

## DIN EN ISO 15589-2



ICS 75.200

**Entwurf**

Einsprüche bis 2024-02-15  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN EN ISO 15589-2:2014-07;  
Ersatz für  
E DIN EN ISO 15589-2:2022-01

**Öl- und Gasindustrie einschließlich kohlenstoffarmer Energieträger –  
Kathodischer Schutz für Transportleitungssysteme –  
Teil 2: Offshore-Pipelines (ISO/FDIS 15589-2:2023);  
Deutsche Fassung FprEN ISO 15589-2:2023**

Oil and gas industries including lower carbon energy –  
Cathodic protection of pipeline transportation systems –  
Part 2: Offshore pipelines (ISO/FDIS 15589-2:2023);  
German version FprEN ISO 15589-2:2023

Industries du pétrole et du gaz y compris les énergies à faible teneur en carbone –  
Protection cathodique des systèmes de transport par conduites –  
Partie 2: Conduites en mer (ISO/FDIS 15589-2:2023);  
Version allemande FprEN ISO 15589-2:2023

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-12-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [noeg@din.de](mailto:noeg@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 82 Seiten

DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG)  
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (FprEN ISO 15589-2:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Oil and gas industries including lower carbon energy“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 109-00-02 AA „Fernleitungssysteme — Spiegelausschuss zu ISO/TC 67/SC 2“ im DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

|                        |       |                               |
|------------------------|-------|-------------------------------|
| ISO 1461               | siehe | DIN EN ISO 1461               |
| ISO 8044               | siehe | DIN EN ISO 8044               |
| ISO 8501-1             | siehe | DIN EN ISO 8501-1             |
| ISO 9606-1             | siehe | DIN EN ISO 9606-1             |
| ISO 15257              | siehe | DIN EN ISO 15257              |
| ISO 14001              | siehe | DIN EN ISO 14001              |
| ISO 14723              | siehe | DIN EN ISO 14723              |
| ISO 15589-1            | siehe | DIN EN ISO 15589-1            |
| ISO 15607              | siehe | DIN EN ISO 15607              |
| ISO 18086              | siehe | DIN EN ISO 18086              |
| ISO 21809 (alle Teile) | siehe | DIN EN ISO 21809 (alle Teile) |
| ISO 21857              | siehe | DIN EN ISO 21857              |

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 15589-2:2014-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- in Abschnitt 6 wurden die Empfehlungen für isolierende Verbindungen erweitert;
- in Abschnitt 7 wurden die Anmerkungen zu Tabelle 1 und der Text in 7.4 aktualisiert, um Diskrepanzen mit Bild 2 zu vermeiden. Die Durchschlagsfaktoren für Beschichtungen wurden überarbeitet, um Fehler aus der vorherigen Ausgabe zu korrigieren und für einige Beschichtungssysteme wurden aufgrund von Rückmeldungen aus der Industrie weniger konservative Werte gewählt;
- in Abschnitt 8 wurden Hinweise und Anleitungen für die Auslegung des Systems aktualisiert, einschließlich Empfehlungen für erdverlegte Rohrleitungen. Die Anodennutzungsfaktoren wurden erweitert, um zusätzliche Anodentypen abzudecken;
- in Abschnitt 9 wurde Tabelle 6 aktualisiert, um die Anodenzusammensetzung in Übereinstimmung mit der aktuellen Industriepraxis und anderen Normen wiederzugeben;
- in Abschnitt 10 wurden zusätzliche Verweisungen auf Leitlinien zu Kernabmessungen und -position sowie auf Prüfungen zur Qualitätskontrolle der elektrochemischen Eigenschaften von Anoden aufgenommen;
- in Anhang A wurden zusätzliche Gleichungen für den Anodenwiderstand aufgenommen, um verschiedene Anodentypen abzudecken;

- g) Anhang B wurde geändert, um die NORSOK-Methode als normativ darzustellen, während die alternative Methode als informativ eingestuft wurde;
- h) Anhang C wurde als informativ aktualisiert und die Prüfmethode durch Verweisungen auf aktuelle Prüfmethoden in Übereinstimmung mit der aktuellen Industriepraxis ersetzt;
- i) der frühere Anhang E wurde gestrichen und durch eine zusätzliche Anleitung für die Qualitätskontrolle von Anoden in 10.10. ersetzt;
- j) im aktualisierten Anhang E (Interferenzen) wurden zusätzliche Hinweise auf Wechselstrominterferenzen hinzugefügt;
- k) die Literaturhinweise wurden aktualisiert;
- l) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*

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

DIN EN ISO 8501-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen*

DIN EN ISO 9606-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

DIN EN ISO 14001, *Umweltmanagementsysteme — Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*

DIN EN ISO 14723, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Rohrleitungstransportsysteme — Unterwasserarmaturen*

DIN EN ISO 15257, *Kathodischer Korrosionsschutz — Qualifikationsgrade von mit kathodischem Korrosionsschutz befassten Personen — Grundlage für ein Zertifizierungsverfahren*

DIN EN ISO 15589-1, *Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie — Kathodischer Korrosionsschutz für Rohrleitungssysteme — Teil 1: Rohrleitungen an Land*

DIN EN ISO 15607, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln*

DIN EN ISO 18086, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Bestimmung der Wechselstromkorrosion — Schutzkriterien*

DIN EN ISO 21809 (alle Teile), *Erdöl- und Erdgasindustrie — Umhüllungen für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen in Transportsystemen*

DIN EN ISO 21857, *Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie — Vermeidung von durch Streuströme beeinflusster Korrosion an Rohrleitungssystemen*

**Öl- und Gasindustrie einschließlich kohlenstoffarmer Energieträger – Kathodischer Schutz für Transportleitungssysteme – Teil 2: Offshore-Pipelines (ISO/FDIS 15589-2:2023)**

Oil and gas industries including lower carbon energy – Cathodic protection of pipeline transportation systems – Part 2: Offshore pipelines (ISO/FDIS 15589-2:2023)

Industries du pétrole et du gaz y compris les énergies à faible teneur en carbone – Protection cathodique des systèmes de transport par conduites – Partie 2: Conduites en mer (ISO/FDIS 15589-2:2023)

## Inhalt

|                                                                           | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort . . . . .                                            | 6     |
| Vorwort . . . . .                                                         | 7     |
| Einleitung . . . . .                                                      | 9     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .                                             | 10    |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .                                        | 10    |
| 3 Begriffe . . . . .                                                      | 11    |
| 4 Symbole und Abkürzungen . . . . .                                       | 13    |
| 4.1 Symbole . . . . .                                                     | 13    |
| 4.2 Abkürzungen . . . . .                                                 | 14    |
| 5 Allgemeines . . . . .                                                   | 15    |
| 5.1 Kompetenzsicherung . . . . .                                          | 15    |
| 5.2 Konformität . . . . .                                                 | 15    |
| 6 Anforderungen an das kathodische Korrosionsschutzsystem . . . . .       | 15    |
| 6.1 Allgemeines . . . . .                                                 | 15    |
| 6.2 Auswahl von CP-Systemen . . . . .                                     | 16    |
| 6.2.1 Allgemeines . . . . .                                               | 16    |
| 6.2.2 Betrachtungen zur Systemauswahl . . . . .                           | 17    |
| 6.3 Isolierstücke . . . . .                                               | 17    |
| 7 Entwurfparameter . . . . .                                              | 18    |
| 7.1 Allgemeines . . . . .                                                 | 18    |
| 7.2 Schutzpotentiale . . . . .                                            | 20    |
| 7.2.1 Potentialkriterien . . . . .                                        | 20    |
| 7.2.2 Beurteilung der HISC . . . . .                                      | 21    |
| 7.2.3 Thermisch gespritztes Aluminium . . . . .                           | 22    |
| 7.3 Auslegungslbensdauer des CP-Systems . . . . .                         | 22    |
| 7.4 Auslegungsstromdichten für unbeschichteten Stahl . . . . .            | 22    |
| 7.4.1 Allgemeines . . . . .                                               | 22    |
| 7.4.2 Spritzwasserzone . . . . .                                          | 24    |
| 7.4.3 Erdverlegte Rohrleitungen . . . . .                                 | 24    |
| 7.4.4 Thermisch gespritzte, aluminiumbeschichtete Rohrleitungen . . . . . | 25    |
| 7.4.5 Erhöhte Temperaturen . . . . .                                      | 25    |
| 7.4.6 Stromsenken . . . . .                                               | 25    |
| 7.5 Umhüllungsfaktoren . . . . .                                          | 25    |
| 8 Galvanische Anoden . . . . .                                            | 27    |
| 8.1 Systemauslegung . . . . .                                             | 27    |
| 8.2 Auswahl des Anodenwerkstoffs . . . . .                                | 29    |
| 8.3 Elektrochemische Eigenschaften . . . . .                              | 29    |
| 8.4 Anodenform und Ausnutzungsfaktor . . . . .                            | 31    |
| 8.5 Elektrische Überlegungen . . . . .                                    | 32    |
| 9 Herstellung galvanischer Anoden . . . . .                               | 32    |
| 9.1 Prüfung vor Fertigungsbeginn . . . . .                                | 32    |
| 9.2 Beschichtung . . . . .                                                | 32    |
| 9.3 Anodenkernwerkstoffe . . . . .                                        | 32    |
| 9.4 Aluminiumanodenwerkstoffe . . . . .                                   | 33    |
| 9.5 Zinkanodenwerkstoffe . . . . .                                        | 34    |
| 10 Qualitätskontrolle von galvanischen Anoden . . . . .                   | 34    |
| 10.1 Allgemeines . . . . .                                                | 34    |
| 10.2 Stahlanodenkerne . . . . .                                           | 34    |
| 10.3 Chemische Analyse der Anodenlegierung . . . . .                      | 35    |
| 10.4 Anodenmasse . . . . .                                                | 35    |
| 10.5 Maße und Geradheit der Anoden . . . . .                              | 35    |

|                              |                                                                                        |           |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>10.5.1</b>                | <b>Schlanke Anoden</b>                                                                 | <b>35</b> |
| <b>10.5.2</b>                | <b>Manschettenanoden</b>                                                               | <b>35</b> |
| <b>10.6</b>                  | <b>Maße und Position des Anodenkerns</b>                                               | <b>36</b> |
| <b>10.7</b>                  | <b>Unregelmäßigkeiten in der Anodenoberfläche</b>                                      | <b>36</b> |
| <b>10.7.1</b>                | <b>Schlanke Anoden</b>                                                                 | <b>36</b> |
| <b>10.7.2</b>                | <b>Manschettenanoden</b>                                                               | <b>36</b> |
| <b>10.8</b>                  | <b>Risse</b>                                                                           | <b>37</b> |
| <b>10.8.1</b>                | <b>Allgemeines</b>                                                                     | <b>37</b> |
| <b>10.8.2</b>                | <b>Schlanke Aluminiumanoden</b>                                                        | <b>37</b> |
| <b>10.8.3</b>                | <b>Aluminiummanschettenanoden</b>                                                      | <b>37</b> |
| <b>10.9</b>                  | <b>Interne Fehler und zerstörende Prüfungen</b>                                        | <b>38</b> |
| <b>10.10</b>                 | <b>Elektrochemische Prüfungen zur Qualitätskontrolle</b>                               | <b>39</b> |
| <b>11</b>                    | <b>Installation galvanischer Anoden</b>                                                | <b>39</b> |
| <b>12</b>                    | <b>CP-Systeme mit Fremdstrom</b>                                                       | <b>41</b> |
| <b>12.1</b>                  | <b>Stromquellen und Stromregelung</b>                                                  | <b>41</b> |
| <b>12.2</b>                  | <b>Werkstoffe von Fremdstrom-Anoden</b>                                                | <b>41</b> |
| <b>12.3</b>                  | <b>Systementwurf</b>                                                                   | <b>42</b> |
| <b>12.4</b>                  | <b>Herstellung und Installation betreffende Überlegungen</b>                           | <b>43</b> |
| <b>12.5</b>                  | <b>Mechanische und elektrische Überlegungen</b>                                        | <b>43</b> |
| <b>13</b>                    | <b>Dokumentation</b>                                                                   | <b>44</b> |
| <b>13.1</b>                  | <b>Dokumentation von Entwurf, Herstellung und Installation</b>                         | <b>44</b> |
| <b>13.2</b>                  | <b>Inbetriebnahmeverfahren</b>                                                         | <b>45</b> |
| <b>13.3</b>                  | <b>Bedienungs- und Wartungshandbuch</b>                                                | <b>46</b> |
| <b>14</b>                    | <b>Betrieb, Überwachung und Wartung von CP-Systemen</b>                                | <b>46</b> |
| <b>14.1</b>                  | <b>Allgemeines</b>                                                                     | <b>46</b> |
| <b>14.2</b>                  | <b>Überwachungspläne</b>                                                               | <b>46</b> |
| <b>14.3</b>                  | <b>Reparatur</b>                                                                       | <b>47</b> |
| <b>Anhang A (normativ)</b>   | <b>Entwurfsverfahren für den kathodischen Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden</b> | <b>48</b> |
| <b>A.1</b>                   | <b>Allgemeines</b>                                                                     | <b>48</b> |
| <b>A.2</b>                   | <b>Unterteilung der Rohrleitung</b>                                                    | <b>48</b> |
| <b>A.3</b>                   | <b>Berechnungen des Oberflächenbereichs</b>                                            | <b>48</b> |
| <b>A.4</b>                   | <b>Berechnungen des Strombedarfs</b>                                                   | <b>48</b> |
| <b>A.5</b>                   | <b>Auswahl des Anodentyps und der Maße</b>                                             | <b>48</b> |
| <b>A.6</b>                   | <b>Berechnungen der Gesamtmasse der Anode</b>                                          | <b>49</b> |
| <b>A.7</b>                   | <b>Berechnung von Anoden, Maße und Nettomasse</b>                                      | <b>49</b> |
| <b>A.8</b>                   | <b>Gleichungen zur Berechnung des Anodenwiderstands</b>                                | <b>50</b> |
| <b>A.9</b>                   | <b>Anpassungen des Entwurfs an sich ändernde Bedingungen</b>                           | <b>53</b> |
| <b>Anhang B (normativ)</b>   | <b>Verminderung des Korrosionsschutzes</b>                                             | <b>55</b> |
| <b>B.1</b>                   | <b>Allgemeines</b>                                                                     | <b>55</b> |
| <b>B.2</b>                   | <b>Verfahren nach NORSOK</b>                                                           | <b>55</b> |
| <b>B.3</b>                   | <b>Alternatives Verfahren</b>                                                          | <b>57</b> |
| <b>Anhang C (informativ)</b> | <b>Leistungsqualifikationsprüfung von galvanischen Anodenwerkstoffen</b>               | <b>59</b> |
| <b>C.1</b>                   | <b>Allgemeines</b>                                                                     | <b>59</b> |
| <b>C.2</b>                   | <b>Prüfung</b>                                                                         | <b>59</b> |
| <b>Anhang D (normativ)</b>   | <b>Überwachung und Untersuchungen des kathodischen Korrosionsschutzes</b>              | <b>60</b> |
| <b>D.1</b>                   | <b>Allgemeines</b>                                                                     | <b>60</b> |
| <b>D.2</b>                   | <b>Potentialüberwachung an Aufbauten</b>                                               | <b>60</b> |
| <b>D.3</b>                   | <b>Sichtprüfung</b>                                                                    | <b>61</b> |
| <b>D.4</b>                   | <b>Potentialmessungen</b>                                                              | <b>61</b> |
| <b>D.4.1</b>                 | <b>Allgemeines</b>                                                                     | <b>61</b> |
| <b>D.4.2</b>                 | <b>Bezugselektroden</b>                                                                | <b>62</b> |
| <b>D.4.3</b>                 | <b>Kontaktsonden</b>                                                                   | <b>63</b> |
| <b>D.4.4</b>                 | <b>Feststehende/dauerhafte Systeme</b>                                                 | <b>63</b> |
| <b>D.5</b>                   | <b>Anodenstrom-Messungen</b>                                                           | <b>64</b> |
| <b>D.6</b>                   | <b>Untersuchungen</b>                                                                  | <b>64</b> |
| <b>D.6.1</b>                 | <b>Allgemeines</b>                                                                     | <b>64</b> |

|                   |                                                                                                                  |    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| D.6.2             | Verfahren . . . . .                                                                                              | 65 |
| D.7               | Inspektion von Fremdstromsystem-Komponenten . . . . .                                                            | 65 |
| D.8               | Sicherheit . . . . .                                                                                             | 66 |
| D.9               | Dokumentation . . . . .                                                                                          | 66 |
| Anhang E          | (informativ) Störungen . . . . .                                                                                 | 67 |
| E.1               | Allgemeines . . . . .                                                                                            | 67 |
| E.2               | Prüfung von Störströmen . . . . .                                                                                | 67 |
| E.3               | Durch Gleichstrom hervorgerufene Störungen . . . . .                                                             | 67 |
| E.3.1             | Messungen . . . . .                                                                                              | 67 |
| E.3.2             | Allgemeine Verfahren zur Lösung von Problemen mit durch Gleichstrom verursachter<br>Störstromkorrosion . . . . . | 68 |
| E.4               | Durch Wechselstrom hervorgerufene Störungen . . . . .                                                            | 68 |
| Anhang F          | (informativ) Rohrleitungsentwurf für den kathodischen Korrosionsschutz . . . . .                                 | 70 |
| F.1               | Allgemeines . . . . .                                                                                            | 70 |
| F.2               | Verlegetechniken zur Rohrleitungsinstallation . . . . .                                                          | 70 |
| F.2.1             | Allgemeines . . . . .                                                                                            | 70 |
| F.2.2             | „S-Lay“-Verlegetechnik . . . . .                                                                                 | 70 |
| F.2.3             | „J-Lay“-Verlegetechnik . . . . .                                                                                 | 70 |
| F.2.4             | „Reel-Lay“-Verlegetechnik . . . . .                                                                              | 71 |
| F.2.5             | Verfahren durch Schleppen über den Meeresboden („Bottom-Tow-Technik“) . . . . .                                  | 71 |
| F.2.6             | Verfahren durch Schleppen in kontrollierter Tiefe („Controlled-Depth-Tow“) . . . . .                             | 71 |
| F.3               | Arten von Offshore-Rohrleitungen und Steigleitungen . . . . .                                                    | 72 |
| F.3.1             | Rohrleitungen . . . . .                                                                                          | 72 |
| F.3.2             | Steigleitungen . . . . .                                                                                         | 73 |
| F.4               | Eingrabung und Stabilisierung . . . . .                                                                          | 74 |
| F.4.1             | Allgemeines . . . . .                                                                                            | 74 |
| F.4.2             | Eingrabbungsbedingungen . . . . .                                                                                | 74 |
| F.4.3             | Stabilisierungsverfahren . . . . .                                                                               | 75 |
| F.5               | Kreuzungen von Rohrleitungen und Unterwasseranschlüsse . . . . .                                                 | 76 |
| F.5.1             | Kreuzungen . . . . .                                                                                             | 76 |
| F.5.2             | Unterwasseranschlüsse . . . . .                                                                                  | 76 |
| Literaturhinweise | . . . . .                                                                                                        | 77 |

## Bilder

|          |                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1   | — Nomogramm für die Korrektur von Potentialablesewerten, die mit der<br>Ag/AgCl-Elektrode in Meerwasser in Gewässern mit veränderlichem spezifischem<br>Widerstand erreicht wurden, gegen SCE- und Cu/CuSO <sub>4</sub> (sat)-Bezugselektroden [17] . . | 21 |
| Bild 2   | — Bereich der mittleren Stromdichte für nicht erdverlegte Rohrleitungen aus<br>unbeschichtetem Stahl . . . . .                                                                                                                                          | 23 |
| Bild A.1 | — Spezifischer Widerstand des Meerwassers in Abhängigkeit von der Temperatur bei<br>einem Salzgehalt zwischen 3,0 % und 4,0 % . . . . .                                                                                                                 | 52 |
| Bild A.2 | — Leistung einer Aluminiumanode in Meerwasser bei niedrigen Stromdichten . . . . .                                                                                                                                                                      | 54 |
| Bild B.1 | — Definition des Minuskabelanschlusses . . . . .                                                                                                                                                                                                        | 57 |

## Tabellen

|           |                                                                                      |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1 | — Potentialkriterien . . . . .                                                       | 20 |
| Tabelle 2 | — Beispiele für Auslegungsstromdichten für festgelegte geographische Lagen . . . . . | 24 |
| Tabelle 3 | — Umhüllungsfaktoren, $f_c$ , für Rohrleitungen ohne Betonummantelung . . . . .      | 26 |
| Tabelle 4 | — Umhüllungsfaktoren, $f_c$ , für Rohrleitungen mit Betonummantelung . . . . .       | 27 |
| Tabelle 5 | — Auslegungswerte für galvanische Anoden . . . . .                                   | 30 |
| Tabelle 6 | — Typische chemische Zusammensetzung von Aluminiumanodenwerkstoffen . . . . .        | 33 |

|                                                                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabelle 7 — Typische chemische Zusammensetzung von Zinkanodenwerkstoffen . . . . .</b>                                       | <b>34</b> |
| <b>Tabelle 8 — Empfohlene Annahmekriterien für die elektrochemische Leistung<br/>(Qualitätsprüfung der Fertigung) . . . . .</b> | <b>39</b> |

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (FprEN ISO 15589-2:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Oil and gas industries including lower carbon energy“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen formellen Abstimmung vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 15589-2:2014 ersetzen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO/FDIS 15589-2:2023 wurde von CEN als FprEN ISO 15589-2:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

ISO weist auf die Möglichkeit hin, dass die Anwendung dieses Dokuments mit der Verwendung eines oder mehrerer Patente verbunden sein kann. ISO bezieht jedoch in dieser Hinsicht keinerlei Stellung bezüglich Nachweis, Gültigkeit oder Anwendbarkeit jeglicher beanspruchten Patentrechte. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lag ISO keine Mitteilung über ein Patent bzw. mehrere Patente vor, welche/s zur Umsetzung dieses Dokuments erforderlich sein könnte/n. Anwender werden jedoch darauf hingewiesen, dass dies möglicherweise nicht der aktuelle Informationsstand ist. Dieser kann jedoch der Patentdatenbank unter [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents) entnommen werden. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67, *Oil and gas industries including lower carbon energy*, Unterkomitee SC 2, *Pipeline transportation systems*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 219, *Kathodischer Korrosionsschutz*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 15589-2:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- in Abschnitt 6 wurden die Empfehlungen für Isolierstücke erweitert;
- in Abschnitt 7 wurden die Anmerkungen zu Tabelle 1 und der Text in 7.4 aktualisiert, um Widersprüche zu Bild 2 zu vermeiden; Umhüllungsfaktoren wurden hinsichtlich in der Vorgängerausgabe enthaltenen Fehlern überarbeitet, und weniger konservative Werte für einige Beschichtungssysteme wurden basierend auf Rückmeldungen aus der Industrie ausgewählt;
- in Abschnitt 8 wurden Anmerkungen und Anleitungen zur Auslegung des Systems, einschließlich Empfehlungen für erdverlegte Rohrleitungen aktualisiert; Anoden-Ausnutzungsfaktoren wurden erweitert, um zusätzliche Anodentypen abzudecken;

- in Abschnitt 9 wurde Tabelle 6 aktualisiert, um Anodenzusammensetzungen entsprechend den aktuellen Industriepraktiken und anderen Normen wiederzugeben;
- in Abschnitt 10 wurden zusätzliche Verweisungen für Anleitungen zu Maßen und zur Position des Kerns sowie für Prüfungen zur Qualitätskontrolle der elektrochemischen Eigenschaften der Anode bereitgestellt;
- in Anhang A wurden zusätzliche Gleichungen zur Berechnung des Anodenwiderstands bereitgestellt, um verschiedene Anodenarten abzudecken;
- Anhang B wurde geändert, um das NORSOK-Verfahren als verbindlich vorgeschrieben darzustellen, wobei ein alternatives Verfahren zur Information angegeben wurde;
- Anhang C wurde so aktualisiert, dass er nun informativ ist, und das Prüfverfahren wurde durch Verweisungen auf aktuelle Prüfverfahren entsprechend den aktuellen Industriepraktiken ersetzt;
- der bisherige Anhang E wurde entfernt und durch zusätzliche Anleitungen zur Qualitätskontrollprüfung von Anoden in 10.10 ersetzt;
- im aktualisierten Anhang E (Störungen) wurden zusätzliche Verweisungen auf die durch Wechselstrom hervorgerufenen Störungen hinzugefügt.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 15589 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html) zu finden.

## **Einleitung**

Der kathodische Korrosionsschutz von Rohrleitungen wird durch die Versorgung der Rohraußenfläche mit ausreichend Gleichstrom erreicht, damit das Stahlpotential im Elektrolyten auf allen Oberflächen auf Werte verringert wird, bei denen die äußere Korrosion auf ein unbedeutendes Ausmaß gesenkt ist.

Der kathodische Korrosionsschutz wird in der Regel zusammen mit einem geeigneten Schutzbeschichtungssystem angewendet, um die Außenflächen von Stahlrohrleitungen vor Korrosion zu schützen.

Dieses Dokument kann auch für Offshore-Rohrleitungen außerhalb der Erdöl- und Erdgasindustrie angewendet werden.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen fest und gibt Empfehlungen hinsichtlich Untersuchungen vor der Installation, Auslegung, Werkstoffen, Ausrüstung, Fertigung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb, Inspektion und Wartung von kathodischen Korrosionsschutzsystemen (CP, en: cathodic protection) für Offshore-Rohrleitungen für die Erdöl- und Erdgasindustrie, wie in ISO 13623 festgelegt. Flexible Rohrleitungen, Förderleitungen im Feld, Spulen und Steigleitungen sind in diesem Dokument enthalten. Unterwasser-Förder- und Injektionsausrüstungen und -anlagen sind nicht in diesem Dokument enthalten.

Dieses Dokument gilt für Rohrleitungen aus Kohlenstoffstahl, nichtrostendem Stahl sowie flexible Rohrleitungen aus Metall im Offshore-Betrieb.

Dieses Dokument gilt für Nachrüstungen, Änderungen und Reparaturen von bestehenden Rohrleitungssystemen.

Dieses Dokument gilt für alle Arten von Meerwasser- und Meeresbodenumgebungen, die unter Wasser und an Steigleitungen bis zum mittleren Wasserstand vorzufinden sind.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ISO 630, *Structural steels*

ISO 1461, *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles — Specifications and test methods*

ISO 8044, *Corrosion of metals and alloys — Vocabulary*

ISO 8501-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings*

ISO 9606-1, *Qualification testing of welders — Fusion welding — Part 1: Steels*

ISO 15589-1, *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Cathodic protection of pipeline systems — Part 1: On-land pipelines*

ISO 15607, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — General rules*

AWS D1.1/D1.1M, *Structural Welding Code — Steel*

EN 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

ASTM D1141, *Standard Practice for Preparation of Substitute Ocean Water*

DNV-RP-B401, *Cathodic Protection Design*

NACE TM0190, *Standard Test Method — Impressed Current Test Method for Laboratory Testing of Aluminium Anodes*

### 3 Begriffe

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

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

#### 3.1

##### **Anodenschlitten**

auf einer Anlage befestigte Anoden, die über ein Kabel mit der Rohrleitung verbunden sind

#### 3.2

##### **Potential des geschlossenen Stromkreises**

Anodenpotential bei elektrischer Verbindung zu der zu schützenden Rohrleitung

#### 3.3

##### **Umhüllungsfaktor**

$f_c$

zeitabhängiger Faktor, um steigenden Stromanforderungen aufgrund einer Beschichtungsreduktion zu begegnen, welcher auf dem Verhältnis der Stromdichte, die erforderlich ist, um eine beschichtete Stahloberfläche im Vergleich zu einer unbeschichteten Stahloberfläche zu polarisieren, beruht

#### 3.4

##### **Kaltschweißstelle**

horizontale Unstetigkeit in der Oberfläche, verursacht durch das Erstarren des Gussspiegels der teilgegossenen Anoden infolge des unterbrochenen Flusses des Gussstroms

#### 3.5

##### **Steuerspannung**

Differenz zwischen dem Rohrleitungspotential im Elektrolyten und dem Anodenpotential im Elektrolyten, wenn der kathodische Schutz wirkt

#### 3.6

##### **elektrischer Feldgradient**

Änderung des elektrischen Potentials je Längeneinheit durch ein leitendes Medium, hervorgehend aus dem elektrischen Stromfluss

#### 3.7

##### **elektrochemische Kapazität**

$\varepsilon$

Gesamtmenge der elektrischen Ladung, die erzeugt wird, wenn eine feste Masse (gewöhnlich 1 kg) des Anodenwerkstoffs elektrochemisch verbraucht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die elektrochemische Kapazität wird in Amperestunden angegeben.

#### 3.8

##### **Endstromdichte**

Stromdichte, die erforderlich ist, um eine Rohrleitung am Ende der Auslegungslbensdauer des Korrosionsschutzes zu repolarisieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Endstromdichte wird in Ampere je Quadratmeter angegeben.

### 3.9

#### **wasserstoffinduzierte Spannungsrisssbildung**

**HISC**, en: hydrogen-induced stress cracking

Rissbildung durch eine Kombination aus Last und Wasserstoffversprödung, verursacht durch das Eindringen von Wasserstoff, der sich durch die kathodische Polarisierung auf der Stahloberfläche gebildet hat

### 3.10

#### **ohmscher Spannungsabfall**

Spannung infolge eines Stroms, gemessen zwischen zwei Punkten auf dem Metall der Rohrleitung oder zwischen zwei Punkten des Elektrolyten, wie Meerwasser oder Meeresboden, entsprechend dem Ohmschen Gesetz

Anmerkung 1 zum Begriff: Der ohmsche Spannungsabfall und der *elektrische Feldgradient* (3.6) sind zusammengehörige Begriffe.

### 3.11

#### **Hauptbezugselektrode**

Bezugselektrode, kalibriert mit der *primären Kalibrier-Bezugselektrode* (3.15), die für die Verifizierung von Bezugselektroden verwendet wird, die für Feld- oder Labormessungen eingesetzt werden

### 3.12

#### **mittlere Stromdichte**

abgeschätzter Mittelwert der kathodischen Stromdichte für die gesamte Lebensdauer der Rohrleitung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die mittlere Stromdichte wird in Ampere je Quadratmeter angegeben.

### 3.13

#### **Schutzpotential**

Anlagenpotential im Elektrolyten, für das die Korrosionsgeschwindigkeit des Metalls als unbedeutend angesehen wird

### 3.14

#### **Lochfraßindex**

**PREN**, en: pitting resistance equivalent number

Index, der entwickelt wurde, um die Lochfraßbeständigkeit von nichtrostendem Stahl wiederzugeben und vorauszuberechnen, was auf der Grundlage der Anteile der Elemente Cr, Mo, W und N in der chemischen Zusammensetzung der Legierung geschieht

### 3.15

#### **primäre Kalibrier-Bezugselektrode**

Bezugselektrode, die zum Kalibrieren von *Hauptbezugselektroden* (3.11) verwendet wird

### 3.16

#### **ferngelenktes Fahrzeug**

**ROV**, en: remotely-operated vehicle

Unterwasserfahrzeug, das von einem Fahrzeug oder einer Anlage an der Wasseroberfläche aus gelenkt wird

[QUELLE: ISO 14723:2009, 4.32]

### 3.17

#### **Steigleitung**

Teil einer Offshore-Rohrleitung, einschließlich jeglicher Unterwasser-Flanschstücke, der vom Meeresboden bis zum Rohrleitungsende einer Offshore-Anlage verläuft

[QUELLE: ISO 13623:2017, 3.1.20, modifiziert — „einschließlich jeglicher Unterwasser-Flanschstücke“ wurde hinzugefügt]

### 3.18

#### Ausnutzungsfaktor

$\mu$

Anteil der Masse des Anodenwerkstoffs einer galvanischen Anode, der verbraucht werden kann, bevor die Anode aufhört, die mindestens erforderliche Stromabgabe zu liefern

### 3.19

#### Lebensdauer der Rohrleitung

Zeitraum, der die Nutzungsdauer der Rohrleitung und alle vom Betreiber geplanten Zeiträume vor Beginn der Nutzungsdauer oder im Anschluss an diese umfasst

## 4 Symbole und Abkürzungen

### 4.1 Symbole

|                 |                                                                                                                               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta E_A$    | elektrolytischer Spannungsabfall (en: electrolytic potential drop)                                                            |
| $\Delta E_{Me}$ | metallischer Spannungsabfall (en: metallic potential drop)                                                                    |
| $\mu$           | Ausnutzungsfaktor (en: utilization factor)                                                                                    |
| $A$             | freiliegende Oberfläche der Anode (en: anode exposed surface area)                                                            |
| $A_c$           | Gesamtoberfläche (en: total surface area)                                                                                     |
| $A_w$           | Querschnittsfläche der Rohrwand (en: cross-sectional area of the pipe wall)                                                   |
| $C$             | Querschnittsumfang der Anode (en: anode cross-sectional perimeter)                                                            |
| $D$             | Außendurchmesser der Rohrleitung (en: pipeline outer diameter)                                                                |
| $d$             | Wanddicke der Rohrleitung (en: pipeline wall thickness)                                                                       |
| $\Delta E$      | Steuerspannung (en: driving voltage)                                                                                          |
| $D_i$           | Innendurchmesser der Rohrleitung (en: pipeline internal diameter)                                                             |
| $E_0$           | Rohrleitungspotentialverlagerung im Elektrolyten an der Anode (en: pipe-to-electrolyte potential shift at anode)              |
| $E_a$           | Auslegungspotential des geschlossenen Stromkreises der Anode (en: design closed-circuit potential of the anode)               |
| $E_c$           | Auslegungsschutzpotential (en: design protection potential)                                                                   |
| $E_x$           | Rohrleitungspotentialverlagerung des Elektrolyten im Abstand $x$ (en: pipe-to-electrolyte potential shift at a distance $x$ ) |
| $f_c$           | Umhüllungsfaktor (en: coating breakdown factor)                                                                               |
| $f_{cf}$        | endgültiger Umhüllungsfaktor (en: final coating breakdown factor)                                                             |
| $I_0$           | Strom, der auf die Rohrleitung an der Anode überfließt (en: current flowing onto the pipe at anode)                           |
| $I_{af}$        | Stromabgabe der einzelnen Anode am Ende ihrer Gebrauchsdauer (en: individual current output at the end-of-life)               |
| $I_c$           | Strombedarf (en: current demand)                                                                                              |
| $i_c$           | Stromdichte (en: current density)                                                                                             |
| $I_{cf}$        | Strombedarf am Ende der Gebrauchsdauer (en: current demand at the end of life)                                                |
| $I_{cm}$        | mittlerer Strombedarf (en: mean current demand)                                                                               |
| $I_f$           | erforderliche Stromabgabe der einzelnen Anode am Ende ihrer Gebrauchsdauer (en: end-of-life individual anode current output)  |
| $I_x$           | Strom, der auf die Rohrleitung im Abstand $x$ überfließt (current flowing onto the pipe at a distance $x$ )                   |

|               |                                                                                                                               |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L$           | Länge der Anode (en: anode length)                                                                                            |
| $L_d$         | Abstand zwischen Anoden (en: distance between anodes)                                                                         |
| $L_m$         | Hälfte des Abstands zwischen den Minuskabelanschlüssen (en: half the distance between drain points)                           |
| $m$           | Nettomasse der Anode (en: net anode mass)                                                                                     |
| $m_a$         | individuelle Nettomasse der Anode (en: individual net anode mass)                                                             |
| $n$           | Anzahl der Anoden (en: number of anodes)                                                                                      |
| $r$           | Radius der Anode (en: anode radius)                                                                                           |
| $R_0$         | Rohrleitung/Elektrolyt-Isolationswiderstand (en: pipe-to-electrolyte insulation resistance)                                   |
| $R_a$         | Anodenwiderstand/gesamter spezifischer Leitungswiderstand (en: anode resistance /total circuit resistance)                    |
| $R_{af}$      | Anodenwiderstand am Ende der Gebrauchsdauer (en: anode resistance at end of life)                                             |
| $R_L$         | linearer elektrischer Widerstand des Rohrleitungsabschnitts (en: linear electrical resistance of the section of the pipeline) |
| $R_t$         | Querlaufwiderstand (en: transverse resistance)                                                                                |
| $S$           | arithmetischer Mittelwert der Länge und Breite der Anode (en: arithmetic mean of anode length and width)                      |
| $t_{dl}$      | Auslegungslebensdauer, angegeben in Jahren (en: design life, expressed in years)                                              |
| $\alpha$      | Dämpfungskonstante für die Rohrleitung (en: attenuation constant for the pipeline)                                            |
| $\varepsilon$ | elektrochemische Kapazität (en: electrochemical capacity)                                                                     |
| $\rho$        | umgebungsbezogener spezifischer Widerstand (en: environmental resistivity)                                                    |
| $\rho_{Me}$   | spezifischer Widerstand des Rohrleitungswerkstoffs (en: pipe material resistivity)                                            |

## 4.2 Abkürzungen

|      |                                                                                                             |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AC   | Wechselstrom (en: alternate current)                                                                        |
| CAT  | kaltverarbeitetes Band (en: cold-applied tape)                                                              |
| CE   | Kohlenstoffäquivalent (en: carbon equivalent)                                                               |
| CP   | kathodischer Korrosionsschutz (en: cathodic protection)                                                     |
| CRA  | korrosionsbeständige Legierung (en: corrosion-resistant alloy)                                              |
| CSE  | gesättigte Kupferelektrode (Cu/CuSO <sub>4</sub> ) [en: saturated copper electrode (Cu/CuSO <sub>4</sub> )] |
| DC   | Gleichstrom (en: direct current)                                                                            |
| EPDM | Ethylen-Propylen-Dien-Monomer (en: ethylene propylene diene monomer)                                        |
| FBE  | Epoxidpulver (en: fusion-bonded epoxy)                                                                      |
| HSS  | Schrumpfschlauch (en: heat-shrinkable sleeve)                                                               |
| ICCP | kathodischer Korrosionsschutz durch Fremdstrom (en: impressed current cathodic protection)                  |
| MIC  | mikrobiell induzierte Korrosion (en: microbially induced corrosion)                                         |
| PE   | Polyethylen (en: polyethylene)                                                                              |
| PP   | Polypropylen (en: polypropylene)                                                                            |
| PREN | Lochfraßindex (en: pitting resistance equivalent number)                                                    |
| PU   | Polyurethan (en: polyurethane)                                                                              |

|      |                                                                           |
|------|---------------------------------------------------------------------------|
| ROV  | ferngelenktes Fahrzeug (en: remotely-operated vehicle)                    |
| SCE  | gesättigte Kalomelelektrode (KCl) [en: saturated calomel electrode (KCl)] |
| SMYS | festgelegte Mindeststreckgrenze (en: specified minimum yield strength)    |
| SRB  | sulfatreduzierende Bakterien (en: sulphate reducing bacteria)             |
| TSA  | thermisch gespritztes Aluminium (en: thermally sprayed aluminium)         |
| 3LPE | Dreischicht-Polyethylen (en: three-layer polyethylene)                    |
| 3LPP | Dreischicht-Polypropylen (en: three-layer polypropylene)                  |

## 5 Allgemeines

### 5.1 Kompetenzsicherung

Das Personal, das mit der Planung, Beaufsichtigung der Installation, dem Bau, der Installationsüberwachung, Inbetriebnahme, Beaufsichtigung des Betriebs, Messungen, der Überwachung und Beaufsichtigung der Wartung von kathodischen Korrosionsschutzsystemen beauftragt ist, muss über das für die durchzuführenden Aufgaben angemessene Kompetenzniveau verfügen.

Die Befähigung des für den kathodischen Korrosionsschutz verantwortlichen Personals entsprechend dem für die durchzuführenden Aufgaben angemessenen Qualifikationsgrad sollte durch Zertifizierung entsprechend den Vorqualifikationsverfahren wie z. B. ISO 15257 oder jedem anderen gleichwertigen Verfahren nachgewiesen werden.

### 5.2 Konformität

Ein Qualitätsmanagementsystem und ein Umweltmanagementsystem sollten angewendet werden, um die Konformität mit den Anforderungen dieses Dokuments zu unterstützen.

ANMERKUNG ISO 29001 enthält branchenspezifische Leitlinien für Qualitätsmanagementsysteme, und ISO 14001 enthält Leitlinien für die Auswahl und Anwendung eines Umweltmanagementsystems.

## 6 Anforderungen an das kathodische Korrosionsschutzsystem

### 6.1 Allgemeines

Das CP-System muss so ausgelegt sein, dass es äußere Korrosion während der Lebensdauer der Rohrleitung verhindert und dass:

- es ausreichend Strom für die zu schützende Rohrleitung liefert und diesen Strom so verteilt, dass die ausgewählten Kriterien für den kathodischen Korrosionsschutz wirksam auf der gesamten Oberfläche erfüllt werden;
- es eine Auslegungslebensdauer des CP-Systems bietet, die der erforderlichen Lebensdauer der geschützten Rohrleitung entspricht, oder dass es regelmäßige Erneuerungen des Anodensystems vorsieht;
- voraussichtliche Änderungen der Stromanforderungen im Laufe der Zeit angemessen berücksichtigt werden;
- sichergestellt ist, dass die Anoden dort installiert werden, wo die Wahrscheinlichkeit von Störungen oder Beschädigung geringstmöglich ist;
- es geeignete Überwachungseinrichtungen zur Prüfung und Bewertung der Systemleistung bereitstellt.

Das CP-System muss unter gebührender Beachtung von Umweltbedingungen und benachbarten Anlagen konstruiert werden.

Die elektrische Isolierung von Offshore-Rohrleitungen, die durch galvanische Anoden geschützt sind, von anderen Rohrleitungen, Anlagen, Unterwassereinrichtungen oder Schwimmern, die durch Fremdstromsysteme geschützt sind, muss hinsichtlich nachteiliger Wechselwirkungen zwischen den beiden Systemen beurteilt werden. Es muss eine Beurteilung durchgeführt werden, um das kathodische Korrosionsschutzsystem dieser Einrichtungen zu identifizieren und die elektrische Verbindung mit der vorgeschlagenen Rohrleitung zu überprüfen, um sicherzustellen, dass keine nachteiligen Auswirkungen auf beiden Seiten aufgrund einer unzureichenden oder übermäßigen Polarisation auftreten. Offshore-Rohrleitungen müssen außerdem von anderen ungeschützten oder weniger geschützten Anlagen isoliert werden, die Strom aus dem CP-System der Rohrleitung ableiten können. Wenn aufgrund der Wechselwirkung zwischen Offshore-Rohrleitungen und anderen Anlagen Probleme durch Streustrom erwartet werden, kann in Betracht gezogen werden, den Stromdurchgang der Rohrleitungen zu den anderen Anlagen bereitzustellen.

Es muss verifiziert werden, dass CP-Systeme von benachbarten Rohrleitungen oder Anlagen untereinander insofern verträglich sind, dass die Stromableitung von einem System in ein benachbartes System die Leistung beider CP-Systeme nicht beeinträchtigt.

Die Auslegung des CP-Systems für die Rohrleitung muss das Installationsverfahren der Rohrleitung sowie die Arten der Rohrleitung und der Steigleitung und die beabsichtigten Verlegungs- und Stabilisierungsverfahren berücksichtigen. Eine Anleitung ist in Anhang F enthalten.

Das auf galvanischen Anoden basierende CP-System muss mithilfe des Berechnungsverfahrens in Anhang A für die Lebensdauer des Rohrleitungssystems ausgelegt werden.

Bei der Auslegung des CP-Systems muss dokumentiert werden, wie die Auswirkungen der Wassergeschwindigkeit und Erosionswirkungen (z. B. durch aufgeschwemmten Sand, Schlamm oder Eispartikel) berücksichtigt wurden.

Die Installation dauerhafter Prüfeinrichtungen sollte in Betracht gezogen werden, wobei auf spezifische Parameter zu achten ist, wie z. B. Rohrleitungslänge, Wassertiefe und Unterwasserzugang im Zusammenhang mit den Verlegungsbedingungen.

ISO 15589-1 sollte für den kathodischen Korrosionsschutz von kurzen Offshore-Rohrleitungen und deren Abzweigen verwendet werden, die direkt mit den kathodisch geschützten landverlegten Rohrleitungen verbunden sind.

## **6.2 Auswahl von CP-Systemen**

### **6.2.1 Allgemeines**

Der kathodische Korrosionsschutz muss entweder mit galvanischen Anoden oder mit einem Fremdstromsystem erreicht werden. Galvanische Anoden müssen entweder einzeln oder in Gruppen an die Rohrleitung angeschlossen werden.

Galvanische Anoden sind hinsichtlich der Stromabgabe in Bezug auf die Anode/Rohrleitung-Steuerspannung und den Elektrolytlösungswiderstand beschränkt. In der Regel sind Anoden direkt als Manschetten am Rohr angebracht. Außerdem können auch Anodenschlitten oder -lagen in gleichmäßigen Abständen entlang der Rohrleitung angebracht werden. In diesen Fällen muss eine Dämpfungsprüfung nach Anhang B durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Rohrleitung über die gesamte Länge geschützt wird.

Einige Rohrleitungen können durch Anoden geschützt werden, die sich an jedem Ende befinden. Diese Installationsart wird in der Regel bei Rohrleitungen zwischen Plattformen angewendet. Anoden für die Rohrleitung können an der Plattform befestigt werden, wenn die Rohrleitung elektrisch mit der Plattform verbunden ist. In diesem Fall muss eine Dämpfungsprüfung nach Anhang B durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Rohrleitung über die gesamte Länge geschützt wird.

Kriterien, die bei der Auswahl des zu verwendenden Systems zu berücksichtigen sind, werden in 6.2.2 behandelt.

### 6.2.2 Betrachtungen zur Systemauswahl

Die Auswahl des CP-Systems muss auf den folgenden Betrachtungen basieren:

- Größenordnung des erforderlichen Schutzstroms;
- spezifischer Widerstand des Meerwassers;
- Verfügbarkeit und Aufstellungsort von geeigneten Stromquellen für Fremdstromsysteme;
- Vorhandensein von Streuströmen, die wesentliche Potentialfluktuationen zwischen der Rohrleitung und dem Erdleiter hervorrufen, die die Verwendung von galvanischen Anoden verhindern können;
- Auswirkungen von durch CP hervorgerufenen Störströmen auf benachbarte Anlagen, welche die Verwendung von CP-Systemen mit Fremdstrom einschränken können;
- Beschränkungen des Platzangebots durch die Nähe von Fremdanlagen und damit zusammenhängende Bedenken hinsichtlich Bau und Wartung;
- Weiterentwicklung des Gebiets und alle voraussichtlichen zukünftigen Erweiterungen des Rohrleitungssystems;
- Installationskosten, Betriebskosten und Wartungskosten;
- Zuverlässigkeit des gesamten Systems;
- Unversehrtheit anderer Rohrleitungen und/oder Anlagen im selben Gebiet, die von Fremdstromsystemen beeinflusst werden können, solange keine entsprechenden Maßnahmen ergriffen werden, um diese Auswirkungen zu verhindern.

**ANMERKUNG** Fremdstromsysteme können für kurze Rohrleitungen bevorzugt werden, die an Plattformen enden, auf denen Fremdstromsysteme installiert sind oder wo ein Fremdstromsystem von Land aus betrieben wird. Fremdstromsysteme können auch bevorzugt als Nachrüstsysteme an Rohrleitungen mit galvanischen Anodenfehlern, übermäßigem Anodenverbrauch, einer Betriebsdauer über die ursprüngliche Auslegungslbensdauer hinaus oder übermäßigem Rückgang der Beschichtung verwendet werden. Fremdstrom kann auch für Wasser mit einem hohen spezifischen Widerstand das bevorzugte Verfahren sein.

### 6.3 Isolierstücke

Isolierstücke sollten an den folgenden Stellen in Erwägung gezogen werden:

- an Verbindungsstellen zu landverlegten Rohrleitungen oder landseitigen Aufnahmeeinrichtungen;
- an Verbindungsstellen zu Rohrleitungen, die unterschiedliche Schutzkriterien erfordern;
- zwischen kathodisch geschützten Rohrleitungen und ungeschützten Einrichtungen oder weniger geschützten Einrichtungen;
- zwischen Rohrleitungssystemen (oder Anlagen), die durch Fremdstrom und galvanische Anoden geschützt sind;
- bei Verbindungen zwischen Rohrleitungen und Zubehörteilen aus ungleichen Metallen (z. B. Pumpen und Armaturen).

Die elektrische Isolierung von Unterwasser-Rohrleitungen von Systemen zur elektrischen Erdung an Land ist für einen wirksamen kathodischen Schutz auf See und an Land wesentlich. Diese Isolierung muss durch elektrische Isolierstücke bereitgestellt werden.

Wenn ein kathodischer Korrosionsschutz der Offshore-Unterwasser-Rohrleitungen mithilfe galvanischer Anoden bereitgestellt ist, und landseitige Abschnitte der Rohrleitung entweder mit Fremdstrom oder galvanischen Anoden geschützt werden, ist eine elektrische Isolierung erforderlich, damit der landseitige Abschnitt der Leistungsbewertung nach ISO 15589-1 unterzogen werden kann. Dies erfordert die Messung der ohmschen Spannung von freien Rohr-/Bodenpotenzialen an der Rohrleitung. Da der Strom, der von galvanischen Offshore-Anoden zur landverlegten Rohrleitung fließt, nicht unterbrochen werden kann, ist es erforderlich, die landverlegte Rohrleitung von der Offshore-Rohrleitung elektrisch zu trennen. Dies dient dazu, eine angemessene Leistungsbewertung des CP-Systems der landverlegten Rohrleitung zu ermöglichen.

Diese Isolierung muss durch elektrische Isolierstücke bereitgestellt werden. Diese Isolierstücke befinden sich im besten Fall landungsseitig oder seeseitig von jeglichen Not-Absperrventilen. Sie sollten seeseitig von jeglichen elektrischen oder Steuerleitungsverbindungen zur landverlegten Rohrleitung angeordnet werden, um zu vermeiden, dass solche Verbindungen den CP-Stromkreis kurzschließen und dass die Wirksamkeit der Isolierstücke beeinträchtigt wird.

**ANMERKUNG 1** Wenn diese Anforderungen an Isolierstücke nicht eingehalten werden, besteht eine erhebliche Gefahr, dass die Wirksamkeit des kathodischen Schutzes stark beeinträchtigt und eine erheblich kostspielige Mängelbeseitigung erforderlich wird, um die Unversehrtheit der Rohrleitung zu erhalten.

Wenn Isolierstücke zum Einsatz kommen, müssen sie nach ISO 15589-1 ausgelegt und installiert werden, um eine langfristige Unversehrtheit sicherzustellen, und müssen so angeordnet werden, dass sie einen einfachen Zugang für Inspektions- und Wartungsarbeiten ermöglichen.

In ISO 15589-1 wird gefordert, für alle Anforderungen an die elektrische Isolierung möglichst Isolierkupplungen zu verwenden. Sofern diese Stücke/Kupplungen keinen ungeplanten Kräften ausgesetzt sind, haben sie sich als wesentlich zuverlässiger erwiesen als die Verwendung von Isolierdichtungen, Hülsen und Unterlegscheiben in einem herkömmlichen Flansch. Aufgrund des Einflusses des Versagens der Isolation auf die Unversehrtheit der Rohrleitung sollten an den Berührungsflächen zwischen Offshore-Rohrleitungen und landverlegten Rohrleitungen Isolierkupplungen verwendet werden.

**ANMERKUNG 2** NACE SP0286-2007 „Electrical Isolation of Cathodically Protected Pipelines“ enthält Informationen bezüglich der Auslegung und Anwendung von Isolierkupplungen.

## 7 Entwurfparameter

### 7.1 Allgemeines

Der Entwurf eines CP-Systems für die Rohrleitung muss basieren auf:

- ausführlichen Informationen über die zu schützende Rohrleitung, einschließlich Werkstoff, Länge, Wanddicke, Außendurchmesser, Rohr-Verlegeverfahren, Trasse, Verlegebedingungen auf dem Meeresboden, Temperaturprofil (Betrieb und Einschluss) über deren gesamte Länge, Typ und Dicke der Korrosionsschutzbeschichtung(en) der Rohre und Fittings, Verfügbarkeit, Art und Dicke von Wärmedämmung, mechanischem Schutz und/oder Betonummantelung;
- Umweltbedingungen, einschließlich täglicher und jahreszeitlich bedingter Änderungen, wie z. B. Salzgehalt des Meerwassers, Temperatur und spezifischer Widerstand, Gezeiten und spezifischer Widerstand des Meeresbodens über die gesamte Rohrleitungslänge;
- Eingrabungszustand (Umfang der Rückverfüllung nach dem Grabenaushub oder der natürlichen Eingrabung) und spezifischer Erdwiderstand;
- Auslegungslbensdauer des Systems;

- Informationen zu bestehenden Rohrleitungen in unmittelbarer Nähe zu der neuen Rohrleitung oder die die neue Rohrleitung kreuzen, einschließlich Ort, Eigentümer und angewendeten Verfahren zur Überwachung der Korrosion;
- Informationen zu bestehenden CP-Systemen (Plattformen, Landkennung, Unterwasseranlagen usw.) und elektrischer Isolierung von Rohrleitungen;
- Verfügbarkeit von elektrischem Strom, elektrischen Trenneinrichtungen, elektrischen Verbindungen;
- Konstruktionsdaten, Datum der Erstinbetriebnahme (erforderlich für heiße Leitungen);
- Vorhandensein von Fittings, J-Rohren, Steigleitungen, Klemmen, Y- und T-Zubehör und anderen Zubehörtteilen;
- Leistungsdaten von CP-Systemen in derselben Umgebung.

Wenn keine CP-Leistungsdaten für vergleichbare Umgebungen vorliegen (z. B. beim Umzug in tiefere Gewässerlagen), müssen Daten über die Eigenschaften des Meerwassers (gelöster Sauerstoff, Salzgehalt, pH-Wert, Meeresströmungen und Bewuchs) ermittelt werden, da diese die kathodische Polarisation und die Bildung von kalkhaltigen Ablagerungen beeinflussen können. In diesen Fällen müssen die erforderlichen Informationen aus Felduntersuchungen und/oder Korrosionsprüfdaten einschließlich Folgendem ermittelt werden:

- Schutzstromanforderungen zur Erfüllung der geltenden Kriterien;
- spezifischer elektrischer Widerstand des Elektrolyten, einschließlich jahreszeitenbedingter Änderungen, sofern maßgeblich;
- Erdverlegungstiefe des Rohrs (sofern erdverlegt) und Kennzeichnung der freiliegenden Spannlängen und Stellen;
- Wassertemperatur am Meeresboden;
- Sauerstoffkonzentration am Meeresboden;
- Wasserströmungsgeschwindigkeit am Meeresboden, einschließlich jahreszeitenbedingter Änderungen, sofern maßgeblich;
- Meeresbodentopographie.

Bei der Überprüfung der Erfahrungen mit dem Betrieb von bereits vorhandenen CP-Systemen sollte Folgendes berücksichtigt werden:

- elektrischer Durchgang;
- elektrische Isolierung;
- Unversehrtheit der Außenbeschichtung;
- Abweichung von den Spezifikationen;
- Wartungs- und Betriebsdaten.

Entwurfsverfahren für CP-Systeme, die auf galvanischen Anodensystemen basieren, müssen Anhang A entsprechen.

## 7.2 Schutzpotentiale

### 7.2.1 Potentialkriterien

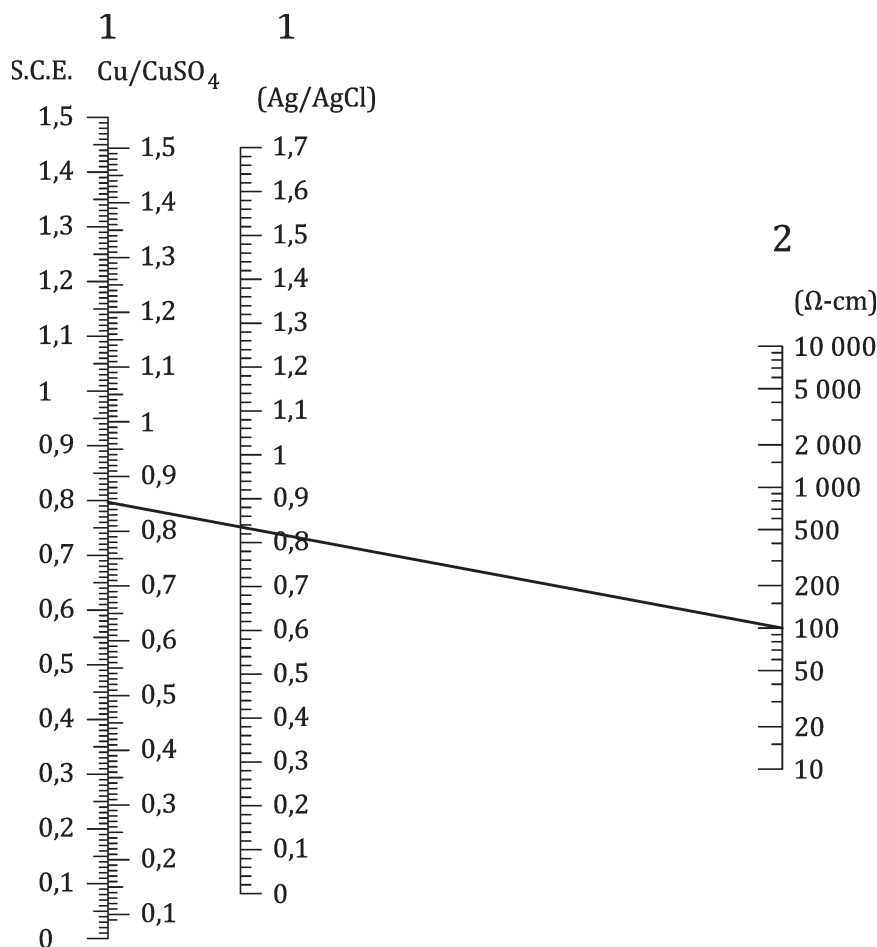
Um sicherzustellen, dass ein geeigneter CP für eine Rohrleitung erreicht wird, muss das gemessene Potential Tabelle 1 entsprechen.

**ANMERKUNG** Die Wirksamkeit des CP oder anderer Maßnahmen zum äußeren Korrosionsschutz kann durch direkte Messung des Rohrleitungspotentials bestätigt werden. Jedoch liefern beispielsweise auch durch Sichtprüfungen festgestellte fortschreitende Verschlechterungen der Beschichtung und/oder Korrosion Hinweise auf einen möglicherweise ungeeigneten Schutz. Von Tauchern oder internen Inspektionsvorrichtungen, wie z. B. intelligenten Molchen, durchgeführte physikalische Messungen, die einen Verlust der Rohrwanddicke ergeben, können ebenfalls Mängel des Korrosionsschutzgrades aufzeigen.

**Tabelle 1 — Potentialkriterien**

| Werkstoffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                        | Kleinstes negatives Potential<br>V | Größtes negatives Potential <sup>a</sup><br>V |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Kohlenstoffstähle</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                        |                                    |                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | in Meerwasser getaucht | -0,80                              | -1,10 <sup>b</sup>                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | erdverlegt             | -0,90 <sup>f</sup>                 | -1,10 <sup>b</sup>                            |
| <b>Austenitische nichtrostende Stähle<sup>g</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                        |                                    |                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | PREN ≥ 40 <sup>c</sup> | -0,30 <sup>d</sup>                 | -1,10                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | PREN < 40 <sup>c</sup> | -0,50 <sup>d</sup>                 | -1,10                                         |
| <b>Nichtrostende Duplex-Stähle</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                        | -0,50 <sup>d</sup>                 | e                                             |
| <b>Martensitische nichtrostende (13 % Cr) Stähle</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | -0,50 <sup>d</sup>                 | e                                             |
| Die Potentiale beziehen sich auf eine Silber/Silberchlorid-Bezugsselektrode (Ag/AgCl/Meerwasser), die einer SCE-Bezugsselektrode in Meerwasser mit 30 Ω · cm entspricht.                                                                                                                                                                                                          |                        |                                    |                                               |
| <sup>a</sup> Diese negativen Grenzwerte stellen auch einen geringfügigen Einfluss des CP auf die Beschichtungen der Rohrleitungen sicher.                                                                                                                                                                                                                                         |                        |                                    |                                               |
| <sup>b</sup> Sind Rohrleitungssysteme aus hochfestem Stahl (SMYS > 550 MPa) hergestellt, muss das negativste Potential ermittelt werden, das ertragen werden kann, ohne dass Wasserstoffversprödung auftritt.                                                                                                                                                                     |                        |                                    |                                               |
| <sup>c</sup> $F_{PREN} = w_{Cr} + 3,3(w_{Mo} + 0,5w_W) + 16w_N$ , dabei ist $F_{PREN}$ der Lochfraßindex (PREN); $w_{Cr}$ , $w_{Mo}$ , $w_W$ und $w_N$ sind die Massenanteile von Cr, Mo, W beziehungsweise N im nichtrostenden Stahl, angegeben in Prozent.                                                                                                                      |                        |                                    |                                               |
| <sup>d</sup> Bei nichtrostenden Stählen gelten die kleinsten negativen Potentiale für aerobe und anaerobe Bedingungen.                                                                                                                                                                                                                                                            |                        |                                    |                                               |
| <sup>e</sup> Je nach Festigkeit, spezifischen metallurgischen Bedingungen und Spannungsniveau während des Betriebs können diese Legierungen für Wasserstoffversprödung und Rissbildung anfällig sein. Wenn ein Risiko der Wasserstoffversprödung besteht, dann sollten negativere Potentiale als -0,8 V vermieden werden. Siehe auch 7.2.2.                                       |                        |                                    |                                               |
| <sup>f</sup> Dies umfasst die Möglichkeit der Aktivität von sulfatreduzierenden Bakterien und/oder einer hohen Rohrleitungstemperatur ( $T > 60\text{ °C}$ ).                                                                                                                                                                                                                     |                        |                                    |                                               |
| <sup>g</sup> Wenn eine metallurgische Struktur nicht vollständig austenitisch ist, können diese nichtrostenden Stähle für wasserstoffinduzierte Spannungsrissbildung (HISC) anfällig sein, und Potentiale negativer als -0,9 V werden als hoch angesehen und sollten vermieden werden, sofern nicht durch Prüfungen nachgewiesen wurde, dass ein anderer Grenzwert anwendbar ist. |                        |                                    |                                               |

Das Potential der Ag/AgCl-Bezugsselektrode in Meerwasser hängt von der Konzentration der Chloridionen im Elektrolyten ab und demzufolge vom spezifischen Widerstand des Meerwassers. Wenn bekannt ist, dass die Chloridkonzentration und damit der spezifische Widerstand deutlich von denen in gewöhnlichem Meerwasser abweichen (gewöhnlich 3,5 % beziehungsweise 30 Ω · cm), müssen die Schutzpotentialkriterien nach Bild 1 angepasst werden.



#### Legende

- 1 Potential, als negativer Wert, in Volt
- 2 spezifischer Widerstand, in  $\Omega \cdot \text{cm}$

**Bild 1 — Nomogramm für die Korrektur von Potentialablesewerten, die mit der Ag/AgCl-Elektrode in Meerwasser in Gewässern mit veränderlichem spezifischem Widerstand erreicht wurden, gegen SCE- und Cu/CuSO<sub>4</sub> (sat)-Bezugselektroden [17]**

**BEISPIEL** Wenn an der Messstelle des Rohrleitungspotentials Brackwasser mit einem spezifischen Widerstand von 100  $\Omega \cdot \text{cm}$  vorhanden ist, beträgt das kleinste negative Potential für die effektive Korrosionsschutzelektrode  $-0,84 \text{ V}$  und nicht  $-0,80 \text{ V}$ , wie in Tabelle 1 angegeben, mit Bezug auf die Ag/AgCl-Bezugselektrode in Meerwasser.

SCE-Bezugselektroden werden aufgrund ihres Hg-Gehalts selten verwendet. Cu/CuSO<sub>4</sub>-Elektroden sollten nicht in Meerwasser verwendet werden, da das Potential durch die Verunreinigung mit Chloriden verlagert wird.

In D.4.2 sind alternative Bezugselektroden für spezifische Bedingungen angegeben.

#### 7.2.2 Beurteilung der HISC

HISC ist eine nicht duktile Versagensart, die durch das Zusammenwirken von Spannungen, dem vom kathodischen Korrosionsschutzsystem erzeugten Wasserstoff und einem anfälligen Werkstoff hervorgerufen wird. Eine spezielle Bewertung muss durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass das HISC-Risiko auf ein Mindestmaß verringert wird. Es müssen alle Lastenbeiträge einbezogen werden, die Spannung und Dehnung hervorrufen.