. in Gebieten, in denen der Wasserspiegel bedingt durch Naturgesetze wechselt, beispielsweise durch Gezeiten, oder durch künstliche Veränderungen des Wasserspiegels in Schleusen oder Staubecken) oder Spritzwasserbereiche sollten besonders aufmerksam betrachtet werden, da zusätzlich zum Wasserangriff auch atmosphärischer Angriff und Abrieb auftreten können.

Die Vielzahl der Größen, die auf die Korrosion in Frischwasser Einfluss nehmen, macht es unmöglich, sich auf einfache Anleitungsvorschriften zu beschränken. Einige Richtwerte für Meerwasser werden nachfolgend angegeben, in allen Fällen der Korrosionsbelastung durch Wasser sollte jedoch zur Berücksichtigung aller geltenden Bedingungen der Rat eines Fachmanns eingeholt werden.

In Meerwasser in der gemäßigten Klimazone liegt die mittlere Korrosionsgeschwindigkeit für Zink im Allgemeinen zwischen 10 µm je Jahr und 20 µm je Jahr. Feuerverzinkte Rohre, feuerverzinkte/elektrolytisch mit Zink beschichtete Bleche und Verbindungsstücke mit einem Überzug, der durch Feuerverzinken, Sherardisieren, elektrolytisches oder mechanisches Plattieren erzeugt wurde, sind im Allgemeinen bei Anwendung in Seewasser zusätzlich geschützt (siehe ISO 12944-5, ISO 12944-8 und EN 13438). Brackwasser kann gegenüber Meerwasser mehr oder weniger korrosiv sein, und eine allgemeingültige Einschätzung der Schutzdauer ist nicht möglich.

Ein Leitfaden für die Korrosionswahrscheinlichkeit für die in Wasserspeichern und Wasserverteilungssystemen verwendeten feuerverzinkten Überzüge kann in EN 12502-3 eingesehen werden.

#### **7.4 Abriebbeständigkeit**

Natürliche mechanische Belastungen können in Gewässern durch Anschwemmen von Steinen, Abrieb durch Sand, anprallende Wellen usw. ausgelöst werden. Durch den Wind herangeführte Teilchen (z. B. Sand) können den Korrosionsangriff ebenfalls verstärken. Zinküberzüge haben eine deutlich höhere Abriebfestigkeit (um einen Faktor von 10 oder mehr) als die meisten üblichen Beschichtungssysteme. Zink-Eisen-Legierungen sind besonders abriebfest. Begangene oder befahrene oder sich aneinander reibende Flächen können zuweilen einem starken Abrieb unterliegen. Flächen unter grobkörnigem Kies sind einer starken Belastung durch Aufprall und Abrieb ausgesetzt. Die ausgezeichnete Haftung zwischen Zinküberzügen und Stahl hilft (besonders beim Feuerverzinken und beim Sherardisieren, da es sich um Legierungsbindungen handelt), diese Einflüsse zu begrenzen.

#### **7.5 Belastung durch Chemikalien**

Ein wichtiger Einflussfaktor auf das Korrosionsverhalten von Zinküberzügen in Umgebungen mit flüssigen Chemikalien ist der pH-Wert der chemischen Lösung. Zinküberzüge, die z. B. durch Verzinken erzeugt wurden, zeigen in Lösungen mit einem pH-Wert über 5,5 und unter 12,5 ein angemessenes Verhalten. Einflussfaktoren wie Rühren, Belüftung, Temperatur, Polarisierung und das Vorhandensein von Inhibitoren kann die für den Überzug spezifische Korrosionsgeschwindigkeit beeinflussen.

Innerhalb des pH-Wertebereichs von 5,5 bis 12,5 bildet sich auf der Zinkoberfläche eine Schutzschicht, und die Korrosionsgeschwindigkeit ist sehr gering. Die exakte chemische Zusammensetzung der Schutzschicht hängt teilweise von der spezifischen chemischen Umgebung ab. Weil viele Flüssigkeiten einen pH-Wert innerhalb eines Bereichs von 5,5 bis 12,5 haben, werden verzinkte Stahlbehälter weit verbreitet zur Aufbewahrung und zum Transport vieler chemischer Lösungen angewendet. Ein längerer oder häufigerer direkter Kontakt mit Säuren oder starken Basen wird nicht empfohlen.

Viele organische Lösemittel haben auf Nichteisenmetalle einen nur geringen Einfluss; empfehlenswert ist es jedoch, für jede Chemikalie einen speziellen Rat einzuholen.

#### **7.6 Belastung durch erhöhte Temperaturen**

Alle beschriebenen Zinküberzüge sind im Allgemeinen auch bei erhöhten Temperaturen einsetzbar. Für alle organischen Beschichtungen/Überzüge ist ein spezieller Rat einzuholen.

Temperaturen über 200 °C werden in diesem Teil von ISO 14713 nicht berücksichtigt.

Temperaturen zwischen +200 °C und +500 °C treten nur unter besonderen Bedingungen beim Bau und Betrieb auf, z. B. bei Schornsteinen/-kaminen aus Stahl, bei Abgaskanälen und bei Gasabführungsleitungen in Kokereien. Für auf diese Weise beanspruchte Überzüge sollte der Rat eines Fachmanns eingeholt werden.

Durch Sherardisieren erzeugte Überzüge sind temperaturbeständig bis 600 °C.

#### **7.7 Kontakt mit Beton**

Ungeschützte Stahlbauteile, die mit Beton in Kontakt kommen, können korrodieren, weil in den Beton durch Risse und Poren Feuchtigkeit eindringt. Die Oxidationsprodukte aus der Reaktion zwischen Stahl und dem vorhandenen Sauerstoff bzw. der vorhandenen Feuchtigkeit können so viel Druck erzeugen, dass eine Schä-

digung des Betons (Abplatzen/Abblättern) eintritt. Zinküberzüge (im Allgemeinen als feuerverzinkte Überzüge zur Bewehrung aufgebracht — siehe ISO 14657) können angewendet werden, um in Abhängigkeit von den spezifischen Belastungen durch die Umgebung diese Art der Eigenschaftsbeeinträchtigung langfristig zu verhindern.

Der durch verzinkten Betonbewehrungsstahl gebotene Korrosionsschutz geht auf eine Kombination mehrerer nützlicher Effekte zurück. Von primärer Bedeutung ist, dass für Zinküberzüge der Schwellenwert zur Auslösung von Korrosion durch Chloride wesentlich höher ist (2- bis 4-mal höher) als für Stahl ohne Überzug. Außerdem hat Zink einen viel größeren pH-Passivierungsbereich als Stahl, wodurch feuerverzinkter Bewehrungsstahl gegen Einflüsse zur Verringerung des pH-Werts durch Karbonatisierung beständig wird, wenn der Beton altert. Selbst wenn der Zinküberzug zu korrodieren beginnt, ist die Korrosionsgeschwindigkeit merklich niedriger als für Stahl ohne Überzug.

Zink bleibt im Vergleich mit Schwarzstahl bei einem merklich niedrigeren pH-Wert passiv (9,5 für Zink gegenüber 11,5 für Schwarzstahl), wodurch der verzinkte Bewehrungsstahl durch Karbonatisierung des Betons wesentlich weniger für Korrosion anfällig ist.

Durch Reaktion des Zinks mit feuchtem Beton bildet sich Calciumhydroxyzinkat, und Wasserstoff wird freigesetzt. Dieses Korrosionsprodukt ist unlöslich und schützt das darunter liegende Zink (vorausgesetzt, das umgebende Betongemisch hat einen pH-Wert von unter etwa 13,3).

Untersuchungen haben gezeigt, dass während dieser ersten Reaktionsperiode ein Teil der reinen Zinkschicht des Überzugs gelöst wird, bis eine Passivierung des Überzugs und eine Betonhärtung einsetzen. Diese Anfangsreaktion endet jedoch mit dem Aushärten des Betons und der Bildung einer Hydroxyzinkatschicht. Untersuchungen an verzinktem Bewehrungsstahl, der aus bereits verarbeiteten Konstruktionen entnommen wurde, weisen auf eine längere Beibehaltung des passiven Zustands des Überzugs hin, auch wenn hohe Chloridgehalte in der Umgebung des Betons eine Belastung darstellen.

Der Zinküberzug kann für Betonsorten mit hohem pH-Wert oder, wenn Chloride enthalten sind, durch geschützte Nachbehandlungen passiviert werden, um gegen übermäßige Wasserstoffbildung zu schützen, die in ernsthaften Fällen die Ausziehfestigkeit des Bewehrungsstahls verringert. Für Beton unter den üblichen Bedingungen haben die statistisch ausgewerteten Untersuchungen keine Haftfestigkeitsdifferenz zwischen passiviertem und nicht passiviertem verzinktem Bewehrungsstab ergeben.

Durch Sherardisieren nach EN 13811 aufgebrachte Überzüge werden passiviert und sind daher sowohl für niedrige als auch für hohe Chloridgehalte im Beton geeignet vorbereitet. In allen anderen Beziehungen gilt für das Sherardisieren bei Kontakt mit Beton das Gleiche wie für das Feuerverzinken.

## **7.8 Kontakt mit Holz**

Produkte mit einem Zinküberzug werden sehr erfolgreich für viele Anwendungen eingesetzt, bei denen sie mit einer Vielzahl von Holzsorten in Kontakt kommen. Ein direkter Kontakt zwischen Zinküberzügen und Holz, das kurz zuvor mit angesäuerten Holzschutzmitteln behandelt wurde, sollte jedoch vermieden werden. Nachdem das Holz getrocknet und das Holzschutzmittel gebunden wurde, ist ein Kontakt zulässig, auch wenn das Holz erneut feucht wird. Stark angesäuerte Hölzer, z. B. Eiche, Esskastanie, Western-Red-Zeder und Douglasfichte, können zusammen mit Bauteilen mit einem Zinküberzug angewendet werden, obwohl eine anfängliche leichte Korrosion zu erwarten ist. In diesen Fällen dürfen Verfahren angewendet werden, um den Kontakt der Baustoffe zu verhindern, indem z. B. eine organische Beschichtung auf die Kontaktfläche aufgebracht wird.

Sherardisierte Überzüge bestehen aus einer Zink-Eisen-Legierung, die bedingt durch thermische Diffusion, ähnlich wie Überzüge aus Legierungselementen, eine Oberfläche mit einem hohen Reibungskoeffizienten erzeugt. Die Überzüge erfordern hohe Ausziehkraften, um die Bindung zum Holz zu überwinden, wenn diese Überzüge z. B. auf Nägeln vorhanden sind.

## **7.9 Bimetallischer Kontakt**

Wenn zwei unterschiedliche Metalle in direkten Kontakt kommen und ein Elektrolyt vorhanden ist, z. B. Feuchtigkeit, kann Kontaktkorrosion auftreten, bei der das anodisch wirkende (unedlere) Metall entsprechend der Spannungsreihe vorzugsweise korrodiert und so die Korrosion des anderen Metalls verhindert (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3 — Die Spannungsreihe (auf Basis des Elektrodenpotentials) zeigt die relative Position von Zink im Vergleich zu anderen Metallen**

<b>Anodisch — anfälliger für Korrosion</b>
Magnesium
Zink
Aluminium
Kohlenstoffstahl und kohlenstoffarme Stähle
Gusseisen
Blei
Zinn
Kupfer, Messing, Bronze
Nickel (passiv)
Titan
Nicht rostender Stahl
<b>Kathodisch — weniger anfällig für Korrosion</b>

Der bimetallische Effekt ist die Grundlage für den Opferschutz, den ein Zinküberzug (z. B. ein Feuerverzinkungsüberzug) bietet, wenn der Überzug beschädigt wird und damit kleine Bereiche des Stahls ungeschützt sind. Zinküberzüge korrodieren bevorzugt zum Schutz der in der Spannungsreihe kathodisch wirkend eingeordneten (edleren) Metalle.

Der Umfang der auftretenden Kontaktkorrosion hängt von einer Anzahl von Faktoren ab, z. B. von den einander berührenden Metallen, vom Verhältnis der wirksamen Oberflächen der beiden Metalle und von den Beanspruchungsbedingungen.

Im Allgemeinen verstärkt sich die Kontaktkorrosion, je größer das Elektrodenpotential zwischen den beiden Metallen ist, z. B. je weiter die beiden Metalle in der elektrochemischen Spannungsreihe voneinander entfernt sind. Das Elektrodenpotential kann sich jedoch durch Oxidschichtbildung ändern; um zu bestimmen, ob und mit welcher Aggressivität die Kontaktkorrosion wirkt, kann nicht nur das Potential herangezogen werden, weil es weitere Einflussfaktoren gibt, die nachfolgend beschrieben werden.

Das Verhältnis der Oberflächen der beiden Metalle ist wichtig, und im Idealfall sollte das Verhältnis des anodischen Metalls zum kathodischen Metall groß sein. Wenn sich das Verhältnis verringert, können durch den größeren Umfang der möglicherweise auftretenden Sauerstoffreduktion Probleme auftreten, die zu verstärkter Korrosion des anodischen Metalls führen.

Die Beanspruchungsbedingungen sind insofern kritisch, weil ein Elektrolyt die beiden beteiligten Metalle verbinden muss, damit Kontaktkorrosion auftreten kann. Folglich ist das Potential für Kontaktkorrosion in trockenen Innenraum-Umgebungen sehr gering, während es in atmosphärischen Umgebungen im Freien durch das in Form von Regen und Kondenswasser vorhandene Wasser zunimmt. Die ungünstigsten Beanspruchungsbedingungen liegen demzufolge beim Eintauchen der Bauteile in eine Lösung vor, die als Elektrolyt wirkt, der die beiden Metalle dauerhaft verbindet.

Üblicherweise kann jedes Kontaktkorrosionspotential verringert werden, indem die beiden Metalle elektrisch voneinander isoliert werden. Diese elektrische Isolation kann z. B. für Schraubverbindungen erreicht werden, indem Unterlegscheiben aus Neopren oder Kunststoff angewendet werden; für überlappende Flächen kann eine elektrische Trennung durch Abstandshalter aus Kunststoff oder durch das Aufbringen eines geeigneten Beschichtungssystems auf eine Fläche erreicht werden.

In einer atmosphärischen Umgebung nach Tabelle 4 zeigen feuerverzinkte Stähle im Allgemeinen ein gutes Verhalten bei Kontakt mit den meisten technisch verwendeten Metallen, sofern das Verhältnis des feuerverzinkten Stahls zum anderen Metall hoch ist. Umgekehrt wird durch das Eintauchen in eine Flüssigkeit der Einfluss der Kontaktkorrosion wesentlich verstärkt, und üblicherweise ist eine Isolation in irgendeiner Form erforderlich.

Tabelle 4 — Hinweis auf zusätzliche Korrosion durch direkten Kontakt zwischen Zink und anderen metallischen Werkstoffen

Metall	Atmosphärische Belastung			Eingetaucht in	
	Ländliche Umgebung	Industrielle/städtische Umgebung	Maritime Umgebung	Süßwasser	Seewasser
Aluminium	a	a bis b	a bis b	b	b bis c
Messing	b	b	a bis c	b bis c	c bis d
Bronze	b	b	b bis c	b bis c	c bis d
Gusseisen	b	b	b bis c	b bis c	c bis d
Kupfer	b	b bis c	b bis c	b bis c	c bis d
Blei	a	a bis b	a bis b	a bis c	a bis c
Nicht rostender Stahl (Edelstahl)	a bis b	a bis b	a bis b	b	b bis c

„a“ Der Zinküberzug erleidet entweder keine zusätzliche Korrosion oder im ungünstigsten Fall eine nur sehr geringe zusätzliche Korrosion, die im Allgemeinen beim Einsatz zulässig ist.

„b“ Der Zinküberzug erleidet eine leichte oder mäßige zusätzliche Korrosion, die unter bestimmten Umständen zugelassen werden kann.

„c“ Der Zinküberzug kann eine ziemlich schwere zusätzliche Korrosion erleiden, und im Allgemeinen sind Schutzmaßnahmen erforderlich.

„d“ Der Zinküberzug kann eine schwere zusätzliche Korrosion erleiden, und ein Kontakt sollte vermieden werden.

Der folgende Leitfaden bezieht sich auf bestimmte Anwendungen, bei denen ein Kontakt von verzinkten Stahlkonstruktionen mit dem jeweiligen Metall oder der entsprechenden Legierung auftritt.

- a) Aluminium – Der Umfang, in dem sich die Kontaktkorrosion durch atmosphärischen Kontakt mit Aluminium erhöht, ist relativ gering. Es sollte jedoch daran gedacht werden, dass z. B. eine Aluminiumfassade eine Anwendung ist, bei der verzinkter Stahl und Aluminium gemeinsam eingesetzt werden. In diesem Fall wird wegen der großen wirksamen Oberfläche der Aluminiumtafeln eine Isolation empfohlen.
- b) Kupfer – Wegen des großen Potentialaufbaus beim Kontakt zwischen verzinktem Stahl und Kupfer und kupferhaltigen Legierungen ist eine elektrische Isolation stets anzuraten, auch in einer atmosphärischen Umgebung. Nach Möglichkeit sollte bei der Gestaltung auch vermieden werden, dass Wasser vom Kupfer auf die mit Zink überzogenen Gegenstände abläuft, da die Abscheidung kleiner Mengen von in Wasser gelöstem Kupfer möglich ist, die zu Kontaktkorrosion führt.
- c) Blei – Das Potential für Kontaktkorrosion mit Blei ist in atmosphärischen Umgebungen gering; es wurden keine Probleme z. B. bei Anwendung von Bleikehlblechen mit Zink oder Produkten mit Zinküberzug und bei Anwendung von Blei zur Befestigung verzinkter Pfosten festgestellt.
- d) Nicht rostender Stahl – Die häufigste Anwendung für nicht rostenden Stahl und Stahl mit Zinküberzug erfolgt bei Muttern und Schrauben in atmosphärischen Umgebungen. Ausgehend von dem niedrigen Kontaktkorrosionspotential und der kleinen wirksamen Oberfläche der Befestigungselemente aus nicht rostendem Stahl stellt hier die Kontaktkorrosion im Allgemeinen kein Problem dar, obwohl eine Isolation mithilfe von Unterlegscheiben immer eine günstige Lösung ist.

Aus praktischen Erfahrungen ist zu ersehen, dass bei einem hohen Oberflächenverhältnis des Zinks zum anderen Metall und bei einer Bewertung von „a“ oder „a bis b“ eine nur geringe oder keine zusätzliche Korrosion wegen des Kontakts auftritt. Wenn sich jedoch das Verhältnis der wirksamen Oberflächen verringert oder wenn eine höhere Bewertung zutrifft, können bestimmte Formen der Isolation gefordert werden.



## 8 Schnellprüfverfahren für Zinküberzüge

Durch Anwendung von Salzsprühprüfungen auf Stahl mit Zinküberzug kann kein realistisches Ergebnis erreicht werden, weil diese Sprühprüfungen den Versagensmechanismus auf falsche Weise beschleunigen. Ohne Ablauf eines geeigneten Feucht-Trocken-Zyklus können sich auf dem Zinküberzug keine Patinaschichten bilden. Fehlen die Patinaschichten, erfolgt ein ständiger Angriff auf das metallische Zink, und dadurch wird die Vorhersage der Schutzdauer des Zinküberzugs sehr unsicher.

**ANMERKUNG** Wegen der zahlreichen Anwendungen von Stahl mit Zinküberzug wurden besondere Anstrengungen unternommen, ein für diesen geschützten Stahl geeignetes Prüfverfahren zu entwickeln, um „beschleunigt“ die exakte Schutzdauer der Überzüge zu bestimmen. In den Vereinigten Staaten wird in ASTM B 117 eine Prüfung von Korrosionsschutzsystemen behandelt. Das ASTM-Komitee G-1 für die Korrosion von Metallen ist für die Salzsprühnormen ASTM B 117 und ASTM G 85 zuständig. Dieses Komitee hat für die Anwendung von ASTM B 117 die folgende Resolution verfasst: „Das ASTM-Komitee G-1 für die Korrosion von Metallen bestätigt, dass Ergebnisse von Salzsprühprüfungen (Salznebeltests) nach ASTM B 117 selten mit dem Verhalten in natürlichen Umgebungen übereinstimmen. Daher empfiehlt das Komitee, diese Prüfung nicht anzuwenden oder in anderen Normen zu diesem Zweck auf sie zu verweisen, sofern nicht durch langzeitige atmosphärische Belastungen eine Bestätigung für das Verfahren erbracht wurde.“ Anleitungen zur Nutzung von Schnellprüfverfahren zur Anwendung bei metallischen Überzügen sind im ISO/TC 107/SC 7 in Vorbereitung.

## Literaturhinweise

- [1] ISO 9227, *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*
- [2] ISO 10684, *Fasteners — Hot dip galvanized coatings*
- [3] ISO 11303, *Corrosion of metals and alloys — Guidelines for selection of protection methods against atmospheric corrosion*
- [4] ISO 14657, *Zinc coated steel for the reinforcement of concrete*
- [5] EN 10025-2, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*
- [6] EN 10025-6, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 6: Technische Lieferbedingungen für Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand*
- [7] EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*
- [8] EN 10083-1, *Vergütungsstähle — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*
- [9] EN 12501-1, *Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe — Korrosionswahrscheinlichkeit in Böden — Teil 1: Allgemeines*
- [10] EN 12502-1, *Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe — Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und Speichersystemen — Teil 1: Allgemeines*
- [11] EN 12502-3, *Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe — Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und Speichersystemen — Teil 3: Einflussfaktoren für schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe*
- [12] EN 15773, *Industrielle Pulverbeschichtung von feuerverzinkten und sherardisierten Gegenständen aus Stahl (Duplex-Systeme) — Spezifikationen, Empfehlungen und Leitlinien*
- [13] ASTM B117, *Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*
- [14] ASTM G85-02e1, *Standard Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing*