E DIN EN ISO 26194:2026-12 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2026-11-06

Korrosion von Metallen und Legierungen - Kathodischer Schutz von Innenflächen metallischer Tanks, Anlagen, Anlagenteilen und Rohrleitungen, die Meerwasser und Brackwasser enthalten (ISO/DIS 26194:2026); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 26194:2026

Corrosion of metals and alloys - Cathodic protection of internal surfaces of metallic tanks, structures, equipment, and piping containing seawater and brackish water (ISO/DIS 26194:2026); German and English version prEN ISO 26194:2026

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 8

Vorwort 9

Einleitung 10

1 Anwendungsbereich 11

2 Normative Verweisungen 11

3 Begriffe 11

4 Symbole und Abkürzungen 13
4.1 Symbole 13
4.2 Abkürzungen 15

5 Qualifikation des Personals 16

6 Allgemeine Betrachtungen 16
6.1 Zu schützende Anlagen und Anlagenteile 16
6.2 Werkstoffe 16
6.3 Umgebung 17
6.4 Sicherheit und Umweltschutz 17
6.4.1 Allgemeines 17
6.4.2 Entstehung gefährlicher Gase 17
6.4.3 Freisetzung von Wasserstoffgas 18
6.4.4 Entstehung von Chlor 18
6.4.5 Zugang und Entleeren 18

7 Kriterien für den kathodischen Korrosionsschutz 18
7.1 Allgemeines 18
7.2 Unlegierte und niedriglegierte Stähle 19
7.3 Nichtrostende Stähle und Nickelbasislegierungen 19
7.4 Risiken aufgrund von Überschutz 20
7.4.1 Unlegierte und niedriglegierte Stähle 20
7.4.2 Nichtrostende Stähle und Nickelbasislegierungen 21
7.4.3 Titan 21

8 Auslegung 22
8.1 Allgemeine Betrachtungen 22
8.2 Auslegungsparameter 22
8.2.1 Allgemeines 22
8.2.2 Unterteilung der zu schützenden Oberflächen 24
8.2.3 Für Berechnungen zu berücksichtigende effektive Oberflächen 24
8.2.4 Berechnung des Strombedarfs beschichteter Oberflächen 25
8.2.5 Berechnung des Strombedarfs unbeschichteter Oberflächen 25

8.2.6 Schutzstromdichte für unbeschichtete unlegierte oder niedriglegierte Stähle ... 26
8.2.7 Schutzstromdichte für nichtrostende Stähle und Nickelbasislegierungen ... 26
8.3 Anwendungen für bestimmte Anlagenteile ... 27
8.3.1 Rohrleitungssysteme ... 27
8.3.2 Rohrbündelkondensatoren und Wärmetauscher ... 28
8.3.3 Filter ... 29
8.3.4 Zeitlich begrenzt eingesetzte Systeme für die hydrostatische Druckprüfung von Tanks unter Verwendung von Meerwasser ... 29

9 System mit galvanischen Anoden ... 29
9.1 Auswahl des Anodenwerkstoffs ... 29
9.2 Reduzierung des Treibpotentials durch einen Widerstand oder eine Diode ... 30
9.3 Anzahl und Abmessungen von Anoden ... 32
9.4 Positionen der Anoden und Montage ... 33
9.4.1 Allgemeines ... 33
9.4.2 Tanks und Anlagen mit ebenen Oberflächen ... 33
9.4.3 Rohre ... 36
9.5 Auswahl, Positionierung und Montage von Anoden in Ballasttanks in der unmittelbaren Umgebung von anderen Tanks, in der explosive Gasgemische auftreten können ... 38

10 Fremdstromsysteme ... 38
10.1 Allgemeines ... 38
10.2 Positionen der Anoden und Montage ... 40
10.2.1 Allgemeines ... 40
10.2.2 Tanks und Anlagen mit ebenen Oberflächen ... 40
10.2.3 Rohre ... 41

11 Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung ... 43
11.1 Allgemeines ... 43
11.2 Messverfahren und Überwachung ... 44
11.3 Inbetriebnahme und Leistungsbeurteilung ... 46
11.4 Betrieb und Instandhaltung ... 46
11.5 Dokumentation ... 47
11.5.1 Ziele ... 47
11.5.2 Fremdstromsystem ... 47
11.5.3 Systeme mit galvanischen Anoden ... 48

Anhang A (informativ) Hydridbildung bei Titanlegierungen ... 50
A.1 Metallurgie von Titanlegierungen ... 50
A.2 Wasserstoffaufnahme und Hydride ... 51
A.3 Titan und kathodischer Korrosionsschutz ... 51
A.4 Rückmeldungen aus dem Betrieb und experimentelle Untersuchungen ... 52

Anhang B (informativ) Leitfaden zu Auslegungswerten des kathodischen Korrosionsschutzes der Innenflächen von mit Meerwasser gefüllten Anlagenteilen ... 56
B.1 Typische Auslegung für kathodische Stromdichten ... 56
B.1.1 Anfangsauslegungsstromdichte ... 56
B.1.2 Erhaltungsauslegungsstromdichte ... 57
B.2 Beschichtungsreduktionsfaktor von Schutzbeschichtungssystemen ... 57

Anhang C (informativ) Berechnung der Potentialverteilung innerhalb einer Rohrleitung oder eines Rohrs ... 58
C.1 Potentialverteilung innerhalb einer Rohrleitung (ohne Berücksichtigung des Anodenwiderstands) ... 58
C.2 Potentialverteilung innerhalb einer Rohrleitung (unter Berücksichtigung des Anodenwiderstands) ... 59
C.3 Potentialverteilung innerhalb eines Rohrs ... 60

Anhang D (informativ) Auslegung von Systemen mit galvanischen Anoden ... 61
D.1 Gleichungen für den Anodenwiderstand ... 61
D.2 Berechnung des Anodenwiderstands am Ende der Nutzungsdauer ... 62

D.2.1 Allgemeines ... 62
D.2.2 Berechnung der Anodenmasse am Ende der Nutzungsdauer ... 62
D.2.3 Berechnung der Anodenmaße am Ende der Nutzungsdauer ... 63
D.3 Spezifischer Elektrolytlösungswiderstand ... 64
D.4 Stromabgabe galvanischer Anoden ... 66
D.5 Nutzungsdauer der Anoden ... 66
D.6 Anforderung an die Mindestnettomasse ... 67

Anhang E (informativ) Übliche elektrochemische Merkmale von Fremdstromanoden ... 68

Anhang F (informativ) Auslegung von Systemen mit Fremdstromanoden ... 69
F.1 Kathodischer Korrosionsschutz für die Innenflächen von Tanks ... 69
F.2 Beurteilung der größten Länge einer Stabanode, die in das fließende Wasser hineinreicht bezüglich ihrer mechanischen Integrität ... 70

Literaturhinweise ... 73

Bilder

Bild 1 — Beispiel für Diodenmerkmale [34] ... 31

Bild 2 — Prinzip zur Darstellung der widerstandsgeregelten Stromabgabe einer galvanischen Anode [31] ... 32

Bild 3 — Beispiel für das Anbringen einer galvanischen Anode an einer Versteifung eines Tankbodens ... 34

Bild 4 — Beispiel für die Verwendung von Klemmen bei der Montage einer galvanischen Anode in einem Tank ... 35

Bild 5 — Beispiel für die Bohrung in ein Rohr bei der Montage einer galvanischen Anode ... 36

Bild 6 — Beispiel für die Verwendung eines Zwischenstücks bei der Montage einer galvanischen Anode in einem Rohr ... 37

Bild 7 — Beispiel für die Montage von Titan-/Mischmetalloxid-Stabanoden in einem Rohr [1] ... 43

Bild 8 — Beispiel für die Montage von Titan-/Mischmetalloxid-Stabanoden in einem Rohr [2] ... 43

Bild 9 — Beispiel für die Überwachung in einem Wasserbehälter mit Bezugselektrode und Probeblech ... 46

Bild A.1 — Hydridbildung am Ende eines Titanrohrs im Kraftwerk Osaka über einen Zeitraum von etwa 17 Jahren infolge übermäßigen kathodischen Schutzes [54]. ... 53

Bild A.2 — Wasserstoffaufnahme in Titanlegierungen, die natürlichem Meerwasser bei 80 °C und −1,05 V bzgl. Ag/AgCl/Meerwasser ausgesetzt waren [57] ... 54

Bild A.3 — Querschnitt einer kalkhaltigen Ablagerung, die sich im Zeitraum von 3 Jahren bei 80 °C und 0,105 V bzgl. Ag/AgCl/Meerwasser gebildet hat (Rückstreuelektronen-Bild) [57] ... 55

Bild A.4 — Wasserstoffgehalt und Ergebnisse mechanischer Prüfungen bei Gütegrad 2 und Gütegrad 23 [49] ... 55

Bild D.1 — Spezifischer Widerstand in Abhängigkeit von Temperatur und Dichte des Meerwassers [62] ... 65

Bild D.2 — Spezifischer Widerstand des Meerwassers in Abhängigkeit von der Temperatur bei einem Salzgehalt von 3,0 % bis 4,0 % [63] 66

Tabellen

Tabelle A.1 — Chemische Zusammensetzung einiger Titanlegierungen — Massenanteil in % [50] 51

Tabelle B.1 — Schätzwerte für die zum Schutz von reinem Kohlenstoffstahl in Nordseewasser bei 7 °C erforderliche, anfängliche höchste Stromdichte 56

Tabelle E.1 — Übliche elektrochemische Merkmale von Fremdstromanoden 68

Tabelle F.1 — Faktor F_{eq} für die Berechnung des „Äquivalentdurchmessers“ bezogen auf die Anzahl der kreisförmig angeordneten Anoden 70