

DIN EN 12473

ICS 47.020.01; 77.060

Ersatz für
DIN EN 12473:2000-04**Allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes in
Meerwasser;
Deutsche Fassung EN 12473:2014**General principles of cathodic protection in seawater;
German version EN 12473:2014Principes généraux de la protection cathodique en eau de mer;
Version allemande EN 12473:2014

Gesamtumfang 43 Seiten

Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12473:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 219/WG 3 „Kathodischer Korrosionsschutz“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) erarbeitet.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 132-04-04 AA „Korrosion“ der Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) zuständig.

Bei der vorliegenden Norm handelt es sich um eine Verfahrensnorm für den Bereich des Korrosionsschutzes in Meerwasser.

Die in diesem Dokument zitierten Europäischen Normen sind als DIN-EN- bzw. DIN-EN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12473:2000-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt Begriffe überarbeitet;
- b) Norm grundsätzlich umgestellt;
- c) alle Abschnitte überarbeitet;
- d) Anhänge B, C und D neu aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12473: 2000-04

Deutsche Fassung

Allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes in Meerwasser

General principles of cathodic protection in seawater

Principes généraux de la protection cathodique en eau de mer

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. November 2013 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, 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

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

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole	5
4 Anwendung von kathodischem Korrosionsschutz in Meerwasser	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 System mit galvanischen Anoden	9
4.3 Fremdstromverfahren	10
4.4 Hybridsysteme	10
5 Bestimmung der Güte des kathodischen Korrosionsschutzes	13
5.1 Messung des Korrosionsschutzgrades	13
5.2 Bezugselektroden	14
5.3 Potentiale von Bezugselektroden	14
5.4 Nachprüfung von Bezugselektroden	14
5.5 Potentialmessung	14
6 Kriterien für das kathodische Korrosionsschutzpotential	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Kohlenstoff-Mangan- und niedriglegierte Stähle	15
6.3 Andere metallische Werkstoffe	17
6.3.1 Allgemeines	17
6.3.2 Nichtrostende Stähle	17
6.3.3 Nickellegierungen	18
6.3.4 Aluminiumlegierungen	19
6.3.5 Kupferlegierungen	19
7 Entwurfsüberlegungen	19
7.1 Einleitung	19
7.2 Technische und betriebliche Daten	20
7.2.1 Entwurfslebensdauer	20
7.2.2 Werkstoffe der Bauwerke	20
7.3 Vor Korrosion zu schützende Oberflächen	20
7.4 Korrosionsschutzbeschichtungen	20
7.5 Verfügbarkeit elektrischen Stroms	21
7.6 Massebegrenzungen	21
7.7 Benachbarte Anlagen	21
7.8 Installationsüberlegungen	21
7.9 Strombedarf	21
8 Umgebungsfaktoren mit Einfluss auf den Strombedarf	22
8.1 Einleitung	22
8.2 Gelöster Sauerstoff	22
8.3 Meeresströmungen	22
8.4 Kalkhaltige Ablagerungen	22
8.5 Temperatur	23
8.6 Salzgehalt	23
8.7 pH-Wert	23
8.8 Mariner Bewuchs	24
8.9 Wassertiefenwirkung	24
8.10 Jahreszeitliche Schwankungen und Stürme	24
9 Sekundärwirkungen des kathodischen Korrosionsschutzes	24

9.1	Allgemeines	24
9.2	Basizität	24
9.3	Umgebungsbedingte Rissbildung	25
9.3.1	Allgemeines	25
9.3.2	Wasserstoffversprödung	25
9.3.3	Korrosionsermüdung	25
9.4	Chlor	26
9.5	Streustrom und Überlagerungseffekte	26
10	Verwendung von kathodischem Korrosionsschutz in Verbindung mit Beschichtungen	27
10.1	Einleitung	27
10.2	Auswahl der Beschichtung	28
10.3	Beschichtungsreduktion	28
Anhang A (informativ) Korrosion von Kohlenstoff-Mangan- und niedriglegierten Stählen		29
A.1	Vorgang der metallischen Korrosion	29
A.2	Polarisation	30
Anhang B (informativ) Prinzipien des kathodischen Korrosionsschutzes		33
Anhang C (informativ) Bezugselektroden		35
C.1	Allgemeines	35
C.2	Silber/Silberchlorid/Meerwasser-Elektrode	35
C.3	Die Zink-/Meerwasserelektrode	37
C.4	Nachprüfung von Bezugselektroden	37
Anhang D (informativ) Korrosion von metallischen Werkstoffen mit Ausnahme von Kohlenstoff-Mangan- und niedriglegierten Stählen, die typischerweise kathodischem Korrosionsschutz in Meerwasser ausgesetzt sind		39
D.1	Nichtrostende Stähle	39
D.2	Nickellegierungen	39
D.3	Aluminiumlegierungen	40
D.4	Kupferlegierungen	40
Literaturhinweise		41

Vorwort

Dieses Dokument (EN 12473:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ 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 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2014 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 12473:2000.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, 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.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes fest, wenn dieser in Meerwasser, Brackwasser und Meeresschlick angewendet wird. Sie dient als Einleitung, als Verbindung zwischen den theoretischen Aspekten und den praktischen Anwendungen sowie als Unterstützung zu anderen Europäischen Normen, die kathodischen Korrosionsschutz von Anlagen aus Stahl in Meerwasser behandeln.

Diese Europäische Norm legt die Kriterien, die für den kathodischen Korrosionsschutz erforderlich sind, fest. Sie gibt Empfehlungen und Informationen zu Referenzelektroden, Design-Überlegungen und Prävention der Nebenwirkungen des kathodischen Korrosionsschutzes.

Die praktischen Anwendungen des kathodischen Korrosionsschutzes in Meerwasser werden von den folgenden Normen abgedeckt:

EN 12495, *Kathodischer Korrosionsschutz von ortsfesten Offshore-Anlagen aus Stahl*

EN ISO 13174, *Kathodischer Korrosionsschutz für Hafenbauten (ISO 13174)*

EN 12496, *Galvanische Anoden für den kathodischen Schutz in Seewasser und salzhaltigem Schlamm*

EN 13173, *Kathodischer Korrosionsschutz für schwimmende Offshore-Anlagen aus Stahl*

EN 16222, *Kathodischer Korrosionsschutz von Schiffen*

EN 12474, *Kathodischer Korrosionsschutz für unterseeische Rohrleitungen*

ISO 15589-2, *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Cathodic protection of pipeline transportation systems — Part 2: Offshore pipelines*

Für den kathodischen Korrosionsschutz von Meerwasser oder der Luft ausgesetztem Stahl in Beton gilt EN ISO 12696.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN 50162, *Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen*

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

3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole

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

ANMERKUNG Die nachfolgenden Definitionen gelten vorrangig gegenüber ihrer Version in EN ISO 8044.

3.1

Azidität

Gegenwart überschüssiger Wasserstoffionen im Vergleich zu Hydroxylionen (pH-Wert < 7)

3.2

Basizität

Gegenwart überschüssiger Hydroxylionen im Vergleich zu Wasserstoffionen (pH-Wert > 7)

3.3

anaerober Zustand

Fehlen von im Elektrolyt gelöstem freiem Sauerstoff

3.4

kalkhaltige Ablagerung

auf der metallischen Kathode niedergeschlagene Mineralien aufgrund zunehmender, vom kathodischen Korrosionsschutz verursachter Basizität

3.5

kathodische Enthaftung

Haftungsversagen zwischen einer Beschichtung und einer metallischen Oberfläche, das unmittelbar der Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes zuzuschreiben ist

3.6

kathodisches Korrosionsschutzsystem

die gesamte Installation, die kathodischen Korrosionsschutz liefert

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses kann Anoden, Stromzufuhr, Kabel, Prüfeinrichtungen, Isolierverbindungen, elektrische Verbindungen beinhalten.

3.7

Beschichtungsreduktionsfaktor

f_c

Verhältnis von kathodischer Stromdichte eines beschichteten Metallwerkstoffes zu der kathodischen Stromdichte des blanken Werkstoffes

3.8

Kupfer/Kupfersulfat-Bezugselektrode

Bezugselektrode bestehend aus Kupfer in einer gesättigten Kupfersulfatlösung

3.9

dielektrischer Schutzschild

laugenbeständige organische Beschichtung, die auf die zu schützende Anlage in unmittelbarer Nähe einer Fremdstromanode aufgebracht wird, um die Ausbreitung des kathodischen Korrosionsschutzes zu fördern und die Gefahr wasserstoffbedingter Beschädigung der geschützten Anlage nahe der Anode auf ein Minimum zu reduzieren

3.10

Treibpotential

Differenz zwischen dem Anlagen/Elektrolyt-Potential und dem Anode/Elektrolyt-Potential, wenn der kathodische Korrosionsschutz in Betrieb ist

3.11

Elektrosmose

Durchgang einer Flüssigkeit durch ein poröses Medium unter dem Einfluss einer Potentialdifferenz

3.12

umgebungsbedingte Rissbildung

Rissbildung in einem empfindlichen Metall oder einer Legierung aufgrund gemeinsamen Einwirkens von Umgebung und Belastung

3.13

Grundbett

System aus eingetauchten Elektroden, die mit dem positiven Pol einer unabhängigen Gleichstromquelle verbunden sind und dazu dienen, den kathodischen Korrosionsschutzstrom auf die zu schützende Anlage zu leiten

3.14

Wasserstoffversprödung

Vorgang, bei dem die Aufnahme von Wasserstoff zu einer Verminderung in der Zähigkeit oder Verformbarkeit eines Metalls führt

3.15

Wasserstoff-Spannungsrisssbildung

WSR

Rissbildung, die durch die Anwesenheit von Wasserstoff in einem Metall und Zugspannung (verbleibend und/oder angewendet) entsteht

Anmerkung 1 zum Begriff: WSR beschreibt die Rissbildung in Metallen als Folge einer möglichen Versprödung durch Wasserstoff, der bei der kathodischen Polarisation entsteht, ohne dass eine Beeinträchtigung durch bestimmte Chemikalien wie Sulfide vorliegt.

3.16

Isolierverbindung (oder Kupplung)

den elektrischen Durchgang verhindernde Verbindung oder Kupplung zwischen zwei Rohrleitungsabschnitten, die eingebaut wird, um den Elektrizitätsfluss zwischen ihnen zu unterbrechen

3.17

Haupt-Bezugselektrode

Bezugselektrode, die mit der primären Kalibrierungs-Bezugselektrode geeicht wurde und zur Überprüfung von Bezugselektroden verwendet wird, die für Feld- oder Labormessungen eingesetzt werden

3.18

Überschutz

Ereignis, bei dem die Anlage-Elektrolyt-Potentiale negativer sind als für einen zufriedenstellenden kathodischen Korrosionsschutz nötig

Anmerkung 1 zum Begriff: Überschutz erfüllt keinen nützlichen Zweck und kann für die Anlage sogar schädlich sein.

3.19

Äquivalentzahl der Lochkorrosionsbeständigkeit

PREN

(en: pitting resistance equivalent)

Indikator des Widerstands von korrosionsbeständigen Legierungen gegen Lochkorrosion in Gegenwart von Wasser, Chloriden und Sauerstoff oder in oxidierender Umgebung als Ergebnis der positiven Wirkung von Stickstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Norm wird PREN wie folgt berechnet:

$$\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3,3[(\% \text{Mo}) + 0,5 (\% \text{W})] + 16 (\% \text{N})$$

3.20

Potentialgefälle

Potentialdifferenz zwischen zwei getrennten Punkten im selben elektrischen Feld

3.21

primäre Kalibrierungs-Bezugselektrode

die Bezugselektrode, die zur Kalibrierung von Haupt-Bezugselektroden verwendet wird, ist die Normalwasserstoffelektrode (NWE)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die offizielle Bezugselektrode, die Standardwasserstoffelektrode (SWE), die den Fugazitätskoeffizienten für Wasserstoffgas und den Aktivitätskoeffizienten für H^+ -Ionen berücksichtigt, ist praktisch unmöglich herzustellen.

3.22

Schutzstrom

der in eine metallische Anlage aus seiner elektrolytischen Umgebung zugeleitete Strom, um kathodischen Korrosionsschutz der Anlage zu bewirken

3.23

Bezugselektrode

Elektrode, die ein stabiles und reproduzierbares Potential hat und als Referenz zum Messen des Elektrodenpotentials verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Manche Bezugselektroden verwenden den Elektrolyt, in dem die Messung durchgeführt wird. Ihr Potential variiert je nach der Zusammensetzung des Elektrolyten.

3.24

spezifischer Widerstand (eines Elektrolyten)

der spezifische Widerstand ist der Widerstand eines Elektrolyten mit Querschnitts- und Längeneinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Er wird in Ohmmeter ($\Omega \cdot m$) angegeben. Der spezifische Widerstand hängt unter anderem von der Menge an gelösten Salzen in dem Elektrolyt ab.

3.25

gesättigte Kalomel-Bezugselektrode

Bezugselektrode bestehend aus Quecksilber und Kalomel in einer gesättigten Kaliumchloridlösung

3.26

Silber/Silberchlorid-Bezugselektrode

aus Silber bestehende Bezugselektrode, die mit Silberchlorid beschichtet ist, in einem Elektrolyt, das eine bekannte Konzentration von Chlorid-Ionen enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Gesättigte/Silber/Silberchlorid KCl-Elektroden sind Elektroden, die derzeit im Labor und für Haupt-Bezugselektroden verwendet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Silber/Silberchlorid/Meerwasser-Elektroden (Ag/AgCl/Meerwasser-Elektroden) sind Elektroden, die derzeit für Außenmessungen in Meerwasser verwendet werden.

3.27

Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit

Test zur Bewertung der Anfälligkeit eines Metalls für die umgebungsbedingte Rissbildung (3.12 in diesem Dokument), der meist im Dehnen einer Zugprobe bis zum Bruch besteht, durchgeführt in einem repräsentativen Umfeld bei konstanter Zuggeschwindigkeit, die eine Nenndehtgeschwindigkeit in der Regel in einem Bereich von 10^{-5} s^{-1} bis 10^{-8} s^{-1} erzeugt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit kann auch auf andere Probengeometrien, z. B. Biegeproben, angewendet werden.

3.28

festgelegte Mindestfließfestigkeit

SMYS

(en: specified minimum yield strength)

die in der Spezifikation, unter der die Stahlbauteile hergestellt werden, vorgeschriebene Mindestfließfestigkeit, die durch Standardanalyse erhalten wird und einen Wahrscheinlichkeitswert darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie gibt einen Hinweis auf die Mindestspannung, die, wenn sie auf Stahlbauteile einwirkt, plastische (bleibende) Verformungen (typischerweise 0,2 %) verursacht.

3.29

Streustrom

durch andere Wege als die vorgesehenen Kreise fließender Strom

3.30

Anlagen-Elektrolyt-Potential

Potentialdifferenz zwischen einer Anlage und einer genau bezeichneten Bezugselektrode, die in Kontakt mit dem Elektrolyten an einer zu der Anlage ausreichend nahen Stelle steht, ohne sie jedoch wirklich zu berühren, damit Fehler, die auf dem durch einen gegebenenfalls im Elektrolyten fließenden Strom hervorgerufenen Spannungsabfall beruhen, vermieden werden

3.31

sulfatreduzierende Bakterien

SRB

Gruppe von Bakterien, die in den meisten Bodenarten und natürlichen Gewässern gefunden werden, jedoch nur unter nahezu neutralen und sauerstofffreien Bedingungen aktiv sind und die Sulfate in ihrer Umgebung zu Sulfiden reduzieren und so die Korrosion von Bauwerkstoffen beschleunigen

3.32

tellurische Ströme

durch zeitabhängige Änderungen im Erdmagnetfeld induzierte elektrische Ströme

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese können auch über im Boden oder im Meer verlegte metallische Leiter fließen.

3.33

Zink-Bezugselektrode

Elektrode bestehend aus reinem Zink oder einer Zinklegierung, die für Anoden in Kontakt mit dem Elektrolyt, in dem die Messungen durchgeführt werden, vorgesehen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Zink-Bezugselektroden werden derzeit für an festen Stellen durchgeführte Messungen in Meerwasser verwendet.

4 Anwendung von kathodischem Korrosionsschutz in Meerwasser

4.1 Allgemeines

Metallische Werkstoffe in wässrigen Umgebungen, wie beispielsweise Meerwasser, sind anfällig für durch elektrochemische Reaktionen hervorgerufene Korrosion. Allgemeine Informationen zu Korrosion von Kohlenstoff-Mangan- oder niedriglegierten Stählen sind in Anhang A angegeben.

Kathodischer Korrosionsschutz ist ein elektrochemisches Korrosionsschutzsystem, basierend auf der Verminderung des Korrosionspotentials auf einen Wert, bei dem die Korrosionsrate des Metalls erheblich reduziert wird (EN ISO 8044). Bei Industrieanlagen werden mit einem vollständig wirksamen kathodischen Korrosionsschutzsystem typischerweise Restkorrosionsraten von weniger als 10 µm/Jahr erreicht.

Kathodischer Korrosionsschutz wird erreicht, indem eine Spannung angewendet wird, die ausreichend Strom an die metallische Oberfläche liefern kann, um das Potential zu senken. Allgemeine Informationen über die Prinzipien von kathodischem Korrosionsschutz sind in Anhang B angegeben.

Es gibt zwei Verfahren, mit dem der Schutzstrom zur Polarisierung der Oberfläche geliefert werden kann:

- a) Systeme mit galvanischen Anoden, bei denen der Korrosionsschutzstrom durch ein Metall mit negativerem Korrosionspotential als der zu schützende Gegenstand geliefert wird, d. h. Aluminium, Zink- und Magnesiumlegierungen im Falle von Stahl und Eisen im Falle von Kupfer und Legierungen auf Kupferbasis sowie
- b) Fremdstromsysteme, bei denen Gleichstrom (der üblicherweise aus Wechselstrom mittels eines Transformator-Gleichrichters erzeugt wird) in Verbindung mit relativ reaktionsträgen Anoden wie Graphit, dünnen Beschichtungen aus Platin oder aktivierten Mischmetalloxiden auf Metallen wie Titan oder Niob, Bleilegierungen, Eisen-Silizium-Legierungen usw. verwendet wird. In manchen Fällen wird eine selbstverzehrende Anode aus Alteisen oder Stahl verwendet.

4.2 System mit galvanischen Anoden

Werden zwei verschiedene Metalle im selben Elektrolyt miteinander verbunden, so entsteht eine galvanische Zelle. Die Leerlaufspannung ist die natürliche Potentialdifferenz, die zwischen zwei Metallen herrscht. Wird der Stromkreis geschlossen, entsteht durch die Potentialdifferenz ein elektrischer Stromfluss. Die negativere Elektrode verhält sich als Anode und gibt an den Stromkreis Elektronen ab und löst sich dabei schneller auf, während sich die positivere Elektrode als Kathode verhält und sich dabei langsamer auflöst. Auf diesem Phänomen basiert der Einsatz von galvanischen Anoden beim kathodischen Korrosionsschutz.

Wenn die zu schützende Anlage aus Stahl besteht, so können zur Bildung der Zelle galvanische Anoden aus Aluminium- oder Zinklegierungen verwendet werden, da diese Legierungen im Vergleich zu Stahl weniger edel (elektronegativer) sind. Die Anodenverbindung mit der Anlage erfolgt durch einen Stahlkern, der im Anodenwerkstoff eingegossen ist. Somit steht die Anlage in metallischem Kontakt mit dem Anodenwerkstoff und damit auch in elektrolytischem Kontakt hiermit, sobald die Anlage eingetaucht wird. Dies ist in Bild 1 dargestellt, aus dem ersichtlich ist, dass die durch die Auflösung der Metallatome freigesetzten Elektronen bei der kathodischen Reduktion von Sauerstoff auf der Anlage verbraucht werden und an ihrer Oberfläche Hydroxylionen gebildet werden.

4.3 Fremdstromverfahren

Die meisten Fremdstromanoden sind derart beschaffen, dass sie sich bei der anodischen Polarisierung nicht leicht auflösen, jedoch andere Reaktionen begünstigen, bei denen eine Zersetzung der wässrigen Umgebung oder Oxidation der darin gelösten Chloridionen erfolgt, also:



Bild 2 zeigt den kathodischen Korrosionsschutz durch ein Fremdstromsystem unter Verwendung einer reaktionsträgen Anode in Meerwasser, wobei daraus als Nebenreaktionen Wasserstoff und Chlor entstehen.

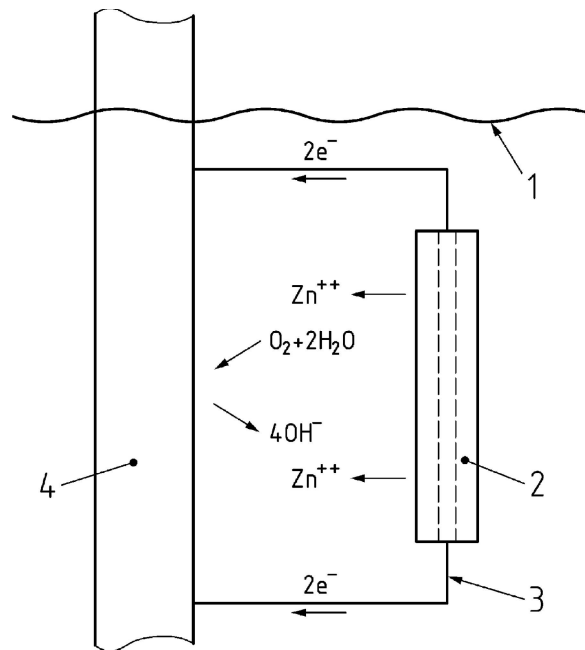
Die Vorteile von Fremdstromsystemen liegen darin, dass es möglich ist ein großes, einstellbares Treibpotential zu haben, sodass zum Schutz von sehr großflächigen nicht beschichteten Anlagen in Umgebungen mit vergleichsweise hohen spezifischen Widerständen nur relativ wenige Anoden erforderlich sind. In Tabelle 1 werden Systeme mit galvanischen Anoden und Fremdstromanoden miteinander verglichen.

4.4 Hybridsysteme

Hybridsysteme bestehen aus einer Kombination aus galvanischen Anoden und extern betriebenen Fremdstromanoden.

Da zwischen dem ersten Eintauchen der Anlage und der vollständigen Inbetriebnahme des Fremdstromsystems viel Zeit vergehen kann, ist es üblich, die Anlage zur Polarisierung ihrer kritischen Bereiche mit einer ausreichenden Zahl an galvanischen Anoden zu versehen.

Die galvanischen Anoden sollten auch bei Abschalten eines Fremdstromsystems zwecks Unterwasseruntersuchungen und Instandhaltung während der Lebensdauer der Anlage Schutz bieten.



Legende

- | | |
|---------------------|---|
| 1 Meerwasser | 3 Anodenhalterung |
| 2 galvanische Anode | 4 korrosionsgeschützte Anlage in Meerwasser |

Bild 1 — Darstellung von kathodischem Korrosionsschutz mittels einer galvanischen Anode an einer Anlage in Meerwasser