

**Kathodischer Korrosionsschutz
von ortsfesten Offshore-Anlagen aus Stahl**

Deutsche Fassung EN 12495 : 2000

DIN
EN 12495

ICS 47.020.01; 77.060

Cathodic protection for fixed steel offshore structures;
German version EN 12495 : 2000Protection cathodique des structures en acier fixes en mer;
Version allemande EN 12495 : 2000**Die Europäische Norm EN 12495 : 2000 hat den Status einer
Deutschen Norm****Nationales Vorwort**

Die vorliegende Norm wurde von der Arbeitsgruppe CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ (Sekretariat: Vereinigtes Königreich) ausgearbeitet. Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NSMT 4.4 „Korrosionsschutz“ der Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN zuständig.

Abweichend von den Festlegungen der Norm sollte folgendes berücksichtigt werden:

Galvanische Anoden aus Magnesium sind für den kathodischen Schutz, d. h. auch für den temporären Schutz, von Schiffen, Strukturen und Komponenten in Seewasser nicht geeignet. Durch die hohe Treibspannung, verbunden mit der guten elektrischen Leitfähigkeit des Seewassers und der hohen Wasserstoffentwicklung, ist mit erheblichen Beschädigungen der in der Regel aufgetragenen Beschichtungen zu rechnen. Magnesium unterliegt im erheblichen Maße der Eigenkorrosion, deren Geschwindigkeit mit ansteigendem Salzgehalt zunimmt. Die hohe Wasserstoffentwicklung kann insbesondere bei höher- und hochfesten Schiffbau- und Pipelinestählen eine Gefährdung durch Wasserstoffversprödung hervorrufen.

Fortsetzung 25 Seiten EN

Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

– Leerseite –

Deutsche Fassung

**Kathodischer Korrosionsschutz
von ortsfesten Offshore-Anlagen aus Stahl**

Cathodic protection for fixed steel offshore structures

Protection cathodique des structures en acier fixes
en mer

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 3. Dezember 1999 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	8 Einbau von kathodischen Korrosionsschutzsystemen und Überwachungssystemen	17
Einleitung	3	9 Inbetriebnahme und Abnahme von kathodischen Korrosionsschutzsystemen	17
1 Anwendungsbereich	3	9.1 Ziele	17
1.1 Bauteile	3	9.2 System mit galvanischen Anoden	18
1.2 Werkstoffe	3	9.3 Fremdstromsystem	18
1.3 Umgebung	4	10 Dokumentation	18
2 Normative Verweisungen	4	10.1 Allgemeines	18
3 Begriffe	4	10.2 System mit galvanischen Anoden	18
4 Grundlage für die Auslegung	6	10.3 Fremdstromsystem	19
4.1 Ziele	6	11 Sicherheit und kathodischer Korrosionsschutz	19
4.2 Kriterien für den kathodischen Korrosionsschutz	7	11.1 Ziele	19
4.3 Bedarf an elektrischem Strom	7	11.2 Physikalische Hindernisse	19
4.4 Beschichtungen	8	11.3 Stromschlag	20
4.5 Kathodische Korrosionsschutzsysteme – Anodenmaße	8	11.4 Gasentwicklung	20
5 Auslegung von Systemen mit galvanischen Anoden	9	Anhang A (informativ) Richtlinien für die Stromanforderungen beim kathodischen Korrosionsschutz von ortsfesten Offshore-Anlagen aus Stahl ...	21
5.1 Allgemeines	9	Anhang B (informativ) Gleichungen für den Anodenwiderstand und die Lebensdauer von Anoden	22
5.2 Überlegungen zur Auslegung	9	Anhang C (informativ) Hinweise für die Installation von Anoden ...	23
5.3 Werkstoffe für galvanische Anoden	10	Anhang D (informativ) Sicherheitsmaßnahmen für das Fremdstromsystem	24
5.4 Anordnung der Anoden	11	Anhang E (informativ) Typische elektrochemische Kennwerte für häufig verwendete Fremdstromanoden ...	25
5.5 Ausführung der Eingussteile und Befestigungen der Anoden	11	Literaturhinweise	25
6 Auslegung des Fremdstromsystems ...	12		
6.1 Allgemeines	12		
6.2 Überlegungen zur Auslegung	12		
6.3 Überlegungen zur Ausrüstung	13		
6.4 Überlegungen zur Anordnung	14		
7 Auslegung von Überwachungssystemen	15		
7.1 Ziele	15		
7.2 Beschreibung	15		
7.3 Potentialmessungen	16		
7.4 Messung der Anodenstromabgabe	16		
7.5 Übertragung von Daten	17		
7.6 Überwachung von Fremdstromgeneratoren	17		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 219 „Cathodic Protection“ 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 Juli 2000, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juli 2000 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgende Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Die Anhänge A, B, C, D und E dieser Europäischen Norm sind informativ.

Einleitung

Kathodischer Korrosionsschutz, gegebenenfalls zusammen mit Schutzbeschichtung oder Beschichtungsstoff, wird im Allgemeinen angewendet, um die äußeren Oberflächen von ortsfesten Offshore-Anlagen aus Stahl und deren Hilfsanlagen vor Korrosion durch Meerwasser oder Meeresablagerungen zu schützen.

Die allgemeinen Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes werden in der Europäischen Norm EN 12473 : 2000 „Allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes in Meerwasser“ im einzelnen behandelt.

Die kathodische Reaktion stellt den Schutz der eingetauchten Flächen der Anlage und zugehöriger Hilfsanlagen, die der Meeresumwelt ausgesetzt sind, vor Korrosion sicher.

Der kathodische Korrosionsschutz besteht in der Lieferung von ausreichend Gleichstrom für die äußeren Oberflächen der Anlage, um das Stahl-Elektrolyt-Potential auf Werte herabzusetzen, bei denen die Korrosion unbedeutend ist.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Europäische Norm legt die Mittel fest, die zu verwenden sind, um die eingetauchten Flächen von ortsfesten Offshore-Anlagen aus Stahl und deren Hilfsanlagen kathodisch zu schützen.

1.1 Bauteile

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen an den kathodischen Korrosionsschutz von ortsfesten Anlagen fest, einschließlich der Förderanlagen unter Wasser und zugehörigen Schutzbauten, gleichgültig, ob sie miteinander durch Rohrleitungen und/oder Fußwege verbunden sind oder nicht.

Sie umfasst auch die eingetauchten Flächen von Hilfsanlagen, die zu der Anlage gehören, wenn diese mit der Anlage elektrisch verbunden sind.

Sie umfasst nicht den kathodischen Korrosionsschutz von schwimmenden Anlagen wie Schiffen, halbtauchenden Einheiten oder langgestreckten Anlagen wie Rohrleitungen und Kabel.

Diese Europäische Norm betrifft nur den kathodischen Korrosionsschutz von äußeren Oberflächen, die mit dem Meerwasser oder dem Meeresboden in Kontakt kommen. Sie umfasst die eingetauchten oder im Boden befindlichen äußeren Oberflächen von Mantelrohr, Standrohren, Bohrgewächsen, Pfeilern, Schutzrohren, Produktions- oder Versorgungs-Steigleitungen usw.

Sie umfasst nicht den Korrosionsschutz derjenigen Teile der Anlage, die über der Wasseroberfläche liegen, d. h. in der Spritzwasserzone und atmosphärischen Zone.

Diese Norm schließt nicht den Innenschutz von Bauteilen wie Teilen des Mantels, Stützen, Standrohre ein; deren Schutz wird oft mit Chemikalien durchgeführt.

1.2 Werkstoffe

Diese Europäische Norm umfasst den kathodischen Korrosionsschutz von unbeschichteten oder beschichteten Stählen, deren festgelegte Mindest-Streckgrenze 500 N/mm^2 nicht überschreitet.

1.2.1 Überpolarisation und hochfeste Stähle

Bei zu hoher negativer Potentialabsenkung der Anlage wird diese überpolarisiert, was ein Eindringen von Wasserstoff in die Stahlwand bewirken kann. Das führt zu einer Versprödung des Metalls und nachfolgend zu möglichen nachteiligen Auswirkungen einschließlich der Ausbreitung von Rissen.

Als allgemeine Regel gilt, je höher die Festigkeitseigenschaften sind, um so größer ist die Gefahr eines durch Wasserstoff hervorgerufenen Schadens. Die Werkstoffhärte und das Feingefüge sind jedoch auch von Bedeutung.

Dieses Phänomen kann bei konventionellen Stählen auftreten, die für ortsfeste Offshore-Anlagen verwendet werden (Stahlsorte S355 nach EN 10025), wenn die Potentiale negativer als $-1,10 \text{ V}$ gegen $\text{Ag/AgCl/Meerwasser}$ abgesenkt werden. Zur Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes außerhalb dieser Grenzen sollten entsprechende Prüfungen durchgeführt werden.

1.2.2 Galvanische Verbindung

Einige Teile der Anlage können aus anderen metallischen Werkstoffen als Kohlenstoff-Mangan-Stählen hergestellt sein. Das kathodische Korrosionsschutzsystem sollte so ausgelegt sein, dass eine vollständige Kontrolle über jede galvanische Korrosion sichergestellt ist, die aus dieser Verbindung entsteht.

1.3 Umgebung

Diese Europäische Norm ist für die gesamte Eintauchzone in jeder Art von Meerwasser oder Meeresboden anwendbar.

Bei Oberflächen, die abwechselnd eintauchen und der Atmosphäre ausgesetzt sind, ist der kathodische Korrosionsschutz nur wirksam, wenn die Dauer des Eintauchens lang genug ist, damit der Stahl polarisiert wird. Dies ist etwa im untersten Drittel der Wasserwechselzone der Fall. Für den Schutz der darüberliegenden benetzten Oberfläche muss deshalb ein anderes Korrosionsschutzverfahren angewendet werden, z. B. durch Schutzbeschichtung, Verkleiden, Umhüllen oder Erhöhung der Dicke des Baumaterials.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 12473 : 2000

Allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes in Meerwasser

prEN 12496 : 1997

Galvanische Anoden für den Korrosionsschutz in Meerwasser und salzhaltigem Schlick

EN 10025

Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen – Technische Lieferbedingungen

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die Begriffe der Europäischen Norm EN 12473 : 2000 sowie die folgenden:

3.1

atmosphärische Zone

Bereich oberhalb der Spritzwasserzone, d. h. oberhalb der von der üblichen Dünung erreichten Ebene

3.2

Bodenzone

Bereich unterhalb der Schlicklinie

3.3

Standrohr

erstes installiertes Gehäuse einer Offshore-Bohrung

3.4

Dopplung

Platte, die auf ein Bauteil geschweißt wird, um dieses örtlich zu verstärken oder von weiteren Schweißarbeiten zu isolieren

3.5

erweiterte Wasserwechselzone

Bereich, der die Wasserwechselzone, die Spritzwasserzone und die Übergangszone einschließt

3.6

H.A.T. (Highest Astronomical Tide)

höchstes astronomisches Hochwasser (Springtidehochwasser)

3.7

Unterwasserzone

Bereich unterhalb der erweiterten Wasserwechselzone und oberhalb der Schlicklinie

3.8

Schutzrohr

ein bogenförmiges Rohr, das zur Stütz- und Führungsgebung einer oder mehrerer Steigrohrleitungen oder Kabelbäume auf einer Struktur konstruiert und installiert ist

3.9

L.A.T. (Lowest Astronomical Tide)

niedrigstes astronomisches Niedrigwasser (Nipptideniedrigwasser)

3.10

Meeresablagerungen

Deckschicht des Meeresbodens, die sich aus wassergesättigten Feststoffen verschiedener Dichten zusammensetzt

3.11

M.T.L. (Mean Tide Level)

Tidemittelwasser (auch bekannt als Normalnull oder Mittelwasserstand)

3.12

Pfeiler

tiefgegründetes Element, das eine ortsfeste Offshore-Anlage trägt

3.13

Steigleitung

senkrecht oder fast senkrecht verlaufender Teil einer Offshore-Rohrleitung zwischen dem Plattform-Rohrwerk und der Rohrleitung am oder unter dem Meeresboden, einschließlich eines Rohrlängsstückes, das mindestens fünf Rohrdurchmesser vom unteren Knie, Krümmer oder von der unteren Armatur absteht

3.14

Salzhaltigkeit

Menge an anorganischen Salzen, die im Meerwasser gelöst sind. Das genormte Messverfahren beruht auf der Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit des Meerwassers. Die Salzhaltigkeit wird in Gramm pro Kilogramm oder ppt angegeben

3.15

Spritzwasserzone

der Höhenbereich der Anlage, der oberhalb des höchsten Hochwassers (H.A.T) durch Wellenschlag abwechselnd nass und trocken ist

3.16

Eintauchzone

Bereich, der die Bodenzone, die Unterwasserzone und die Übergangszone einschließt

3.17

Wasserwechselzone

Bereich zwischen dem niedrigsten Niedrigwasser (L.A.T.) und dem höchsten Hochwasser (H.A.T.)

3.18

Übergangszone

Bereich unterhalb des niedrigsten Niedrigwassers (L.A.T.), der mögliche Pegelschwankungen der Plattform-einrichtung und eine Tiefe mit im Allgemeinen höherem Sauerstoffgehalt aufgrund der üblichen Dünung einschließt

3.19

Bohrgehäuse

Strang von Stahlrohren, der in öl-, gas- oder wasserführende Bohrungen hineingeführt ist, um Wasser abzuschotten oder das Aufnehmen von losem Meeresboden zu vermeiden

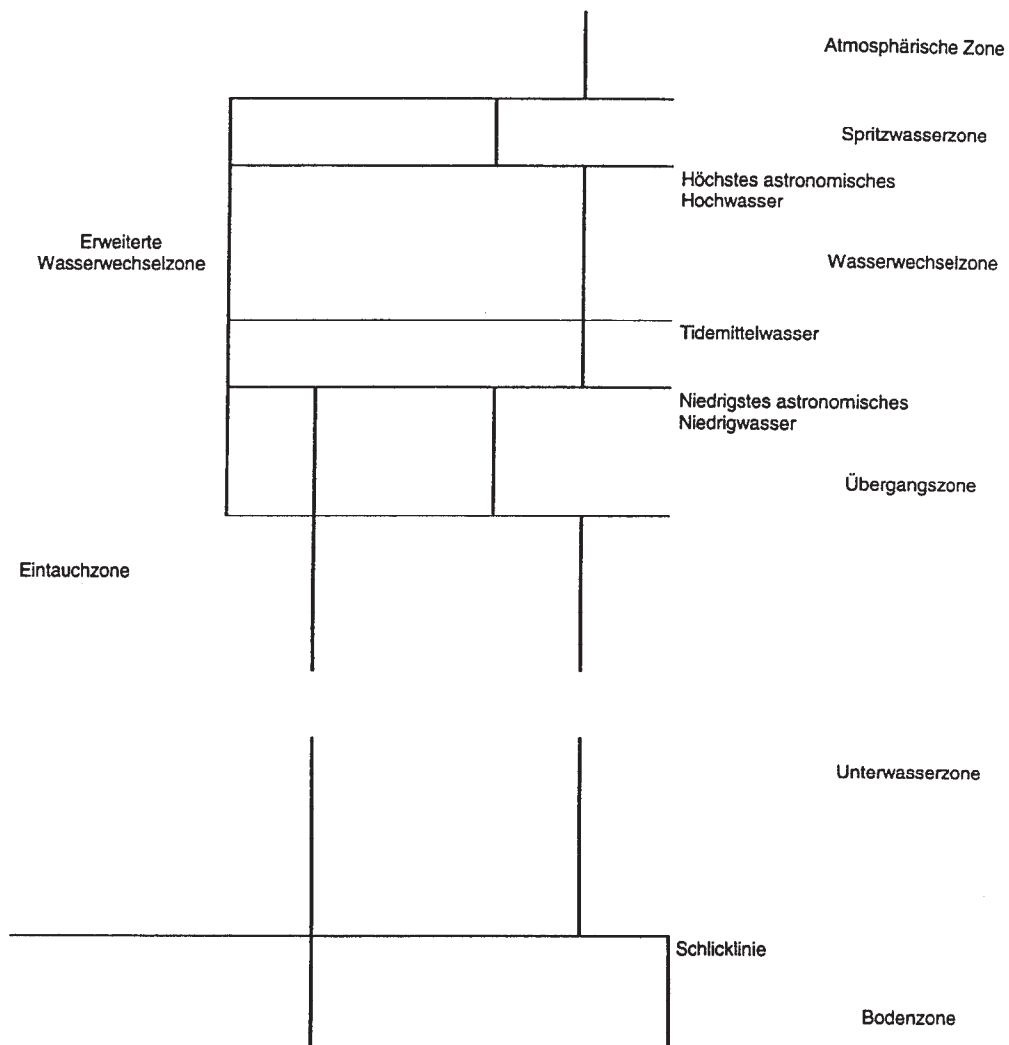


Bild 1: Schematische Darstellung von Wasserständen und Zonen im Meerwasserbereich

4 Grundlage für die Auslegung

4.1 Ziele

Das Hauptziel eines kathodischen Korrosionsschutzsystems ist es, ausreichend Strom zu liefern, um jeden Teil der Anlage und der Hilfsanlagen zu schützen und diesen Strom so zu verteilen, dass das Stahl-Meerwasser-Potential jedes Teils der Anlage innerhalb der durch die Potentialkriterien gegebenen Grenzwerte liegt (siehe 4.2).

Die Potentiale sollten über die gesamte Anlage so homogen wie möglich sein. Dieses Ziel kann nur durch eine entsprechende Verteilung der Anoden über die Anlage erreicht werden. Dies ist in einigen Bereichen wie komplexen Rohrknöten oder Gestellen von Standrohrführungen, an denen wenig Platz für die Anbringung von Anoden zur Verfügung steht, schwer zu erreichen, obwohl große Oberflächen zu schützen sind. Das sollte in der Phase der Auslegung der Anlage berücksichtigt werden:

- durch Vermeidung von komplexen Konstruktionen: d. h., Rohrelemente sollten T- oder H-Profilen vorgezogen werden;
- durch Verminderung der Anzahl von untergeordneten Flächen;
- durch Begrenzung des Verhältnisses von Stahloberflächen zum Elektrolytvolumen in gefluteten Bereichen.

In der Nähe von Anoden dürfen Schutzbeschichtungen verwendet werden, wenn die Stromabgabe der Anoden und die Nähe zur Anlage zu Überpolarisation führen kann (siehe 1.2.1).

Das kathodische Korrosionsschutzsystem sollte im Allgemeinen für die Lebensdauer der Anlage ausgelegt sein.

Um eine angemessene Auslegung des kathodischen Korrosionsschutzsystems zu erreichen, sollte diese von einem Fachmann für kathodischen Korrosionsschutz ausgeführt werden.

4.2 Kriterien für den kathodischen Korrosionsschutz

Die Kriterien für den kathodischen Korrosionsschutz werden in der EN 12473 : 2000 im einzelnen behandelt.

Um einen angemessenen kathodischen Korrosionsschutz zu erreichen, sollten Stahlbauten die in der folgenden Tabelle angegebenen Schutzpotentiale aufweisen.

Tabelle 1: Übersicht über die Potentiale gegen eine Silber/Silberchlorid/Meerwasser-Bezugselektrode, die für den kathodischen Korrosionsschutz von Stahlwerkstoffen in Meerwasser empfohlen werden

Werkstoff	Kleinstes negatives Potential Volt	Größtes negatives Potential Volt
unlegierte/niedriglegierte Stähle aerobe Umgebung anaerobe Umgebung	– 0,80 – 0,90	– 1,10 – 1,10
nicht rostender Stahl austenitischer Stahl – (Wirksumme (PREN) $\geq$ 40) – (Wirksumme (PREN) $<$ 40) Duplex	– 0,30 – 0,60 (siehe ANMERKUNG 1) – 0,60 (siehe ANMERKUNG 1)	keine Begrenzung keine Begrenzung (siehe ANMERKUNG 2)
ANMERKUNG 1: Für die meisten Anwendungen sind diese Potentiale für den Schutz von Spalten ausreichend, obwohl höhere Potentiale in Betracht gezogen werden können.		
ANMERKUNG 2: In Abhängigkeit von der metallurgischen Struktur können diese Legierungen rissempfindlich sein, und hohe negative Potentiale müssen vermieden werden (siehe EN 12473 : 2000).		

4.3 Bedarf an elektrischem Strom

Um die Kriterien für den kathodischen Korrosionsschutz an der gesamten Anlage zu erreichen, ist es notwendig, den Bedarf an elektrischem Strom für jeden Teil der Anlage zu berücksichtigen.

Der Bedarf jedes Teils der Anlage an elektrischem Strom ist das Produkt aus dessen Stahloberfläche und der erforderlichen elektrischen Stromdichte.

Die erforderliche Stromdichte ist nicht für alle Teile der Anlage gleich, da sich die Umgebungsbedingungen verändern. Deshalb sollten, bezogen auf die in Abschnitt 3 definierten Zonen, die folgenden Flächen und Teile berücksichtigt werden:

- Flächen, die sich in der Wasserwechselzone und der Übergangszone befinden (üblicherweise beschichtet oder umhüllt);
- Flächen, die sich in der Unterwasserzone befinden;
- Flächen, die sich in der Bodenzone befinden;
- vorzunehmende Bohrungen; eine Stromzuteilung je Bohrung muss berücksichtigt werden, die von den projektierten Größen, der Tiefe und den Befestigungen der Bohrungen abhängig ist (siehe A.4 im Anhang A);
- benachbarte Anlagen und Rohrleitungen, die mit der zu schützenden ortsfesten Offshore-Anlage aus Stahl elektrischen Kontakt haben.

Die Auswahl für die Auslegung der Stromdichten darf auf Erfahrungen mit ähnlichen Anlagen in der gleichen Umgebung oder auf spezifischen Prüfungen und Messungen beruhen (typische Werte sind im Anhang A angegeben).

Die für den kathodischen Korrosionsschutz erforderliche elektrische Stromdichte hängt von der Kinetik der elektrochemischen Reaktionen ab und verändert sich mit Parametern wie dem Elektrodenpotential des Stahls, dem gelösten Sauerstoffgehalt im Meerwasser, der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, der Temperatur und möglicherweise der Wassertiefe. Des weiteren verändern der Aufbau kalkhaltiger Ablagerungen und die Bildung von maritimen Bewuchs die Oberflächenbedingungen für die kathodischen Reaktionen.

Für jede besondere Umgebungsbedingung und jeden besonderen Oberflächenzustand des Stahls (wie zum Beispiel verrostet, sandgestrahlt, beschichtet mit organischen Beschichtungen oder Metallüberzügen) müssen die folgenden elektrischen Stromdichten bewertet werden:

- Anfangswert der elektrischen Stromdichte, die erforderlich ist, um die Anfangspolarisation der Anlage zu erreichen, d. h. Absenkung des Stahlpotentials auf einen Wert innerhalb des in Tabelle 1 empfohlenen Bereichs zu erreichen;