

DIN EN ISO 12696

ICS 77.060; 91.080.40

Ersatz für
DIN EN 12696:2000-06**Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton (ISO 12696:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 12696:2012**Cathodic protection of steel in concrete (ISO 12696:2012);
German version EN ISO 12696:2012Protection cathodique de l'acier dans le béton (ISO 12696:2012);
Version allemande EN ISO 12696:2012

Gesamtumfang 62 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN
Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 12696:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz“, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, erarbeitet und vom ISO/TC 156 „Corrosion of metals and alloys“, dessen Sekretariat vom SAC (Volksrepublik China) gehalten wird, im Rahmen der Wiener Vereinbarung übernommen.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-71 AA „Korrosion und Korrosionsschutz“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

IEC 60529	siehe DIN EN 60529
IEC 61140	siehe DIN EN 61140
IEC 61558-1	siehe DIN EN 61558-1
IEC 61558-2-1	siehe DIN EN 61558-2-1
IEC 61558-2-2	siehe DIN EN 61558-2-2
IEC 61558-2-4	siehe DIN EN 61558-2-4
IEC 61558-2-13	siehe DIN EN 61558-2-13
IEC 61558-2-16	siehe DIN EN IEC 61558-2-16
ISO 8044	siehe DIN EN ISO 8044

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12696:2000-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anwendungsbereich erweitert;
- b) redaktionelle Änderungen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12696: 2000-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60529, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN 61140, *Schutz gegen elektrischen Schlag — Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel*

DIN EN 61558-1, *Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten, Drosseln und dergleichen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen*

DIN EN 61558-2-1, *Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten, Drosseln und dergleichen — Teil 2-1: Besondere Anforderungen und Prüfungen an Netztransformatoren und Netzgeräten, die Netztransformatoren enthalten, für allgemeine Anwendungen*

DIN EN 61558-2-2, *Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten, Drosseln und dergleichen — Teil 2-2: Besondere Anforderungen und Prüfungen an Steuertransformatoren und Netzgeräten, die Steuertransformatoren enthalten*

DIN EN 61558-2-4, *Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten und dergleichen — Teil 2-4: Besondere Anforderungen an Trenntransformatoren für allgemeine Anwendungen*

DIN EN 61558-2-13, *Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten und dergleichen — Teil 2-13: Besondere Anforderungen an Spartransformatoren für allgemeine Anwendungen*

DIN EN 61558-2-16, *Sicherheit von Transformatoren, Drosseln, Netzgeräten und dergleichen für Versorgungsspannungen bis 1100 V — Teil 2-16: Besondere Anforderungen und Prüfungen an Schaltnetzteilen (SMPS) und Transformatoren für Schaltnetzteile*

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

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton (ISO 12696:2012)

Cathodic protection of steel in concrete (ISO 12696:2012)

Protection cathodique de l'acier dans le béton (ISO 12696:2012)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 31. Januar 2012 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Allgemeines	8
4.1 Qualitätsmanagementsysteme	8
4.2 Personal	9
4.3 Konstruktion.....	9
5 Beurteilung des Bauwerks und Instandsetzung	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Aufzeichnungen	10
5.3 Sichtprüfung und Begutachtung von Abplatzungen	10
5.4 Chloridanalyse	10
5.5 Karbonatisierungstiefe.....	10
5.6 Betonüberdeckung und Lage der Bewehrung.....	10
5.7 Elektrischer Stromdurchgang der Bewehrung	10
5.8 Stahl/Beton-Potential	11
5.9 Spezifischer elektrischer Widerstand des Betons	11
5.10 Instandsetzung.....	11
5.10.1 Allgemeines	11
5.10.2 Entfernen des Betons	12
5.10.3 Vorbereitung der Bewehrung	12
5.10.4 Wiederherstellung der Betonoberfläche	12
5.11 Zementartige Überdeckung	13
5.12 Neue Bauwerke	13
6 Komponenten des kathodischen Korrosionsschutzsystems	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Anodensysteme	14
6.2.1 Anodensysteme mit leitfähiger Beschichtung	15
6.2.2 Aktivierte Titananodensysteme.....	16
6.2.3 Anoden aus Titandioxid-Keramik.....	17
6.2.4 Leitfähige zementartige Anoden	17
6.2.5 Eingebettete galvanische Anoden	17
6.2.6 Auf der Oberfläche montierte galvanische Anoden	18
6.2.7 Erdverlegte und unter Wasser befindliche Anoden	18
6.3 Überwachungssensoren	20
6.3.1 Allgemeines	20
6.3.2 Ortsveränderliche Bezugselektroden	20
6.3.3 Andere Sensoren	21
6.4 Kontrollmessgeräte	22
6.4.1 Allgemeines	22
6.4.2 Digitale Messgeräte	22
6.4.3 Datenerfassungsgeräte	22
6.5 Datenverwaltungssystem	23
6.6 Gleichspannungskabel/-leitungen	24
6.7 Anschlusskästen	25
6.8 Stromversorgungen.....	25
6.9 Transformator-Gleichrichter	25
7 Installationsverfahren	27
7.1 Elektrischer Stromdurchgang	27
7.2 System zur Leistungsüberwachung	28

7.3	Anschlüsse zum Stahl im Beton	28
7.4	Instandsetzungsarbeiten am Beton im Zusammenhang mit Komponenten des kathodischen Schutzsystems	29
7.5	Oberflächenvorbereitung zur Anodeninstallation	29
7.6	Anodeneinbau	29
7.7	Anschlüsse zum Anodensystem	29
7.8	Anodenüberdeckung, oberflächenabdichtende oder dekorative Beschichtung	30
7.9	Elektroinstallation	30
7.10	Prüfungen während der Installation	31
8	Inbetriebnahme	32
8.1	Sichtprüfung	32
8.2	Messungen vor der Stromeinspeisung	32
8.3	Anfängliche Stromeinspeisung von Fremdstromsystemen	32
8.4	Anfängliche Einregelung von Fremdstromsystemen	33
8.5	Anfängliche Leistungsbeurteilung	33
8.6	Schutzkriterien: Auswertung der Daten der Leistungsbeurteilung	34
8.7	Anpassung des Schutzstroms für Fremdstromsysteme	36
9	Systemaufzeichnungen und Dokumentation	36
9.1	Aufzeichnungen zu Qualität und Prüfungen	36
9.2	Bericht über Einbau und Inbetriebnahme	36
9.3	Bedienungs- und Wartungshandbuch	37
10	Betrieb und Wartung	37
10.1	Intervalle und Verfahren	37
10.2	Systemprüfung	38
10.3	Systemprüfbericht	39
Anhang A (informativ) Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes und dessen Anwendung auf Stahl in Beton		40
A.1	Allgemeines	40
A.2	Schutzkriterien	41
A.3	Erforderliche Stromdichte für „kathodische Vorbeugung“ und „kathodischen Schutz“	45
A.4	Kathodischer Schutz für Stahl in erdverlegten oder unter Wasser befindlichen Betonbauwerken	45
A.5	Spannstahl und das Risiko der Wasserstoffversprödung	45
A.6	Alkali-Kieselsäure-Reaktion	46
A.7	Elektrodentabelle	46
Anhang B (informativ) Entwurfsprozess		47
B.1	Konzeptionelle Entwicklung	47
B.2	Typ und Bemessung des Anodensystems	47
B.3	Kathodische Korrosionsschutzbereiche	48
B.4	Stromversorgung	49
B.5	Konstruktionstechnische Probleme bei erdverlegten und unter Wasser befindlichen Betonbauwerken	49
B.6	Bewehrungsanschlüsse	49
B.7	Verkabelung	50
B.8	Transformator-Gleichrichter/Gleichspannungsversorgung für Fremdstromsysteme	50
B.9	Überwachung	50
B.10	Dokumentation	50
Anhang C (informativ) Anmerkungen zu Anodensystemen		51
C.1	Leitfähige Beschichtungen für in Luft ausgesetzten Beton	51
C.1.1	Organische Beschichtungen	51
C.1.2	Metallische Beschichtungen	51
C.2	Aktiviertes Titan	52
C.3	Weitere Anodensysteme für der Luft ausgesetztem Beton	53
C.3.1	Leitfähige bituminöse Überdeckungen	53
C.3.2	Leitfähige zementartige Materialien	53

C.3.3	Leitfähige Keramik.....	53
C.4	Galvanische Anoden	53
C.4.1	Anode für das Einbetten in Instandsetzungsbereichen	53
C.4.2	Thermisch gespritzte Metalle	53
C.4.3	Zink-Haftfolie	53
C.4.4	Zinknetz in der Ummantelung	54
C.4.5	Separate Anoden	54
C.5	Anoden für unter Wasser befindliche Betonbauwerke.....	54
C.5.1	Galvanische Anoden	54
C.5.2	Fremdstromanoden	54
C.6	Anoden für in Böden befindliche Betonbauwerke	55
C.6.1	Galvanische Anoden	55
C.6.2	Fremdstromanoden	55
	Literaturhinweise	57

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 12696:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 219 „Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton“, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 156 „Cathodic protection of steel in concrete“ erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 12696:2000.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Diese Internationale Norm gilt für den kathodischen Korrosionsschutz von Stahl in Beton(bauwerken), welche der Luft ausgesetzt sind, für erdverlegte Bauwerke sowie für Bauwerke unter Wasser.

Da als Schutzkriterien für erdverlegte oder unter Wasser verbauten Stahlbeton diejenigen anwendbar sind, welche auch bei kathodischem Korrosionsschutz von Stahl in der Luft ausgesetztem Beton angewendet werden können, beinhaltet diese Überarbeitung der EN 12696:2000 auch den kathodischen Korrosionsschutz von Stahl in erdverlegte und unter Wasser verbaute Beton. Die Bereitstellung des kathodischen Schutzstromes für Stahl in erdverlegte oder unter Wasser befindlichen Betonbauwerken kann oftmals weitaus ökonomischer über erdverlegte oder unter Wasser verbaute Anodensysteme, die ausführlich in Internationalen Normen für den Schutz von erdverlegten und unter Wasser befindlichen Stahltragwerken beschrieben sind, erfolgen, als mit Anodensystemen, die für Anwendungen auf Stahl in der Luft ausgesetztem Beton geeignet sind. Deshalb wird in diesem Zusammenhang auf andere Internationale Normen verwiesen, während die Leistungskriterien für den kathodischen Korrosionsschutz für Stahl in Beton in dieser Internationalen Norm für alle Anwendungsmöglichkeiten festgelegt sind.

Es gibt weitere elektrochemische Behandlungsverfahren, die die Bekämpfung der Korrosion von Stahl in Beton ermöglichen. Diese Techniken umfassen Realkalisierung und Chloridextraktion und sind nicht in dieser Internationalen Norm enthalten. CEN/TS 14038-1:2004 [7] und CEN/TS 14038-2:2011 [27] sind veröffentlicht worden.

Der kathodische Korrosionsschutz von Stahl in Beton ist eine Verfahrensweise, die sich bei zweckentsprechenden Anwendungen als kosteneffektiver Langzeit-Korrosionsschutz für Stahl in Beton erwiesen hat. Der kathodische Korrosionsschutz ist eine Verfahrensweise, die besondere Berechnungsgrundlagen und die Festlegung von Installations- oder Einbauverfahren erfordert, um erfolgreich realisiert zu werden. Die vorliegende Internationale Norm ist keine Ausführungsnorm (Designcode) für den kathodischen Korrosionsschutz von Stahl in Beton, sondern eine Leistungsnorm, für deren Erfüllung vorausgesetzt wird, dass ein ausführlicher Entwurf sowie Spezifikationen für Werkstoff-/Material, Einbau, Inbetriebnahme und Anlagenbetrieb erarbeitet werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Leistungsanforderungen an den kathodischen Korrosionsschutz von Stahl in Beton (auf Zementbasis) sowohl in neuen als auch bestehenden Bauwerken fest. Sie umfasst die der Luft ausgesetzten Teile von Gebäuden und Tiefbauwerken, einschließlich in Beton eingebetteter nicht vorgespannter und vorgespannter Bewehrung. Sie ist anwendbar auf unbeschichteten und auf organisch beschichteten Bewehrungsstahl.

Diese Internationale Norm ist anwendbar auf Stahl, der in Teile von Gebäuden oder in Bauwerke eingebettet ist, die der Luft ausgesetzt, erdverlegt oder unter Wasser befindlich oder durch Gezeiten beeinflusst sind.

ANMERKUNG 1 Anhang A gibt eine Übersicht über die Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes und dessen Anwendung auf Stahl in Beton.

ANMERKUNG 2 Diese Internationale Norm, die zwar nicht speziell für den kathodischen Schutz von Stahl in irgendeinem Elektrolyten, ausgenommen Beton, vorgesehen ist, kann für den kathodischen Schutz von Stahl in anderen zementartigen Materialien, wie sie beispielsweise bei in Stahlrahmen eingesetztem Mauerwerk, Bausteinen und mit Terracotta verkleideten Bauwerken aus dem frühen 20. Jahrhundert zu finden sind, angewendet werden. Bei derartigen Anwendungen sind zusätzliche Überlegungen für diese Bauwerke hinsichtlich Ausführung, Materialien und Einbau des kathodischen Schutzes erforderlich; die Anforderungen der vorliegenden Internationalen Norm können jedoch für diese Bauwerke angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 8044, *Corrosion of metals and alloys — Basic terms and definitions*

ISO 13174, *Cathodic protection for harbour installations*

EN 1504 (alle Teile), *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken*

EN 12954, *Kathodischer Korrosionsschutz von metallischen Anlagen in Böden und Wässern — Grundlagen und Anwendung für Rohrleitungen*

EN 14629, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Prüfverfahren — Bestimmung des Chloridgehaltes in Festbeton*

EN 14630, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Prüfverfahren — Bestimmung der Karbonatisierungstiefe im Festbeton mit der Phenolphthalein-Prüfung*

EN 15257, *Kathodischer Korrosionsschutz — Qualifikationsgrade und Zertifizierung von für den kathodischen Korrosionsschutz geschultem Personal*

IEC 60502-1, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) to 30 kV ($U_m = 36$ kV) — Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 61140, *Protection against electric shock — Common aspects for installation and equipment*

IEC 61558-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products — Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products — Part 2-1: Particular requirements and tests for separating transformers and power supplies incorporating separating transformers for general applications*

IEC 61558-2-2, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products — Part 2-2: Particular requirements and tests for control transformers and power supplies incorporating control transformers*

IEC 61558-2-4, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V — Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers*

IEC 61558-2-13, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V — Part 2-13: Particular requirements and tests for auto transformers and power supply units incorporating auto transformers*

IEC 61558-2-16, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for voltages up to 1 100 V — Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units*

IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 8044 und EN 1504 und die folgenden Begriffe.

3.1

Zone

Bereich des kathodischen Korrosionsschutzsystems

ANMERKUNG Anodensysteme können in einzelne Zonen unterteilt werden, um den Strom für ein voll durchgängiges Bewehrungsstahlgitter bereitzustellen. Alternativ kann ein einzelner Anodenbereich den Strom für separate, elektrisch getrennte Zonen innerhalb des Bewehrungssystems liefern. Einzelne Anodenbereiche für Bewehrungsabschnitte oder Abschnitte, welche sich aus unterschiedlichen Expositionen ergeben, können in Zonen zusammengefasst werden. Da die Stromversorgung in jeder dieser Zonen separat gemessen werden kann, werden alle im Allgemein als „kathodische Schutzzonen“ und speziell als „Anodenbereiche“ oder „Kathodenbereiche“ bezeichnet.

3.2

Feuchthaltemittel

(en: humectant)

hygroskopisches Material, z. B. ein Stoff, der die Speicherung von Feuchtigkeit unterstützt

ANMERKUNG Es kann auf die Oberfläche einer galvanischen Anode aufgetragen werden, um die Berührungsfläche zwischen Beton und Anode feucht zu halten.

4 Allgemeines

4.1 Qualitätsmanagementsysteme

Die Konstruktion, der Einbau, die Stromversorgung, die Inbetriebnahme und der Langzeitbetrieb aller Teile des kathodischen Korrosionsschutzsystems für Stahl in Beton müssen umfassend dokumentiert werden.

ANMERKUNG ISO 9000 stellt eine passende Norm für Qualitätsmanagementsysteme dar, die genutzt werden kann.

Jeder Teil der Arbeit muss in Übereinstimmung mit einem umfassend dokumentierten Qualitätssicherungsplan ausgeführt werden.

Jedes Stadium des Entwurfs muss überprüft werden, und die Überprüfung muss dokumentiert sein.

Jedes Stadium des Einbaus, der Stromversorgung, der Inbetriebnahme und des Betriebs muss einer geeigneten visuellen, mechanischen und/oder elektrischen Prüfung unterzogen werden, und alle Prüfungen sind zu dokumentieren.

Alle Prüfgeräte müssen über gültige Kalibrierzertifikate verfügen, die auf Nationale oder Europäische Normen für Kalibrierung zurückzuführen sind.

Die Dokumentation muss Teil der fortlaufenden Aufzeichnungen der Arbeiten sein.

4.2 Personal

Jeder Aspekt der Konstruktion des kathodischen Korrosionsschutzsystems, des Einbaus, der Prüfung des Einbaus, der Stromversorgung, der Inbetriebnahme und der langzeitigen Betriebsüberwachung muss unter der Aufsicht von Personal mit entsprechenden Qualifikationen, Ausbildung, Fachkompetenz und Erfahrung auf dem Gebiet des Teils der Arbeit, für den sie verantwortlich sind, stehen.

ANMERKUNG Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton ist eine fachthemenübergreifende Aktivität. Fachkenntnisse sind auf den Gebieten von Elektrochemie, Betontechnologie, Tief- und/oder Hochbau und kathodischem Korrosionsschutz erforderlich.

Personal, das Entwurf, Aufsicht über Installation, Inbetriebnahme, Aufsicht über Betrieb, Messungen, Überwachung und Aufsicht über Wartung von kathodischen Korrosionsschutzsystemen ausführt, muss über den entsprechenden Grad an Kompetenz für die übernommenen Aufgaben verfügen. EN 15257 legt ein geeignetes und anwendbares Verfahren für die Beurteilung der Kompetenz von Personal, das sich mit kathodischem Korrosionsschutz befasst, fest.

Die Kompetenz von Personal für kathodischen Korrosionsschutz, mit dem entsprechenden Grad an Erfahrung für die durchzuführenden Aufgaben sollte durch Zertifizierung nach EN 15257 oder mit anderen äquivalenten Verfahrensweisen der Präqualifikation nachgewiesen werden.

4.3 Konstruktion

Diese Internationale Norm stellt keine Ausführungsnorm dar, sondern ist eine Leistungsnorm.

Kathodische Korrosionsschutzsysteme für Stahl in Beton müssen Gegenstand detaillierter konstruktiver Gestaltung sein.

Der Entwurf der Konstruktion muss mindestens folgendes beinhalten:

- a) detaillierte Berechnungen;
- b) detaillierte Einbauzeichnungen;
- c) detaillierte Spezifikationen für Material-/Werkstoff und Ausrüstung;
- d) detaillierte Verfahrensangaben oder Spezifikationen für Einbau, Prüfung, Stromversorgung, Inbetriebnahme und Betrieb;
- e) Strukturen, die Vorspannungen enthalten, müssen auf ihre Anfälligkeit auf Wasserstoffversprödung und das Risiko von Streuströmen untersucht werden.

ANMERKUNG In Anhang B sind Punkte aufgeführt, die im detailliert ausgearbeiteten Entwurf berücksichtigt werden sollten.

5 Beurteilung des Bauwerks und Instandsetzung

5.1 Allgemeines

Zum kathodischen Korrosionsschutz (bzw. zur kathodischen Vorbeugung) von neuen Bauwerken siehe 5.12.

Die Beurteilung eines bestehenden Bauwerks, einschließlich seines Materialzustands, seiner baulichen Vollständigkeit, und ob und wie es instandzusetzen ist, muss nach EN 1504 erfolgen.

Wenn für ein Bauwerk kathodischer Korrosionsschutz als Instandsetzungs-/Schutzverfahren oder als ein Teil davon vorgeschlagen wird, müssen zusätzliche Untersuchungen unternommen werden, um:

- a) die Eignung des kathodischen Korrosionsschutzes zu bestätigen und
- b) Eingabedaten für die Systemplanung zu liefern. Siehe Anhang B.

Diese Untersuchungen müssen alle unter 5.2 bis 5.10 beschriebenen Untersuchungen enthalten, dürfen sich aber nicht allein auf diese beschränken.

5.2 Aufzeichnungen

Alle verfügbaren Zeichnungen, Spezifikationen, Aufzeichnungen und Berichte müssen überprüft werden, um die Lage, Menge, Art (z. B. normal, verzinkt, mit Epoxid beschichtet, vorgespannt) und die Stromdurchgängigkeit der Bewehrung und jeglichen zusätzlichen Stahls sowie die Bestandteile und Qualität des Betons festzustellen.

Die vorhandenen Informationen müssen durch Baustellenbegutachtung und Laborprüfungen, wie in 5.3 bis 5.8 festgelegt, bestätigt und ergänzt werden.

5.3 Sichtprüfung und Begutachtung von Abplatzungen

Ergebnisse visueller Begutachtungen müssen gesammelt werden, um den Typ, die Ursachen und das Ausmaß von Mängeln sowie jegliche Merkmale des Bauwerks oder seiner Umgebung zu ermitteln, die die Anwendung und die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes beeinflussen könnten. Bereiche, die zuvor instandgesetzt wurden, sowie die Instandsetzungsverfahren und -materialien müssen identifiziert werden.

Alle Bereiche des Bauwerks, die einen kathodischen Korrosionsschutz benötigen, müssen bezüglich Hohllagen der Betonüberdeckung geprüft werden.

Mängel, wie z. B. Risse, Kiesnester oder schlecht ausgeführte Baufugen, die in erheblichem Maße das Eindringen von Wasser zulassen und die dadurch die Wirksamkeit oder die Beständigkeit des kathodischen Korrosionsschutzsystems behindern könnten, müssen aufgezeichnet werden.

Falls notwendig, werden die Sichtprüfung und Begutachtung von erdverlegten oder unter Wasser befindlichen Elementen durch Ausschachtung und/oder Kofferdämme ermöglicht.

5.4 Chloridanalyse

Falls erforderlich, müssen der Wert und die Verteilung des Chloridgehaltes des Betons nach EN 14629 bestimmt werden.

5.5 Karbonatisierungstiefe

Falls erforderlich, muss die Verteilung von Karbonatisierungstiefen nach EN 14630 bestimmt werden.

5.6 Betonüberdeckung und Lage der Bewehrung

Die Verteilung der Betonüberdeckung sowie Durchmesser und Lage des eingebetteten Stahls und der Bewehrung müssen ermittelt werden um zu beurteilen, ob der Anoden-/Kathodenabstand für das betrachtete Anodensystem ausreichend ist und Bereiche erhöhter Stahl- bzw. Bewehrungsdichte festzustellen, die hohe Stromdichten erfordern können. Es muss festgestellt werden, ob die zu schützende Bewehrung durch eingebaute Metallgitter, Metallfasern oder -platten, Kunststofffolien oder nichtleitende Instandsetzungsmaterialien, welche die Effektivität des kathodischen Schutzes beeinträchtigen können, abgeschirmt wird. Mögliche Kurzschlüsse zwischen Bewehrungsstahl und Fremdstromanoden müssen festgestellt werden.

Für erdverlegte oder unter Wasser befindliche Bauwerke oder Zonen kann die Betonüberdeckung weniger wichtig sein, wenn das Anodensystem aus erdverlegten oder unter Wasser befindliche Anoden besteht und sich in einem Abstand vom Bauwerk befindet.

5.7 Elektrischer Stromdurchgang der Bewehrung

Zeichnungen der Bewehrung und anderer Stahlelemente müssen hinsichtlich des elektrischen Stromdurchgangs überprüft werden, welche auf der Baustelle durch Messung des elektrischen Widerstands und/oder des Potentialunterschieds zwischen Bewehrungen an weit auseinander liegenden Stellen des Bauwerks nachgeprüft werden muss. Die Prüfung muss nach 7.1 erfolgen, um die Durchführbarkeit des kathodischen Korrosionsschutzes nachzuweisen und Informationen hinsichtlich der konstruktiven Ausführung

zu erlangen. Dies muss mindestens eine Beurteilung der folgenden, auf repräsentativer Basis zu ermittelnden Punkte enthalten:

- a) der elektrische Stromdurchgang zwischen Teilen des Bauwerks innerhalb jeder Zone des kathodischen Korrosionsschutzsystems;
- b) der elektrische Stromdurchgang der Bewehrung innerhalb von Teilen des Bauwerks;
- c) der elektrische Stromdurchgang zwischen anderen metallischen Einbauteilen als der Bewehrung und der Bewehrung selbst.

Bei der nachfolgenden Instandsetzung und während des Einbaus muss der elektrische Stromdurchgang der Bewehrung und des übrigen Stahls weiter nach den in 7.1 festgelegten Verfahren und in dem dort angegebenen Umfang geprüft werden.

5.8 Stahl/Beton-Potential

Repräsentative Bereiche, sowohl beschädigte als auch offensichtlich unbeschädigte, müssen unter Verwendung von tragbaren, in 6.3.2 beschriebenen Bezugselektroden auf Bewehrungs-/Stahlkorrosion untersucht werden. Die Messungen müssen, vorzugsweise an Rasterpunkten eines orthogonalen Gitters, mit einem maximalen Abstand von 500 mm erfolgen.

ANMERKUNG 1 Es ist nicht notwendig, eine Messung des Stahl/Beton-Potentialfeldes vom gesamten Bauwerk durchzuführen. Es ist zweckmäßig, jene Bereiche genauer zu untersuchen, in denen ein dauerhaftes Anbringen von Bezugselektroden geplant ist, um diese in den anodischsten und anderen geeigneten Bereichen anzubringen.

Der elektrische Stromdurchgang der Bewehrung und des Stahls innerhalb aller Bereiche, in denen Potentialfeldmessungen durchgeführt werden, ist von wesentlicher Bedeutung und muss unter Anwendung des in 7.1 festgelegten Verfahrens vor Beginn der Messung des Stahl/Beton-Potentialfeldes überprüft werden.

Messungen in allen Bereichen, in denen nach der in 5.3 spezifizierten Ist-Zustandserfassung Hohllagen im Beton festgestellt wurden, sollten mit gewisser Vorsicht interpretiert werden, da durch Hohllagen Messergebnisse entstehen können, welche nicht mit dem Korrosionszustand der Bewehrung oder des sonstigen eingebetteten Stahls übereinstimmen.

ANMERKUNG 2 ASTM C876 [8], der RILEM TC 154 Report (2003) [9] und der Concrete Society Technical Report 60 [10] enthalten Leitfäden in Bezug auf Messungen des Stahl/Beton-Potentials und Interpretationen dieser.

5.9 Spezifischer elektrischer Widerstand des Betons

Der Einfluss von Änderungen des spezifischen elektrischen Widerstandes des Betons auf das kathodische Korrosionsschutzsystem ist zu berücksichtigen. Es gibt keine sicheren Leitfäden bezüglich der Grenzen des spezifischen elektrischen Widerstands in Bezug auf den kathodischen Korrosionsschutz, aber der Planer muss prüfen, ob ein voller Schutz, wo erforderlich, erzielt werden kann für die Bereiche und absoluten Werte des auf dem Bauwerk vorgefundenen Widerstands des Betons.

ANMERKUNG Der RILEM TC 154 Report (2000) [11] und der Concrete Society Technical Report 60 [10] enthalten Leitfäden in Bezug auf die Messung und Interpretation des spezifischen elektrischen Widerstands von Beton.

5.10 Instandsetzung

5.10.1 Allgemeines

Alle die Instandsetzung umfassenden Tätigkeiten müssen in Übereinstimmung mit EN 1504 vorgenommen werden, außer wenn in diesem Unterabschnitt etwas anderes festgelegt ist.

ANMERKUNG Der Einbau des kathodischen Korrosionsschutzes in ein bestehendes Bauwerk kann im Zusammenhang mit anderen Formen von Instandsetzungsarbeiten ausgeführt werden, wie z. B. Verstärkung, Ausbesserung oder Beschichtung, wie nach EN 1504 bestimmt. In diesem Unterabschnitt bedeutet der Ausdruck „Instandsetzung“ die Wiederherstellung des ordnungsgemäßen Zustands eines beschädigten oder zerstörten Betonuntergrunds, damit eine ungehinderte elektrolytische Verbindung für den kathodischen Schutzstrom sowohl vor Einbau des kathodischen Korrosionsschutzes als auch nach der Reprofilierung solcher Stellen sichergestellt ist, an denen der Beton entfernt wurde, um Zugang zur Bewehrung oder zu anderem Stahl für die Herstellung von Kabelanschlüssen zu erlangen und Überwachungssensoren usw. zu installieren.

5.10.2 Entfernen des Betons

Sämtliche Instandsetzungsmaterialien aus vorhergehenden Maßnahmen mit beträchtlich von dem des Originalbetons abweichendem spezifischem elektrischem Widerstand müssen entfernt werden.

ANMERKUNG 1 Gewöhnlich sollten diese Instandsetzungsmaterialien mit einem spezifischen elektrischen Widerstand, der bei Messung unter den gleichen Bedingungen wie beim Originalbeton außerhalb des Bereichs von etwa der Hälfte bis zum Zweifachen des Wertes vom Originalbeton liegt, entfernt werden, um einen relativ gleichmäßigen Stromfluss in der Bewehrung zu ermöglichen. Z. B. werden vorwiegend epoxidharzbasierte Instandsetzungsmaterialien sehr hohe Werte des spezifischen elektrischen Widerstands aufweisen und können die Bewehrung innerhalb von oder hinter Bereichen, in denen solche Instandsetzungsmaterialien eingesetzt wurden vom kathodischen Schutz abschirmen. Mit Metallfasern bewehrter Beton kann sehr geringe Werte des spezifischen elektrischen Widerstands aufweisen und die Fasern können eine Kurzschlussstrecke zwischen der Anode und dem Stahl bilden.

Bei fremdstrombetriebenen kathodischen Korrosionsschutzsystemen müssen jegliche(r) Bindedraht, Nägel oder anderen Metallteile, die an der Oberfläche des Betons sichtbar sind und mit dem Anodensystem in Verbindung stehen oder sich für einen optimalen Anoden-/Kathodenabstand zu nahe an der Anode befinden könnten, entfernt werden, wobei anschließend der Beton wieder instandzusetzen ist.

ANMERKUNG 2 Jedes vom Kathodenstromkreis elektrisch getrennte metallische Objekt kann korrodieren und es kann erforderlich sein, dieses mit der Bewehrung elektrisch leitend zu verbinden oder zu entfernen.

Die Entfernung von physikalisch unversehrt, chloridkontaminiert oder karbonatisiertem Beton vor Anbringung des Kathodenschutzes ist nicht notwendig.

5.10.3 Vorbereitung der Bewehrung

Freiliegende Bewehrung oder sonstiger Stahl muss von Korrosionsprodukten gereinigt werden, um eine gute Verbundfestigkeit zwischen Stahl und Instandsetzungsmaterial sicherzustellen, wobei es jedoch nicht erforderlich ist, die Bewehrung oder sonstigen Stahl, welche/welcher im Beton eingebettet werden soll, bis zum metallisch blanken Zustand zu säubern.

Es dürfen weder Isolierungen noch Grundierungen oder Beschichtungen verwendet werden.

5.10.4 Wiederherstellung der Betonoberfläche

Die Wiederherstellung der Betonoberfläche muss nach EN 1504 erfolgen, es sei denn, es ist in diesem Unterabschnitt anders festgelegt.

Der Beton muss unter Verwendung von zementartigen Materialien wiederhergestellt werden. Metall enthaltendes Instandsetzungsmaterial (entweder Fasern oder Pulver) darf besonders im Fall von kathodischen Fremdstrom-Korrosionsschutzsystemen nicht verwendet werden. Die Kennwerte des spezifischen elektrischen Widerstandes sowie die mechanischen Eigenschaften des Instandsetzungsmaterials müssen mit denen des Originalbetons kompatibel sein. Herstellerspezifische Nachbehandlungs-membranen dürfen nicht vor dem nachfolgenden Anodeneinbau an den instandgesetzten Bereichen angewendet werden. Alternative Nachbehandlungsverfahren müssen verwendet werden.

Der spezifische elektrische Widerstand von Instandsetzungsmaterialien für Beton muss ähnlich dem des Originalbetons sein.

ANMERKUNG Typischerweise liegen die spezifischen elektrischen Widerstände der Instandsetzungsmaterialien innerhalb des Bereichs von etwa der Hälfte bis zum Zweifachen des spezifischen elektrischen Widerstandes des Originalbetons, bei Messung unter den gleichen Bedingungen wie bei denen des Originalbetons. Allerdings ist der spezifische elektrische Widerstand des Ausgangsbetons der eines gealterten Materials (Alter > 20 Jahre), wohingegen der spezifische elektrische Widerstand des Instandsetzungsmaterials die Eigenschaften in verhältnismäßig jungem Alter widerspiegelt; es ist zu erwarten, dass mit der Zeit ein signifikanter Alterungseffekt auftritt. Außerdem repräsentieren im Labor an Prismen durchgeführte Messungen nicht die Verhältnisse des Bauwerks. Es wurde festgestellt, dass eine qualitativ hochwertige Instandsetzung, mit bekanntermaßen mit kathodischen Schutzanlagen kompatiblen Materialien, wichtiger ist als willkürliche Widerstandsgrenzen.

5.11 Zementartige Überdeckung

Bei kathodischen Korrosionsschutzsystemen mit wie in 6.2.2.2 festgelegten Anodensystemen muss nach der Instandsetzung entsprechend 5.10 und dem nach den in 7.5, 7.6 und 7.7 aufgeführten Festlegungen durchgeführten Anodeneinbau eine zementartige Überdeckung über die sachgerecht eingebauten Anodentypen aufgetragen werden. Alle Materialien und Anwendungsverfahren müssen mit EN 1504 übereinstimmen. Die mittlere Verbundfestigkeit zwischen vorhandenem Beton und Überdeckung muss größer sein als 1,5 MPa und das Minimum aller gemessenen Werte muss größer sein als 1,0 MPa.

ANMERKUNG Falls die Kohäsionsfestigkeit des Betonuntergrundes bei Werten geringer als 1,5 MPa im Mittel und 1,0 MPa als Minimum versagt, kann das Verwenden zementartiger Überdeckungen unangebracht sein.

Die Aufbringung von Überdeckungen darf mit Betoninstandsetzungen kombiniert werden.

Anodenüberdeckungen dürfen das Zweifache des spezifischen elektrischen Widerstandes des Originalbetons überschreiten, sofern die sich in der Überdeckung befindliche Anode in der Lage ist, den Bemessungsstrom der Anode bei Bemessungsspannung in einer Überdeckung mit diesem spezifischen Widerstand unter sämtlichen für das Bauwerk geltenden Witterungs- und Beanspruchungsbedingungen fließen zu lassen.

Das ausgewählte Material, die Dicke und das Einbauverfahren müssen miteinander und mit dem Anodenmaterial und den Einwirkungen auf das Bauwerk kompatibel sein.

Das Potential zwischen Anode und Bewehrung/Stahl (Kathode) muss überwacht werden, um Kurzschlüsse zu erkennen. Nachbehandlungsmembranen müssen vom Originalbeton/-untergrund entfernt werden oder genügend abgebaut sein, um schädliche Einflüsse auf die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzsystems zu vermeiden.

5.12 Neue Bauwerke

Im Fall eines neuen Bauwerks, bei dem der kathodische Korrosionsschutz als Vorbeugungsmaßnahme in das originäre Bauwerk mit eingebaut wird, müssen folgende Punkte zusätzlich zu den Anforderungen des übrigen Textes dieser Internationalen Norm und der Normen, die für den Entwurf und den Bau eines neuen Bauwerks maßgebend sind, in den Entwurf, die Festlegung und Bauverfahren aufgenommen werden:

- a) Bereitstellung und Überprüfung des elektrischen Stromdurchgangs der Bewehrung/des Stahls nach 7.1.
- b) Ausreichendes Sichern und ausreichender Schutz der Überwachungssensoren, von allen Kabeln/Leitungen und deren Anschlüssen, um Schäden und Störungen beim Betonieren und Verdichten zu vermeiden.
- c) Anschluss, Lage oder Isolierung von anderen metallischen Einbauten, Halterungen oder anderen Gegenständen, um unerwünschte Einflüsse vom kathodischen Korrosionsschutzsystem zu vermeiden.
- d) Im Fall von einbetonierten Fremdstromanoden ist der Einbau von ausreichend starren, isolierenden Abstandshaltern und Befestigungen vorzusehen, um die Lage der Anoden zu sichern und beim Betonieren und Verdichten das Entstehen von Kurzschlüssen zu vermeiden. Die Potentialüberwachung zwischen Anode und Bewehrung/Stahl (Kathode) muss durchgeführt werden, um beim Betonieren auftretende Kurzschlüsse erkennen zu können.

6 Komponenten des kathodischen Korrosionsschutzsystems

6.1 Allgemeines

Das kathodische Korrosionsschutzsystem muss ein Anodensystem beinhalten, welches dafür vorgesehen ist, den kathodischen Schutzstrom an die Oberflächen des zu schützenden, eingebetteten Stahls zu verteilen. Kathodische Fremdstrom-Korrosionsschutzsysteme müssen zudem eingebaute positive und negative Gleichstromkabel zwischen der Anode bzw. dem Stahl und der Gleichstromquelle aufweisen, welche die Quelle des kathodischen Schutzstromes ist.

Bei galvanischen Anodensystemen müssen permanente metallische Anschlüsse direkt zwischen der Anode und dem Stahl vorgesehen sein, ausgenommen dort, wo Überwachungseinrichtungen installiert sind, die eine Stromunterbrechung erfordern.

Bezugselektroden, andere Elektroden und sonstige Sensoren sind Schlüsselemente von kathodischen Korrosionsschutzsystemen und stellen das Leistungsüberwachungssystem innerhalb des kathodischen Korrosionsschutzsystems dar. Die Daten von den Elektroden und Sensoren können abgefragt und entweder von einer tragbaren Messgeräteeinrichtung oder einer ständig angeschlossenen automatischen oder handbetriebenen Messgeräteeinrichtung angezeigt werden.

Das komplette kathodische Korrosionsschutzsystem muss so konstruiert, aufgebaut und geprüft werden, dass es für dessen bestimmungsgemäße Lebensdauer in der vorgesehenen Umgebung geeignet ist.

Sowohl kathodische Fremdstrom- als auch galvanische Korrosionsschutzsysteme erfordern Vorkehrungen zur Überwachung, um die Leistungsfähigkeit und die Übereinstimmung mit dieser Internationalen Norm zu ermitteln.

ANMERKUNG Galvanische Anodensysteme können ohne Überwachungssysteme oder Verfahren zum Bestimmen ihrer Leistungsfähigkeit benutzt werden. Derartige Systeme erfüllen nicht die Anforderungen dieser Internationalen Norm.

6.2 Anodensysteme

Siehe Anhang C.

Das Anodensystem muss in der Lage sein, die im Entwurf des kathodischen Korrosionsschutzsystems geforderte Leistung zu erbringen (siehe 4.3). Die berechnete oder geschätzte Lebensdauer des Anodensystems muss für die projektierte Lebensdauer ausreichend sein, gegebenenfalls mit eingeplanter Wartung oder Ersatz des Anodensystems oder Teilen des Systems nach bestimmten im Entwurf festgelegten Zeitabschnitten.

Bei im Beton eingebetteten oder auf der Betonoberfläche aufgetragenen Anoden muss sich die Anodenstromdichte nach der Bemessung richten und darf keine derartigen Werte überschreiten, die zu einer Verringerung der Leistungsfähigkeit entweder

- a) des Betons an der Grenzschicht zwischen Anode und Beton; oder
- b) der Anode

während der vorgesehenen Lebensdauer der Anode führen würde.

Bei der Bemessung und/oder Auswahl des Anodenmaterials sind wahrscheinliche Abweichungen bei den Anforderungen an die Kathodenstromdichte, der Verteilung des Stahls, des spezifischen elektrischen Widerstands des Betons und jedwede Faktoren zu berücksichtigen, die möglicherweise eine ungleichmäßige Verteilung des Strombedarfs oder Entladung des Stroms an der Anode ergeben und die Möglichkeit einschließen, dass dadurch ein frühes Versagen von einzelnen Teilen des Anodensystems verursacht wird.

ANMERKUNG 1 Es wurde eine Vielzahl von Anodensystemen entwickelt, geprüft und in Langzeit-Feldanwendungen nachgewiesen, dass, diese sich für das Einbetonieren oder zum Aufbringen auf Beton hauptsächlich (jedoch nicht ausschließlich) für den kathodischen Korrosionsschutz von Stahl in der Luft ausgesetztem Beton eignen. Die Anforderungen, die an derartige Anoden gestellt werden, sind spezifisch für die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes in Beton, weil die Anoden auf der Oberfläche oder über die Oberfläche des Betons verteilt anzubringen oder im Beton einzubauen sind, um die Anforderungen an die vorgesehene Verteilung und Stärke des Stroms zu erfüllen. Demzufolge steht die Anode in engem Kontakt mit dem hochgradig alkalischen Porenwasser des Betons. Im Einsatz sind die anodischen, elektrochemischen Reaktionen an der Berührungsfläche von Anode/Beton oxidierend, wobei Säure produziert wird.

ANMERKUNG 2 Die in dieser Internationalen Norm beschriebenen Anodensysteme sind in zwei Kategorien aufgeteilt. In 6.2.1 und 6.2.2 sind Anodensysteme erfasst, die seit mindestens 5 Jahren im Einsatz sind und über die umfassende und in der Regel erfolgreiche, fortlaufende Aufzeichnungen vorliegen. Es ist nicht beabsichtigt, den Einsatz von anderen, möglicherweise neuen oder weniger erprobten Anodenmaterialien auszuschließen, weil das die notwendige und vorteilhafte Entwicklung neuer, möglicherweise verbesserter Anodenmaterialien einschränkt. Anoden sind nicht ausschließlich in Anhang C aufgeführt.

Möglicherweise werden neue und wirksame Anodenmaterialien zum kathodischen Korrosionsschutz für Stahl in Beton entwickelt. Diese Internationale Norm bezweckt nicht, deren Einsatz auszuschließen. Es wird empfohlen, dass der Einsatz jeder Anode nur dann erfolgen sollte, wenn deren Leistungsfähigkeit durch Laborprüfungen, Versuche und/oder abgeschlossene Projekte bewiesen werden kann.

Es wird vorgeschlagen, neue Anodenmaterialien zum kathodischen Korrosionsschutz von Stahl in Beton vor dem kommerziellen, professionellen Einsatz harten Laborprüfungen und, wo immer es möglich ist, erweiterten und/oder beschleunigten Feldtests zu unterziehen.

ANMERKUNG 3 Es gibt ein bewährtes Prüfverfahren für die beschleunigte Lebensdauerprüfung von in Beton eingebetteten Anoden, NACE TM 0294 [12] und von Anoden mit leitfähiger Beschichtung auf organischer Basis [13].

Für den Schutz von Stahl in erdverlegten oder unter Wasser befindlichen Beton angewendete Anodensysteme sind ausführlich in den Europäischen Normen EN 12473, EN 12954, EN 12495, EN 12474 und ISO 13174 beschrieben.

6.2.1 Anodensysteme mit leitfähiger Beschichtung

6.2.1.1 Organische Beschichtungen

Diese Beschichtungen werden als Fremdstromanoden eingesetzt.

Das Anodensystem muss eine organische leitfähige Schicht (auf Basis von Lösemittel oder wasserlöslich mit Kohlenstoff als elektrischem Leiter) und eine Reihe von Zuleitungen (Primäranoden) enthalten, die an der Betonoberfläche befestigt oder in der Beschichtung eingelagert sind, damit die elektrischen Leiter den Strom innerhalb der Beschichtung verteilen können. Die Zuleitungen müssen aus einem Material bestehen, das gegen anodische Reaktionen beständig ist, z. B. platinbeschichtetes oder platiniertes Titan oder Niob, welches einen Kupferkern enthalten kann, oder mit Metallmischoxid beschichtetem Titan.

Bei der Kombination von leitfähiger Beschichtung und Primäranoden muss durch Versuche oder abgeschlossene Projekte der Nachweis erbracht werden, dass es möglich ist, die projektierte Anodenleistung zu erreichen. Der Abstand von Primäranoden innerhalb der leitfähigen Beschichtung muss so beschaffen sein, dass berechnet oder aufgezeigt werden kann, dass die Schwankungen in der Anodenstromabgabe, die dem Widerstand in der Beschichtung zwischen den Primäranoden zuzuschreiben sind, $\pm 10\%$ der mittleren Stromabgabe nicht überschreiten, welche als Spannungsabfall von $\pm 10\%$ gemessen wird.

Bei der konkret ausgewählten Anwendungstechnik muss durch Versuche oder mit abgeschlossenen Projekten nachgewiesen werden, dass es möglich ist, die projektierte Anodenleistung zu erreichen.

Die Haftfestigkeit der Beschichtung am Beton, die von entsprechender Oberflächenvorbereitung und dem vorstehend genannten Aufbringungsverfahren abhängt, muss zweckentsprechend sein, damit sich die geplante Lebensdauer des Anodensystems erreichen lässt.

Es müssen Daten bezüglich der Anforderungen an die Schichtdicke des Nass- und/oder Trockenfilms vorgelegt werden, mit der sich die geforderte spezifische elektrische Leitfähigkeit des Trockenfilms erreichen lässt.

Zu weiteren Informationen siehe Anhang C.

6.2.1.2 Thermisch gespritzte Metallbeschichtungen

Das Anodensystem muss aus einer thermisch gespritzten Metallbeschichtung aus Zn, Al-Zn, Al-Zn-In oder Ti bestehen.

Die Zn-Beschichtungen werden als Fremdstromanoden und auch als galvanische Anoden eingesetzt; die Anoden aus Al-Zn und Al-Zn-In-Legierungen werden als galvanische Anode eingesetzt. Ti wird als Fremdstromanode zusammen mit einem Katalysatorspray verwendet, um den Widerstand an der Grenzfläche Anode und Beton zu verringern.

Wenn thermisch gespritzte Metallbeschichtungen als galvanische Anode zum Einsatz kommen, können diese direkt auf die Bewehrung/den Stahl, sofern diese/dieser freiliegend ist, und überwiegend auf die unversehrte Betonoberfläche aufgetragen werden.

Zusammen mit thermisch gespritzten, als galvanische Anoden dienenden Metallbeschichtungen darf ein Feuchthaltemittel angewendet werden, um deren Leistungsfähigkeit zu erhöhen.