

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 9224:2012) wurde vom ISO/TC 156 „Corrosion of metals and alloys“ (Sekretariat: SAC, Volksrepublik China) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) im Rahmen der Wiener Vereinbarung übernommen.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-71 AA „Korrosion- und Korrosionsschutz“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN.

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

ISO 8044	siehe DIN EN ISO 8044
ISO 9223	siehe DIN EN ISO 9223
ISO 11303	siehe DIN EN ISO 11303
ISO 14713-1	siehe DIN EN ISO 14713-1

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12500:2000-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufteilung des Normeninhaltes auf 4 Normen (DIN EN ISO 9223, DIN EN ISO 9224, DIN EN ISO 9225 und DIN EN ISO 9226);
- b) Anpassung an den aktuellen Stand der Technik;
- c) redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12500: 2000-12

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN ISO 9223, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Korrosivität von Atmosphären — Klassifizierung, Bestimmung und Abschätzung*

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

DIN EN ISO 14713-1, *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit*

Deutsche Fassung

Korrosion von Metallen und Legierungen - Korrosivität von
Atmosphären - Anhaltswerte für die Korrosivitätskategorien (ISO
9224:2012)

Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres
- Guiding values for the corrosivity categories (ISO
9224:2012)

Corrosion des métaux et alliages - Corrosivité des
atmosphères - Valeurs de référence relatives aux classes
de corrosivité (ISO 9224:2012)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 22. Januar 2012 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-CENELEC 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, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, 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

© 2012 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem
Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN ISO 9224:2012 D

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kurzbeschreibung	6
5 Vorhersage eines Korrosionsangriffs nach längerer Auslagerung	6
6 Besondere Kriterien für die Berechnung der Korrosionsgeschwindigkeiten von Konstruktionsmetallen	7
6.1 Stähle	7
6.2 Zinkhaltige Materialien	8
6.3 Kupferlegierungen	8
6.4 Aluminiumlegierungen	8
7 Langzeitauslagerungen.....	9
Anhang A (informativ) Beispiel für einen maximalen Korrosionsangriff nach längeren Auslagerungsdauern hinsichtlich der Korrosivitätskategorien	12
Anhang B (informativ) Mittlere anfängliche und stationäre Korrosionsgeschwindigkeiten in Intervallen bezogen auf die klassifizierten Korrosivitätskategorien	15
Anhang C (informativ) Vorhersage des Korrosionsangriffs bei Stählen in Bezug auf deren Zusammensetzung	16
Literaturhinweise	18

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 9224:2012) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 156 „Corrosion of metals and alloys“ 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 August 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2012 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 12500:2000.

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, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 9224:2012 wurde vom CEN als EN ISO 9224:2012 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die in ISO 9223 ermittelte „Korrosivitätskategorie“ ist eine allgemeine Benennung, die für bauwirtschaftliche Zwecke geeignet ist und die Korrosionseigenschaften von Atmosphären auf der Grundlage des gegenwärtigen Wissens über die atmosphärische Korrosion beschreibt.

Anhaltswerte für den Korrosionsangriff können zur Vorhersage des Ausmaßes der Korrosion bei Langzeitauslagerungen auf der Grundlage der Messungen des Ausmaßes der Korrosion nach dem ersten Jahr der Auslagerung in der entsprechenden Atmosphäre im Außenbereich verwendet werden. Diese Werte können auch verwendet werden, um konventionell den Korrosionsangriff auf der Grundlage von Umgebungsinformationen oder die Korrosivitätskategorie, wie in ISO 9223, abzuschätzen.

Nach den Verfahren der vorliegenden Internationalen Norm erhaltene Schätzwerte für den Korrosionsangriff können verwendet werden, um die Brauchbarkeitsdauer von Metallbauteilen und in einigen Fällen von metallischen Überzügen, die in den durch ISO 9223 erfassten Atmosphären im Außenbereich ausgelagert werden, vorherzusagen. Die Ergebnisse des Korrosionsangriffs können außerdem verwendet werden um zu bestimmen, ob oder ob keine Korrosionsschutzmaßnahmen, wie z. B. Überzüge, erforderlich sind, um die gewünschten Lebensdauern von Produkten zu erreichen. Andere Verwendungsmöglichkeiten umfassen die Auswahl von Baumaterialien für den Einsatz in Atmosphären im Außenbereich.

Anhaltswerte für die Korrosion können als Information zur Auswahl von einem Verfahren zum Korrosionsschutz gegenüber atmosphärischer Korrosion nach ISO 11303 verwendet werden.

Die Anhaltswerte in der vorliegenden Internationalen Norm beruhen auf einer großen Anzahl von Auslagerungen an vielen Standorten weltweit. Die in dieser Internationalen Norm angewendeten Verfahren erfassen jedoch möglicherweise nicht alle Situationen in natürlichen Umgebungen und Einsatzbedingungen, die auftreten können. Insbesondere Situationen, die zu wesentlichen Änderungen in der Umwelt führen, können eine bedeutende Erhöhung oder Verringerung von Korrosionsgeschwindigkeiten bedingen. Den Anwendern dieser Internationalen Norm ist zu empfehlen, in Fällen, bei denen eine örtliche Korrosion von größerer Bedeutung sein kann, als ein allgemeiner Angriff, qualifizierte Sachverständige auf dem Gebiet der atmosphärischen Korrosion im Außenbereich einzubeziehen. Die spezifischen Probleme von galvanischer Korrosion (Bimetallkorrosion), Lochkorrosion, Spaltkorrosion, Rissbildung unter dem Einfluss des umgebenden Mediums und Keilbildung durch das Korrosionsprodukt werden in der vorliegenden Internationalen Norm nicht behandelt.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Anhaltswerte für den Korrosionsangriff bei Metallen und Legierungen fest, die in natürlichen Atmosphären im Außenbereich für mehr als ein Jahr ausgelagert werden. Diese Internationale Norm ist dazu gedacht, in Verbindung mit ISO 9223 angewendet zu werden.

Anhaltswerte für die Korrosion von genormten Konstruktionswerkstoffen können für bautechnische Berechnungen verwendet werden. Die Anhaltswerte für die Korrosion legen den technischen Inhalt jeder der einzelnen Korrosivitätskategorien für diese metallischen Standardproben fest.

In Anhang A sind Beispiele für einen berechneten maximalen Korrosionsangriff nach einer längeren Auslagerung (bis zu 20 Jahre) für sechs genormte Korrosivitätskategorien angeführt.

In Anhang B sind die Intervalle von mittleren anfänglichen und mittleren stabilen Korrosionsgeschwindigkeiten bezogen auf die sechs in ISO 9223 festgelegten Korrosivitätskategorien von metallischen Standardprobe angeführt.

In Anhang C ist das Berechnungsverfahren für den Korrosionsangriffs bei Stählen in Bezug auf deren Zusammensetzung angeführt.

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

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 8044 und die folgenden Begriffe.

3.1

Anhaltswert für die Korrosion

Korrosionsgeschwindigkeiten, Massenverlust durch Korrosion, Eindringverhalten oder andere Eigenschaften von Korrosionserscheinungen, die die erwartete korrosionsfördernde Wirkung der atmosphärischen Umgebung einer gegebenen Korrosivitätskategorie auf metallische Standardproben angeben

3.2

Korrosionsgeschwindigkeit nach längerer Auslagerung

Korrosionsgeschwindigkeit nach einer Auslagerung von mehr als einem Jahr

3.3

mittlere Korrosionsgeschwindigkeit

r_{av}

jährliche Korrosionsgeschwindigkeit, berechnet als Mittelwert für die ersten 10 Jahre der Auslagerung eines Metalls in der Atmosphäre

3.4

stationäre Korrosionsgeschwindigkeit

r_{lin}

jährliche Korrosionsgeschwindigkeit, abgeleitet aus einer Langzeitauslagerung eines Metalls in der Atmosphäre, wobei der Anfangszeitraum ausgeschlossen wird

ANMERKUNG Bei der Anwendung der vorliegenden Internationalen Norm wird die Korrosionsgeschwindigkeit nach 10 Jahren Auslagerung als konstant angesehen

4 Kurzbeschreibung

Die Korrosionsgeschwindigkeit von Metallen und Legierungen, die in natürlichen Atmosphären im Außenbereich ausgelagert werden, ist im Verlauf der Auslagerungsdauer nicht konstant. Bei den meisten Metallen und Legierungen nimmt sie aufgrund der Anhäufung von Korrosionsprodukten auf der Oberfläche des ausgelagerten Metalls mit der Dauer der Auslagerung ab. Das Fortschreiten des Angriffs verläuft bei Konstruktionsmetallen und -legierungen üblicherweise linear, wenn der Gesamtschaden in Abhängigkeit von der Zeit in logarithmischen Koordinaten aufgetragen wird. Diese Beziehung zeigt an, dass der Gesamtangriff, D , angegeben entweder als flächenbezogener Massenverlust oder als Eindringtiefe, wie folgt angegeben werden kann:

$$D = r_{\text{corr}} \cdot t^b \tag{1}$$

Dabei ist

- t die Auslagerungsdauer, ausgedrückt in Jahren;
- r_{corr} die Korrosionsgeschwindigkeit, die im ersten Jahr vorliegt, ausgedrückt in Gramm je Quadratmeter und Jahr $[g/(m^2 \cdot a)]$ oder in Mikrometern je Jahr $[\mu m/a]$, nach ISO 9223;
- b der für Metall und Umgebung spezifische Zeitexponent, üblicherweise kleiner eins.

5 Vorhersage eines Korrosionsangriffs nach längerer Auslagerung

Das Verfahren sollte in Fällen angewendet werden, in denen das Ausmaß des Korrosionsangriffs im ersten Jahr vorliegt oder nach den Verfahren von ISO 9223 abgeschätzt werden kann und es erwünscht ist, das Ausmaß des Angriffs nach einer längeren Auslagerung vorherzusagen.

Die Vorhersage für den Korrosionsangriff wird berechnet, indem die Werte in Gleichung (1) eingesetzt werden.

Ein geeigneter Wert für b wird nach Abschnitt 7 ausgewählt oder berechnet. In Fällen, in denen Daten zum Massenverlust durch Korrosion des Metalls aus Langzeitversuchen zur Verfügung stehen, ist der b -Wert aus diesen Daten zu verwenden. Ist die genaue Zusammensetzung des Metalls nicht bekannt, ist der Wert B1 für das jeweilige Metall oder die jeweilige Legierung aus Tabelle 2 auszuwählen. Das ist der Wert, der in Gleichung (1) für b einzusetzen ist.

Die B1-Werte wurden als die mittleren Zeitexponenten den Regressionsanalysen der Langzeitergebnisse für flache Probenplatten des ISO CORRAG-Programms zur Auslagerung in Atmosphären [1] entnommen.

ANMERKUNG 1 Es ist notwendig, zwischen dem aus Auslagerungsdaten abgeschätzten, für Metall und Umgebung spezifischen Zeitexponenten b in Gleichung (1) und den aus dem ISO CORRAG-Programm angenommenen oder berechneten Werten B1 und B2 als verallgemeinerte b -Werte zu unterscheiden.

Tabelle 3 enthält Werte der Funktion t^b für Zeitwerte von bis zu 100 Jahren mit den B1-Exponenten zur Vereinfachung der Berechnungen. Es ist jedoch möglich, dass Gleichung (1) nicht für Auslagerungsdauern von mehr als 20 Jahren gilt (siehe nachstehenden Abschnitt 7 zur Erörterung von Langzeitauslagerungen).

In Fällen, in denen es wichtig ist, einen konservativen oberen Grenzwert für den Korrosionsangriff nach einer längeren Auslagerung abzuschätzen, sollte der in Gleichung (1) verwendete b -Wert erhöht werden, um mit den Daten verbundene Unsicherheiten zu berücksichtigen. Eine Möglichkeit besteht in der Addition von zwei Standardabweichungen zum Mittelwert, um einen Wert an der oberen Grenze des 95%-Vertrauensbereichs zu erhalten. Für die vier in Tabelle 2 angeführten Metalle sind die Standardabweichungen der b -Werte [1] wie folgt:

- unlegierter Stahl: 0,026 0
- Zink: 0,030 0
- Kupfer: 0,029 5
- Aluminium: 0,039 5

ANMERKUNG 2 Die Abschätzung eines konservativen oberen Grenzwertes für den Korrosionsangriff nach einer längeren Auslagerung beruht auf den Unsicherheiten in b . Bei dieser Abschätzung werden die Unsicherheiten in r_{corr} , die in ISO 9223 definiert sind, nicht berücksichtigt.

Die B2-Werte in Tabelle 2 enthalten die Addition von zwei Standardabweichungen und dürfen verwendet werden, wenn bei der Nutzung der Daten für flache Platten aus dem ISOCORRAG-Programm ein oberer Grenzwert für den Korrosionsangriff erwünscht ist. In Tabelle 3 sind außerdem berechnete Werte für die Funktion t^b für bis zu 100 Jahre unter Verwendung der B2-Werte für b angeführt (in Bezug auf Auslagerungsdauern von mehr als 20 Jahren siehe Abschnitt 7).

In Anhang A ist der maximale Korrosionsangriff bei den von ISO 9223 erfassten metallischen Standardproben für Auslagerungsdauern von bis zu 20 Jahren für die sechs Korrosivitätskategorien angeführt. Diese Berechnungen erfolgen unter Verwendung der in Tabelle 2 angegebenen Zeitexponenten.

6 Besondere Kriterien für die Berechnung der Korrosionsgeschwindigkeiten von Konstruktionsmetallen

6.1 Stähle

Die Schutzwirkung von Oxidschichten auf Stählen bei der Auslagerung in Atmosphären wird stark von den Legierungselementen im Stahl beeinflusst. Insbesondere wetterfeste Stähle enthalten spezielle Legierungszusätze zur Förderung der Bildung einer schützenden Oxidschicht, die sich während der Auslagerung entwickelt. Andere unlegierte oder niedriglegierte Stähle unterscheiden sich in Abhängigkeit von ihrem spezifischen Legierungsgehalt wesentlich hinsichtlich ihres Leistungsverhaltens bei der Auslagerung in Atmosphären. Das Berechnungsverfahren für die Korrosionsgeschwindigkeiten von Stählen in Bezug auf deren Zusammensetzung ist in Anhang C enthalten.

Die B1- und B2-Werte in Tabelle 2 wurden für unlegierten Stahl mit der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung abgeschätzt [2].

Tabelle 1 — Zusammensetzung von Stahl, für den die B1- und B2-Werte abgeschätzt wurden

Element	Zusammensetzung Massenanteil %
Kohlenstoff	0,056
Silicium	0,060
Schwefel	0,012
Phosphor	0,013
Chrom	0,02
Molybdän	0,01
Nickel	0,04
Kupfer	0,03
Niob	0,01
Titan	0,01
Vanadium	0,01
Aluminium	0,02
Zinn	0,005
Stickstoff	0,004
Mangan	0,39

Es wurde beobachtet, dass Spalten und überdachte Flächen, die keinem auftreffenden Regen ausgesetzt waren, eine wesentlich höhere Korrosionserscheinung aufwiesen, als nach Gleichung (1) für eine längere Auslagerung vorhergesagt wurde. Außerdem sollten Konstruktionen, bei denen wetterfeste Stähle oder ungeschützte unlegierte Stähle eingesetzt werden, verhindern, dass ablaufender Regen Rostablagerungen auf den Oberflächen, die diesem ablaufenden Regen ausgesetzt waren, hinterlässt, wodurch eine dauerhafte Verfärbung von Beton, Gestein, Mauerwerk und anderen porösen Materialien auftreten kann.

Stähle, die gehärtet wurden, um eine Zugfestigkeit von über etwa 1 000 MPa zu erreichen, können, bedingt durch atmosphärische Korrosion, einer Rissbildung unter dem Einfluss der Umgebung unterliegen.

6.2 Zinkhaltige Materialien

Zinklegierungen unterscheiden sich auch wesentlich hinsichtlich ihres atmosphärenbedingten Verhaltens. Die B1-Werte in Tabelle 2 werden mit handelsüblichen reinen Zinklegierungen erhalten, andere Zinklegierungen wiesen jedoch bei der Auslagerung in Atmosphären höhere b -Werte auf [3]. Galvanische Zinküberzüge, mechanisch aufgebraachte Zinküberzüge und Schmelztauchzinküberzüge weisen alle einzigartige Verhalten auf und die Anwendung von Gleichung (1) mit den B1- oder B2-Werten führt möglicherweise nicht zu einer genauen Vorhersage von deren Verhalten. Zinkhaltige Materialien sind besonders empfindlich gegen Angriffe durch Schwefeldioxid und Umgebungen mit hohen Konzentrationen dieses Gases (Schwefeldioxid, Grad P_3) weisen wahrscheinlich höhere Korrosionsgeschwindigkeiten auf als nach Gleichung (1) vorhergesagt. In diesen Fällen ist es sinnvoll von einer Korrosionsgeschwindigkeit, welche linear mit der Zeit ist, d. h. der Wert für b ist 1,0.

ANMERKUNG Für weitere Informationen zum Korrosionsschutz durch Zinküberzüge siehe ISO 14713-1.

6.3 Kupferlegierungen

Kupferlegierungen, wie z. B. Messing (d. h. Kupfer-Zink-Legierungen), Bronze (d. h. Kupfer-Zinn-Legierungen), Neusilber (Alpaka) (d. h. Kupferlegierungen mit Zink- und Nickelgehalten) und Kupfernickel weisen Korrosionsgeschwindigkeiten in der Atmosphäre auf, die denen für reines Kupfer ähnlich oder etwas geringer als diese sind [4], [5]. Die B1- und B2-Werte in Tabelle 2 sind für alle diese Materialien angemessen. Messinge mit Zinkgehalten von mehr als etwa 20 % können in aggressiven Atmosphären einer Entzinkung unterliegen. Zweiphasenmessinge sind am empfindlichsten gegenüber dieser Art von Angriff. Es sollte außerdem beachtet werden, dass stark kaltverformte Bauteile aus Kupferlegierungen in natürlichen Atmosphären zur Rissbildung neigen können.

6.4 Aluminiumlegierungen

Aluminiumlegierungen unterliegen in natürlichen Atmosphären sowohl einer gleichmäßigen Flächenkorrosion als auch einer örtlichen Korrosion. Folglich kann der nach den vorstehend angeführten Verfahren berechnete Angriff zu einer starken Unterschätzung der auftretenden maximalen Eindringtiefen führen. Außerdem kann bei hochfesten durch Alterung gehärteten Legierungen mit bedeutenden Gehalten an Kupfer oder Kupfer/Zink eine Schichtkorrosion auftreten. Aluminiumerzeugnisse mit einer schützenden galvanischen Legierungsplattierschicht auf der hochfesten Legierung verfügen im Allgemeinen über eine deutlich erhöhte Korrosionsbeständigkeit bei der Auslagerung in Atmosphären. Für hochfeste durch Alterung gehärtete Legierungen mit bedeutenden Gehalten an Kupfer/Zink wurden spezielle Härtegrade entwickelt, um Schichtkorrosion oder Rissbildung durch Spannungskorrosion zu verhindern. Legierungen mit einem guten Langzeit-Korrosionsverhalten, die für tragende und meerestechnische Anwendungen sowie Anwendungen im Bauwesen eingesetzt werden, sind in spezifischen Normen zu Aluminium erfasst.

7 Langzeitauslagerungen

Es wurde festgestellt, dass Gleichung (1) bei den in dieser Internationalen Norm erfassten Metallen für Auslagerungsdauern von bis zu 20 Jahren gültig ist. Gleichung (1) beruht jedoch auf der Tatsache, dass sich die Schichtdicke der Korrosionsprodukte und der Schutzgrad im Verlauf der Auslagerung erhöhen. An einem bestimmten Zeitpunkt nach über 20 Jahren hat sich die Schicht stabilisiert und an diesem Zeitpunkt wird die Korrosionsgeschwindigkeit im Zeitverlauf linear, weil die Geschwindigkeit des Massenverlustes durch Korrosion gleich der Geschwindigkeit des Verlustes von der Korrosionsproduktschicht ist. Leider liegen keine experimentellen Daten vor, die zeigen, wann dies auftreten könnte, und es gibt kein Verfahren zur Vorhersage dieser Zeitdauer. Die Anwendung von Gleichung (1) nach einer Zeitdauer von mehr als 20 Jahren ist wahrscheinlich in den meisten Fällen begründet, insbesondere wenn die Auslagerung nicht viel länger als 20 Jahre dauert.

Ein Ansatz, aus dem sich der höchste Schätzwert für den Angriff ergibt, besteht jedoch darin anzunehmen, dass die Korrosionsgeschwindigkeit nach genau 20 Jahren Auslagerung linear wird. In diesem Fall kann die Korrosionsgeschwindigkeit nach Gleichung (2) berechnet werden:

$$dD/dt = b \cdot r_{\text{corr}} \cdot (t)^{b-1}$$
 (2)

Daraus ergibt sich für den Gesamtangriff:

$$D(t > 20) = r_{\text{corr}}[20^b + b(20^{b-1})(t - 20)]$$
 (3)

In Tabelle 4 sind Werte für den Term $b(20^{b-1})$ für die in Tabelle 2 angegebenen b -Werte angeführt. Aus Gleichung (3) ergeben sich für Auslagerungsdauern von mehr als 20 Jahren höhere Schätzwerte für den Korrosionsangriff als aus Gleichung (1), in Fällen, in denen ein Schätzwert für den maximalen Angriff gefordert ist, ist jedoch Gleichung (3) begründet.

Tabelle 2 — Werte für den Zeitexponenten zur Vorhersage und Abschätzung des Korrosionsangriffs

Metall	B1	B2
Unlegierter Stahl	0,523	0,575
Zink	0,813	0,873
Kupfer	0,667	0,726
Aluminium	0,728	0,807

Tabelle 3 — Umgebungsspezifische Zeitexponenten für metallische Standardproben

	Stahl		Zink		Kupfer		Aluminium	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
<i>b</i> -Werte	0,523	0,575	0,813	0,873	0,667	0,726	0,728	0,807
<i>t</i> (Jahre)								
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	1,437	1,490	1,757	1,831	1,588	1,654	1,656	1,750
3	1,776	1,881	2,443	2,609	2,081	2,220	2,225	2,427
4	2,065	2,219	3,087	3,354	2,521	2,736	2,743	3,061
5	2,320	2,523	3,701	4,076	2,926	3,217	3,227	3,665
6	2,553	2,802	4,292	4,779	3,304	3,672	3,685	4,246
7	2,767	3,061	4,865	5,467	3,662	4,107	4,123	4,808
8	2,967	3,306	5,423	6,143	4,003	4,525	4,544	5,355
9	3,156	3,537	5,968	6,809	4,330	4,929	4,951	5,889
10	3,334	3,758	6,501	7,464	4,645	5,321	5,346	6,412
11	3,505	3,970	7,025	8,112	4,950	5,702	5,730	6,925
12	3,668	4,174	7,540	8,752	5,246	6,074	6,104	7,428
13	3,825	4,370	8,047	9,386	5,534	6,438	6,471	7,924
14	3,976	4,561	8,547	10,013	5,814	6,793	6,829	8,413
15	4,122	4,745	9,040	10,635	6,088	7,142	7,181	8,894
16	4,263	4,925	9,527	11,251	6,355	7,485	7,527	9,370
17	4,401	5,099	10,008	11,863	6,618	7,822	7,866	9,839
18	4,534	5,270	10,484	12,470	6,875	8,153	8,200	10,304
19	4,664	5,436	10,955	13,072	7,127	8,480	8,530	10,764
20	4,791	5,599	11,422	13,671	7,375	8,801	8,854	11,218
25	5,384	6,365	13,694	16,611	8,559	10,349	10,416	13,432
30	5,923	7,069	15,882	19,477	9,666	11,814	11,814	15,561
35	6,420	7,724	18,002	22,283	10,713	13,213	13,307	17,622
40	6,885	8,340	20,067	25,038	11,710	14,558	14,666	19,627
45	7,322	8,925	22,083	27,749	12,668	15,857	15,979	21,585
50	7,737	9,482	24,058	30,423	13,590	17,118	17,252	23,500
60	8,511	10,530	27,902	35,672	15,347	19,541	19,701	27,225
70	9,225	11,506	31,627	40,810	17,009	21,855	22,041	30,831
80	9,893	12,424	35,254	45,856	18,593	24,079	24,291	34,339
90	10,521	13,295	38,797	50,822	20,113	26,229	26,466	37,764
100	11,117	14,125	42,267	55,719	21,577	28,314	28,576	41,115

Tabelle 4 — Werte für $b(20^{b-1})$

Metall		b	20^b	$b(20^{b-1})$
Unlegierter Stahl	B1	0,523	4,791	0,125
	B2	0,575	5,559	0,161
Zink	B1	0,813	11,422	0,464
	B2	0,873	13,671	0,597
Kupfer	B1	0,667	7,375	0,246
	B2	0,726	8,803	0,320
Aluminium	B1	0,728	8,854	0,321
	B2	0,807	11,218	0,453

Anhang A (informativ)

Beispiel für einen maximalen Korrosionsangriff nach längeren Auslagerungsdauern hinsichtlich der Korrosivitätskategorien

In ISO 9223 sind die Bereiche des Korrosionsangriffs für vier metallische Standardproben nach einem Jahr Auslagerung in Atmosphären angegeben, die sechs Korrosivitätskategorien zugeordnet sind. Der vorliegende Anhang stellt eine Erweiterung dieser Werte für den Angriff hinsichtlich verschiedener Auslagerungsdauern dar, um die Wirkungen von Langzeitauslagerungen nachzuweisen. In diesem Fall wurde der Zeitexponent B1 verwendet, weil er die wahrscheinlichsten Werte darstellt. In Tabelle A.1 sind die Werte für den flächenbezogenen Massenverlust, in Gramm je Quadratmetern (g/m^2), angeführt, während in Tabelle A.2 die Ergebnisse in Einheiten der Eindringtiefe, in Mikrometern (μm), angegeben sind. Aluminium wurde aus Tabelle A.2 ausgeschlossen, weil Aluminiumlegierungen nach dem Mechanismus des Lochfraßes korrodieren. Eine Langzeitauslagerung im Außenbereich zeigt, dass die Lochtiefe in den ersten beiden Jahren verhältnismäßig schnell zunimmt, in den darauffolgenden Jahren ist jedoch nur ein geringes weiteres Wachstum zu verzeichnen.

Tabelle A.1 — Maximaler Korrosionsangriff nach längeren Auslagerungsdauern hinsichtlich der verschiedenen Korrosivitätskategorien

Werte für den Korrosionsangriff in Gramm je Quadratmeter

Metall	Korrosivitäts-kategorie	Auslagerungsdauer (Jahre)					
		1	2	5	10	15	20
Unlegierter Stahl	C1	10	14	23	33	41	48
	C2	200	287	464	668	824	958
	C3	400	575	928	1 334	1 649	1 916
	C4	650	934	1 508	2 167	2 679	3 114
	C5	1 500	2 155	3 480	5 001	6 183	7 186
	CX	5 500	7 904	12 760	18 337	22 671	26 390
Zink	C1	0,7	1,2	2,6	4,6	6,3	8,0
	C2	5	9	18	32	45	57
	C3	15	26	56	97	136	171
	C4	30	53	111	195	271	343
	C5	60	105	222	390	542	625
	CX	180	316	666	1 170	1 627	2 056
Kupfer	C1	0,9	1,4	2,6	4,2	5,5	6,6
	C2	5	8	20	23	30	37
	C3	12	19	35	56	73	88
	C4	25	40	73	116	152	184
	C5	50	79	146	232	304	368
	CX	90	143	263	418	548	664
Aluminium	C1	vernachlässigbar					
	C2	0,6	1,0	1,9	3,2	4,4	5,3
	C3	2	3	6	11	14	18
	C4	5	8	16	28	36	44
	C5	10	17	32	54	72	88
	CX	Daten, die die allgemeine Korrosion betreffen, können irreführend sein.					
ANMERKUNG Die in Tabelle 2 für Aluminium angeführten Werte zeigen eine linear anwachsende gleichmäßige Flächenkorrosion. In der Praxis erhöht sich der Massenverlust in den ersten beiden Jahren verhältnismäßig schnell. Aufgrund der Bildung einer Oxidschicht wird die Oberfläche passiviert und die Geschwindigkeiten der gleichmäßigen Flächenkorrosion sinken auf geringere Werte.							

Tabelle A.2 — Maximaler Korrosionsangriff nach längeren Auslagerungsdauern hinsichtlich der verschiedenen Korrosivitätskategorien

Werte für den Korrosionsangriff in Mikrometer

Metall	Korrosivitäts-kategorie	Auslagerungsdauer (Jahre)					
		1	2	5	10	15	20
Unlegierter Stahl	C1	1,3	1,9	3,0	4,3	5,4	6,2
	C2	25	36	58	83	103	120
	C3	50	72	116	167	206	240
	C4	80	115	186	267	330	383
	C5	200	287	464	667	824	958
	CX	700	1 006	1 624	2 334	2 885	3 354
Zink	C1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1
	C2	0,7	1,2	2,6	4,5	6,3	8,0
	C3	2,1	3,7	7,8	13,6	19,0	24,0
	C4	4,2	7,4	15,5	27,3	38,0	48,0
	C5	8,4	14,3	31,1	54,6	75,9	95,9
	CX	25	44	93	162	226	286
Kupfer	C1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
	C2	0,6	1,0	1,8	2,8	3,6	4,4
	C3	1,3	2,1	3,8	6,0	7,9	9,6
	C4	2,8	4,4	8,2	13,0	17,0	20,6
	C5	5,6	8,9	16,4	26,0	34,1	41,3
	CX	10	16	29	46	61	74

Anhang B
(informativ)

Mittlere anfängliche und stationäre Korrosionsgeschwindigkeiten in
Intervallen bezogen auf die klassifizierten Korrosivitätskategorien

Bei einigen bautechnischen Anwendungen dürfen allgemeinere Anhaltswerte für die Korrosion, festgelegt in Intervallen der mittleren Korrosionsgeschwindigkeiten für die Korrosivitätskategorien, verwendet werden. Die mittleren Korrosionsgeschwindigkeiten bis zu 10 Jahren werden der Anfangsphase der Auslagerung zugeordnet. Die mittleren Korrosionsgeschwindigkeiten für Zeiträume von mehr als 10 Jahren werden als stationäre Korrosionsgeschwindigkeiten betrachtet. Der Unsicherheitsgrad der Anhaltswerte für die Korrosion, die als Mittelwerte für den anfänglichen Zeitraum und den des stationären Zustandes festgelegt sind, ist hoch.

Tabelle B.1 — Anhaltswerte für die Korrosion für die Korrosionsgeschwindigkeiten, r_{av} , r_{lin} , von
unlegiertem Stahl, Zink und Kupfer in Atmosphären der klassifizierten Korrosivitätskategorien

Werte in Mikrometer je Jahr

Metall	Mittlere Korrosionsgeschwindigkeit, r_{av} , in den ersten 10 Jahren für die folgenden Korrosivitätskategorien					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Unlegierter Stahl	$r_{av} \leq 0,4$	$0,4 < r_{av} \leq 8,3$	$8,3 < r_{av} \leq 17$	$17 < r_{av} \leq 27$	$27 < r_{av} \leq 67$	$67 < r_{av} \leq 233$
Zink	$r_{av} \leq 0,07$	$0,07 < r_{av} \leq 0,5$	$0,5 < r_{av} \leq 1,4$	$1,4 < r_{av} \leq 2,7$	$2,7 < r_{av} \leq 5,5$	$5,5 < r_{av} \leq 16$
Kupfer	$r_{av} \leq 0,05$	$0,05 < r_{av} \leq 0,3$	$0,3 < r_{av} \leq 0,6$	$0,6 < r_{av} \leq 1,3$	$1,3 < r_{av} \leq 2,6$	$2,6 < r_{av} \leq 4,6$
Metall	Stationäre Korrosionsgeschwindigkeit, r_{lin} , abgeschätzt als die mittlere Korrosions- geschwindigkeit in den ersten 30 Jahren für die folgenden Korrosivitätskategorien					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Unlegierter Stahl	$r_{lin} \leq 0,3$	$0,3 < r_{lin} \leq 4,9$	$4,9 < r_{lin} \leq 10$	$10 < r_{lin} \leq 16$	$16 < r_{lin} \leq 39$	$39 < r_{lin} \leq 138$
Zink	$r_{lin} \leq 0,05$	$0,05 < r_{lin} \leq 0,4$	$0,4 < r_{lin} \leq 1,1$	$1,1 < r_{lin} \leq 2,2$	$2,2 < r_{lin} \leq 4,4$	$4,4 < r_{lin} \leq 13$
Kupfer	$r_{lin} \leq 0,03$	$0,03 < r_{lin} \leq 0,2$	$0,2 < r_{lin} \leq 0,4$	$0,4 < r_{lin} \leq 0,9$	$0,9 < r_{lin} \leq 1,8$	$1,8 < r_{lin} \leq 3,2$

Die berechneten Bereiche der mittleren Korrosionsgeschwindigkeiten beruhen auf Berechnungsverfahren nach dieser Internationalen Norm und wurden aus den Korrosionsgeschwindigkeiten im ersten Jahr für die sechs Korrosivitätskategorien nach ISO 9223 abgeleitet. Diese Werte stellen eine verallgemeinerte Information zu den Anhaltswerten für die Korrosion für die sechs Korrosivitätskategorien dar.

Anhang C
(informativ)

Vorhersage des Korrosionsangriffs bei Stählen in Bezug auf deren
Zusammensetzung

In den Fällen, in denen die Zusammensetzung des Stahls bekannt ist oder entweder auf der Grundlage von Spezifikationen oder der durchschnittlichen Zusammensetzung von Losen abgeschätzt werden kann, darf Gleichung (C.1) für die Vorhersage des *b*-Wertes zur Verwendung in Gleichung (1) angewendet werden.

$$b_a = 0,569 + \sum b_i w_i \tag{C.1}$$

Dabei ist

- b_a* der legierungsspezifische Wert von *b* bei Auslagerungen außerhalb der Meeresatmosphäre,
- b_i* der Multiplikator für das *i*-te Legierungselement,
- w_i* der Massenanteil in Prozent für das *i*-te Legierungselement.

Gleichung (C.1) beruht auf den Daten von ASTM G 101 [6]. Der Wert 0,569 ist der mittlere *b*-Wert für reines Eisen bei drei Auslagerungen außerhalb der Meeresatmosphäre [7], [8]. Die Standardabweichung dieses Wertes beträgt 0,029. Die *b*-Werte für Legierungselemente, die wesentlich zur Entwicklung von Rostschichten auf Stahl beitragen, sind in Tabelle C.1 angeführt. Andere Legierungselemente können geringfügige Auswirkungen auf die Schutzwirkung von Rostschichten haben, für sie wurde jedoch keine universelle Wirksamkeit nachgewiesen und daher wurden sie nicht in dieses Verfahren aufgenommen.

Tabelle C.1 — Multiplikatoren für Legierungselemente für Gleichung (C.1)

Element	Multiplikator, <i>b_i</i>
C	−0,084
P	−0,490
S	+1,440
Si	−0,163
Ni	−0,066
Cr	−0,124
Cu	−0,069

In Meeresatmosphären verringert die Ablagerung von Chlorid die Schutzwirkung von Rostschichten. Das Ausmaß der Chloridablagerung schwankt wesentlich in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brandung und deren Tätigkeiten, von Windrichtung und -geschwindigkeit, Ausrichtung der Oberfläche und Größe des Objektes, dem Vorliegen von Hindernissen, die die Luftzirkulation beeinflussen, und vielen anderen Faktoren. Ein ungefährer Grad der Chloridablagerung kann unter Anwendung des in ISO 9225 beschriebenen Verfahrens mit kerzenähnlicher Vorrichtung mit nassem Docht erhalten werden. Unter Anwendung dieser Verfahrensweise wurde folgende Beziehung zwischen der Erhöhung des *b*-Wertes, Δb , und der Ablagerungsgeschwindigkeit von Chlorid, *S_d*, ermittelt:

$$\Delta b = 0,084 \, 5 \cdot S_d^{0,26} \quad (C.2)$$

Dabei ist

Δb die Erhöhung des b -Wertes,

S_d die Ablagerungsgeschwindigkeit von Chloridionen, ausgedrückt in Milligramm je Quadratmeter je Tag [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$].

Die zur Entwicklung von Gleichung (C.2) verwendeten Daten wurden Veröffentlichungen entnommen, bei denen 19 Stähle an neun Standorten mit Meeresatmosphäre und unterschiedlichem Grad der Chloridablagerung ausgelagert wurden [9], [10], [11]. Die nach Gleichung (C.2) berechneten Δb -Werte wiesen einen Variationskoeffizienten (Standardabweichung dividiert durch den Wert) von 27 % auf.

Die in Abschnitt 5 angeführten Additionen von zwei Standardabweichungen sind in die Berechnung von b -Werten einzuschließen, wenn ein konservativer oberer Grenzwert für den Korrosionsschaden erwünscht ist.

Literaturhinweise

- [1] Dean, S. W. und Reiser, D. B., "Analysis of Long Term Atmospheric Results From ISO CORRAG Program", *Outdoor Atmospheric Corrosion*, ASTM STP 1421, Townsend, H. E. Ed., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2002, S. 3–18
- [2] Knotkova, D., Boschek, P. und Kreislova, K., "Results of ISO CORRAG Program: Processing of One-Year Data in Respect to Corrosivity Classification", *Atmospheric Corrosion*, ASTM STP 1239, Kirk, W. W. und Lawson, H. H., Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, S. 38–55
- [3] Knotkova, D. und Vlckova, J., "Atmospheric Corrosion of Bolted Lap Joints Made of Weathering Steels", *Atmospheric Corrosion*, ASTM 1239, Kirk, W. W. und Lawson, H. H., Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, S. 114–136
- [4] Castillo, A. P. und Popplewell, J. M., "General, Localized and Stress Corrosion Cracking of a Series of Copper Alloys in Natural Environments", *Atmospheric Corrosion of Metals*, STP 767, S. W. Dean, Jr. und E. C. Rhea, Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1982, S. 60–84
- [5] Costas, L. P., "Atmospheric Corrosion of Copper Alloys Exposed for 15 to 20 Years", *Atmospheric Corrosion of Metals*, STP 767, S. W. Dean, Jr. und Rhea, E. C., Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1982, S. 106–115
- [6] ASTM G 101, *Standard Guide for Estimating the Atmospheric Corrosion Resistance of Low-Alloy Steels*
- [7] Townsend, H. E., "The Effects of Alloying Elements on the Corrosion Resistance of Steel in Industrial Environments," Proceedings of the Fourteenth International Corrosion Congress, Corrosion Institute of South Africa, September (1999)
- [8] Townsend, H. E., "Estimating the Atmospheric Corrosion Resistance of Weathering Steels", *Outdoor Atmospheric Corrosion*, STP 1421, H. E. Townsend, Ed., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2002, S. 292–300
- [9] Townsend, H. E., "Effects of Silicon and Nickel Contents on the Atmospheric Corrosion Resistance of ASTM A 500 Weathering Steel", *Atmospheric Corrosion*, ASTM 1239, Kirk, W. W. und Lawson, H. H., Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, S. 85–100
- [10] Coburn, S. K., Komp, M. E. und Lore, S. G., "Atmospheric Corrosion Rates of Weathering Steels Test Sites in the Eastern United States – Affect of Environment and Test Panel Orientation", *Atmospheric Corrosion*, ASTM 1239, Kirk, W. W. und Lawson, Herbert H., Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, S. 101–113
- [11] Morcillo, M., Simancas, J. und Feliu, S., "Long-Term Atmospheric Corrosion in Spain: Results after 13–16 Years of Exposure and Comparison with Worldwide Data", *Atmospheric Corrosion*, ASTM STP 1239, Kirk, W. W. und Lawson, H. H., Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, S. 195–214
- [12] ISO 14713-1, *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*
- [13] Knotkova, D., Kreislova, K., Dean, S. W., *ISOCORRAG International Atmospheric Exposure Program Summary of Results*, ASTM Data Series 71, ASTM International, PA, USA, 2010
- [14] ISO 11303, *Corrosion of metals and alloys — Guidance for selection of protection method against atmospheric corrosion*
- [15] ISO 9225, *Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres*