

# 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**

---

| <b>Inhalt</b>                                                           | <b>Seite</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 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<br>hineinreicht bezüglich ihrer mechanischen Integrität ..... | 70 |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                          | 73 |
| <br><b>Bilder</b>                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                          |    |
| Bild 1 — Beispiel für Diodenmerkmale [34] .....                                                                                                                                                 |                                                                                                                                          | 31 |
| Bild 2 — Prinzip zur Darstellung der widerstandsgeregelten Stromabgabe einer galvanischen<br>Anode [31].....                                                                                    |                                                                                                                                          | 32 |
| Bild 3 — Beispiel für das Anbringen einer galvanischen Anode an einer Versteifung eines<br>Tankbodens .....                                                                                     |                                                                                                                                          | 34 |
| Bild 4 — Beispiel für die Verwendung von Klemmen bei der Montage einer galvanischen Anode<br>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<br>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<br>Probeblech .....                                                                                       |                                                                                                                                          | 46 |
| Bild A.1 — Hydridbildung am Ende eines Titanrohrs im Kraftwerk Osaka über einen Zeitraum<br>von etwa 17 Jahren infolge übermäßigen kathodischen Schutzes [54].....                              |                                                                                                                                          | 53 |
| Bild A.2 — Wasserstoffaufnahme in Titanlegierungen, die natürlichem Meerwasser bei 80 °C<br>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<br>80 °C und 0,105 V bzgl. Ag/AgCl/Meerwasser gebildet hat (Rückstreuelektroden-<br>Bild) [57]..... |                                                                                                                                          | 55 |
| Bild A.4 — Wasserstoffgehalt und Ergebnisse mechanischer Prüfungen bei Gütegrad 2 und<br>Gütegrad 23 [49] .....                                                                                 |                                                                                                                                          | 55 |
| Bild D.1 — Spezifischer Widerstand in Abhängigkeit von Temperatur und Dichte des<br>Meerwassers [62] .....                                                                                      |                                                                                                                                          | 65 |

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

## **Tabellen**

|                                                                                                                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabelle A.1 — Chemische Zusammensetzung einiger Titanlegierungen — Massenanteil in % [50] .....</b>                                                           | <b>51</b> |
| <b>Tabelle B.1 — Schätzwerte für die zum Schutz von reinem Kohlenstoffstahl in Nordseewasser bei 7 °C erforderliche, anfängliche höchste Stromdichte .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>Tabelle E.1 — Übliche elektrochemische Merkmale von Fremdstromanoden .....</b>                                                                                | <b>68</b> |
| <b>Tabelle F.1 — Faktor <math>F_{eq}</math> für die Berechnung des „Äquivalentdurchmessers“ bezogen auf die Anzahl der kreisförmig angeordneten Anoden .....</b> | <b>70</b> |