

DIN EN 12473

ICS 47.020.01; 77.060

Einsprüche bis 2012-09-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12473:2000-04**Entwurf****Allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes in Meerwasser;
Deutsche Fassung prEN 12473:2012**General principles of cathodic protection in seawater;
German version prEN 12473:2012Principes généraux de la protection cathodique en eau de mer;
Version allemande prEN 12473:2012**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2012-07-16 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nsmt@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN (Hausanschrift: Frankenstr. 18 b, 20097 Hamburg).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 40 Seiten

Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12473:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 219/WG 3 „Kathodischer Korrosionsschutz“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) erarbeitet.

Für die deutsche Mitarbeit ist die 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.

Änderungen

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

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

Allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes in Meerwasser

Principes généraux de la protection cathodique en eau de mer

General principles of cathodic protection in seawater

ICS

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.4e - RC2

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 Allgemein	9
4.2 System mit galvanischen Anoden	9
4.3 Fremdstromverfahren	10
4.4 Hybridsysteme	10
5 Bestimmung der Höhe des kathodischen Korrosionsschutzes	12
5.1 Messung des Korrosionsschutzgrades.....	12
5.2 Bezugselektroden.....	12
5.3 Potentiale von Bezugselektroden	12
5.4 Nachprüfung von Bezugselektroden	12
5.5 Potentialmessung.....	12
6 Kriterien für das kathodische Korrosionsschutzpotential	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Kohlenstoff-Mangan- und niedriglegierte Stähle	13
6.3 Andere metallische Werkstoffe	15
6.3.1 Allgemeines	15
6.3.2 Nicht rostende Stähle.....	15
6.3.3 Nickellegierungen	16
6.3.4 Aluminiumlegierungen	17
6.3.5 Kupferlegierungen	17
7 Entwurfsüberlegungen.....	17
7.1 Einleitung.....	17
7.2 Technische und betriebliche Daten	18
7.2.1 Entwurfslebensdauer	18
7.2.2 Werkstoffe der Bauwerke.....	18
7.3 Vor Korrosion zu schützende Oberflächen.....	18
7.4 Korrosionsschutzbeschichtungen.....	18
7.5 Verfügbarkeit elektrischen Stroms	18
7.6 Massebegrenzungen	19
7.7 Benachbarte Anlagen.....	19
7.8 Installationsüberlegungen	19
7.9 Strombedarf.....	19
8 Umgebungsfaktoren mit Einfluss auf den Strombedarf.....	19
8.1 Einleitung.....	19
8.2 Gelöster Sauerstoff.....	20
8.3 Meeresströmungen.....	20
8.4 Kalkhaltige Ablagerungen	20
8.5 Temperatur	21
8.6 Salzgehalt	21
8.7 pH-Wert	21
8.8 Mariner Bewuchs	21
8.9 Wassertiefenwirkung.....	22
8.10 Jahreszeitliche Schwankungen und Stürme	22

9	Sekundärwirkungen des kathodischen Korrosionsschutzes	22
9.1	Allgemeines	22
9.2	Basizität	22
9.3	Umgebungsbedingte Rissbildung	23
9.3.1	Wasserstoffversprödung	23
9.3.2	Korrosionsermüdung	23
9.4	Chlor	24
9.5	Streustrom und Überlagerungseffekte	24
10	Verwendung von kathodischem Korrosionsschutz in Verbindung mit Beschichtungen	24
10.1	Einleitung	24
10.2	Auswahl der Beschichtung	25
10.3	Beschichtungsreduktion	25
Anhang A (informativ) Korrosion von Kohlenstoff-Mangan- und niedriglegierten Stählen		26
A.1	Der Vorgang der metallischen Korrosion	26
A.2	Polarisation	27
Anhang B (informativ) Prinzipien des kathodischen Korrosionsschutzes		30
Anhang C (informativ) Bezugselektroden		32
C.1	Allgemeines	32
C.2	Die Silber/Silberchlorid/Meerwasser-Elektrode	32
C.3	Die Zink-/Meerwasserelektrode	34
C.4	Nachprüfung von Bezugselektroden	34
Anhang D (informativ) Korrosion von metallischen Werkstoffen mit Ausnahme von Kohlenstoff-Mangan- und niedriglegierten Stählen, die typischerweise kathodischem Korrosionsschutz in Meerwasser ausgesetzt sind		36
D.1	Nicht rostende Stähle	36
D.2	Nickellegierungen	36
D.3	Aluminiumlegierungen	37
D.4	Kupferlegierungen	37
Literaturhinweise		38

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12473:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12473:2000 ersetzen.

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 mit den praktischen Anwendungen sowie als Unterstützung zu anderen Europäischen Normen, die kathodischen Korrosionsschutz von Anlagen aus Stahl in Meerwasser behandeln.

Sie schließt Kriterien für Korrosionsschutz-, Bezugselektroden, Entwurfsüberlegungen und Sekundäreffekte des kathodischen Korrosionsschutzes ein.

Diese Europäische Norm deckt die Anwendungen von kathodischem Korrosionsschutz in Meerwasser ab, die in bestimmten Normen nicht behandelt sind.

Für Stahlbetonkonstruktionen, die Meereswasser ausgesetzt sind, gilt EN 12696.

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).

EN 13509, *Messverfahren für den kathodischen Korrosionsschutz*

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

EN ISO 8044:1999, *Korrosion von Metallen und Legierungen. Grundbegriffe und Definitionen*

EN ISO 12696, *Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton*

3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die Begriffe nach EN ISO 8044 sowie die folgenden Begriffe:

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 freiem Sauerstoff im Elektrolyt

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 Hierzu dürfen Anoden, Stromzufuhr, Kabel, Prüfeinrichtungen, Isolierverbindungen, elektrische Bindungen zählen.

3.7

Beschichtungsreduktionsfaktor (F)

Verhältnis von kathodischer Stromdichte eines beschichteten Werkstoffes 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

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

3.11

Elektroosmose

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

3.12

umgebungsbedingte Rissbildung

Sprödebruch eines üblicherweise duktilen Werkstoffes, der durch die korrodierende Wirkung der Umgebung gefördert wird

3.13

galvanische Korrosion

spontane elektrochemische Reaktion, die in einem, aus einer Kathode und einer Anode in elektrischem Kontakt mit einem angreifenden Elektrolyten bestehenden System stattfindet, und die zur Korrosion der Anode führt

3.14

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

3.15

Wasserstoffversprödung

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

ANMERKUNG 1 zum Begriff Wasserstoffversprödung ist oft eine Begleiterscheinung von Wasserstoffbildung, beispielsweise durch Korrosion oder Elektrolyse, und kann zu Rissbildung führen.

[EN ISO 8044:2000, Begriff 3.31]

3.16

Wasserstoff-Spannungsrisssbildung (WSR)

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

3.17

Isolierverbindung (oder Kupplung)

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

3.18

Haupt-Bezugselektrode

Bezugselektrode, geeicht mit der primären Eich-Bezugselektrode, verwendet zur Überprüfung von Bezugselektroden, die für Feld- oder Labormessungen eingesetzt werden

3.19

Überschutz

tritt dann auf, wenn die Anlage-Elektrolyt-Potentiale negativer sind, als für einen zufriedenstellenden kathodischen Korrosionsschutz empfohlen wird

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

3.20

Äquivalentzahl des Lochkorrosionswiderstands (F_{PREN})

Zahl, entwickelt, um den Lochkorrosionswiderstand eines nicht rostenden Stahls, basierend auf dem Verhältnis von Cr, Mo, W und N in der chemischen Zusammensetzung der Legierung, zu reflektieren und vorherzusagen

ANMERKUNG 1 zum Begriff Für die Anwendung dieser Norm wird F_{PREN} wie folgt berechnet:

$$F_{\text{PREN}} = w_{\text{Cr}} + 3,3(w_{\text{Mo}} + 0,5w_{\text{W}}) + 16w_{\text{N}}$$

Dabei ist

- w_{Cr} der prozentuale Anteil (Massenanteil) von Chrom in der Legierung;
- w_{Mo} der prozentuale Anteil (Massenanteil) von Molybdän in der Legierung;
- w_{W} der prozentuale Anteil (Massenanteil) von Wolfram in der Legierung;
- w_{N} der prozentuale Anteil (Massenanteil) von Stickstoff in der Legierung.

3.21

Potentialgefälle

die Potentialdifferenz zwischen zwei getrennten Punkten im gleichen elektrischen Feld

3.22

primäre kalibrierungs-Bezugselektrode

die Bezugselektrode, die zur Kalibrierung von Haupt-Bezugselektroden verwendet wird, ist die Normalwasserstoffelektrode (N.W.E.)

ANMERKUNG 1 zum Begriff Die offizielle Bezugselektrode, die Standardwasserstoffelektrode (S.W.E.), die den Fugazitätskoeffizient für Wasserstoffgas und den Aktivitätskoeffizient für H^+ -Ionen berücksichtigt, ist praktisch unmöglich herzustellen.

3.23

Schutzstrom

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

3.24

Bezugselektrode

Elektrode, die ein stabiles und reproduzierbares Potential hat und in der Potentialmessung als Referenz verwendet wird

ANMERKUNG 1 zum Begriff Manche Bezugselektroden verwenden den Elektrolyt, in dem die Messung durchgeführt wird. Ihre Reproduzierbarkeit hängt von der Zusammensetzung dieser Anlage ab.

3.25

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.

3.26

gesättigte Kalomel-Bezugselektrode

Bezugselektrode bestehend aus Quecksilber und Kalomel in einer gesättigten Kaliumchloridlösung

3.27

Silber/Silberchlorid-Bezugselektrode

aus Silber bestehende Bezugselektrode, die mit Silberchlorid beschichtet ist, in einem Elektrolyt, der 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 wird.

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

3.28

Prüfung bei konstanter geringer Belastungsrate

langsame Zugbeanspruchung einer Probe mit kreisförmigem Querschnitt bei konstanter Belastungsrate. Dabei ist die Prüffläche der Prüfungsumgebung ausgesetzt

3.29

festgelegte Mindestfließfestigkeit (SMYS)

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 ist ein Anzeichen der Mindestspannung, die Bauteile erfahren könnten, die plastische (bleibende) Verformungen (typischerweise 0,2 %) verursacht.

3.30

Streustrom

durch andere Wege als die vorgesehenen Kreise fließender Strom

3.31

Anlagen-Elektrolyt-Potential

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

3.32

sulfatreduzierende Bakterien (SRB)

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

3.33

tellurische Ströme

durch zeitabhängige Änderungen im Erdmagnetfeld induzierte elektrische Ströme

ANMERKUNG 1 zum Begriff Sie können auch über im Boden oder im Meer verlegte metallische Leiter fließen.

3.34

Zink-Bezugselektrode

Elektrode bestehend aus purem 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 Allgemein

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 bleibende Korrosionsraten kleiner 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 elektronegativerem 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-Siliziumlegierungen 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 in dem gleichen 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.

Angenommen, die zu schützende Anlage besteht aus Stahl, 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 Polarisation 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.

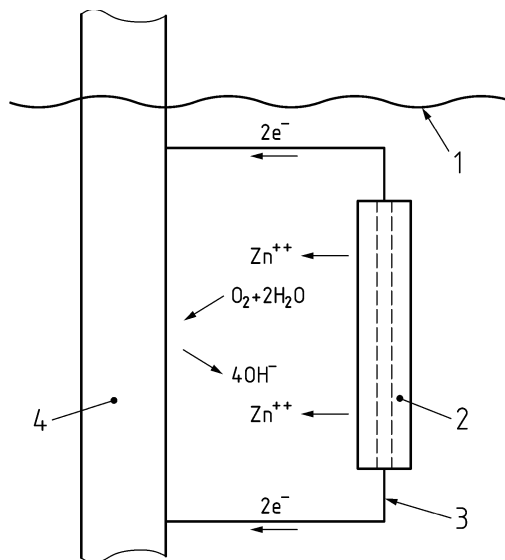
Die Vorteile von Fremdstromsystemen liegen darin, dass es möglich ist ein großes, einstellbares Treibpotential zu haben, sodass zum Schutz von sogar sehr großflächigen nicht beschichteten Anlagen in Umgebungen mit vergleichsweise hohen spezifischen Widerständen nur relativ wenige Anoden erforderlich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

4.4 Hybridsysteme

Diese 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 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