

# DIN EN ISO 24656:2022-09 (D)

## Kathodischer Korrosionsschutz von Offshore-Windparkbauwerken (ISO 24656:2022); Deutsche Fassung EN ISO 24656:2022

---

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	6
Vorwort.....	7
Einleitung.....	8
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen.....	9
3 Begriffe.....	9
4 Symbole und Abkürzungen.....	15
4.1 Symbole.....	15
4.2 Abkürzungen.....	16
5 Qualifikation des Personals.....	18
6 Bautechnische Betrachtungen.....	18
6.1 Zu schützende Bauwerke.....	18
6.2 Werkstoffe.....	20
6.3 Korrosionsschutzstrategie.....	20
7 Kriterien für den kathodischen Korrosionsschutz.....	25
7.1 Vorübergehender Schutz.....	25
7.2 Stahlkonstruktionen.....	26
7.3 Stahlbetonbauwerke.....	28
8 Planung des kathodischen Korrosionsschutzes.....	28
8.1 Ziele.....	28
8.2 Betrachtungen zur Auslegung.....	28
8.2.1 Allgemeines.....	28
8.2.2 Äußerer kathodischer Korrosionsschutz.....	29
8.2.3 Innerer kathodischer Korrosionsschutz.....	30
8.3 CP-Entwurfslebensdauer.....	31
8.4 Betrachtungen zur Oberfläche.....	31
8.4.1 Allgemeines.....	31
8.4.2 Unterteilung des Bauwerks.....	32
8.5 Umgebungsfaktoren.....	32
8.5.1 Allgemeines.....	32
8.5.2 Fließgeschwindigkeit des Meerwassers.....	33
8.5.3 Spezifischer Widerstand von Elektrolyten.....	33
8.5.4 Temperatur des Meerwassers.....	34
8.5.5 Kalkhaltige Ablagerungen.....	34
8.6 Schutzstrombedarf.....	34
8.6.1 Allgemeines.....	34
8.6.2 Berechnung des Strombedarfs, äußere Oberflächen.....	35
8.6.3 Berechnung des Strombedarfs, innere Oberflächen.....	38
8.7 Stromdurchgang und elektrisch leitende Verbindungen.....	38
8.8 Stromableitung und Wechselwirkungen.....	39
8.9 Betrachtungen zur Montage während der Planung.....	39
9 Systeme mit galvanischen Anoden.....	40

9.1	Allgemeines.....	40
9.2	Verfügbarkeit des Anodenstroms.....	41
9.3	Legierungen für galvanische Anoden.....	41
9.4	Auswahl der Anode.....	42
9.5	Anforderungen an Anoden.....	43
9.6	Verteilung der Anoden.....	44
10	Fremdstromsysteme.....	46
10.1	Allgemeines.....	46
10.2	Betrachtungen zur Auslegung.....	47
10.2.1	Allgemeines.....	47
10.2.2	Belastbarkeit von Fremdstrom-CP-Systemen durch die Auslegung.....	47
10.2.3	Strombedarf von Fremdstrom-CP-Systemen.....	48
10.2.4	Bauteile von Fremdstrom-CP-Systemen.....	48
10.2.5	Gleichstromquelle.....	49
10.2.6	Fremdstromanoden.....	50
10.2.7	Bezugselektroden.....	52
10.2.8	Dielektrische Schutzschilde.....	52
10.3	Montage von Fremdstrom-CP-Systemen.....	53
10.4	Hybridsysteme und temporäre Stromversorgung für Fremdstromsysteme.....	54
10.5	Elektrisch leitende Verbindungen.....	54
11	Kabelsysteme.....	55
11.1	Allgemeines.....	55
11.2	Gleichstromkabel für kathodischen Korrosionsschutz.....	55
11.3	Inter-Array- und AC-Exportkabel.....	57
12	Inbetriebnahme und Begutachtungen.....	59
12.1	Ziele.....	59
12.2	Systeme mit galvanischen Anoden.....	60
12.2.1	Allgemeines.....	60
12.2.2	Detaillierte äußere Untersuchungen.....	61
12.2.3	Detaillierte innere Untersuchungen.....	61
12.3	Dauerhafte CP-Überwachungssysteme.....	61
12.4	Fremdstromsysteme.....	61
13	Untersuchung und Überwachung des CP.....	63
13.1	Ziele.....	63
13.2	Allgemeine Betrachtungen.....	63
13.3	Bezugselektroden.....	66
13.4	Häufigkeit von Untersuchungen und Überwachung.....	66
14	Nachrüstung kathodischer Korrosionsschutzsysteme.....	67
14.1	Allgemeine Betrachtungen.....	67
14.2	Untersuchung vor einer Nachrüstung.....	67
14.3	Nachrüstung bei unzureichendem Schutz.....	68
14.4	Nachrüstung zur Verlängerung der Lebensdauer des Bauwerks.....	69
14.5	Alle Nachrüstungen.....	69
14.6	Betrachtungen zur Ausrüstung.....	71
15	Dokumentation.....	71
15.1	Allgemeines.....	71
15.2	Entwurfsbericht.....	72
15.2.1	Allgemeines.....	72
15.3	Anforderungen an die Festlegung der Werkstoffe.....	75
15.3.1	Allgemeines.....	75
15.3.2	Galvanische Anoden.....	75
15.3.3	Werkstoffe für Fremdstrom-CP.....	76
15.4	Zeichnungen und Spezifikationen bezüglich der Montage.....	79
15.5	Anforderungen an den Bestandsbericht über die Montage und Inbetriebnahme.....	80
15.6	Anforderungen an Betrieb und Instandhaltung.....	80

16	Sicherheit und kathodischer Korrosionsschutz.....	81
16.1	Ziele .....	81
16.2	Physische Hindernisse.....	81
16.3	Schutz vor elektrischem Schlag .....	82
16.4	Entwicklung von Gasen.....	82
16.4.1	Entwicklung von Wasserstoff.....	82
16.4.2	Entwicklung von Chlorgas .....	82
Anhang A (informativ) Umwelt-Checkliste .....		83
Anhang B (normativ) Verfahren zur Nutzung meteorologisch-ozeanographischer Daten für die Berechnung der beaufschlagten Fließgeschwindigkeit des Meerwassers .....		85
B.1	Abkürzungen .....	85
B.2	Einleitung.....	86
B.3	Meteorologisch-ozeanographische Bedingungen.....	87
B.4	Häufig benetzte Zone.....	89
B.5	Fließgeschwindigkeit des Meerwassers .....	91
B.5.1	Allgemeines.....	91
B.5.2	Strömungsgeschwindigkeit.....	91
B.6	Wellenbewegung .....	93
B.7	Durch das Bauwerk erzeugte Strömungsverstärkung und Verwirbelung .....	95
B.8	Analyse des Auflaufs einzelner Wellen (IWR).....	97
B.9	Unregelmäßiges Wellenorbitalgeschwindigkeitsprofil.....	98
B.10	Daten, die CP-Planern von Fachleuten für Meteorologie und Ozeanographie zur Verfügung gestellt werden .....	98
Anhang C (informativ) Leitlinie zum Stromdichtebedarf für den kathodischen Korrosionsschutz von Offshore-Windparkbauwerken .....		99
C.1	Allgemeines.....	99
C.2	Orientierungswerte zur Auslegung von CP-Stromdichten zum Schutz von blankem Stahl in äußeren Unterwasserzonen und häufig benetzten Zonen.....	100
C.3	Orientierungswerte zur Auslegung von CP-Stromdichten zum Schutz von blankem Stahl in inneren Unterwasserzonen.....	102
C.4	Orientierungswerte zur Auslegung von Stromdichten zum Schutz von blankem Stahl im Meeresboden (Umgebungstemperatur) .....	106
C.5	Orientierungswerte zur Auslegung von Stromdichten (mA/m <sup>2</sup> Oberfläche der Bewehrung) zum Schutz von Bewehrungsstahl in Schwerkraftfundamenten.....	107
Anhang D (informativ) Beschichtungen und Beschichtungsreduktion für die CP-Auslegung.....		109
D.1	Allgemeines: Beschichtungssysteme .....	109
D.2	Beschichtungsreduktion .....	111
Anhang E (normativ) Berechnung des Widerstands und der Lebensdauer von Anoden .....		114
E.1	Gleichungen für den Anodenwiderstand.....	114
E.1.1	Lange schlanke Anoden, die mindestens 0,3 m von der Stahloberfläche des Bauwerks entfernt montiert sind .....	114
E.1.2	Kurze schlanke Anoden, die mindestens 0,3 m von der Stahloberfläche des Bauwerks entfernt montiert sind .....	114
E.1.3	Lange bündig mit der Stahloberfläche des Bauwerks montierte Anoden mit einer Länge ≥ 4 × Breite und einer Länge ≥ 4 × Dicke .....	115
E.1.4	Kurze bündig mit der Oberfläche des Bauwerks montierte Platten- oder Manschettenanoden .....	115
E.1.5	Kreisförmige Platte (aus 43) .....	116
E.1.6	Maße am Ende der Lebensdauer von langen schlanken Abstandsanoden und langen bündig montierten Anoden .....	116
E.1.7	Maße am Ende der Lebensdauer von langen bündig montierten Anoden .....	117
E.1.8	Maße am Ende der Lebensdauer von kurzen bündig montierten Anoden oder Manschettenanoden .....	117
E.1.9	Auswirkungen von eng beieinander liegenden Anodenarrays .....	118
E.2	Spezifischer Widerstand des Elektrolyts.....	118

E.3	Stromabgabe von Anoden.....	120
E.4	Lebensdauer der Anode .....	120
E.5	Anforderung an die Mindestnettomasse .....	121
<b>Anhang F (normativ) Berechnung des Spannungsabfalls von Verbindungskabeln .....</b>		<b>122</b>
F.1	Allgemeines.....	122
F.2	Auswirkung der Temperatur auf den spezifischen Widerstand des Leiters .....	123
F.3	Beispiel .....	124
<b>Anhang G (normativ) Typische elektrochemische Eigenschaften von häufig verwendeten Fremdstromanoden.....</b>		<b>125</b>
<b>Anhang H (informativ) Entwurfsverfahren des dauerhaften Überwachungssystems .....</b>		<b>127</b>
H.1	Allgemeine Anforderungen.....	127
H.2	Bezugselektroden .....	127
H.3	Überwachte galvanische Anoden .....	128
H.4	Verfahren zur Überwachung von Korrosion mit ER-Sensorverfahren .....	128
H.5	Kabelkanalsysteme und Kabel.....	128
H.6	Anschlusskästen .....	129
H.7	Datenübertragungssystem(e): mit Kabel- oder akustischer Verbindung .....	129
H.8	Potentialmessungen.....	129
H.9	Lage der Bezugselektroden.....	129
H.10	Arten von Bezugselektroden .....	130
H.11	Mechanische Unversehrtheit.....	130
<b>Anhang I (informativ) Modellierung des kathodischen Korrosionsschutzes .....</b>		<b>131</b>
I.1	Einleitung.....	131
I.2	Anforderungen vor der Modellierung .....	133
I.3	Modellspezifikation.....	134
<b>Literaturhinweise .....</b>		<b>135</b>