

**Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W)
für
Kathodischen Korrosionsschutz im Stahlwasserbau
(Leistungsbereich 220)**

Ausgabe 2011

EU- Notifizierung Nr. 2012/0035/D

INHALTSVERZEICHNIS

1	Geltungsbereich (zu Nr. 1)	3
2	Stoffe, Bauteile (zu Nr. 2)	3
2.1	Allgemeines.....	3
2.2	Galvanische Anoden	3
2.3	Fremdstromanoden	4
2.4	Schutzstromgeräte	4
2.5	Elektrische Betriebsmittel	5
2.5.1	Allgemeines.....	5
2.5.2	Umgebungsanforderungen und -bedingungen	5
2.5.3	Schaltgeräte	5
2.5.4	Kabel und Leitungen	5
2.5.5	Überlast-Schutzeinrichtungen	6
2.5.6	Überwachungs- und Messeinrichtungen	6
2.5.7	Gehäuse.....	6
2.5.8	Befestigungsmaterial.....	6
2.5.9	Elektronische und programmierbare elektronische Systeme.....	6
3	Ausführung (zu Nr. 3)	7
3.1	Allgemeines.....	7
3.1.1	Bemessung	7
3.1.2	Ausführungsunterlagen (ergänzende spezifische Regelungen zu den ZTV-W LB 202).....	7
3.2	Schutzmaßnahmen	7
3.3	Gehäuse- und Geräteeinbau	8
3.4	Anschlüsse.....	9
3.5	Netz- und Betriebsspannungen.....	10
3.6	Streuströme.....	10
3.7	Anlagensoftware.....	10
3.8	Fertigstellung der Leistung	10
3.9	Bestandsunterlagen (ergänzende spezifische Regelungen zu den ZTV-W LB 202).....	11
4	Nebenleistungen, Besondere Leistungen (zu Nr. 4)	11
4.1	Nebenleistungen	11
4.2	Besondere Leistungen	11
5	Abrechnung (zu Nr. 5)	12
Anhang 1: Zusammenstellung der zitierten Dokumente		13
Anhang 2: Stichwortverzeichnis.....		15

Hinweis: Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 98/34/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften (Abl. EG Nr. L 204 S.37), zuletzt geändert durch die Richtlinie 98/48/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juli 1998 (Abl. EG Nr. L 217 S.18) sind beachtet worden.

Herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
Abteilung: Wasserstraßen, Schifffahrt

Alle Rechte vorbehalten.

Aufgestellt von der Arbeitsgruppe "Standardleistungsbeschreibungen im Wasserbau" unter Beteiligung

- des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und seiner nachgeordneten Dienststellen
- des Niedersächsischen Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
- des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
- des Senators für Wirtschaft, Arbeit und Häfen, Bremen
- der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg
- der Niedersachsen-Ports GmbH & Co KG
- des Bundesverbandes Öffentlicher Binnenhäfen e. V.
- der RMD Wasserstrassen GmbH
- der Emschergenossenschaft/Lippeverband
- der Linksniederrheinischen Entwässerungsgenossenschaft
- des Ruhrverbandes
- des Wasserverbandes Eifel-Rur
- des Wuppverbandes
- der Österreichisch-Bayerischen Kraftwerke AG
- der Lechwerke AG

Bezug:
Verkehrswasserbauische Zentralbibliothek (VZB)
der Bundesanstalt für Wasserbau
Postfach 210253, 76152 Karlsruhe
Telefon: +49 (0)721 9726-0
Telefax: +49 (0)721 9726-5320
E-Mail: vzb@baw.de

Download im Internet unter http://vzb.baw.de/digitale_bib/stlk-w_ztv-w.php

Vorbemerkungen

Die hinter den Abschnittsüberschriften in Klammern gesetzten Ziffern beziehen sich auf die „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art - DIN 18299“.

Erzeugnisse, die rechtmäßig in einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union oder in der Türkei hergestellt und/oder in den Verkehr gebracht wurden, bzw. Erzeugnisse, die rechtmäßig in einem EFTA-Mitgliedsland hergestellt wurden, das auch Vertragspartei des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ist, die diesen technischen Spezifikationen nicht entsprechen, werden einschließlich der im Herstellerstaat durchgeführten Prüfungen und Überwachungen als gleichwertig behandelt, es sei denn diese Erzeugnisse erreichen nicht das geforderte Schutzniveau im Hinblick auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit.

1 Geltungsbereich (zu Nr. 1)

(1) Die "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Kathodischen Korrosionsschutz im Stahlwasserbau" gelten für die Planung und den Bau von Kathodischen Korrosionsschutzanlagen für alle festen und beweglichen Teile von Stahlwasserbauten und für stählerne Ausrüstungen von Wasserbauwerken. Sie können sinngemäß auch für den aktiven Korrosionsschutz an Spundwänden angewendet werden.

(2) Es gelten insbesondere die DIN-Norm 19704-3, Stahlwasserbauten, Elektrische Ausrüstung und die DIN-VDE Normen bzw. die entsprechenden Europäischen Normen.

(3) Die im Text zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser ZTV-W erforderlich. Die Dokumente sind im Anhang 1 aufgeführt.

2 Stoffe, Bauteile (zu Nr. 2)

2.1 Allgemeines

(4) Unbeschadet der nachstehenden besonderen Regelungen muss sich der Kathodische Korrosionsschutz (KKS) für die nach dem Vertrag vorausgesetzte Verwendung eignen und den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

(5) Bei der Ausführungsplanung durch den Auftragnehmer ist besonderer Wert auf Einheitlichkeit zu legen. Es sind möglichst wenig unterschiedliche Fabrikate, Typen und Größen von Stoffen und Bauteilen zu verwenden.

2.2 Galvanische Anoden

(6) Die Zusammensetzungen sind durch Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 mit Werkszeugnis 2.2 zu belegen.

(7) Es sind folgende Anoden einzusetzen:

- Magnesiumanoden nach DIN EN 12438
- Zink- und Aluminiumanoden nach VG 81257

(8) Die galvanischen Anoden müssen folgende Eigenschaften besitzen:

Anodenmaterial		Magnesium (Mg)	Aluminium (Al)	Zink (Zn)	Anmerkung
Typ/ Werkstoffnummer		Az 63/2.1150 (Az 61/2.1140) (Az 31/2.1130)	A 1	2.2301 ²⁾ 2.2302 ³⁾	
Prakt. Strominhalt	Ah/kg	≥ 1.100	≥ 2.700	≥ 780	
Abtragungsverlust	Kg/A-a	≤ 8,0	≤ 3,25-3,3	≤ 11,2	
Ruhepotenzial	mV*	-1200	-850 ¹⁾	-800	in Meerwasser
ΔU zu Baustahl	mV	450-750	300-370	250-300	Treibspannung
Dichte	g/cm ³	1,8-2,0	2,8	7,1	
Einsatz Gewässer		Binnen	Brack	Meer	

*H-Elektrode → Cu/CuSO₄

¹⁾Zugabe von Gallium, Indium oder Zinn erniedrigt das Ruhepotenzial um 150 mV

²⁾entspricht dem Werkstoff nach MIL-A 18001 K

³⁾Cd-ärmere Variante

(9) Anodenhalterungen aus Baustahl S235JR nach DIN EN 10025-2 (St 37-2) sind feuerverzinkt zu liefern.

(10) Die nicht in den Anodenkörpern eingegossenen Halterungsteile aus feuerverzinktem Baustahl müssen zusätzlich passiv geschützt werden. Die Beschichtungsstoffe müssen verträglich mit dem Kathodischen Korrosionsschutz (siehe Liste der zugelassenen Systeme der BAW) und der Verzinkung sein.

(11) Der Übergangswiderstand zwischen Anodenlegierung und Anodenhalterung muss $< 1 \text{ m}\Omega$ sowie zwischen Anoden und der zu schützenden Fläche $< 1 \Omega$ sein und ist nachzuweisen.

(12) Bei Schraubverbindungen sind als Unterlegscheiben Zahnscheiben zu verwenden. Die Schrauben sind durch flüssige Einkomponentenklebstoffe zu sichern.

(13) Die galvanischen Anoden sind so anzuordnen, dass Schattenwirkung auch an konstruktiv komplizierten Bauteilen vermieden wird.

2.3 Fremdstromanoden

(14) Die Zusammensetzungen sind durch Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 mit Werkszeugnis 2.2 zu belegen.

(15) Die Fremdstromanoden müssen folgende Eigenschaften besitzen:

Fremdstromanode		Eisen-Silizium-Chrom ¹⁾	Magnetit	Platinierter Titan/Niob/Tantal	Metalloxidbeschichtetes Titan
Abtragungsverlust	g/Aa	≤ 500	≤ 20	$\leq 0,08$	$\leq 0,04$
Ausnutzung mind.	%	90	90	90	90
Max. Stromdichte	A/m ²	50 ²⁾	70	600	600
Spannungsbegrenzung	V	Keine	Keine	12 ³⁾ /40/80	12 ³⁾

¹⁾ Chromzusatz im Meerwasser

²⁾ im Süßwasser (Eisen-Silizium) bis 150 A/m²

³⁾ 8,4 V an der Anode

Magnetit [M-%] FeO 28 - 32 M.-%, Fe₂O₃ 60 - 64 M.-%, SiO₂ M.-3 - 8 %, Rest spezielle Zusätze

Platin auf Titan Titan ist gemäß Werkstoff-Nr. 3.7025 nach DIN 17850 mit einem Eisengehalt $< 0,2 \text{ M.-%}$ einzusetzen. Die Schichtdicke der Platinauflage muss mindestens $5 \mu\text{m}$ betragen und auf der dem Wasser exponierten Seite durchgehend überzogen sein.

Platin auf NIOB Die Schichtdicke der Platinauflage muss mindestens $5 \mu\text{m}$ betragen und auf der dem Wasser exponierten Seite durchgehend überzogen sein.

Mischoxid auf Titan Titan ist gemäß Werkstoff-Nr. 3.7025 nach DIN 17850 mit einem Eisengehalt $< 0,2 \text{ M.-%}$ einzusetzen. Die Schichtdicke der Mischoxidauflage (Oxide von Iridium und Ruthen) soll 10 g bis 40 g Edelmetall je m² enthalten.

(16) Gleichrichtertreibspannungen oberhalb der entsprechenden Durchbruchsspannungen für aktiviertes Titan und Niob sind in chloridhaltigen Medien gemäß VG 81259-3 zulässig, solange die Durchbruchsspannungen von Titan und Niob die entsprechenden Werte an der Phasengrenze Anode/Elektrolytlösung nicht überschreiten.

(17) Anoden mit hoher Bruchgefahr (z. B. Hohlanoden aus Eisensilizium oder Magnetit) sowie Anoden, die aufgrund ihrer Konstruktion eine Befestigung ohne Halte- bzw. Führungseinrichtung nicht zulassen (z.B. Wendelanoden), sind zusätzlich mechanisch zu schützen (z. B. perforiertes Kunststoffrohr als Schutzkorb). Die Befestigungsmaterialien sind aus chloridbeständigem Kunststoff zu wählen.

(18) Der Kabelanschluss am Anodenkopf ist niederohmig ($\leq 1 \Omega$) und druckwasserdicht entsprechend der Eintauchtiefe (Schutzart IP 68 nach DIN EN 60529) herzustellen.

(19) Die Anodenkopfisolierung muss beständig gegen die chemischen und physikalischen Belastungen in der Elektrolytlösung (Gewässer) sein.

2.4 Schutzstromgeräte

(20) Es sind kurzschlussfeste Netzgeräte mit einer Restwelligkeit $\leq 5 \%$ einzusetzen.

(21) Für die Schutzstromgeräte sind Blitz- und Überspannungsschutzeinrichtungen nach DIN EN 62305 vorzusehen.

(22) Zur Messung des EIN-/AUS-Schaltpotenzials ist in jedem Sekundärstromkreis/ Mess-Stromkreis ein Umschalter und ein Anschluss für einen externen Takter vorzusehen.

(23) Es sind automatisch regelnde Schutzstromgeräte zu verwenden. Die Regelgröße ist das Schutzpotenzial, welches durch elektronische Regelung des Schutzstromes innerhalb der wählbaren Minimal- und Maximalführungsgrößen gehalten wird. Die Regelung hat eine Trägheit, die den jeweiligen örtlichen Verhältnissen angepasst werden muss. Eigenständige Schutzbereiche müssen einzeln regelbar sein. Störmeldungen werden generiert, wenn das Ist-Potenzial oder die Anodenströme den vorgegebenen Rahmen dauerhaft verlassen. Bei Schutzanlagen in Gewässern mit konstanten Leitfähigkeitswerten sowie relativ geringen Temperaturschwankungen (z. B. Meerwasserbauwerken) kann evtl. auf eine automatische Regelung verzichtet werden.

(24) Beim Einsatz von Zinkmesselektroden muss eine anodische Reinigung über Umschalter möglich sein.

2.5 Elektrische Betriebsmittel

2.5.1 Allgemeines

(25) Die Netzanschlüsse (Einspeisungen) aller Verteilungen und Schaltschränke ≥ 3 kW sind als Drehstrom-Vierleiter-Netz 230/400 V 50 Hz auszuführen.

(26) Schutzstromgeräte mit einem Anschlusswert ≥ 3 kW sind 3-phasig für 400 V auszulegen.

(27) Die Primärseite von Steuertransformatoren ist mit Anzapfungen für ± 5 v. H. der Nennspannung vorzusehen.

2.5.2 Umgebungsanforderungen und -bedingungen

(28) Die Betriebsmittel sind für nachfolgende Umgebungsanforderungen und -bedingungen auszulegen:

- Klimatische Bedingungen nach Typ C und Kriechstrecken nach Verschmutzungsgrad 3 gemäß DIN EN 50178 VDE 0160. Ggf. sind zur Einhaltung der v. g. Anforderungen zusätzliche Maßnahmen, wie z. B. Gehäuse und Beheizungen mit zu berücksichtigen.
- Elektrische und elektromagnetische Anforderungen der Fachgrundnorm für EMV Störfestigkeit DIN EN 61000-6-2 für Betriebsmittel in Industrieumgebung und für EMV-Störaussendung DIN EN 61000-6-3 für Betriebsmittel in Wohnbereichen.

2.5.3 Schaltgeräte

(29) Für Leistungsschalter sind elektrische Stellungsmelder einzubauen.

(30) Als Schlüsselsteuerschalter sind Knebelschalter mit Schließzylinder einzubauen. Die Schlüssel müssen in allen Stellungen abziehbar sein. Für gleiche Funktionen einer Anlage ist die gleiche Schließung zu verwenden, z. B. für Steuerspannung EIN/AUS.

(31) Einspeiseschalter sind als Leistungsschalter mit Hauptschaltereigenschaften auszuführen.

(32) Hilfsstromkreise und sonstige Verbraucher sind mittels Schutzschalter zu schützen.

(33) Alle Schutzschalter sind mit Hilfskontakten zu bestücken.

2.5.4 Kabel und Leitungen

(34) Leistungskabel müssen als Schutzleiter einen äußeren konzentrischen Leiter haben, z. B. NYCWY.

(35) Für bewegliche Anschlüsse gelten die Mindestanforderungen für flexible Leitungen gemäß DIN 19704-3.

(36) Kabel und Leitungen sind austauschbar und geschützt, z. B. auf Kabelpritschen, Ankerschienen, in Kabelrinnen, -kanälen, -schutzrohren, -böden und an Steigetrassen zu verlegen. Die Kabelträger müssen in allen Bereichen mindestens 20 v. H. Platzreserve haben.

(37) Beim Austritt aus dem Erdreich oder Fußboden sind Kabel und Leitungen bis etwa 1,00 m Höhe zusätzlich gegen mechanische Beanspruchung zu schützen, z. B. durch PE-Rohre, Schläuche oder Verkleidungen.

(38) Öffnungen für Kabeldurchführungen in Geschossdecken und in raumabschließenden Wänden sind widerstandsfähig gegen Brandeinwirkung entsprechend Feuerwiderstandsklasse S 90 zu verschließen. Für nachträgliche Kabelverlegungen müssen diese Schottungen jedoch leicht durchbrechbar oder zu öffnen sein, s. DIN 4102-9.

(39) An Einführungen in Gebäuden und an Dehnfugen sind Kabel und Leitungen außerdem so zu verlegen, dass sie Setzungen und Verschiebungen schadlos folgen können. Bauseits vorhandene Einführungen, z. B. druckwasserdichte Durchführungen, sind nach der Kabelverlegung fachgerecht zu verschließen.

2.5.5 Überlast-Schutzeinrichtungen

(40) Keine zusätzliche Regelung gegenüber DIN 19704.

2.5.6 Überwachungs- und Messeinrichtungen

(41) An Haupteinspeisungen sind Spannungsmesser vorzusehen.

(42) Analoge Messeinrichtungen müssen mindestens der Kl. 1,5 (DIN EN 60051-1) und digitale Messeinrichtungen mit einer vierstelligen Anzeige mit Messgenauigkeit von +/- 1% vom Messwert +/- 1 Digit entsprechen.

(43) Stromwandler für Messwertanzeige, Regelung u. ä. sind für ein Übersetzungsverhältnis von x: 1 A auszuliegen.

(44) Analoge Messwertsignale, die gemäß Leistungsbeschreibung in weiteren Systemen eingelesen und weiterverarbeitet werden sollen, z. B. Automatisierungsgeräte, Prozessleitsysteme, müssen als potenzialfreies Prozesssignal 4-20 mA (4-Draht Signalgeber) bereitgestellt werden.

(45) Stromkreise, die über Steuertransformatoren, Akkumulatoren und ähnliche Spannungsquellen betrieben werden, sind je Spannungsquelle grundsätzlich mit einer Isolationsüberwachung auszuführen.

(46) Bei KKS-Anlagen ist der Betriebszustand „EIN“ durch geeignete Rückmeldeleuchten oder Displayanzeigen an der Bedienstelle anzuzeigen.

An jeder Bedienstelle sind grundsätzlich Anzeigeräte für

- Betriebsmeldungen.
- Störungsmeldungen
- Messwerte, z. B. Spannung, Strom und Potenzial vorzusehen.

(47) Die örtlichen Steuer- und Signalstromkreise sind mit standardisierten DFÜ-Schnittstellen auszurüsten, unter Offenlegung und Dokumentation insbesondere der Kommunikationsprotokolle. Die Schnittstellen dienen der Fernabfrage von Zuständen und Messwerten für Betrieb und Instandhaltung der KKS-Gesamtanlage.

2.5.7 Gehäuse

(48) Schaltschränke in stahlblechgekapselter Ausführung müssen folgende Blechdicken haben: Türen ≥ 2 mm, Wände $\geq 1,5$ mm. Die Bleche müssen tauchgrundiert und außen pulverbeschichtet sein. Kunststoffgehäuse aus Polyester GFK sind für den Außeneinsatz mit einer PUR Lackierung zu versehen.

2.5.8 Befestigungsmaterial

(49) Für elektrische Betriebsmittel in Gehäusen ist korrosionsgeschütztes Befestigungsmaterial zu verwenden.

(50) Kabelverlege- und Befestigungsmaterial muss feuerverzinkt (Tauchverfahren) sein; bzw. aus Kunststoff oder aus Chrom-Nickel-Stahl bestehen.

2.5.9 Elektronische und programmierbare elektronische Systeme

(51) Zu den elektronischen Systemen gehören Baugruppen mit Halbleiterbestückungen in parametrierbarer Ausführung, z. B. Messumformer, Multifunktionsanzeigen oder elektronische Relais.

(52) Zu den programmierbaren elektronischen Systemen gehören Baugruppen mit Halbleiterbestückungen in programmierbarer Ausführung, z. B. SPS, IPC oder Touch Panels.

(53) Die Betriebsbrauchbarkeitsdauer von elektronischen Betriebsmitteln muss mindestens 10 Jahre betragen. Die Hersteller müssen für diese Zeitspanne auch außerhalb der Geltendmachung von Mängelansprüchen die volle Unterstützung für Reparatur und Ersatz von Bauelementen und die Aktualisierung der Firmware sowie Programmiersoftware sicherstellen.

(54) Die gesamte Anlagensoftware, die zur Erfüllung vertraglicher Anforderungen erstellt wurde, wird Eigentum des Auftraggebers. Die Softwareunterstützung für die Anlagensoftware durch den Ersteller muss für 5 Jahre garantiert werden.

3 Ausführung (zu Nr. 3)

3.1 Allgemeines

(55) Eine vom Auftragnehmer zu erbringende Ausführungsplanung muss unter Beachtung der Erkenntnisse der Voruntersuchungen und des „Merkblattes Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (MKKS)“ erstellt werden.

(56) Der Auftragnehmer muss nach GW 11 Tätigkeitsfeld S₅P+S₅I+S₅Ü entsprechend dem Auftragsumfang zertifiziert sein.

(57) Die im Wasserbereich angeordneten Bauteile sind robust gegen Kräfte aus Strömungen, Eisschollenstoß und Geschwemmsel zu befestigen.

3.1.1 Bemessung

(58) Für die Bemessung und den Aufbau der elektrischen Ausrüstung von Stahlwasserbauten gelten insbesondere die Normen DIN VDE 0100 und DIN EN 60204.

(59) Für Anoden- und Kathodenkabel ist der Leiterquerschnitt auf maximal 70 mm² beschränkt. Darüber hinaus sind Parallel-Kabel zu verlegen.

(60) Im Schutzstromkreis sind Spannungs- und Strommesser vorzusehen.

(61) Messelektroden sind mit der Regeleinrichtung des Schutzstromgerätes zu verbinden. Sie müssen das Ist-Potenzial ermitteln, dessen Differenz zum Soll-Potenzial die Regelfunktion auslöst.

(62) Bei Einsatz von Zn 99,9-Elektroden und Ag/AgCl/KCl (gesättigt) ist der Messwert des Potenzials für Cu/CuSO₄ (gesättigt) über Messwertumformer zu normieren.

(63) Messelektroden sind so anzuordnen, dass der potenzialverfälschende Spannungsabfall (I x R-Anteil) im Ist-Potenzial bei allen Potenzialen in den betriebsmäßigen Grenzen < 5 % der Anzeige bleibt. Als Messgerät ist ein hochohmiges Spannungsmessgerät, R > 1 MΩ zu verwenden.

3.1.2 Ausführungsunterlagen (ergänzende spezifische Regelungen zu den ZTV-W LB 202)

(64) Die Ausführungsunterlagen beinhalten:

- Umfassendes Pflichtenheft über die beauftragte Leistung insbesondere mit Berechnung der Lebensdauer der Anoden
- Pläne mit Anordnungen aller Bauteile an den Objekten

zusätzlich beim Fremdstromverfahren:

- Technische Dokumentation nach DIN EN 60204-1
- Schaltpläne nach DIN EN 61082-1 mit Aufbauplan und Schrankansichten

(65) Der Auftragnehmer hat die für die Ausführung erforderlichen Montage- und Werkstattzeichnungen zu erbringen.

(66) Der Auftragnehmer muss dem Auftraggeber 6 Wochen vor Beginn der Werkstatt- bzw. Montagearbeiten alle Ausführungsunterlagen vorlegen, die für den ungehinderten Einbau und ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage notwendig sind.

3.2 Schutzmaßnahmen

(67) In elektrischen Betriebsstätten sind Haupt-Potenzialausgleich und zusätzlicher Potenzialausgleich herzustellen, s. VDE 0100-410.

(68) Im Bereich jeder Schaltanlage und Verteilung ist eine Haupterdungsschiene zu setzen. In die Zuleitung ist eine Messtrennklemme einzubauen.

(69) PEN- und PE-Schienen sind entsprechend den Netz- und Schutzbedingungen an gut zugänglicher Stelle zu erden.

(70) Elektrische und elektronische Anlagen und Geräte sind gegen ungewollte elektrische Einflüsse von außen, z. B. elektromagnetische Felder, Überspannungen, zu schützen. Das Blitzschutzkonzept ist vom Auftragnehmer fortzuschreiben. Der zu betrachtende Schutzbereich wird vom Auftraggeber vorgegeben.

(71) Auf der Gleichstromseite ist die Schutzmaßnahme "Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung" (PELV) nach DIN VDE 0100-410 anzuwenden. Im Hinblick auf die Restwertigkeit der Gleichspannung bei Einphasen-Brückenschaltung darf die Leerlaufspannung 90 V nicht überschreiten. Ein Schutz der kathodisch geschützten Objekte gegen direktes Berühren ist nicht erforderlich.

(72) In TN-Netzen ist ein direkter Anschluss des PEN- bzw. PE-Leiters an die elektrischen Betriebsmittel, deren Gehäuse unmittelbar mit der kathodisch geschützten Anlage verbunden und elektrisch nicht abtrennbar sind, nicht zulässig. Durch den niedrigen Erdungswiderstand des PEN- bzw. PE-Leiters würde die Wirksamkeit des Kathodischen Korrosionsschutzes stark beeinträchtigt. In diesen Fällen ist der Schutz bei indirektem Berühren sicherzustellen durch Schutztrennung oder Schutzkleinspannung nach DIN VDE 0100-410.

(73) Kathodisch geschützte Anlagenteile dürfen nicht an den Potenzialausgleich und die äußere Blitzschutzanlage angeschlossen werden. Für Schutzmaßnahmen ist ein Anschluss nur über Trennfunkstrecken herzustellen.

3.3 Gehäuse- und Geräteeinbau

(74) Für kleine Verteilungen in Innenräumen sind Isolierstoffgehäuse in entsprechender Schutzart zugelassen.

(75) Kabel und Leitungen sind bei Schaltschränken, Verteilungen und gekapselten elektrischen Betriebsmitteln von unten einzuführen.

(76) Für Kabel- und Leitungseinführungen sind Verschraubungen oder gleichwertige Dichtelemente zu verwenden. Sie dürfen die vorgeschriebene Gehäuseschutzart nicht verringern (DIN EN 60529). Reserveeinführungen (rd. 20 v. H.) sind vorzusehen.

(77) Bei Schaltschränken (Standausführung) sind die Bodenbleche geteilt und herausnehmbar sowie mit Dichtelementen auszuführen. Die vorgeschriebene Schutzart ist zu gewährleisten.

(78) Die Befestigung der Kabel und Leitungen an Kabelabfangschienen und Kabelleitern ist mit Kabelschellen auszuführen.

(79) Kabelabfangschienen sowie N- und PE-Schienen sind unten anzuordnen. An jeder Klemmstelle der N- und PE-Schienen darf nur eine Ader angeschlossen werden.

(80) Für das Anbringen der Beschriftung sind an den Schaltschrankgehäusen oberhalb der Türen über die gesamte Gehäusebreite Kopfleisten vorzusehen.

(81) Vorkehrungen zur Sicherstellung einer ausreichenden Belüftung und Wärmeabfuhr sind zu treffen und im Rahmen der Ausführungsplanung nachzuweisen.

(82) Alle Schaltanlagen, auch einzelne Schaltschränke und Verteilungen, sind mit von außen zu betätigenden Einspeiseschaltern auszurüsten. Diese Schalter sind als solche zu kennzeichnen.

(83) In jeder Schaltanlage und bei Unterverteilungen ist für Messzwecke und für den Anschluss von Schrankleuchten, Steckdosen u. ä. ein Sicherheitsabgang vor dem Einspeiseschalter vorzusehen und auf Reihenklammen zu führen. Die angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel und die Klammen sind besonders abzugrenzen und fingersicher auszuführen sowie mit Warnzeichen zu versehen, s. BGV A3.

(84) Elektrische Betriebsmittel müssen zu Funktionsgruppen zusammengefasst, gut zugänglich und so eingebaut sein, dass sie leicht auszutauschen sind. Seitenwände von Schaltschränken und Verteilungen dürfen nicht belegt werden. Für zusätzliche Bestückung sind 20 v. H. Platzreserve vorzusehen.

(85) Sammelschienen sind in Schaltanlagen und Verteilungen oben einzubauen und berührungssicher auszuführen.

(86) Bei Verteilungen in Kastenbauform sind für die Sammelschienen eigene Kästen vorzusehen.

(87) Tragschienen für Reihenklammen sind unten und waagrecht über die gesamte Schrank-/Gehäusebreite einzubauen. Eine Platzreserve von rd. 20 v. H. für den weiteren Einbau von Klammen ist vorzusehen.

(88) Die Verdrahtung der Hilfsstromkreise in Schaltschränken und Verteilungen ist in Verdrahtungskanälen, zu beweglichen Teilen in Schutzschläuchen, auszuführen. Bei rückseitig nicht zugänglichen elektrischen Betriebsmitteln muss die Verdrahtung von vorn zugänglich sein.

- (89) Es sind mehr- bzw. feindrähtige Cu-Leitungen zu verwenden. Der Mindestquerschnitt für Hilfsstromkreise muss 1,5 mm² betragen.
- (90) Bei Baugruppen/Geräten mit geringerem Anschlussquerschnitt sind diese mit mind. 0,5 mm² auszuführen.
- (91) Die Verdrahtung ist grundsätzlich schwarz auszuführen, ausgenommen Fremdspannungs- und Sonderstromkreise (z. B. orange). Es sind ausnahmslos Aderendhülsen mit Isolierung zu verwenden.
- (92) Schaltschränke und Verteilungen sind mit Klartext sowie mit den Anlagen- und Ortskennzeichen zu beschriften.
- (93) Bezeichnungsschilder sind in zweischichtigem Kunststoff – weiß mit schwarzer Schrift – zu gravieren. Ausgenommen sind Schilder, für die eine besondere Farbkennzeichnung vorgeschrieben ist. Die Schilder sind dauerhaft zu befestigen. Kleben ist nur in trockenen Räumen zugelassen.
- (94) Elektrische Betriebsmittel sowie deren Einbauplätze in Schaltschränken und Verteilungen sind entsprechend den Schaltungsunterlagen mit dauerhafter Kennzeichnung (Kurzzeichen) zu versehen.
- (95) Bedien- und Anzeigeelemente, Überwachungseinrichtungen, Schutzschalter, Sicherungen und externe elektrische Betriebsmittel sind zusätzlich mit Klartextbezeichnungsschildern zu kennzeichnen.
- (96) Meldungen sind, soweit gemäß Leistungsbeschreibung nicht anders vorgegeben, durch Leuchtmelder mit Flächen LED anzuzeigen, Prüftaster sind vorzusehen.
- (97) Stör- und Gefahrmeldungen müssen einzeln signalisiert werden. Die Quittierung muss mittels Taster erfolgen.
- (98) Reihenklempen sind von links fortlaufend anzuordnen und zu nummerieren.
- (99) Reihenklempen für Sonderstromkreise, Fremdspannungen u. ä. sind besonders zu kennzeichnen.
- (100) N- und PE-Leiter müssen an den Anschlussstellen mit der zugehörigen Kabelnummer gekennzeichnet werden nach DIN EN 62491 VDE 0040-4 Methode R.
- (101) Die Verdrahtungs-, Kabel- und Leitungsdarmen in Schaltschränken und Gehäusen sind an allen elektrischen Betriebsmitteln dauerhaft mit den Anschlusskennzeichnungen zu versehen (z. B. mit unverlierbaren Bezeichnungshülsen) nach DIN EN 62491 VDE 0040-4 Methode CL.
- (102) Kabel und Leitungen sind an beiden Enden und in Kabelschächten dauerhaft zu kennzeichnen (mit einteiligen Kabelmarkern aus Kunststoff und unverlierbaren Bezeichnungsschildern mit perforiertem Kennzeichnungstext oder gleichwertig) nach DIN EN 62491 VDE 0040-4 Methode R.
- (103) Die Beschriftung der elektrischen Betriebsmittel und die Ausführung der Blindschaltbilder werden im Rahmen der Planprüfung mit dem Auftraggeber festgelegt.
- (104) Schaltschränke sind mit einem Wandabstand von etwa 50 mm auf Stahlprofilrahmen (Grundrahmen) von etwa 100 mm Höhe aufzustellen. Die Rahmen sind vor dem Einbringen des Estrichs oder Doppelboden einzubauen.
- (105) Bei der Aufstellung über aufgeständertem Doppelboden sind davon unabhängige Unterkonstruktionen entsprechend den örtlichen Gegebenheiten vorzusehen.
- (106) Aufputzverteilungen sind auf Tragschienen (z. B. Z-Profil) mit einem Wandabstand von etwa 50 mm zu montieren.

3.4 Anschlüsse

- (107) Alle Kabel- und Leitungsdarmen sind in Schaltschränken und Verteilungen auf Reihenklempen aufzulegen, ausgenommen die Leistungskabel, die gemäß Leistungsbeschreibung direkt angeschlossen werden.
- (108) An jeder Klemmstelle einer Reihenklempen darf immer nur eine Ader angeschlossen werden.
- (109) Reihenklempen sind mindestens für den Querschnitt eines mehrdrähtigen Leiters von 2,5 mm² auszuliegen. Entsprechend ihrer Belegung sind zwischen den Gruppen Zwischenplatten oder Abstände vorzusehen.
- (110) Reihenklempen für Fremdspannungen sind durch Zwischenplatten zu begrenzen.

(111) Für Kontrollmessungen an Stromwandlern u. ä. elektrischen Betriebsmitteln sind Messtrennklemmen vorzusehen.

(112) Lichtwellenleiterkabel sind beidseitig mit allen Fasern in Spleißboxen aufzulegen. Die weiteren Verbindungen erfolgen mit Patch-Kabeln.

3.5 Netz-und Betriebsspannungen

(113) Bei der Bemessung ist von einem TN-C-Netz auszugehen, s. DIN VDE 0100-100. Vom Auftraggeber wird in der Leistungsbeschreibung festgelegt, ab welchem Netzpunkt ein TN-C-S-Netz aufzubauen ist. Die Netzspannung ist grundsätzlich: AC 3 x 400/230 V 50 Hz.

(114) Die Steuer- und Meldespannungen werden im Einvernehmen zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber aus den folgenden Spannungsreihen ausgewählt: AC 230/115/48/24 V 50 Hz bzw. DC 110/48/24 V

3.6 Streuströme

(115) Mit einer nachteiligen Beeinflussung benachbarter Anlagen muss in den Bereichen gerechnet werden, in denen sich durch die Korrosionsschutzanlage die Spannung zwischen der benachbarten Anlage und einer darüber auf den Erdboden gesetzten, nicht polarisierbaren Messelektrode (z.B. Cu/CuSO₄ gesättigt) im Mittel um 0,1 V (einschl. Ohmscher Spannungsfall im Erdboden) in positiver Richtung ändert.

Diese Beeinflussung ist durch folgende Maßnahmen zu verhindern:

- ausreichender Abstand der Fremdstromanoden von den benachbarten Anlagen.
- Einbau von Isolierschilden zwischen Anoden und Fremdanlage.
- Herstellen einer Potenzialverbindung zwischen der geschützten und der benachbarten Anlage; der Abgleichwiderstand ist so einzustellen, dass an der benachbarten Anlage beim Einschalten des kathodischen Schutzes keine Potenzialänderung in positiver Richtung eintritt.

(116) Die mögliche Beeinflussung benachbarter Anlagen (z.B. Erdungs- und Blitzschutzeinrichtungen) durch den Kathodischen Korrosionsschutz ist zu prüfen und zu dokumentieren.

3.7 Anlagensoftware

(117) In Anlehnung an die DIN EN 50128 VDE 0831-128 Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme muss bei Verwendung von speicherprogrammierbaren Steuerungen die Anlagensoftware mit entsprechenden Verfahren erstellt werden.

(118) Die zu erstellende Software muss analysierbar, testbar, verifizierbar und wartbar sein. Jedes Softwaremodul ist zu testen. Es ist zu dokumentieren, dass seine beabsichtigte Funktion erfüllt wird.

3.8 Fertigstellung der Leistung

(119) In Bezug auf die Inbetriebnahme und Überwachung des KKS ist das DVGW-Arbeitsblatt GW 10 "Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) erdverlegter Lagerbehälter und Rohrleitungen aus Stahl - Inbetriebnahme und Überwachung" zu berücksichtigen.

(120) Der Nachweis des Schutzpotenzials ist nach Installation der Kathodischen Korrosionsschutzanlagen durch mobile Kontrollmessungen zu erbringen und protokollarisch festzuhalten.

(121) Der kathodische Schutz ist erreicht, wenn die gesamte zu schützende Oberfläche ein Potenzial zwischen - 730 und - 930 mV Ag/AgCl/KCl (gesättigt) bzw. + 236 und + 36 mV Zink entsprechend - 850 und - 1050 mV Cu/CuSO₄ (gesättigt) aufweist. Überschreitungen sind wegen möglicher Beschichtungsschäden zu vermeiden.

(122) Als Bezugs Elektroden zur Ermittlung der Ruhepotenziale sowie zur Kontrolle der Potenzialverteilung und der Schutzwirkung sind konstante Elektroden, z. B. Zink 99,5, Ag/AgCl/KCl (gesättigt) einzusetzen. Für den kurzzeitigen Einsatz zur Kontrolle der Funktion und Eichung der Messelektroden können Cu/CuSO₄ (gesättigt) Elektroden verwendet werden. Für Meerwasser gelten die Grenzwerte nach DIN EN 12473. Das Potenzial der eingesetzten Bezugs Elektroden, bezogen auf Standard Wasserstoffelektrode bei 20°C, ist anzugeben.

(123) Der Probetrieb ist nach den unbeanstandet ausgeführten Funktionsprüfungen unter Betriebsbedingungen, Zeitraum nach Angabe des Auftraggebers, in allen Betriebsarten durchzuführen.

(124) Der Probetrieb muss durch Personal des Auftraggebers begleitet werden.

(125) Das Bedienungs- und Wartungspersonal des Betreibers ist vor dem Probetrieb in die Anlagenteile einmal einzuweisen. Für die Einweisung sind entsprechende Unterweisungsunterlagen aufzustellen und dem Personal auszuhändigen. Die Einweisung ist zu dokumentieren.

(126) Voraussetzung für die Abnahme ist ein erfolgreicher Probetrieb.

3.9 Bestandsunterlagen (ergänzende spezifische Regelungen zu den ZTV-W LB 202)

(127) Zu den Bestandsunterlagen gehören insbesondere:

- Funktionsbeschreibung der Kathodischen Korrosionsschutzanlage
- Prüf- und Mess- und Einstellprotokolle für KKS Anlagen
- Wartungsanweisungen, Unterlagen für die planmäßige Unterhaltung

zusätzlich beim Fremdstromverfahren:

- Prüf- und Mess- und Einstellprotokolle für elektrotechnische Ausrüstungen
- Ablaufplan der funktionalen Zusammenhänge
- Softwareprogrammausdruck mit ausführlichen Kommentaren und Querverweisen und mit Liste aller Prozessparameter
- Softwareprogramme auf digitalen Datenträgern nach Angabe des Auftraggebers mit Beschriftung und Firmenetikett
- Lizenzen der eingesetzten Software
- Installationspläne (Ortsangaben der Betriebsmittel in Räumen)
- Elektrotechnische Berechnungen (z. B. Selektivitäts-, Kurzschlussstrom-, Spannungsfall-Berechnungen)
- Kabeltrassen im Außenbereich, Kabelverlegesysteme im Gebäude

4 Nebenleistungen, Besondere Leistungen (zu Nr. 4)

4.1 Nebenleistungen

sind ergänzend zur ATV DIN 18299, Abschnitt 4.1 insbesondere:

(128) Anzeichnen der Schlitze und Durchbrüche, auch wenn diese von einem anderen Unternehmer ausgeführt werden.

(129) Auf- und Abbau sowie Vorhalten der Gerüste, deren Arbeitsbühnen nicht höher als 2,00 m über Gelände oder Fußboden liegen.

(130) Bohr-, Stemm- und Fräsarbeiten für das Einsetzen von Dübeln und für den Einbau von Installationsmaterial, z. B. Unterputzdosen.

4.2 Besondere Leistungen

sind ergänzend zur ATV DIN 18299, Abschnitt 4.2 insbesondere:

(131) Vorhalten von Aufenthalts- und Lagerräumen, wenn der Auftraggeber Räume, die leicht verschließbar gemacht werden können, nicht zur Verfügung stellt.

(132) Auf- und Abbauen sowie Vorhalten der Gerüste, deren Arbeitsbühnen mehr als 2,00 m über Gelände oder Fußboden liegen.

(133) Liefern und Einbauen besonderer Befestigungsstrukturen, z. B. Konsolen, Stützgerüste.

(134) Bohr-, Stemm- und Fräsarbeiten für die Befestigung von Konsolen und Halterungen. Herstellen und Verschließen von Schlitzen sowie Durchbrüchen.

(135) Liefern und Befestigen der Funktions-, Bezeichnungs- und Hinweisschilder, die über den Umfang der Abschnitte 2.1.2 und 3.3 hinausgehen.

(136) Provisorische Maßnahmen zum vorzeitigen Betreiben der Anlage oder von Anlagenteilen vor der Abnahme auf Anordnung des Auftraggebers einschließlich der erforderlichen Wartungs- und Überholungsleistungen.

(137) Betreiben der Anlage oder von Anlagenteilen vor der Abnahme auf Anordnung des Auftraggebers.

- (138) Leerrohrplanung und die Planung von Schlitzten und Durchbrüchen.
- (139) Kabelträger nach Ziffer 36, mechanischer Schutz nach Ziffer 37 und Brandschotte nach Ziffer 38.
- (140) Weitere Systeme zur Messwerterfassung nach Ziffer 44 und Isolationsüberwachung nach Ziffer 45.
- (141) Ausführungsunterlagen nach Ziffer 64.
- (142) Potenzialausgleich nach Ziffer 67.
- (143) Spleißboxen, Anschlussarbeiten und Patchkabel nach Ziffer 112.
- (144) Anlagensoftware nach Ziffer 117 und 118.
- (145) Schulungsmaßnahmen und Einweisungen über Ziffer 125 hinaus.
- (146) Bestandsunterlagen nach Ziffer 127.

5 Abrechnung (zu Nr. 5)

ergänzend zur ATV DIN 18299 Abschnitt 5, gilt für die Abrechnung:

- (147) Der Ermittlung der Leistung - gleichgültig, ob sie nach Zeichnung oder nach Aufmass erfolgt - sind die tatsächlichen Maße der Anlagenteile zugrunde zu legen.
- (148) Kabel, Leitungen, Drähte, Rohre und Kanäle sind nach der tatsächlich verlegten Länge, z. B. von Klemmstelle zu Klemmstelle, abzurechnen. Verschnitt bleibt unberücksichtigt.

Anhang 1: Zusammenstellung der zitierten Dokumente

ATV DIN 18299	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art
BGV A3	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
DIN 1961 VOB/B	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen
DIN 4102-9	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Kabelabschottungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 17850	Titan; Chemische Zusammensetzung
DIN 19704-3	Stahlwasserbauten; Elektrische Ausrüstung
DIN 43781	Messen, Steuern, Regeln; Elektrische Messgeräte; Direkt wirkende elektrische Schreiber einschließlich elektrischem Zubehör
DIN EN 10025	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen; Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle
DIN EN 10204	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen
DIN EN 12438	Magnesium und Magnesiumlegierungen - Magnesiumlegierungen für Gussanoden
DIN EN 12473	Allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes in Meerwasser
DIN EN 50128 (VDE 0831-128)	Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme
DIN EN 50178 (VDE 0160)	Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln
DIN EN 60051	Direkt wirkende anzeigende elektrische Messgeräte und ihr Zubehör - Messgeräte mit Skalanzeige
DIN EN 60204 (VDE 0113)	Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen
DIN EN 60529 (VDE 0470)	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
DIN EN 61000-6-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-2: Fachgrundnormen - Störfestigkeit für Industriebereiche
DIN EN 61000-6-3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-3: Fachgrundnormen - Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe
DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1)	Dokumente der Elektrotechnik – Teil 1: Regeln
DIN EN 62305 (VDE 0185)	Blitzschutz
DIN EN 62491 (VDE 0040-4)	Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte – Beschriftung von Kabeln/Leitungen und Adern
DIN VDE 0100	Errichten von Niederspannungsanlagen
DIN VDE 0100-100	Errichten von Niederspannungsanlagen- Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe
DIN VDE 0100-410	Errichten von Niederspannungsanlagen- Teil 4-41: Schutzmaßnahmen- Schutz gegen elektrischen Schlag

DVGW GW 10	Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) erdverlegter Lagerbehälter und Rohrleitungen aus Stahl - Inbetriebnahme und Überwachung
DVGW GW 11	Qualifikationsanforderungen für die Zertifizierung von Fachunternehmen des kathodischen Korrosionsschutzes
MIL-A-18001K	Military Specification Anodes, Sacrificial Zinc Alloy (opfernde Zink Metalllegierung)
MKKS	Merkblatt Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau
VG 81257	Kathodischer Korrosionsschutz von Schiffen- Galvanische Anoden- Maße, Massen, Kennwerte und Werkstoffe
VG 81259-3	Kathodischer Korrosionsschutz von Schiffen; Außenschutz durch Fremdstrom; Anoden, Schutzschild, Elektroden, Messtechnik
ZTV-W LB 202	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Technische Bearbeitung (Leistungsbereich 202)
Zugelassene Systeme	Liste der zugelassenen Systeme; www.baw.de

Ergänzende Literatur:

DIN EN 12473	Allgemeine Grundsätze des kathodischen Korrosionsschutzes in Meerwasser
DIN EN 12495	Kathodischer Korrosionsschutz von ortsfesten Offshore-Anlagen aus Stahl
DIN EN 12954	Kathodischer Korrosionsschutz von metallenen Anlagen in Böden und Wässern

Bezugsquellen:

DIN-Normen, VG Normen, VDE-Vorschriften:
Beuth Verlag GmbH,
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

DVGW-Arbeitsblätter:
Deutsche Vereinigung des Gas-und Wasserfaches e.V.
Josef-Wirmer-Str. 1-3, 53123 Bonn

MKKS:
Bundesanstalt für Wasserbau
Bibliothek
Postfach 210253
76152 Karlsruhe

Anhang 2: Stichwortverzeichnis

A		K	
Abnahme	(125)(135)(136)	Kabel	
Ankerschienen	(36)	- ader	(100)(106)
Anlagensoftware	(55)(116)(143)	- böden	(36)
Anoden	(7)(11)(17)(63)(117)	- durchführung	(38)
- Fremdstrom	(15)(114)	- einföhrung	(75)
- Galvanisch	(8)(13)	- kanäle	(36)
- Magnetit	(15)(17)	- pritschen	(36)
Anodenhalterung	(9)(11)	- rinnen	(36)
Anodenkopf	(18)	- schutzrohre	(36)
Anodenkopfisolierung	(19)	- träger	(36)(138)
Anodenkörper	(10)	Kathodenkabel	(58)
Anodenlegierung	(11)	Kontrollmessungen	(110)(119)
Anodenstrom	(23)		
Anschlusswert > 3 kW	(26)	L	
Anzeigeelement	(94)	Leerlaufspannung	(70)
Aufputzverteilungen	(105)	Leistungskabel	(34)(106)
		Leistungsschalter	(29)(31)
B		Leitungen	(35)(36)(37)(39)(74)(77)(88)
Brandschott	(138)		(101)(147)
Befestigungsmaterial	(17)(49)(50)	Leitungsadern	(100)(106)
Beschriftung	(79)(102)(126)	Leitungseinföhrungen	(75)
Betriebsmittel	(28)(49)(53)(71)(74)(82)(83)	Leuchtmelder	(95)
	(87)(93)(94)(100)(102)(110)		
Bezeichnungsschilder	(92)(101)	M	
Bezugselektroden	(121)	Magnetit	(15)(17)
Blechdicke	(48)	Meldespannung	(113)
		Messelektroden	(60)(62)(121)
C		Messwertanzeige	(43)
		Mindestquerschnitt	(88)
D		Mischoxid	(15)
		N	
E		Netzanschlüsse	(25)
Einspeiseschalter	(31)(81)(82)	Netzspannung	(112)
Einspeisungen	(25)	Niob	(15)(16)
Elektroden	(61)(121)		
Elektrolytlösung	(16)(19)	O	
		P	
F		Platin	(15)
Fremdspannungen	(98)(109)	Potenzial	(23)(46)(60)(61)(62)(120)(121)
		Potenzialausgleich	(72)(141)
G		Prüftaster	(95)
Gefahrmeldungen	(96)		
Gleichrichtertreibspannung	(16)	Q	
Gleichstromseite	(70)	Quittierung	(96)
H		R	
Haupteinspeisungen	(41)	Regeleinrichtung	(60)
Haupterdungsschiene	(67)	Reihenklemmen	(82)(86)(97)(98)(106)(108)
Hilfsstromkreise	(32)(87)		(109)
Hohlanoden	(17)	Restwelligkeit	(20)(70)
		Ruhepotenziale	(8)(121)
I			
Inbetriebnahme	(118)		
Isolierstoffgehäuse	(73)		
J			

S

Sammelschienen	(84)(85)
Schaltanlage	(67)(81)(82)(84)
Schaltchränke	(25)(48)(74)(76)(81)(83) (87)(91)(93)(100)(103)(106)
Schlüsselsteuerschalter	(30)
Schnittstelle	(47)
Schraubverbindungen	(12)
Schutzmaßnahmen	(70)(72)
Schutzpotenzial	(23)(119)
Schutzstromgeräte	(21)(23)(26)(60)
Schutzstromkreis	(59)
Sicherungen	(94)
Signalstromkreise	(47)
Sonderstromkreis	(90)(98)
Spannungsmesser	(41)
Spannungsreihen	(113)
Stahlprofilrahmen	(103)
Steigetrassen	(36)
Stellungsmelder	(29)
Steuertransformator	(27)(45)
Störmeldungen	(23)
Stromwandler	(43)(110)
T	
Tragschienen	(86)(105)
Trennfunkstrecke	(72)

U

Unterkonstruktionen	(104)
Unterverteilung	(82)
Übergangswiderstand	(11)
Überspannungen	(69)
Überspannungsschutzeinrichtung	(21)
V	
Verdrahtung	(87)(90)
Verdrahtungsadern	(100)
Verdrahtungskanäle	(87)
Verschraubungen	(75)
Verteilungen	(25)(67)(73)(74)(81)(83) (84)(85)(87)(91)(93)(106)
W	
Wendelanode	(17)
Y	
Z	
Zinkmesselektrode	(24)
Zwischenplatten	(108)(109)