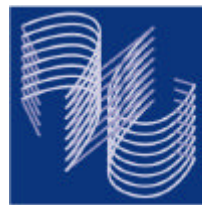


Korrosionsschutz an Freileitungsmasten



DVG

DEUTSCHE
VERBUNDGESELLSCHAFT

2. Ausgabe 1999

Herausgeber:

Deutsche Verbundgesellschaft e.V.

- DVG -

Ziegelhäuser Landstraße 5

69120 Heidelberg

Tel.: 06221/4037-0

Fax: 06221/4037-71

E-Mail: info@dvg-heidelberg.de

copyright:

DVG, Heidelberg

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt vor allem für Vervielfältigungen in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren), Übersetzungen oder die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

September 1999

Vorwort

Zur Gewährleistung einer sicheren und zuverlässigen Energieversorgung gehört auch die Instandhaltung der Erzeugung-, Übertragungs- und Verteilungsanlagen. Die Übertragung elektrischer Energie erfolgt in der Regel über Freileitungen mit Stahlgittermasten. Diese sind je nach Standort unterschiedlichen Umwelteinflüssen ausgesetzt und unterliegen dementsprechend z. T. starker korrosiver Belastung. Deshalb werden Freileitungstahlgittermaste durch metallische Überzüge (Feuerverzinkung) und/oder durch organische Beschichtungen (Farbanstrich) vor Korrosion geschützt (Grund-/Deckbeschichtung). Grundbeschichtungen haben die Aufgabe, die Stahloberfläche gegen Korrosion zu schützen, Deckbeschichtungen sollen die Einwirkungen aggressiver Stoffe auf die Grundbeschichtung einschränken und deren vorzeitigen Abbau verhindern.

Die Erhaltung einer ausreichenden Belastungsfähigkeit der feingliedrigen Mastkonstruktion erfordert, insbesondere unter Berücksichtigung der langen Nutzungsdauer, regelmäßige Korrosionsschutzmaßnahmen. Gemäß DIN EN ISO 12944-1 muß der Korrosionsschutz auf die zu erwartende Korrosionsbelastung und die Nutzungsdauer des Objektes abgestimmt sein.

Da sich Ersatzinvestitionen heute immer schwerer realisieren lassen, erhält der Korrosionsschutz an Freileitungsmasten eine ständig höhere Bedeutung. Hinzu kommt das stark gestiegene Umweltbewußtsein und die Verschärfung entsprechender Vorschriften und Auflagen. Aber Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungsmasten sind zwangsläufig mit Emissionen in Form von Stäuben, Strahlschutt bzw. Altbeschichtungsrückständen, Farbtropfen bzw. -nebeln und Lösemitteldämpfen verbunden. Darüber hinaus sind Korrosionsschutzarbeiten in weiten Bereichen "Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile" und werden in der Regel nicht von Elektrofachfirmen ausgeführt. Daraus resultieren vielfältige Probleme bei der Umsetzung der Anforderungen an den Umweltschutz, die Arbeitssicherheit und an die Qualität der Arbeitsausführung.

Die in diesem Ringbuch zusammengestellten Empfehlungen geben deshalb Hinweise zur Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungsmasten. Die Empfehlungen beinhalten Anforderungen zur Ausführung von Beschichtungsarbeiten sowie vorbereitende Tätigkeiten vor Ort und berücksichtigen wesentliche Aspekte, wie z. B. Umweltschutz, Arbeitssicherheit und Qualitätssicherung.

Auch werden die Anforderungen aus einschlägigen Vorschriften, Normen und Empfehlungen aufgezeigt und Hinweise aus der Praxis gegeben.

Anwendungsbereich

Die nachfolgenden Empfehlungen wurden im Rahmen der DVG von einer Arbeitsgruppe erarbeitet, die sich mit dem Korrosionsschutz an Freileitungsmasten der Spannungsebenen 110 kV bis 380 kV beschäftigt hat.

Die Empfehlungen berücksichtigen die typischen Bauweisen und die besonderen Anforderungen an die Betriebsführung dieser Spannungsebenen. Insbesondere die Empfehlungen zur Arbeitssicherheit (5) und zur Qualifikation (7) sind vor diesem Hintergrund zu sehen.

Dagegen sind die Empfehlungen zum Umweltschutz, zur Feuerverzinkung, zu den Beschichtungsstoffen und zur Qualitätssicherung auch auf Stahlgittermasten anderer Spannungsebenen anwendbar.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Empfehlungen der DVG-Unternehmen
Februar 1982; Überarbeitung: September 1999**

- 2 Hinweise zur Berücksichtigung des Umweltschutzes bei
der Strahlentrostung
Mai 1986; Überarbeitung: September 1999**

- 3 Sachstandsbericht über lösemittelarme Beschichtungsstoffe
März 1987; Überarbeitung: September 1999**

- 4 Anforderungen an die Oberfläche feuerverzinkter Mastbauteile
für nachfolgende Beschichtungen
Februar 1989; Überarbeitung: September 1999**

- 5 Maßnahmen zur Arbeitssicherheit
Juni 1989; Überarbeitung: September 1999**

- 6 Hinweise zur Vermeidung von Umweltschäden
Oktober 1991; Überarbeitung: September 1999**

- 7 Anforderungen an die Qualifikation der beteiligten Firmen
und Personen
September 1994; Überarbeitung: September 1999**

- 8 Zustandserfassung, Qualitätssicherung und Gewährleistung
Dezember 1995; Überarbeitung: September 1999**

1

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

- Empfehlungen der DVG-Unternehmen -

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

Februar 1982

Überarbeitung: September 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Allgemeines	1
1.1 Korrosionsschutz von verzinkten Freileitungsmasten	1
1.1.1 Beschichtung zum frühestmöglichen Zeitpunkt	1
1.1.2 Beschichtung zu einem späteren Zeitpunkt (gezielte Bewitterung)	2
1.2 Korrosionsschutz von unverzinkten Freileitungsmasten	2
2 Erstbeschichtungen	2
2.1 Oberflächenvorbereitung	2
2.1.1 Verzinkte Flächen	2
2.1.2 Unverzinkte Flächen	3
2.2 Beschichtungsstoffe und Verarbeitung	3
2.2.1 Verzinkte Flächen	3
2.2.2 Unverzinkte Flächen	4
3 Instandsetzungsbeschichtungen	4
3.1 Zeitpunkt der Instandsetzung	4
3.1.1 Verzinkte Flächen	4
3.1.2 Unverzinkte Flächen	4
3.2 Oberflächenvorbereitung	4
3.2.1 Verzinkte Flächen	4
3.2.2 Unverzinkte Flächen	5
3.3 Beschichtungsstoffe und Verarbeitung	5
3.3.1 Verzinkte Flächen	5
3.3.2 Unverzinkte Flächen	5
4 Beschichtung im Fundamentbereich	6
5 Überwachung und Prüfung der Beschichtungsarbeiten	6
5.1 Schichtdickenmessungen und Schichtdickenmeßgeräte	6
5.1.1 Zerstörungsfreie Messungen	7
5.1.2 Zerstörende Messungen	7
5.1.3 Naßfilmdickenmessungen	7
6 Kontrollflächen	8
7 Zitierte Normen	8

1 Allgemeines

In der Atmosphäre sowie in Wässern und in Böden unterliegt ungeschützter Stahl in Gegenwart von Sauerstoff und Wasser der Korrosion.

Der Korrosionsschutz muß auf die zu erwartende Korrosionsbelastung und die Nutzungsdauer des Objektes abgestimmt sein.

"Ein Korrosionsschutzsystem ist im allgemeinen umso wirtschaftlicher, je länger die damit erzielte Schutzdauer ist, weil dadurch der Umfang der Instandsetzungs- oder Erneuerungsarbeiten während der Nutzungsdauer des Bauwerks auf ein Minimum reduziert wird"

(DIN EN ISO 12944-1).

In der Regel setzt sich ein Korrosionsschutzsystem aus Grund- und Deckbeschichtungen zusammen. Grundbeschichtungen haben die Aufgabe, die Stahloberfläche gegen Korrosion zu schützen, Deckbeschichtungen sollen die Einwirkung aggressiver Stoffe auf die Grundbeschichtung einschränken und deren vorzeitigen Abbau verhindern.

Die Feuerverzinkung übernimmt die Funktion der Grundbeschichtung.

1.1 Korrosionsschutz von verzinkten Freileitungsmasten

Im Freileitungsbau hat sich in den vergangenen Jahrzehnten die Verwendung verzinkter Konstruktionsteile durchgesetzt. Durch zusätzliche Beschichtungen wird der natürliche Abbau des Zinks in der Atmosphäre verzögert. Für die Beschichtung von verzinkten Masten haben sich zwei Verfahren als zweckmäßig erwiesen. Welchem Verfahren der Vorzug zu geben ist, hängt von den örtlichen und betrieblichen Gegebenheiten ab.

1.1.1 Beschichtung zum frühestmöglichen Zeitpunkt

Um den Korrosionsschutz der Feuerverzinkung weitgehend zu erhalten, wird der Zinküberzug so früh wie möglich durch eine Deckbeschichtung geschützt.

Auf diese Weise wird eine von Umwelteinflüssen relativ wenig verschmutzte Oberfläche bearbeitet, und als Deckbeschichtung sind Zweischichtsysteme bzw. bei geringer korrosiver Belastung auch Einschichtsysteme ausreichend.

Systembedingte Dünn- und Fehlstellen können in geringem Umfang in Kauf genommen werden; in diesen Bereichen kann die Zinkschicht früher oder später allein den Korrosionsschutz übernehmen. Bei einer späteren vollflächigen Instandsetzungsbeschichtung werden

die Schwachstellen überstrichen, der Korrosionsschutzwert des Zinküberzuges bleibt in ausreichendem Umfang erhalten.

1.1.2 Beschichtung zu einem späteren Zeitpunkt (gezielte Bewitterung)

Die Abbaugeschwindigkeit des ungeschützten Zinküberzuges ist abhängig von der Aggressivität der jeweiligen Atmosphäre. Zum Beschichtungszeitpunkt soll noch eine geschlossene Zinkschicht vorhanden sein. Die Festlegung des richtigen Beschichtungszeitpunktes erfordert eine systematische Überwachung des Zinkabbaues. Hierbei ist die durch die verschiedenen Profilstärken und Stahlqualitäten unterschiedliche Dicke des Zinküberzuges zwischen 70 und ca. 200 µm zu beachten (DIN 50 976).

1.2 Korrosionsschutz von unverzinkten Freileitungsmasten

Die Verwendung unverzinkter Mastkonstruktionen entspricht nicht mehr dem Stand der Technik und dürfte auf unbedeutende Ausnahmefälle beschränkt bleiben.

2 Erstbeschichtungen

2.1 Oberflächenvorbereitung

Wirksamkeit und Schutzdauer von Korrosionsschutzmaßnahmen auf Stahlbauten hängen unter anderem in entscheidendem Maße von einem an das Beschichtungssystem angepassten Vorbereitungsgrad der Oberflächen ab (DIN EN ISO 12944-4).

2.1.1 Verzinkte Flächen

Die Oberflächenvorbereitung von nicht bzw. nur kurzzeitig bewitterten Flächen beschränkt sich in der Regel auf das Entfernen von Transport- und Montageverunreinigungen. Verunreinigungen und ggf. Moosansätze sind trocken abzubürsten oder mit Druckwasserstrahlgeräten zu entfernen.

Bei Behandlung mit Mikrobiziden ist sorgfältiges Nachwaschen erforderlich. Weißrost, der sich z.B. bei ungünstigen Stapelbedingungen schon kurzfristig bilden kann, muß entfernt werden. Bei längerer Bewitterung ist die gesamte Oberfläche mit einer Stahlbürste zu reinigen. Transport- und Montageschäden der Feuerverzinkung sind mit geeigneten Zinkstaubbeschichtungsstoffen auszubessern.

2.1.2 Unverzinkte Flächen

Als Oberflächenvorbereitung ist eine Strahlentrostung im Herstellerwerk, Vorbereitungsgrad Sa 2½ nach DIN EN ISO 12944-4, anzustreben. Anschließend ist eine passivierende Grundbeschichtung aufzubringen.

2.2 Beschichtungsstoffe und Verarbeitung

Die Beschichtungsstoffe sind mit der Knolle oder dem Ringpinsel so aufzutragen, daß alle Stellen eine gleichmäßige Schichtdicke erhalten.

Schlecht zugängliche Stellen sind mit dafür geeigneten Pinseln zu beschichten.

Dickschichtige Beschichtungsstoffe dürfen nicht ausgestrichen werden. Sie sind in gleichmäßiger Schicht satt aufzutragen.

Für die Ausführung der Beschichtung gilt DIN EN ISO 12944-7, Abschnitt 5.

2.2.1 Verzinkte Flächen

Es steht heute eine Vielzahl von Beschichtungsstoffen mit haftvermittelnden Eigenschaften für die Beschichtung sowohl bewitterter als auch unbewitterter Zinküberzüge zur Verfügung. Für die Beschichtung nicht bzw. nur kurzzeitig bewitterter Zinküberzüge werden in der Regel Ein- oder Zweischichtsysteme, nach längerer Bewitterung Zweischichtsysteme verwendet. In der Tabelle A.9 der DIN EN ISO 12944-5 sind bei Einschichtsystemen Sollschichtdicken von 80 µm vorgesehen. Mit der Mindestzinkschichtdicke von 70 µm ergibt sich eine Gesamtschichtdicke des Korrosionsschutzsystems von mindestens 150 µm.

Bei Zweischichtsystemen werden Gesamtschichtdicken von 190 bis 230 µm erreicht.

Die besonderen Bedingungen bei der Applikation (Objektart, schmale Profile, Temperatur- und Windempfindlichkeit, Qualifikation der Anstreicher) erfordern besonders beim Einschichtsystem speziell angepaßte und in der Praxis erprobte Beschichtungsstoffe.

2.2.2 Unverzinkte Flächen

Sind unverzinkte Flächen mit einer Erstbeschichtung zu versehen, erfolgt die Auswahl des Beschichtungssystems nach DIN EN ISO 12944-5.

3 Instandsetzungsbeschichtungen

3.1 Zeitpunkt der Instandsetzung

Die Abwitterung erfolgt sowohl auf dem einzelnen Mast als auch innerhalb einer Strecke ungleichmäßig. Die stärker abgewitterten Flächen sind maßgebend für den Zeitpunkt der Instandsetzung.

3.1.1 Verzinkte Flächen

Wurde die Erstbeschichtung auf nicht bzw. nur kurzzeitig bewitterte Zinküberzüge aufgebracht, ist eine Instandsetzungsbeschichtung erst dann erforderlich, wenn ca. 20 % der Beschichtung Schichtdicken gegen null erreicht haben. Wurde die Erstbeschichtung als Einschichtsystem auf länger bewitterte Zinküberzüge aufgebracht, sollte dann instandgesetzt werden, wenn die ersten Zinkflächen erkennbar werden. Bei Zweischichtsystemen kann die Deckbeschichtung weitgehend abwittern, die farblich abgesetzte Grundbeschichtung soll jedoch noch einen geschlossenen Film aufweisen.

3.1.2 Unverzinkte Flächen

Instandsetzungsbeschichtungen werden erforderlich bei starker Verrostung und/oder bei Abwitterung der Deckbeschichtungen.

3.2 Oberflächenvorbereitung

3.2.1 Verzinkte Flächen

Nicht ausreichend haftende Beschichtungen sind z.B. mit dem Spachtel und ggf. mit dem Schwedenschaber zu entfernen. Verunreinigungen, Abbauprodukte der Altbeschichtungen sowie die losen Korrosionsprodukte des Zinks und die Braunverfärbungen aus den Eisenzinklegierungsschichten sind durch vollflächiges, sorgfältiges Abbürsten zu entfernen.

Insbesondere bei durch Vogelkot verschmutzten Masten sowie bei Moos- und Algenbefall hat sich die Druckwasserreinigung bewährt.

3.2.2 Unverzinkte Flächen

Die in der Regel auszuführende Handentrostung muß mindestens den Vorbereitungsgrad St 2 nach DIN EN ISO 12944-4, erreichen. Nicht ausreichend haftende Beschichtungen sind z. B. mit dem Spachtel und ggf. mit dem Schwedenschaber zu entfernen. Darüber hinaus sind sämtliche Verunreinigungen und die Abbauprodukte der Altbeschichtungen sorgfältig abzubürsten.

Bei starker lokaler Verrostung, z.B. in den Anschlußstellen bei Verrostungsgrad Ri 4 - 5 nach DIN 53 210, bei umfangreichen Spannungsrissen in den Altbeschichtungen bzw. bei in größerem Umfang auftretenden Haftungsmängeln der Altbeschichtungen ist, soweit es die örtlichen Bedingungen an den Masten zulassen, eine Strahlentrostung durchzuführen. Hierbei ist der Vorbereitungsgrad PSa 2½ nach DIN EN ISO 12944-4, anzustreben.

3.3 Beschichtungsstoffe und Verarbeitung

3.3.1 Verzinkte Flächen

Bei der Instandsetzungsbeschichtung kann in Abhängigkeit vom Zustand der Oberfläche der Altbeschichtungen und des Untergrundes eine teilweise oder ganzflächige Grundierung zweckmäßig sein. Im übrigen werden in der Regel die gleichen Beschichtungsstoffe im gleichen Schichtdickenbereich wie bei der Erstbeschichtung verwendet.

3.3.2 Unverzinkte Flächen

Bei Handentrostung wird die Grundbeschichtung in der Regel gefleckt. Wird eine Zwischenbeschichtung vorgesehen, kann diese ebenfalls gefleckt oder vollflächig aufgebracht werden. Auf strahlentrostete Flächen sind Grund- und Zwischenbeschichtungen vollflächig aufzutragen.

Zahl und Art der Deck- bzw. Zwischenbeschichtungen sind nach DIN EN ISO 12944-5 auszuwählen.

4 Beschichtung im Fundamentbereich

Einwandfreie Betonoberflächen erfordern keine Schutzbeschichtungen.

Es empfiehlt sich, die Profile mit einem Fußzonenschutz aus rißüberbrückender dauerelastischer Beschichtung zu versehen, die auch auf Teile der sichtbaren Betonfläche ausgedehnt werden kann.

Nicht mit Beton ummantelte Stahlteile müssen in der Erdübergangszone mindestens 60 cm tief freigeschachtet, nach Reinigung und Entrostung je nach Zustand grundiert und mit zwei bis drei Schichten Schutzanstrich versehen werden. Dieser Korrosionsschutz sollte 30-50 cm über EOK hochgezogen werden.

(Auswahl des Beschichtungssystems nach DIN ISO EN 12944-5, Tabelle A.8)

Die Instandsetzungsintervalle sind abhängig von den örtlichen Gegebenheiten (Grundwasserstand, Aggressivität der Böden usw.).

5 Überwachung und Prüfung der Beschichtungsarbeiten

"Technisch zufriedenstellende Ergebnisse setzen voraus, daß die Arbeitsausführung in allen Arbeitsgängen überwacht wird. Der Auftragnehmer ist daher zur gewissenhaften Eigenüberwachung verpflichtet.

Eine zusätzliche Kontrolle durch den Auftraggeber ist zweckmäßig" (DIN EN ISO 12944-6).

Bei Mastbeschichtungen sollte grundsätzlich jeder Arbeitsgang nach Prüfung und vor Inangriffnahme des nächsten Arbeitsganges vom Beauftragten des Auftraggebers freigegeben werden. Bei Mängeln ist vor dem nächsten Arbeitsgang die Nachbesserung durchzuführen. Es sind Schichtdickenmessungen (Naß- und Trockenschicht) durchzuführen sowie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Taupunkt zu kontrollieren.

5.1 Schichtdickenmessungen und Schichtdickenmeßgeräte

Wegen der erschwerten Anwendungsbedingungen an Freileitungsmasten sollten Prüfgeräte für die Schichtdickenmessung einfach zu handhaben sein. Elektronische Geräte mit Meßwertspeichern erleichtern die Messungen.

Schichtdickenmessungen dienen der Kontrolle der Schichtdicke, der Gleichmäßigkeit der Schichtdickenverteilung sowie der Überwachung des Materialverbrauchs (Ergiebigkeit).

Falls nicht anders vereinbart, sind Einzelwerte der Trockenschichtdicke, die 80 % der Sollsichtdicke unterschreiten, nicht zulässig. Einzelwerte zwischen 80 % und 100 % der Sollsichtdicke sind zulässig, vorausgesetzt, daß der Mittelwert aller Meßergebnisse gleich der Sollsichtdicke oder größer ist und keine andere Vereinbarung getroffen wird.

5.1.1 Zerstörungsfreie Messungen

Die magnetischen Verfahren können zur zerstörungsfreien Messung von nichtmagnetischen Schichten auf magnetischen Grundwerkstoffen eingesetzt werden (DIN EN ISO 2178), z.B. Verzinkung auf Stahl bzw. Beschichtung plus Verzinkung auf Stahl.

Das Wirbelstromverfahren wird zur zerstörungsfreien Schichtdickenmessung von elektrisch nicht leitenden Schichten auf nichtferromagnetischem Grundmetall eingesetzt (DIN EN ISO 2360), z.B. Beschichtung auf Zink bzw. Aluminium oder auf verzinktem Stahl.

5.1.2 Zerstörende Messungen

Keilschnittverfahren:

Das Keilschnittverfahren ist zur Messung der Dicke von Beschichtungen einsetzbar. Bei mehrschichtigen Beschichtungssystemen kann, sofern sich diese im Farbton unterscheiden, auch die Dicke der Einzelschichten gemessen werden (DIN 50 986).

5.1.3 Naßfilmdickenmessungen

Das Verfahren der Naßfilmdickenmessungen ist für alle frisch aufgetragenen und noch nicht getrockneten Beschichtungen geeignet.

Es dient der Kontrolle der Schichtdicke während der Ausführung und ist zur Abnahme nicht geeignet. Die Messung von Naßfilmdicken ist nicht genormt. Näheres ist jedoch in der DIN EN ISO 3882-2, enthalten.

6 Kontrollflächen

"Kontrollflächen sind geeignete Flächen am Bauwerk, die angelegt werden, um einen akzeptierten Ausführungsstandard der Arbeiten darzustellen, um zu bestätigen, daß Angaben eines Herstellers oder Auftragnehmers richtig sind und um das Verhalten der Beschichtung zu jedem Zeitpunkt nach ihrer Fertigstellung zu beurteilen" (DIN EN ISO 12944-7).

Die Vertragspartner sollten die Nutzung der Kontrollflächen für Gewährleistungszwecke vereinbaren.

Anlegen und Auswerten der Kontrollflächen ist nach DIN EN ISO 12944-7 vorzunehmen.

Die Zahl der Kontrollflächen richtet sich nach der Verschiedenartigkeit der Umweltbelastung (Streckenlänge, Wald- und Ackerbereiche, Höhenlagen, Küstennähe, Industriebelastung usw.).

Die Kontrollflächen sollten in mittlerer Masthöhe liegen und der durchschnittlich korrosiven Belastung des Abschnittes ausgesetzt sein.

7 Zitierte Normen

DIN 50 976	Feuerverzinken von Einzelteilen
DIN EN ISO 2178	Messen der Schichtdicke - Magnetverfahren
DIN EN ISO 2360	Messen der Schichtdicke - Wirbelstromverfahren
DIN EN ISO 3882	Metallische und andere anorganische Schichten - Verfahren der Schichtdickenmessung -
DIN ISO 8504, Teil 1-3 (Entwurf)	Verfahren für die Oberflächenvorbereitung
DIN 50 986	Messung von Schichtdicken - Keilschnittverfahren -
DIN 53 210 (Entwurf)	Beurteilung von Beschichtungsschäden - Bezeichnung des Rostgrades -
DIN EN ISO 12944, Teil 1-8	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungs- systeme

2

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

**- Hinweise zur Berücksichtigung des
Umweltschutzes bei der Strahlentrostung -**

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

Mai 1986

Überarbeitung: September 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Allgemeines	1
2 Einsatzkriterien für die Strahlentrostung	1
2.1 Oberflächenzustand	1
2.2 Maststandorte	2
2.3 Konstruktionsart	2
2.4 Wirtschaftlichkeit	2
3 Reinheitsgrad und Umfang der Strahlentrostung	2
3.1 Partielle Strahlentrostung Vorbereitungsgrad PSa 2½	2
3.2 Ganzflächige Strahlentrostung Vorbereitungsgrad Sa 2½	2
4 Vorbereitung zur Strahlentrostung	3
4.1 Analysen vor der Ausführung	3
4.2 Anhaltswerte für zulässige Schadstoffbelastungen	3
4.3 Information der Anlieger	3
5 Ausführung der Strahlentrostung	3
5.1 Strahlmittel	3
5.2 Maßnahmen zum Schutz der Umwelt	4
5.2.1 Schutz durch Abdecken des Bodenbereiches	4
5.2.2 Schutz durch Einhausen des Mastes	4
5.3 Bestimmen des Ausführungszeitpunktes	4
5.4 Analysen nach der Ausführung	4
6 Entsorgung des Strahlschuttes	4
7 Arbeitsschutz	5
8 Zitierte Normen und andere Unterlagen	5

1 Allgemeines

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen sind nach dem Energiewirtschaftsgesetz verpflichtet, elektrische Energie so sicher und so preiswert wie möglich zur Verfügung zu stellen.

Zur Gewährleistung der Sicherheit der Energieversorgung gehört auch die Instandhaltung der Erzeugungs-, Übertragungs- und Verteilungsanlagen. Die Übertragung elektrischer Energie erfolgt heute in der Regel über Freileitungen mit Stahlgittermasten. Diese sind je nach Standort unterschiedlichen Umwelteinflüssen ausgesetzt. Die Erhaltung einer ausreichenden Belastungsfähigkeit der feingliedrigen Mastkonstruktion erfordert, insbesondere unter Berücksichtigung der langen Nutzungsdauer, regelmäßige Korrosionsschutzmaßnahmen.

Die heute üblichen Systeme zum Schutz von Gittermasten (Verzinkung & Beschichtung) ermöglichen einen erfolgreichen Korrosionsschutz mit nur geringfügiger Umweltbelastung.

Lediglich bei älteren Freileitungen mit nichtverzinkten Konstruktionen, für die ein angemessener Korrosionsschutz nicht durchgehend gewährleistet war (Kriegs- und Nachkriegszeit), sowie in besonderen Problemfällen kann es notwendig werden, daß eine Strahlentrostung zur Oberflächenvorbereitung erforderlich wird. Eine derartige Maßnahme wird jedoch häufig von der Öffentlichkeit als umweltbeeinträchtigend angesehen und entsprechend kritisch beobachtet. Durch sorgfältige Planung der Ausführung sind die gesetzlichen Vorgaben in bezug auf mögliche Beeinträchtigungen der Umwelt einzuhalten.

In nachfolgender Ausarbeitung wurden einschlägige Gesetze, Verordnungen und Richtlinien berücksichtigt und in einem Verzeichnis zusammengestellt.

2 Einsatzkriterien für die Strahlentrostung

Die Festlegung einer optimalen Oberflächenvorbereitung der Stahlgitterkonstruktion erfolgt unter Beachtung nachstehender Auswahlkriterien (siehe auch DIN EN ISO 12944-4).

2.1 Oberflächenzustand

Die Notwendigkeit und Art der Strahlentrostung ist abhängig von dem Verrostungsgrad, der Verrostungsverteilung und der Beschaffenheit und Dicke der Altbeschichtung.

2.2 Maststandorte

An empfindlichen Standorten (in Gebieten des Natur- und Landschaftsschutzes, der landwirtschaftlichen Nutzung und in Siedlungen) sind weitgehende Maßnahmen zum Umweltschutz vorzunehmen.

2.3 Konstruktionsart

In vielen Bereichen, zum Beispiel in Spalten und Schraubenstößen, ist nur durch Strahlentrostung eine hinreichende Oberflächenvorbereitung sicherzustellen. Teilweise werden auch mit der Nadelpistole gute Ergebnisse erzielt.

2.4 Wirtschaftlichkeit

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sind die geplante Restnutzungsdauer des Mastes sowie die Kosten für Umweltschutz, einschließlich geeigneter Schutzmaßnahmen, Entsorgung und verminderter Verfügbarkeit der Leitung, zu berücksichtigen.

3 Reinheitsgrad und Umfang der Strahlentrostung

Von den in DIN EN ISO 12944-4 beschriebenen Vorbereitungsgrad für das Strahlentrostern und für das Entfernen nicht festhaftender Altbeschichtungen hat sich für die Bearbeitung von Stahlgittermasten die partielle Strahlentrostung bewährt.

3.1 Partielle Strahlentrostung Vorbereitungsgrad PSa 2½

(Vorbereitung von Teilbereichen)

Bei partiellem Strahlen empfiehlt sich zur Wiederherstellung des ursprünglichen Beschichtungsaufbaues eine zusätzliche Grundbeschichtung auf der gestrahlten Fläche.

Durch die Wahl einer feinen Strahlmittelkörnung kann das ungewollte Durchstrahlen von Altbeschichtungen gemindert werden.

3.2 Ganzflächige Strahlentrostung Vorbereitungsgrad Sa 2½

Dieses Verfahren wird im Regelfall nur auf Mastteilbereichen angewandt (z. B. Unterschuß).

4 Vorbereitung zur Strahlentrostung

4.1 Analysen vor der Ausführung

Zum Nachweis der Wirksamkeit der getroffenen Umweltschutzmaßnahmen sollte vor Beginn der Arbeiten die Vorbelastung des Standortes ermittelt werden. Dazu empfiehlt sich eine Analyse des Bodens und des Bewuchses im Mastumfeld sowie der vorhandenen Altbeschichtung, z. B. auf Blei, Chromate und sonstige relevante Schwermetallverbindungen.

4.2 Anhaltswerte für zulässige Schadstoffbelastungen

Bundeseinheitliche Anhaltswerte für zulässige Schadstoffbelastungen geben folgende Gesetze und Verordnungen:

- Klärschlammverordnung vom 15. April 1992
- Futtermittelverordnung vom 19. Mai 1993
- Wasserhaushaltsgesetz vom 27. Juni 1994
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vom 7. Oktober 1996

4.3 Information der Anlieger

Zur Akzeptanz der Arbeiten gehören rechtzeitige umfassende Informationen der Anlieger über Maßnahmen, Beeinträchtigungen, Zeitdauer und Regulierung eventuell entstehender Schäden.

5 Ausführung der Strahlentrostung

Schädliche Auswirkungen auf die Umwelt sind zu verhindern oder auf ein zulässiges Mindestmaß zu beschränken, soweit sie nach dem Stand der Technik vermeidbar sind (siehe Richtlinien für umweltgerechte Planung und Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten an Stahlbauten - RUK - Ausgabe Sept. 1983).

5.1 Strahlmittel

Umweltverträglichen Strahlmitteln, wie Hochofen-, Stahlwerks-, Kupferhütten- und Schmelzkammerschlacken, ist im Hinblick auf den Umweltschutz der Vorzug zu geben.

5.2 Maßnahmen zum Schutz der Umwelt

5.2.1 Schutz durch Abdecken des Bodenbereiches

Bei nicht schadstoffhaltigem Strahlschutt ist ein weiträumiges Abdecken unter Berücksichtigung der Windrichtung in der Regel ausreichend.

5.2.2 Schutz durch Einhausen des Mastes

Bei Strahlschuttanfall mit Schadstoffbelastung ist eine vollständige Einhausung erforderlich. Die Zusatzbelastung durch Windkräfte auf die Einhausung darf die zulässige Belastbarkeit des Mastes nicht übersteigen. Vollständige Einhausung (Traversen und Mastspitze) ist sehr aufwendig und erhöht die Kosten erheblich.

5.3 Bestimmen des Ausführungszeitpunktes

Zur Erleichterung der Bodenabdeckung und Verringerung der Flurschäden sind die Strahlarbeiten möglichst vor Beginn der Wachstumsphase der Feldfrucht oder nach der Ernte auszuführen. Auf diese Weise sind Totalausfälle vermeidbar.

5.4 Analysen nach der Ausführung

Mit einer Bodenanalyse auf Schadstoffe nach der Ausführung kann die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen belegt werden.

6 Entsorgung des Strahlschuttes

Der Strahlschutt muß unmittelbar nach Abschluß der Arbeiten am jeweiligen Mast in geeigneten Behältnissen sicher gelagert bzw. an einen gesicherten Ort verbracht werden.

Die Entsorgung und der Transport haben nach den gesetzlichen Vorschriften zu erfolgen. Hierbei ist zu beachten, daß die Ausführungsbestimmungen zu dem Abfallgesetz Sache der Länder bzw. der für den Abfall zuständigen Kommunen ist.

7 Arbeitsschutz

Bei der Ausführung von Strahlarbeiten sind die einschlägigen Arbeitsschutzbestimmungen zu beachten, z. B.: Absturzsicherung, Atemschutz, Schutzkleidung.

8 Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN EN ISO 12944, Teil 1-8	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
DIN VDE 0210	Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV
Arbeitsstoffverordnung	
RUK	Richtlinien für umweltgerechte Planung und Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten an Stahlbauten (RUK)
Abf Klär V	Klärschlammverordnung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
Futtermittelverordnung	Futtermittelverordnung
KrW-/Abfg	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
BGR 148 (bisher ZH 1/294)	Schutz gegen Absturz beim Bau und Betrieb von Freileitungen

3

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

**- Sachstandsbericht über lösemittelarme
Beschichtungsstoffe -**

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

März 1987

Überarbeitung: September 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Allgemeines	1
2 Ausführungsbedingungen	1
3 Anwendungsbereiche	3
4 Erfahrungen	3
5 Zusammenfassung	4

1 Allgemeines

Das stark gestiegene Umweltbewußtsein und die Verschärfung entsprechender Vorschriften und Auflagen führte zu der Entwicklung neuer, dem Umweltschutzgedanken stärker Rechnung tragender Beschichtungsstoffe auch im schweren Korrosionsschutz.

Neben blei- und chromatfreien Beschichtungsstoffen sollen auch Produkte mit stark reduziertem Lösemittelgehalt zur Verbesserung der Arbeitsschutzbedingungen und Entlastung der Umwelt beitragen. Der Einsatz wasserverdünnbarer Anstrichstoffe ist ein Schritt, der diesen Ansprüchen gerecht wird.

Gegenüber den konventionellen Stoffen werden hierbei die organischen Lösemittel weitgehend durch das anorganische Lösemittel Wasser ersetzt.

Der noch verbleibende geringfügige Anteil (< 5 %) organischer Lösemittel dient der besseren Filmbildung; ist also technisch noch unerläßlich. Als Bindemittel werden für den Bereich der Freileitungen bevorzugt Acrylatharzkombinationen eingesetzt. Da Korrosion an Stahl nur dann möglich ist, wenn auf seiner Oberfläche gleichzeitig Sauerstoff und Wasser zur Einwirkung kommen, ist hier der Ansatz im Korrosionsschutz zu suchen.

Bleimennige und Zinkchromat, die als "aktive Korrosionsschutzpigmente" diese auslösenden Elemente binden und somit passivieren, werden aufgrund ihrer gesundheitsschädlichen Eigenschaften heute durch andere geeignete "unkritischere" Pigmente, wie Zinkphosphat, ersetzt.

2 Ausführungsbedingungen

Nachdem das Qualitätsniveau wasserlöslicher Anstrichstoffe bzgl. der Korrosionsschutzeigenschaften in den letzten Jahren weiter verbessert wurde und in bestimmten Anwendungsbereichen den konventionellen Produkten zumindest gleichwertig ist, sind es mehr die Applikationsbedingungen, die einem breiten Einsatz im Stahlhochbau zur Zeit im Wege stehen.

Wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe auf Basis von Dispersionen haben eine sog. Mindestfilmbildungstemperatur. Unterhalb dieser Temperatur ist keine ordnungsgemäße Verfilmung möglich. Die Schutzeigenschaft des Beschichtungsfilmes ist gestört und somit die Funktionsfähigkeit in Frage gestellt.

Einfluß auf die Verarbeitungsbreite hat ferner die sog. Frühwasserbeständigkeit. Sie beschreibt, nach welcher Zeit die frisch aufgetragene Beschichtung regenfest ist.

Mit Rücksicht darauf erfordert eine einwandfreie Verarbeitung der wasserverdünnbaren Stoffe die konsequente Einhaltung der notwendigen klimatischen Voraussetzungen. Mit der Bedingung: rel. Luftfeuchtigkeit $\leq 80\%$ und Objekttemperatur zwischen $+10\text{ °C}$ und $+35\text{ °C}$, sind für den vorgesehenen Einsatzbereich im Hochspannungsfreileitungsnetz unter den in Deutschland üblichen Wetterbedingungen tages- und jahreszeitbedingte Einschränkungen der Verarbeitungszeit in Kauf zu nehmen.

Für Projektplanung und Arbeitsvorbereitung bedeuten die klimatischen Voraussetzungen eine Begrenzung der mit diesen Stoffen auszuführenden Korrosionsschutzmaßnahmen auf den Zeitraum zwischen Mai und September.

Für die Lagerungsfähigkeit wasserverdünnbarer Stoffe ist zu beachten, daß wegen der Frostempfindlichkeit die Temperatur immer um einige Grade über dem Gefrierpunkt zu halten ist. Darüber hinaus kann eine Lagertemperatur oberhalb $+35\text{ °C}$ die Wirksamkeit der Additive/Hilfsmittel beeinträchtigen oder gar zerstören.

Bezüglich der Verarbeitung wasserverdünnbarer Stoffe werden besondere Anforderungen an die Qualifikation und Erfahrung des Applikateurs gestellt.

Da aufgrund der guten Verarbeitbarkeit leicht ein zu starkes Ausstreichen möglich ist, erfordert die Einhaltung der vorgegebenen Naßfilmdicke besondere Aufmerksamkeit im Rahmen der Ausführung und Qualitätsüberwachung. Die relativ kurze Trocknungszeit kann beim Überstreichen der Überlappungszonen zum Aufreißen des bereits angetrockneten Filmes führen.

Im Küstenbereich führt eine verstärkte Ablagerung von Zink- und Chlorsalzen auf der zu beschichtenden Oberfläche zu besonderen Problemen. Selbst nach gründlicher Reinigung der Konstruktion werden noch in geringen Mengen vorhandene Salze im Wasser des Beschichtungstoffes gelöst und führen zu Porosität des Anstrichfilmes.

3 Anwendungsbereiche

Die größten Anwendungsgebiete wasserlöslicher Anstrichstoffe bietet die Automobilindustrie. Weitere Einsatzgebiete werden im Kraftwerksbau mit dem Korrosionsschutz von Stahlgerüstkonstruktionen (Kesselhäuser, Rauchgasentschwefelungsanlagen) erschlossen. Des weiteren sind bei Groß- und Ortsnetztransformatoren Korrosionsschutzbeschichtungen mit diesen Stoffen im Einsatz.

Für den schweren Korrosionsschutz in klassischen frei bewitterten Konstruktionen, wie z. B. Brückenbauwerke, Tankanlagen der chemischen Industrie und Hochspannungsfreileitungen ist der Anteil wasserlöslicher Anstrichstoffe noch relativ gering.

4 Erfahrungen

Weitreichende Erfahrungen im Korrosionsschutz von Hochspannungsfreileitungsmasten mit wasserverdünnbaren Anstrichstoffen hat VEW Energie AG. Nach erfolgversprechenden Vorprüfungen werden dort seit 1987 komplette Leitungsabschnitte mit "Wasserlacken" - überwiegend zweischichtig - geschützt. Im Zeitraum von 1987 bis 1996 belief sich die Fläche auf ca. 130.000 m². Das entspricht ca. 13 % der Erstbeschichtungsmaßnahmen oder ca. 7,2 % der Gesamtbeschichtung in diesem Zeitraum.

An einem erstmals 1981 im Rahmen der Erprobung vollständig mit "Wasserlack" beschichteten 380-kV-Mast zeigt sich inzwischen nennenswerter Abbau des Deckanstriches. Die teilweise freiliegende Grundbeschichtung ist dieser Belastung gewachsen und behält eine gute Haftung zum verzinkten Untergrund.

Das Ergebnis dieser Probebeschichtung nach 16 Jahren Standzeit und das Erscheinungsbild der im Verlauf der letzten 10 Jahre ausgeführten Erstbeschichtungen lassen die Prognose zu, daß - abhängig von der Umweltbelastung - Standzeiten von 20 - 25 Jahre zu erwarten sind.

Überholungsanstriche auf wasserverdünnbaren Altanstrichen sind seit einigen Jahren im Rahmen zukünftiger Anforderungen in Erprobung. Gesicherte Aussagen liegen, da weder genügend abgewitterte bzw. belastete Altbeschichtungen noch entsprechende Standzeiten verfügbar sind, nicht vor. Das bisherige Erscheinungsbild läßt jedoch eine positive Bewertung bezüglich der zu erwartenden Standzeit und der späteren turnusmäßigen Überarbeitbarkeit mit gleichen Produkten zu.

In Erprobung befindet sich seit 1994 eine bereits mehrfach beschichtete "Schwarzgitterkonstruktion" mit ca. 6.500 m², die mit phosphat-pigmentiertem Grundanstrich in den Rost-

stellen ausgefleckt und mit einem vollständigen Deckanstrich in Wasserlack überstrichen wurde.

5 Zusammenfassung

Wasserverdünnbare Anstrichstoffe haben in vielen Bereichen des Korrosionsschutzes an Bedeutung gewonnen. Die Qualität des Korrosionsschutzes ist in Teilbereichen - besonders im Duplexverfahren auf verzinkten Konstruktionen - mit den konventionellen Produkten vergleichbar. Anfängliche Schwierigkeiten in der Applikation konnten durch Erfahrungssammlung und Verbesserung der Produkte beseitigt werden, dennoch müssen bei der Verarbeitung die Besonderheiten dieser Anstrichstoffe berücksichtigt werden.

Im Hinblick auf Umwelt- und Arbeitsschutz sollte aber das Vorhaben der Lackindustrie, den Anteil der Lösemittelmengen zu reduzieren, auch auf dem Gebiet des Korrosionsschutzes an Hochspannungsübertragungsanlagen weitere Unterstützung finden.

4

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

**- Anforderungen an die Oberfläche
feuerverzinkter Mastbauteile für nachfolgende
Beschichtungen -**

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

Februar 1989

Überarbeitung: September 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Allgemeines	1
2 Fehler der feuerverzinkten Oberfläche	1
2.1 Fehler durch die Feuerverzinkung	1
2.2 Fehler durch den Stahl bzw. durch die Konstruktion	3
2.3 Fehler durch die Ausbesserung von Schadstellen	3
3 Beschaffenheit der Oberfläche	4
3.1 Ausbildung des Zinküberzuges	4
3.2 Braunfärbung des Zinküberzuges	4
4 Arteigene Verunreinigung des Zinküberzuges	4
4.1 Reaktion während der Lagerung und des Transportes	4
4.2 Reaktion während der Bewitterung	4
5 Artfremde Verunreinigung der Oberfläche	5
6 Oberflächenvorbereitung	6
7 Beschichtung	6
8 Zusammenfassung	7
9 Zitierte Normen und andere Unterlagen	7

1 Allgemeines

Trotz aller Bemühungen um Verbesserung der Güte feuerverzinkter Mastbauteile treten bei der Feuerverzinkung Erscheinungen auf, die den Gebrauchswert im Hinblick auf nachfolgende Beschichtungen zum Teil erheblich herabsetzen. Nachfolgend werden die Faktoren aufgeführt, die eine Beschichtung beeinflussen.

2 Fehler der feuerverzinkten Oberfläche

2.1 Fehler durch die Feuerverzinkung

- **Zinkasche und Flußmittelreste**

Anhaftende Asche- und Flußmittelreste sind graue oder gelbliche nichtmetallische Ablagerungen aus Mischungen von Oxiden und Chloriden auf dem Zinküberzug. Sie stellen für die Beschichtung keinen tragfähigen Untergrund dar und sind nicht zulässig.

- **Scharfkantige Spitzen und Pickel**

Unsachgemäße Stapelung des Verzinkungsgutes und ungenügende Neigung während des Ausziehvorganges aus dem Zinkbad können scharfkantige Zinkspitzen und Grate hervorrufen. Desgleichen können durch eingelagerte Hartzinkpartikel Pickel auf der Oberfläche zurückbleiben. Sie führen zu Haftungs- bzw. Schichtdickenminderung der Beschichtung und stellen eine Verletzungsgefahr dar.

- **Fehlstellen**

Artfremde Schichten wie Öle, Fette und Beschichtungen müssen vor dem Beizen entfernt werden, da sonst keine Reaktion zwischen Stahl und Zinkschicht erfolgt. Dieses führt zu Fehlstellen im Zinküberzug. Bis zu dem in DIN 50 976 vorgesehenen Umfang dürfen sie ausgebessert werden. Die Art der Mängelbeseitigung (thermisches Spritzen von Zink, Zinkstaubbeschichtung) wird in DIN 50 976 geregelt. Darüber hinaus ist eine Neuverzinkung erforderlich.

- **Abplatzungen**

Sie treten bevorzugt bei Zinküberzügen mit dickeren Eisen-Zink-Legierungsschichten an Verzinkungsgut mit sehr glatten Oberflächen auf, wenn durch Schläge oder durch elastische bzw. plastische Verformung des Grundwerkstoffes Beanspruchungen erfolgen.

Je nach Dicke des verbleibenden wirksamen Zinküberzuges sind Maßnahmen wie bei Minderschichtdicken oder wie bei Fehlstellen erforderlich.

Die Haftfestigkeitsprüfung ist in DIN 50 978 geregelt.

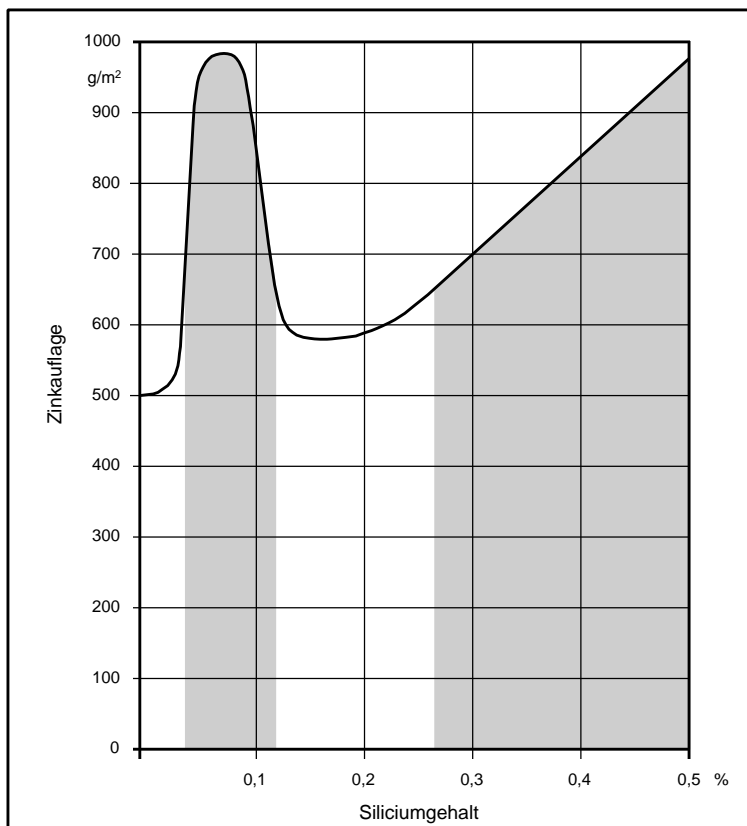
• **Minderschichtdicken**

Nach DIN 50 976 ist die Zinkschichtdicke abhängig von der Werkstückdicke. Bei Bauteilen zwischen 3 und 6 mm muß die Dicke des Zinküberzuges 70 µm (≅ 500 g/m²) und bei Bauteilen ≥ 6 mm 85 µm (≅ 610 g/m²) betragen. Zur Verbesserung des Korrosionsschutzes werden höhere Zinkschichtdicken angestrebt.

Die Stahlzusammensetzung beeinflusst die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Ausbildung des Zinküberzuges. Die Feuerverzinkerei hat durch eine geeignete Badführung und eine sinnvolle Chargenzusammenstellung dafür zu sorgen, daß die geforderten Zinkschichtdicken erreicht werden.

Konstruktionsteile mit Minderschichtdicken sind neu zu verzinken oder u. U. die nicht erbrachte Leistung durch finanziellen Abzug bzw. durch zusätzliche Beschichtung auszugleichen. Die dem Verzinker gegebenen Möglichkeiten zur Variierung der Zinkschichtdicke sind im wesentlichen Badtemperatur und Tauchdauer.

Da der Siliziumgehalt erheblich die Eisen-Zink-Reaktion beeinflusst, sollten bei der Fertigung Stähle bevorzugt werden, die mit ihrem Siliziumgehalt außerhalb der für die Eisen-Zink-Reaktion ungünstigen Bereiche zwischen 0,12 und 0,3 Massen-% liegen. In der Regel sind dies Siliziumgehalte zwischen 0,12 und 0,30 Massen-% sowie Siliziumgehalte unterhalb 0,03 Massen-%.



Einfluß des Siliziumgehaltes auf die flächenbezogene Masse des Zinküberzuges (nach D. Horstmann)

Ist bei der Beschaffung der Stähle die Qualität im Hinblick auf den Siliziumgehalt nicht sichergestellt, sollte der Verzinker zur Vermeidung von Beanstandungen Werkstoffanalysen fordern bzw. Probeverzinkungen vornehmen.

2.2 Fehler durch den Stahl bzw. durch die Konstruktion

Walzspäne und Schweißperlen führen zu Schwachstellen im Zinküberzug und bei der nachfolgenden Beschichtung und müssen entfernt werden. Porenreiche und unterbrochene Schweißnähte führen durch Einlagerung von Beizmitteln zur vorzeitigen Zerstörung des Zinküberzuges.

Ungünstige Ausbildung der Bauteile kann das Abfließen des überschüssigen Zinks beim Herausziehen verhindern. Hinweise zur konstruktiven Ausbildung des Verzinkungsgutes sind in DIN EN ISO 12944-3 enthalten.

2.3 Fehler durch die Ausbesserung von Schadstellen

Häufiger Fehler bei der Ausbesserung von Schadstellen ist die Verwendung ungeeigneter Beschichtungsstoffe wie z. B. Aluminiumbronze.

Beim Einsatz von Zinkstaubbeschichtungsstoffen ist auf die Verträglichkeit des Bindemittels mit nachfolgenden Beschichtungen zu achten.

Zweikomponenten-Zinkstaubbeschichtungsstoffe erfordern besondere Sorgfalt bei der Vorbereitung der Schadensstelle (Vorbereitungsgrad Sa 2½).

3 Beschaffenheit der Oberfläche

3.1 Ausbildung des Zinküberzuges

Je nach Stahlzusammensetzung und Materialdicke kann sich ein unterschiedlicher Aufbau des Zinküberzuges ergeben.

Daraus resultieren unterschiedliche Oberflächenstrukturen von der typischen Zinkblume (Reinzinkschicht) bis zur mattgrauen Oberfläche (Eisenzinklegierungsschicht z. B. auf St 52).

3.2 Braunfärbung des Zinküberzuges

Eine voll wirksame Zinkschicht ist auch dann noch vorhanden, wenn durch in die Oberfläche eingebettete Eisenoxidhydrate aus der oberen Mischphase des Zinküberzuges eine Braunverfärbung aufgetreten ist.

4 Arteigene Verunreinigung des Zinküberzuges

4.1 Reaktion während der Lagerung und des Transportes

Feuerverzinkter Stahl wird in der Verzinkerei mit den betriebstypischen Immissionen beaufschlagt (Flußmittel- und Säuredämpfe).

Diese Einflüsse sollten durch abgesetzte Lagerung und kurze Verweildauer im Betrieb auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Während des Transportes und der Lagerung auf der Baustelle ist durch geeignete Maßnahmen die Belüftung der gebündelten Mastbauteile sicherzustellen und damit die Schwitzwasserbildung zu vermeiden sowie eine Chemikalieneinwirkung (Tausalz, Düngemittel...) zu verhindern.

4.2 Reaktion während der Bewitterung

Auf der Zinkoberfläche bildet sich in reiner Atmosphäre eine schützende Zinkhydroxidkarbonat-Deckschicht (Patina).

Das heute in der Atmosphäre praktisch immer vorhandene SO_2 behindert diese Deckschichtbildung und führt unter Umständen zusammen mit anderen Verunreinigungen zu deren Zerstörung und zum Zinkabbau.

Bei Kondenswasserbildung, insbesondere auf frisch verzinkten Teilen, auf denen sich noch keine Deckschicht gebildet hat, entsteht häufig ein weißes, voluminöses Korrosionsprodukt (Hydroxid), das allgemein als Weißrost bezeichnet wird.

Weißrost ist nach DIN 50 976 nicht zulässig, wenn nachfolgend beschichtet wird. Die Verzinkung ist in diesen Fällen mit dem Kurzzeichen "t Zn k" zu bestellen.

Die Vielfältigkeit der Einwirkungsfaktoren insbesondere an Freileitungsmasten wie

- Nähe zu Schadstoffemittenten (Industrie, Landwirtschaft)
- Mikroklima auf der Oberfläche (Profilauf- und Profiluntersichten, Schraubenschlüsse)
- Windrichtung und
- Feuchtigkeit (Regenhäufigkeit, Abtrocknungsdauer)

bewirkt in Verbindung mit der konstruktiven Ausbildung (große Höhe, freistehende, offene Konstruktion) eine sehr unterschiedliche Belastung der Zinkoberfläche durch chemische Einflüsse und Erosion.

5 Artfremde Verunreinigung der Oberfläche

Artfremde Verunreinigungen wie Öl, Fett, Wachs usw. führen zu Haftungsstörungen der Beschichtung und müssen vollständig entfernt werden.

Der aggressiven Bestandteile wegen ist den Verunreinigungen durch Vogelkot besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Vor dem Beschichten ist die Oberfläche gründlich - evtl. mittels Druckwasserreinigung - zu säubern. Die Zeit zwischen den Beschichtungen (Grundbeschichtung, Deckbeschichtung) sollte möglichst kurz gehalten werden, um erneute Verschmutzungen und dem daraus resultierenden Reinigungsaufwand gering zu halten.

Ein Eindringen von aggressiven Bestandteilen in die frische Beschichtung ist besonders bei Anstrichstoffen mit langer Durchtrocknungszeit zu befürchten; Beschichtungsschäden sind nicht ausgeschlossen.

Die Menge und Aggressivität des Vogelkotes ist von Jahreszeit und Nahrungsart abhängig.

6 Oberflächenvorbereitung

Die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Verunreinigungen des Zinküberzuges erfordern für die nachfolgende Beschichtung eine sachgerechte Oberflächenvorbereitung. Von den in der Literatur beschriebenen Verfahren sind die mit Wasch- und Reinigungszusätzen, mit Beizpasten sowie mit Schleifpapier und -vliesen an Freileitungsmasten nicht praktikabel.

Denkbar sind Verfahren wie mechanisches Strahlen (sweepen) und Dampfstrahlen ohne Reinigungszusätze, wobei sweepen einen nur schwer zu steuernden Zinkabtrag beinhaltet und das Dampfstrahlen auf Grund der erforderlichen langen Einwirkdauer zur Lösung der Salze im Verhältnis zum erzielbaren Reinigungserfolg zu aufwendig ist.

In der Praxis wird zur Oberflächenvorbereitung in der Regel eine mechanische Reinigung mittels Stahl- und/oder Messingdrahtbürsten eingesetzt. Hierbei ist mit vertretbarem Aufwand ein überwiegend ausreichender Reinigungseffekt zu erzielen, wobei allerdings eine gewisse verbleibende Restverunreinigung unvermeidlich ist. Um diese soweit als möglich inaktiv zu halten, sind dichte (quellfeste) und zweckmäßig pigmentierte Beschichtungen zu wählen. Das ist in der Regel durch mehrschichtigen Aufbau sicherer erreichbar.

7 Beschichtung

Nach dem heutigen Stand der Technik stellt ein Zinküberzug in Kombination mit einer Beschichtung (Duplexsystem) speziell für Freileitungsmaste einen optimalen Korrosionsschutz dar.

Der synergistische Effekt wird jedoch nur erreicht, wenn die Beschichtung auf einen geschlossenen und voll wirksamen Zinküberzug aufgetragen wird.

8 Zusammenfassung

Im Freileitungsbau stellt die Feuerverzinkung der Mastbauteile in Kombination mit einer zusätzlichen Beschichtung aus heutiger Sicht einen optimalen Korrosionsschutz dar. Die Leistungsfähigkeit dieses Korrosionsschutzsystems hängt jedoch in starkem Maße vom Zustand der zu beschichtenden Zinkoberfläche ab.

Der vorliegende Bericht vermittelt einen Überblick über mögliche Fehler und Verunreinigungen des Zinküberzuges, die bei der Herstellung der Verzinkung, aber auch während der Lagerung, des Transportes und der Bewitterung der verzinkten Mastbauteile auftreten können. Eine Reihe von Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Beseitigung dieser Mängel werden genannt. Ebenso enthält der Bericht Hinweise zur sachgerechten Oberflächenvorbereitung für die nachfolgende Beschichtung.

9 Zitierte Normen und andere Unterlagen

- | | |
|-----------------------------|--|
| K.A. von Oeteren: | Mängel an Duplexsystemen und ihre Ursachen
Gemeinschaftsausschuß Verzinken e. V. Düsseldorf
Vortragsveranstaltung Mai 1987 |
| Dr. H. Haagen: | Anforderungen an den Zinküberzug und die
Oberflächenvorbereitung vor der Beschichtung
Gemeinschaftsausschuß Verzinken e. V. Düsseldorf
Vortragsveranstaltung Mai 1987 |
| D. Horstmann: | Fehlererscheinungen beim Feuerverzinken
Verlag Stahleisen m.b.H., Düsseldorf
2. Auflage 1983 |
| DIN 50 976: | Feuerverzinken von Einzelteilen |
| DIN 50 978: | Prüfung metallischer Überzüge; Haftvermögen von
durch Feuerverzinken hergestellte Überzüge |
| DIN EN ISO 12944, Teil 1-8: | Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von
Stahlbauten durch Beschichtungssysteme |
| DVG: | Korrosionsschutz an Freileitungsmasten
(Empfehlungen der DVG-Unternehmen)
Februar 1982, Überarbeitung: September 1999 |

5

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

- Maßnahmen zur Arbeitssicherheit -

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

Juni 1989

Überarbeitung: September 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Allgemeines	1
1.1 Auswahl der Arbeitsmethode	1
1.2 Voraussetzungen für die gewählte Maßnahme	2
2 Festlegung der Maßnahmen	4
2.1 Maßnahme 1	4
2.2 Maßnahme 2	4
2.3 Maßnahmen 3 und 4	5
3 Arbeitsräume	5
4 Zitierte Normen und Unterlagen	6
5 Anlagen	7

1 Allgemeines

Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungsmasten stellen im Hinblick auf die Ausführungsbedingungen besondere Ansprüche an das Personal.

Sowohl die Gefahren, die aus der Annäherung zu den in Betrieb befindlichen elektrischen Anlagen zu berücksichtigen sind, als auch die Absturzgefährdung aufgrund des besonderen Arbeitsplatzes sind permanent vorhandene Faktoren, die im Rahmen der Vorbereitung und Ausführung strenge Verhaltensregeln erfordern.

Die folgenden Darstellungen beschränken sich auf Maßnahmen, die eine unzulässige Annäherung an spannungsführende Teile der Freileitung verhindern.

Die Verhaltensregeln gegen Absturz sind in VBG 37 "Bauarbeiten" und den Berufsgenossenschaftlichen Regeln (BGR) 148 (bisherige ZH 1/294) beschrieben.

Die Bedingungen für die Ausführung von "Anstrich- und Ausbesserungsarbeiten" an Freileitungsmasten bezüglich der elektrischen Sicherheit sind in DIN VDE 0105-100 festgelegt. Im Abschnitt 6.4.4.101 erfolgt die Zuordnung zu "Bauarbeiten und sonstigen nicht elektrotechnischen Arbeiten"; unter Abschnitt 6.4.3.106 und 6.4.3.107 werden sie jedoch als "elektrotechnische Arbeiten mit Schutz durch Abstand und Aufsichtsführung" abgehandelt. Darüber hinaus sind die genannten Anforderungen und erläuternde Ergänzungen im Informationsblatt 6/95 "Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungen mit Nennspannung ≥ 110 kV" der BG FuE beschrieben.

1.1 Auswahl der Arbeitsmethode

DIN VDE 0105-100 unterscheidet in Abschnitt 6.1 drei Arbeitsmethoden, die mit Anwendung entsprechender Sicherheitsmaßnahmen hinreichend Schutz gegen elektrischen Schlag sowie gegen Auswirkungen von Kurzschluß und Störlichtbögen bieten.

Darüber hinaus wird in dem BG-Informationsblatt 6/95 eine Maßnahme beschrieben, die unter bestimmten Voraussetzungen die zu erwartende Beeinflussungsspannung als Bemessungsgrundlage des Schutzabstandes hat.

Aus den Vorgaben der DIN VDE 0150-100 ergeben sich die Maßnahmen 1 bis 3, aus dem BG-Informationsblatt 6/95 die Maßnahme 4.

- Arbeiten im spannungsfreien Zustand (Abschnitt 6.2)

Maßnahme 1:

Arbeiten mit Freischalten und Erden an der Arbeitsstelle nach DIN VDE 0105-100, Abschnitt 6.2 (Durchführung der 5 Sicherheitsregeln)

- Arbeiten unter Spannung (Abschnitt 6.3)

Findet bei Korrosionsschutzarbeiten keine Anwendung.

- Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile (Abschnitt 6.4)

Maßnahme 2:

Arbeiten ohne Freischalten und ohne Unterschreiten der Schutzabstände nach Tabelle 102 der DIN VDE 0105-100.

Maßnahme 3:

Arbeiten mit Freischalten ohne Erden der Arbeitsstelle und ohne Erreichen der Gefahrenzone nach Tabelle 101 der DIN VDE 0105-100.

Maßnahme 4:

Arbeiten unter bestimmten Voraussetzungen mit Freischalten ohne Erden an der Arbeitsstelle, mit Prüfen auf Spannungsfreiheit und zusätzlicher Aufsicht ohne Unterschreiten des verringerten Schutzabstandes von 0,5 m nach BG-Informationsblatt 6/1995.

1.2 Voraussetzungen für die gewählte Maßnahme

Die Entscheidung, welche der 4 genannten Maßnahmen zur Anwendung kommt, liegt in der Verantwortung des Auftraggebers als Anlagenverantwortlicher, der sowohl die Anlagengegebenheiten als auch die sicherheitsrelevanten Belange und betrieblichen Anforderungen (Freischaltzeiten, Inbetriebnahmezeiten, Personalkapazität) zu berücksichtigen hat.

Der Auftragnehmer hat für die gewählte Maßnahme entsprechend qualifiziertes Personal einzusetzen und die Qualifizierung vor Arbeitsaufnahme nachzuweisen.

Für alle Maßnahmen wird folgendes vorausgesetzt:

- An der Arbeitsstelle sind Leitung und Stromkreis eindeutig ermittelt. Dazu gehören an jedem Mast die Leitungsbezeichnung und auch im Mastkopf gut erkennbare Stromkreiskennzeichnungen.
- Eine deutliche Stromkreiskennzeichnung im Mastkopf erübrigt eine zusätzliche Abschrankung.

- Wenn die Stromkreiskennzeichnung die Stromkreisunterscheidung während der Ausführung der Arbeiten nicht alleine gewährleistet, wird z.B. der freigeschaltete Stromkreis mit einer grünen bzw. der in Betrieb befindliche Stromkreis mit einer roten Flagge gekennzeichnet.
- Zusätzlich kann jeder Ausführende z.B. eine Armbinde oder eine Plakette mit den Merkmalen des freigeschalteten Stromkreises tragen.
- Der Mast wird in eindeutige Arbeitsbereiche eingeteilt, z. B. Mastschaft, Traversen u.s.w.
- Die Freigabe zur Arbeit an den Arbeitsverantwortlichen der ausführenden Firma geschieht in schriftlicher Form durch den Anlagenverantwortlichen des EVU an der Arbeitsstelle.
- Die Aufsichtsführung erfolgt durch eine Elektrofachkraft oder durch eine elektrotechnisch unterwiesenen Person. Aufsichtsführung heißt ständige Überwachung der gebotenen Sicherheitsmaßnahmen mit Eingriffsmöglichkeit und damit ständige Anwesenheit an der Arbeitsstelle.

Darüber hinaus gilt

für Maßnahme 1:

- Die Isolatoren können durch geeignetes Abdecken vor Farbverunreinigungen geschützt werden.
- Das Prüfen auf Spannungsfreiheit mit Einbau von Arbeitserden erfolgt durch Mitarbeiter des EVU bzw. durch eine beauftragte Fachfirma.

für Maßnahme 3 und 4:

- Die Ausführenden sind mindestens elektrotechnisch unterwiesene Personen.

für Maßnahme 4 zusätzlich:

- Zu erwartende Beeinflussungsspannung ≤ 30 kV
- Das Prüfen auf Spannungsfreiheit erfolgt durch Mitarbeiter des EVU bzw. durch eine beauftragte Fachfirma.
- Neben der aufsichtsführenden Person der Korrosionsschutzfirma muß zusätzlich eine Aufsicht vom Anlagenbetreiber gestellt werden.
Diese Aufsicht hat zusätzlich sicherzustellen, daß sachlich sicherheitsgerecht gearbeitet wird. Wegen der kritischen und schwierigen Arbeiten hat sich diese Aufsicht ständig an der Arbeitsstelle aufzuhalten.
- Die Freigabe zur Arbeit an den Arbeitsverantwortlichen der ausführenden Firma geschieht in schriftlicher Form mit dem besonderen Hinweis auf "Anwendung des verringerten Schutzabstandes von 0,5 m" durch den Anlagenverantwortlichen des EVU an der Arbeitsstelle.

2 Festlegung der Maßnahmen

Die Maßnahmen zur Arbeitssicherheit müssen bei der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten innerhalb einer Leitungsstrecke nicht einheitlich sein.

Nach Prüfung der Abstandsgegebenheiten und der Freischaltmöglichkeiten und Betriebsanforderungen wird eine Regelmaßnahme festgelegt; zusätzlich werden die Maste benannt (Verdriller, Abzweigmaste, u. U. Abspannmaste, Sondermaste u.s.w.), die weitergehende Sicherheitsmaßnahmen erfordern (Anlage 1).

2.1 Maßnahme 1

Lassen sich die Schutzabstände nach Tabelle 102 der DIN VDE 0105-100 nicht einhalten, kommt die Arbeitsweise mit Freischalten und Erden der Arbeitsstelle vor Ort nach Abschnitt 6.2 zum Einsatz. Für die Standardmaste der DVG-Unternehmen ist diese Arbeitsweise der Regelfall. Für die Festlegung der Erdungsabschnitte ist ein sicherheitstechnisches Optimum zwischen dem Schutz durch Arbeitserden und den Risiken durch den wiederholten Ein- und Ausbau der Arbeitserden am u. U. frisch gestrichenen Mast anzustreben.

Die Höhe der zu erwartenden Beeinflussungsspannung und die Sicherheit, mit der die Annäherung an die beeinflussten Bauelemente (Seile, Armaturen usw.) auszuschließen ist, begrenzt die Anzahl der Mastfelder, die zu einer Arbeitsstelle zusammengefaßt werden können.

Bei ausgedehnten Arbeitsstellen muß sich insbesondere die aufsichtsführende Person vom Vorhandensein der Erdung überzeugen.

2.2 Maßnahme 2

Sind die Abstände von den unter Spannung stehenden Teilen zu den zu bearbeitenden Konstruktionsteilen so groß, daß bei der Ausführung die Schutzabstände nach Tabelle 102 der DIN VDE 0105-100 (110 kV / 220 kV / 380 kV - 2,0 m / 3,0 m / 4,0 m), nicht unterschritten werden, wird ohne Freischaltung gearbeitet. Die Arbeiten werden mindestens von elektrotechnisch unterwiesenen Personen bzw. unter deren Aufsichtsführung ausgeführt.

2.3 Maßnahmen 3 und 4

Bei Maßnahme 3 und Maßnahme 4 wird auf die Erdung an der Arbeitsstelle verzichtet. Zur Erzielung eines ausreichenden Sicherheitsstandards sind daran folgende Bedingungen geknüpft:

für Maßnahme 3:

- An der Arbeitsstelle sind die Leitung und der Stromkreis eindeutig ermittelt.
- Es ist sichergestellt, daß die Gefahrenzone nach Tabelle 101, DIN VDE 0105-100, des freigeschalteten Stromkreises nicht erreicht und die Schutzabstände nach Tabelle 102, DIN VDE 0105-100, zu anderen Stromkreisen nicht unterschritten werden (Anlage 4).
- Die Arbeiten werden von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen ausgeführt.

für Maßnahme 4:

- An der Arbeitsstelle sind die Leitung und der Stromkreis eindeutig ermittelt.
- Außerdem ist zusätzlich auf Spannungsfreiheit zu prüfen.
- Es ist sichergestellt, daß der verringerte Schutzabstand von **0,5 m** des freigeschalteten Stromkreises und die Schutzabstände nach Tabelle 102, DIN VDE 0105-100, zu anderen Stromkreisen nicht unterschritten werden (Anlage 5).
- Die Arbeiten werden von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen ausgeführt.
- Neben der aufsichtsführenden Person der Korrosionsschutzfirma muß zusätzlich eine zweite Aufsicht vom Anlagenbetreiber gestellt werden.

3 Arbeitsräume

Bei der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten muß je nach Standort mit unbeabsichtigten bzw. unbewußten Bewegungen des Ausführenden sowie mit Bewegungen der Werkzeuge und Hilfsmittel gerechnet werden. Erfahrungsgemäß kann das Erreichen der Gefahrenzone bzw. das Eindringen in den verringerten Schutzabstand sicher vermieden werden, wenn folgende zusätzliche Abstände als Arbeitsraum vorhanden sind (Anlagen 2 und 3):

- Abstand von der Traversenunterkante zu der darunterliegenden Gefahrenzone: $\geq 0,5$ m.
- Abstand zwischen der Traversenoberkante (Auftrittsebene) und der darüberliegenden Gefahrenzone: $\geq 1,5$ m.
- Abstand vom Zugband zur darüberliegenden Gefahrenzone: $\geq 0,5$ m.
- Abstand vom Eckstiel zur seitlich liegenden Gefahrenzone: $\geq 1,5$ m.

Maßgeblich für die Bemessung der Gefahrenzone ist das erste betriebsmäßig spannungsführende Teil (z. B. Schutzarmatur, Seil) des freigeschalteten Stromkreises.

Die Festlegung der zusätzlichen Abstände geht davon aus, daß in bestimmten Arbeitssituationen auch in gebückter oder kniender Arbeitshaltung gearbeitet werden muß, um außerhalb der Gefahrenzone zu bleiben.

Die Prüfung der Abstände ist Bestandteil der Arbeitsvorbereitung. Die Unterweisung der Ausführenden konzentriert sich auf die gewählte Maßnahme und auf die Maße und Einhaltung der zusätzlichen Abstände zur Gefahrenzone bzw. zum verringerten Schutzabstand.

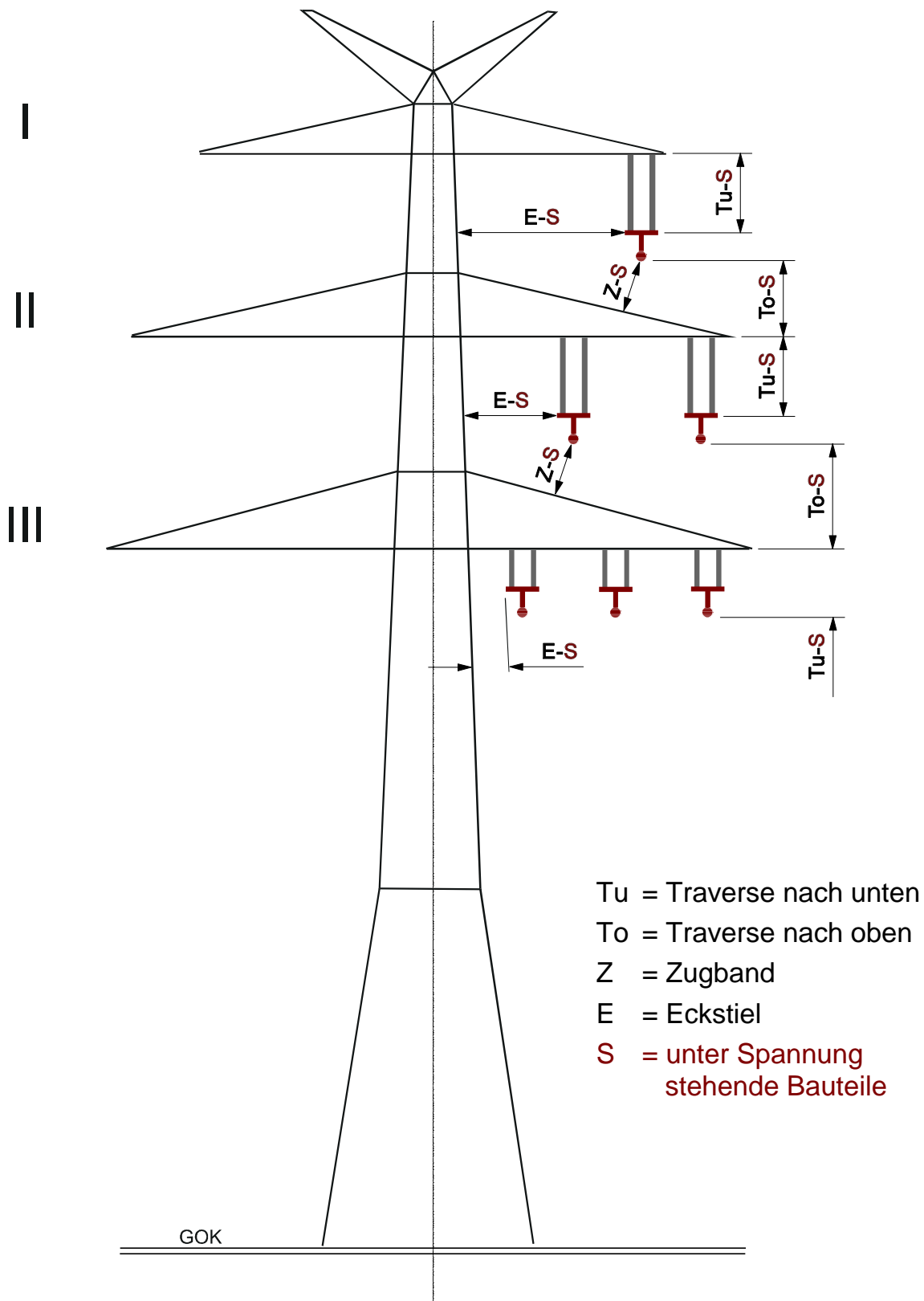
4 Zitierte Normen und Unterlagen

DIN VDE 0105-100 (10/1997)	Betrieb von elektrischen Anlagen
VBG 37	Bauarbeiten
Informationsblatt 6/95 der BG FuE	Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungen mit Nennspannung ≥ 110 kV
BGR 148 (bisher ZH 1/294)	Schutz gegen Absturz beim Bau und Betrieb von Freileitungen

5 Anlagen

- **Anlage 1:** Abstände zwischen den Konstruktionsteilen und unter Spannung stehenden Bauteilen
- **Anlage 2:** Zusätzlicher Abstand als Arbeitsraum für Korrosionsschutzarbeiten nach Tabelle 101 der DIN VDE 0105 - 100 und BG-Informationsblatt 6/1995 (Hinweise)
- **Anlage 3:** Zusätzlicher Abstand als Arbeitsraum für Korrosionsschutzarbeiten nach Tabelle 101 der DIN VDE 0105 - 100 und BG-Informationsblatt 6/1995 (Schaubild)
- **Anlage 4:** Gefahrenzonen und Arbeitsräume an Isolatorketten nach Tabelle 101 der DIN VDE 0105 - 100
- **Anlage 5:** Verringerter Schutzabstand und Arbeitsräume an Isolatorketten nach BG-Informationsblatt 6/1995

Abstände zwischen den Konstruktionsteilen und unter Spannung stehenden Bauteilen



Zusätzlicher Abstand als Arbeitsraum für Korrosionsschutzarbeiten
nach Tabelle 101 der DIN VDE 0105 - 100 und BG-Informationsblatt 6/1995

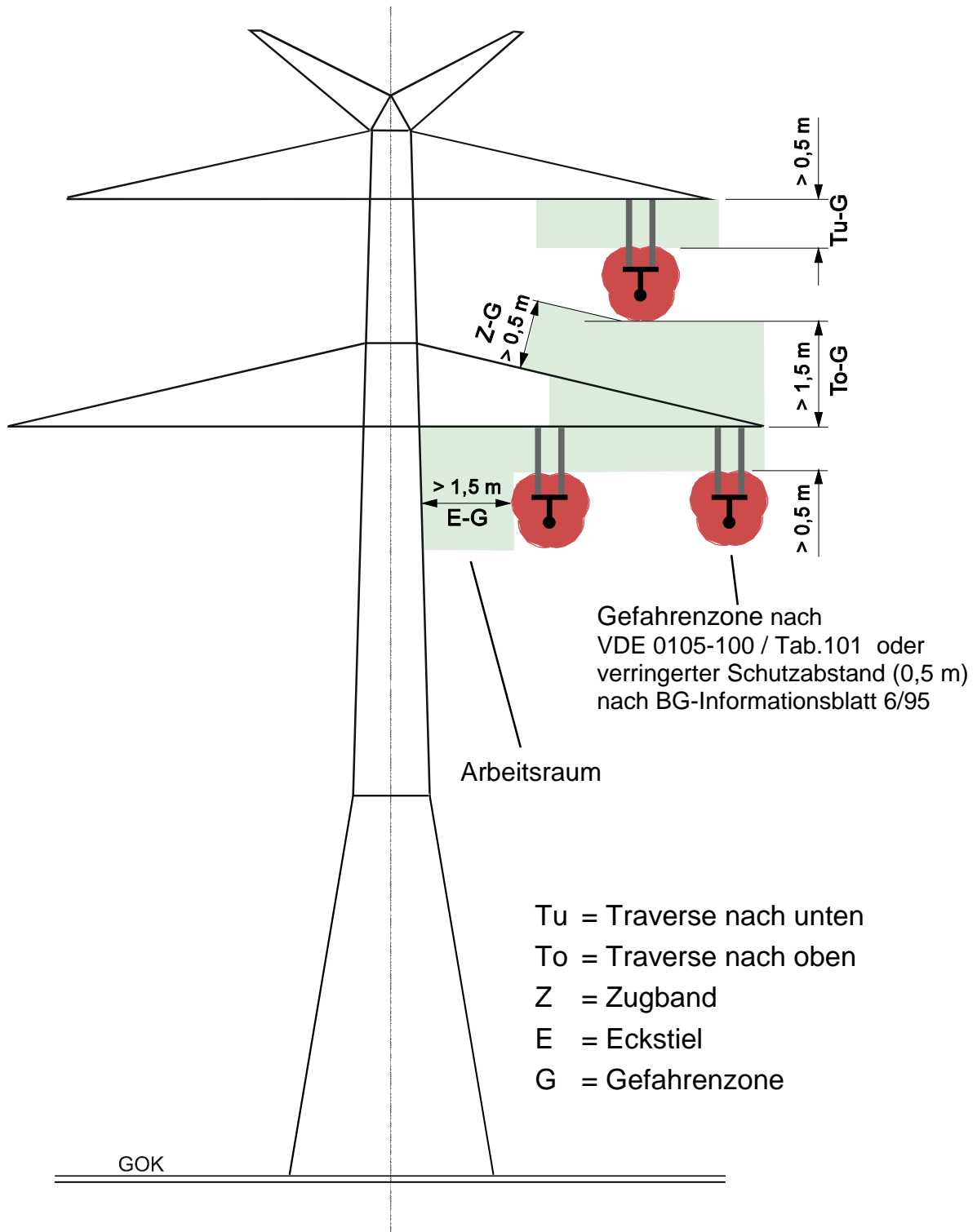
- Abstand zwischen der Traversenunterkante und der darunterliegenden Gefahrenzone (Tu-G): $\geq 0,5$ m
 - die Arbeit wird kniend oder liegend ausgeführt

- Abstand zwischen der Traversenoberkante (Auftrittsebene) und der darüberliegenden Gefahrenzone (To - G): $\geq 1,5$ m
 - der Anstreicher arbeitet kniend oder gebückt

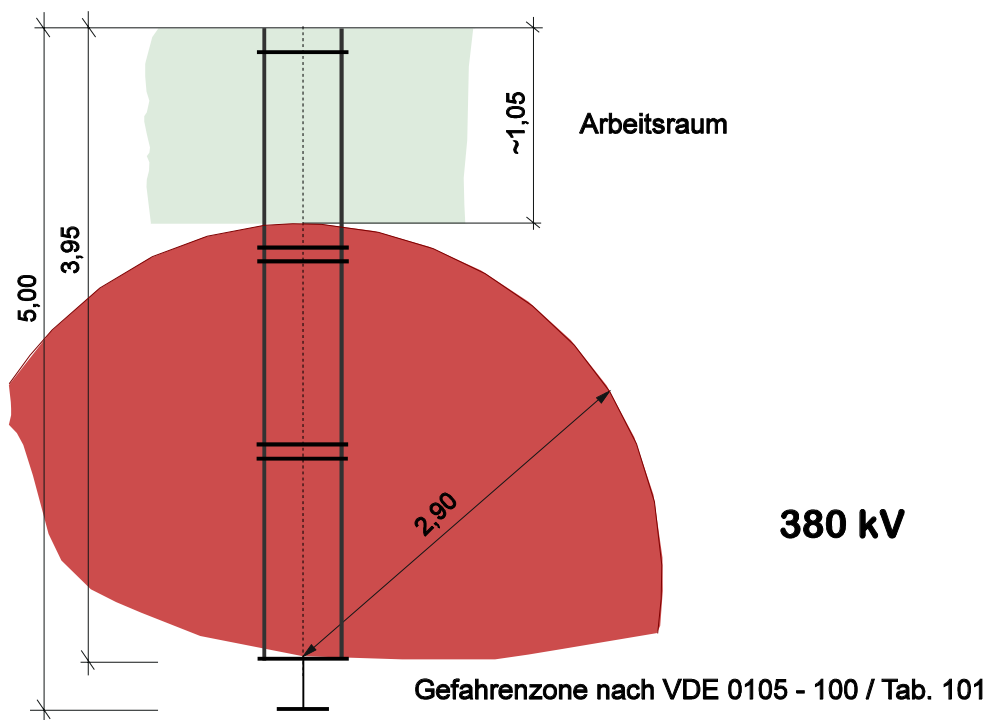
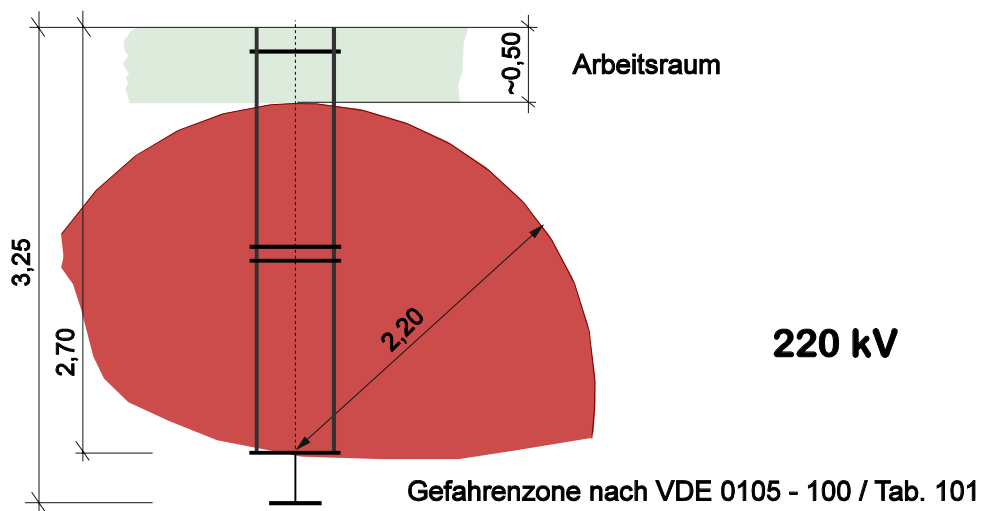
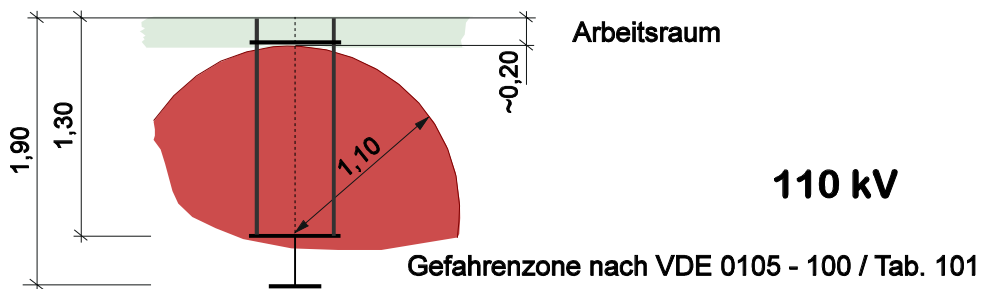
- Abstand zwischen dem Zugband und der darüberliegenden Gefahrenzone (Z - G): $\geq 0,5$ m
 - der Anstreicher befindet sich mit der gesamten Körperhöhe unterhalb des Zugbandes
 - Berücksichtigung der Unterarmlänge

- Abstand zwischen dem Eckstiel und der seitlich liegenden Gefahrenzone (E - G): $\geq 1,5$ m
 - der Anstreicher sitzt bzw. steht auf den Diagonalen
 - Klettern und Umsteigen von innen nach außen
 - Körpertiefe und Kletterhaltung

Zusätzlicher Abstand als Arbeitsraum für Korrosionsschutzarbeiten
 nach Tabelle 101 der VDE 0105 - 100 und BG-Informationsblatt 6/1995

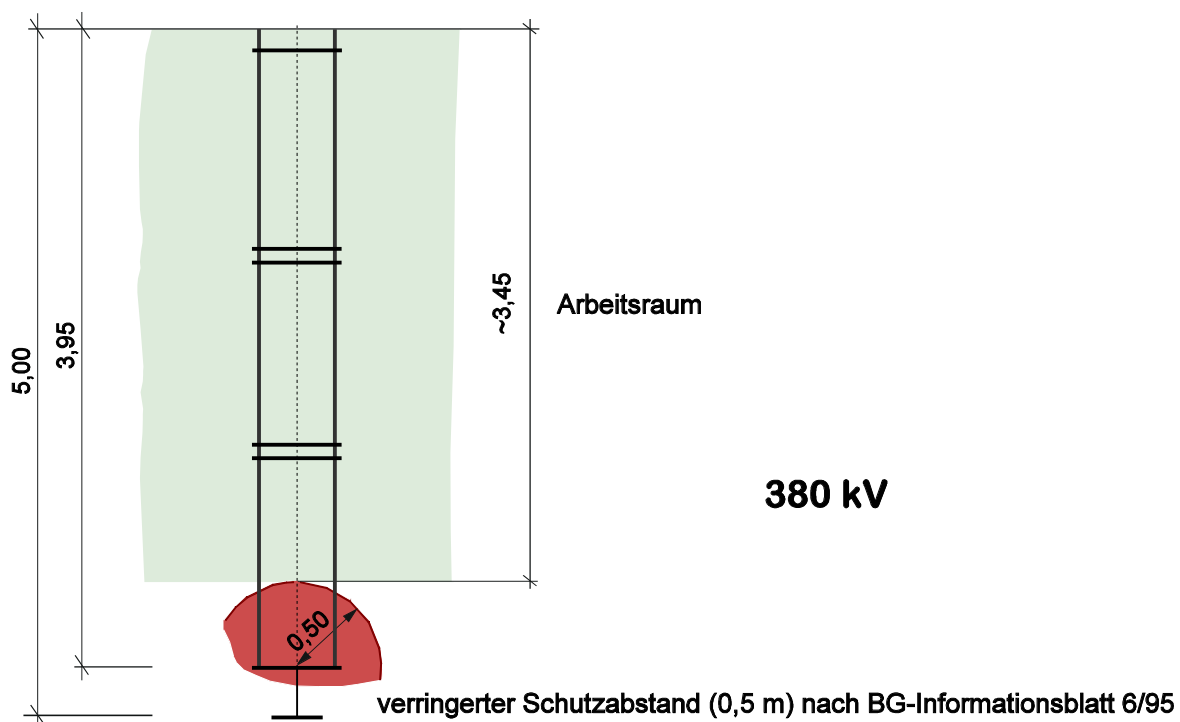
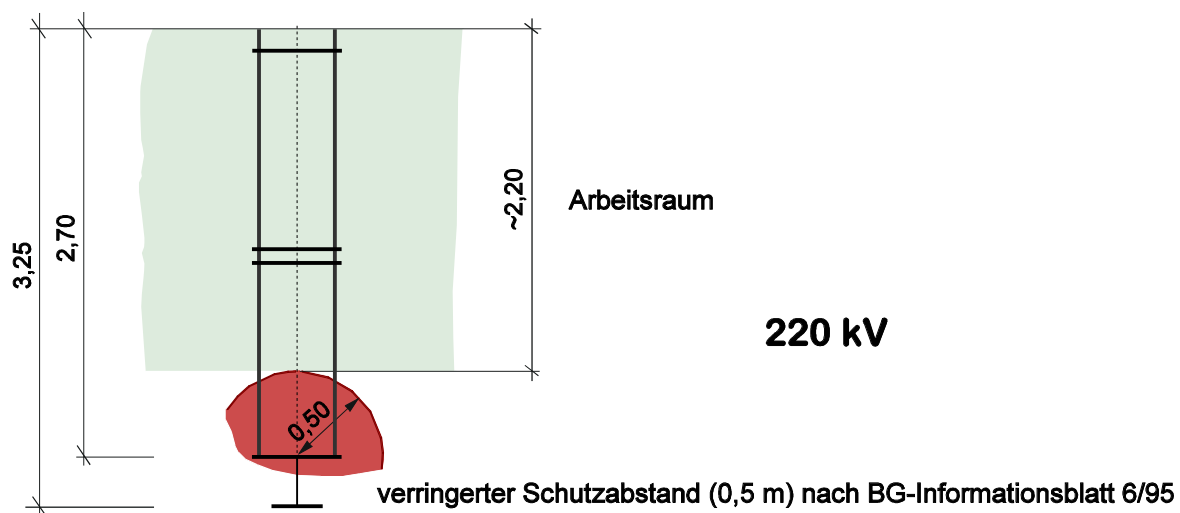
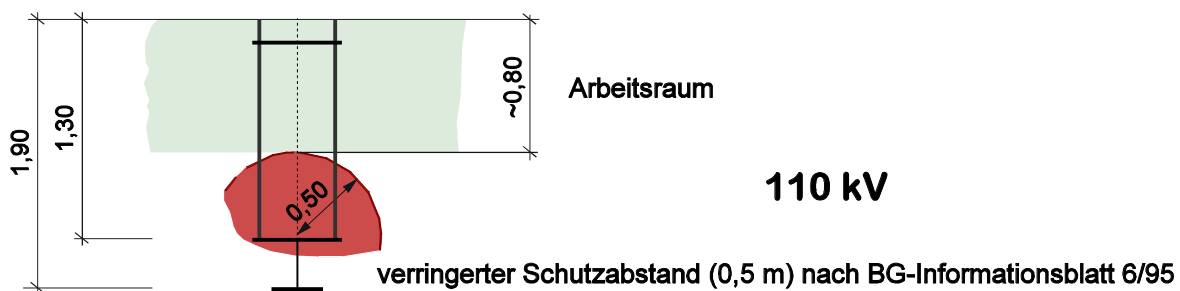


Gefahrenzonen und Arbeitsräume an Isolatorketten nach Tabelle 101 der VDE 0105 - 100



alle Abstände in m

Verringerter Schutzabstand und Arbeitsräume an Isolatorketten nach BG-Informationsblatt 6/1995



alle Abstände in m

6

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

- Hinweise zur Vermeidung von Umweltschäden -

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

Oktober 1991

Überarbeitung: September 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Allgemeines	1
2 Korrosionsbeanspruchungen	1
3 Beschichtungsstoffe	2
3.1 Auswahl der Beschichtungsstoffe	2
3.1.1 Allgemeine Gesichtspunkte	2
3.1.2 Technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte	2
3.1.3 Umweltgesichtspunkte	2
3.2 Transport und Lagerung der Beschichtungsstoffe	3
3.2.1 Transport	3
3.2.2 Lagerung	3
4 Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten	4
4.1 Oberflächenvorbereitung	4
4.1.1 Allgemeines	4
4.1.2 Bürsten, Spachteln, Schaben, Entrosten durch Hämmern oder mit der Nadelpistole	4
4.1.3 Strahlentrostung	4
4.1.4 Hochdruckreinigung	4
4.2 Applikation der Beschichtungsstoffe	5
4.2.1 Betriebsanweisungen, Sicherheitsdatenblätter	5
4.2.2 Lösemittelabgabe, MAK-Werte	5
4.2.3 Verunreinigungen durch flüssige Beschichtungsstoffe	6
5 Entsorgung	6
5.1 Restbestände an Beschichtungsstoffen	6
5.2 Altbeschichtungen und Strahlschutt	6
5.3 Leergebinde	7
5.4 Werkzeuge und Abdeckmaterial	7
6 Zitierte Normen und andere Unterlagen	7

1 Allgemeines

Freileitungsmaste werden durch metallische Überzüge (Feuerverzinkung) und/oder durch organische Beschichtungen (Farbanstrich) vor Korrosion geschützt.

Diese Hinweise zur Vermeidung von Umweltschäden beschäftigen sich ausschließlich mit der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten vor Ort am fertigen Freileitungsmast. Der Themenkreis "Feuerverzinkung" und "Stabweise Beschichtung der feuerverzinkten Mastbauteile im Werk" wird nur soweit berücksichtigt, als das Vorhandensein des Schwermetalls Zink und der bei der Werkbeschichtung verwendeten Beschichtungsstoffe bei späteren Pflegemaßnahmen des Korrosionsschutzes zu berücksichtigen sind.

Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungsmasten sind zwangsläufig mit Emissionen in Form von Stäuben, Strahlschutt bzw. Altbeschichtungsrückständen, Farbtropfen bzw. -nebeln und Lösemitteldämpfen verbunden.

2 Korrosionsbeanspruchungen

Freileitungsmaste sind im wesentlichen atmosphärischer Korrosion ausgesetzt. Hohe Luftfeuchtigkeit und Luftverunreinigungen wie Schwefeldioxid, Chloride und andere Schadstoffe fördern die Korrosion.

Organische Beschichtungen werden darüber hinaus durch UV-Strahlung belastet.

Neben chemischer Beanspruchung in der Nähe entsprechender Industrieanlagen ist die mechanische Beanspruchung durch Wind- und Regenerosion von Bedeutung.

Die Summe dieser Beanspruchungen führt zu einem Abbau der Beschichtung.

3 Beschichtungsstoffe

3.1 Auswahl der Beschichtungsstoffe

3.1.1 Allgemeine Gesichtspunkte

Die Beschichtungsstoffe als Bestandteil eines Korrosionsschutzsystems können in vielfältiger Weise auf die Umwelt einwirken. Bei der Auswahl der Beschichtungsstoffe ist nicht nur die Applikation und die dabei stattfindende Lösemittelabgabe und Verschmutzung durch Farbspritzer zu sehen, sondern auch die Freisetzung von Inhaltsstoffen durch Bewitterung (UV-Bestrahlung, Wind- und Regenerosion) und durch Maßnahmen der Oberflächenvorbereitung bei späteren Folgemaßnahmen (Bürsten, Schaben, Strahlen) zu beachten. Weiter bestimmen Auflagen beim Transport und bei der Lagerung von Beschichtungsstoffen sowie die Einhaltung der Bestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes und anderer Vorschriften die Auswahl.

3.1.2 Technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte

Die Grundbeschichtung soll die Stahloberfläche gegen Korrosion schützen. Die Deckbeschichtung hat die Aufgabe, die Einwirkung aggressiver Stoffe auf die Grundbeschichtung einzuschränken und deren vorzeitigen Abbau zu verhindern.

Die Beschichtungsstoffauswahl kann nur Produkte berücksichtigen, die diesen Anforderungen zu vertretbaren Kosten entsprechen.

3.1.3 Umweltgesichtspunkte

Die Gefahrstoffverordnung verpflichtet die Unternehmer, nach mindergefährlichen Ersatzstoffen zu suchen, d. h., es sind in der Palette der technisch geeigneten und nach der Gefahrstoffverordnung nicht verbotenen Produkte (z. B. Zinkchromat) die auszuwählen, die ein Minimum an Umweltbelastung und Gesundheitsrisiko bei der Verarbeitung sowie bei der späteren Oberflächenvorbereitung für die Wiederholungsbeschichtung gewährleisten.

Maßstab für die Auswahl sind z. B.

- die Einstufung nach der Gefahrstoffverordnung (kennzeichnungsfreie Produkte anstreben)
- der Lösemittelanteil pro m² Anstrichfläche (bei Vergleichsschichtdicke 100 µm: ca. 30 bis 150 g Lösemittel pro m²)
- die Lösemittelleinstufung nach der TA Luft (keine Lösemittel aus den niedrigen, gefährlichen Klassen)

- die Einstufung in Gefahrenklassen nach der Verordnung brennbarer Flüssigkeiten VbF (nicht eingestufte Produkte anstreben)
- die Einstufung in Wassergefährdungsklassen nach der VwVwS (niedrige Wassergefährdungsklassen anstreben)

Lösemittelarme und lösemittelfreie Beschichtungsstoffe sind zu bevorzugen.

3.2 Transport und Lagerung der Beschichtungsstoffe

3.2.1 Transport

Der Transport von Beschichtungsstoffen kann den Bestimmungen der Gefahrgutverordnung Straße (GGVS) unterliegen. Beschichtungsstoffe, die organische Lösemittel beinhalten, können unter die Klasse 3 und ggf. 6.1 der GGVS fallen.

Der Transport hat grundsätzlich in für Straßentransporte zugelassenen Verpackungen (Gebinden) zu erfolgen. Außerdem sind Vorsichtsmaßnahmen im Umgang mit der Ladung zu beachten (Stapelhöhe, Ladungssicherung usw.).

Unterliegt ein Beschichtungsstoff der GGVS, so sind die Anforderungen an den Transport mit dem Gefahrgutbeauftragten abzuklären.

3.2.2 Lagerung

Bei der Lagerung von Beschichtungsstoffen sind die VbF, TRbF, VAwS, TRwS und die Landeswassergesetze zu beachten.

Alle Anlagen müssen so beschaffen sein, daß eine Verunreinigung der Gewässer nicht zu besorgen ist, d. h., daß eine Gefährdung nach menschlichem Ermessen unwahrscheinlich ist. Dieser Grundsatz muß zwingend beachtet werden.

Grundsätzlich ist das Betreten der Lager durch Unbefugte zu verbieten (TRbF 210 Abs. 4.7).

4 Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten

4.1 Oberflächenvorbereitung

4.1.1 Allgemeines

Bei der Oberflächenvorbereitung werden ggf. in der Altbeschichtung vorhandene Schadstoffe freigesetzt. Die Arbeitsmethoden sind so zu wählen, daß sie nicht zu unzulässigen Umweltbelastungen führen.

4.1.2 Bürsten, Spachteln, Schaben, Entrosten durch Hämmern oder mit der Nadelpistole

Im Regelfall wird die Oberflächenvorbereitung durch Bürsten, Arbeiten mit dem Spachtel oder Schaber und bei Verrostungen auch durch Hämmern oder unter Verwendung der Nadelpistole ausgeführt. Abgelöste Partikel haben bei diesen Arbeitsmethoden eine gewisse Größe und lagern sich im Umfeld des Mastes ab. In diesem Umfeld sollten auch unter Berücksichtigung des Bundes-Bodenschutzgesetzes solche Ablagerungen durch Abdeckungen aufgefangen werden.

4.1.3 Strahlentrostung

Strahlentrostung wird ausschließlich auf stark verrosteten, unverzinkten Konstruktionen ausgeführt. Diese Masten älterer Bauart sind häufig mit Grundbeschichtungen aus Bleimennige und/oder Zinkchromat versehen. Auch bei Beschränkung der Strahlarbeiten auf die verrosteten Bereiche (Vorbereitungsgrad PSa 2½) werden bleimennige- und/oder zinkchromathaltige Stoffe mit abgestrahlt und verschmutzen das Strahlmittel. Somit ist auch bei Verwendung schwermetallfreier Strahlmittel der Strahlschutt belastet.

Daraus resultiert in der Regel die Notwendigkeit einer vollständigen Einhausung des Mastes bzw. der zu bearbeitenden Mastabschnitte.

4.1.4 Hochdruckreinigung

In feuchten Regionen und durch die in den vergangenen Jahren verstärkt eingesetzten nichttoxischen Beschichtungsstoffe bildet sich das Moos- und Algenwachstum auf der Mastoberfläche immer stärker aus.

Algizid bzw. mikrobizid eingestellte Beschichtungsstoffe sind sehr wirksam, sind aber im Sinne der Minderung der Umweltbelastung keine Lösung.

Im Zuge der Oberflächenvorbereitung muß der Moos- und Algenbewuchs entfernt werden. Bewährt hat sich hierfür der Einsatz von Hochdruckreinigungsgeräten. Chemische Reinigungszusätze dürfen dem Wasser nicht zugesetzt werden, da das Waschwasser nicht aufgefangen werden kann und somit auch die Reinigungszusätze unmittelbar in das Erdreich gelangen würden.

4.2 Applikation der Beschichtungsstoffe

4.2.1 Betriebsanweisungen, Sicherheitsdatenblätter

Für alle Beschichtungsstoffe, die Gefahrstoffe sind, ist nach § 20 Gefahrstoffverordnung bzw. nach VBG 23 (Verarbeitung von Beschichtungsstoffen) eine Betriebsanweisung zu erstellen. Diese Betriebsanweisung muß in verständlicher Form und Sprache über

- die beim Umgang auftretenden Gefahren
- die entsprechenden Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln
- die Verhaltensregeln für den Gefahrfall
- die Erste-Hilfe-Maßnahmen
- die sachgerechte Entsorgung

informieren.

Grundlage dieser Betriebsanweisungen sind die vom Beschichtungsstoffhersteller beizustellenden EG-Sicherheitsdatenblätter nach § 14a Gefahrstoffverordnung für Beschichtungsstoffe, die Gefahrstoffe beinhalten.

4.2.2 Lösemittelabgabe, MAK-Werte

Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungsmasten werden in der Regel am fertigen Objekt und damit im Freien ausgeführt. Die dadurch gegebene natürliche Lüftung, insbesondere bei Wind, verhindert eine unzulässige Arbeitsplatzkonzentration der entweichenden Lösemittel. Dennoch sind Beschichtungsstoffe vorzuziehen, die eine geringe Geruchsbelästigung für den Anstreicher darstellen und Lösemittel enthalten, für die kein oder ein hoher MAK-Wert festgelegt ist.

4.2.3 Verunreinigungen durch flüssige Beschichtungsstoffe

Die Beschichtungsstoffe werden in der Regel mit einem Ringpinsel aufgetragen. Dickschichtige Beschichtungsstoffe erfordern das satte Beladen des Pinsels und verbieten das Abstreifen am Eimerrand, so daß Farbspritzer nicht zu vermeiden sind.

Die dickflüssige Konsistenz der Beschichtungsstoffe ermöglicht bei sorgfältiger Verarbeitung eine Minimierung des Problems.

Ein empfindliches Mastumfeld muß durch Abdeckungen vor Farbspritzern geschützt werden. Durch Farbspritzer verunreinigtes Getreide, Gras, Gemüse, Obst usw. darf nicht als Nahrungs- bzw. Futtermittel verwendet und muß je nach Verschmutzungsumfang entsorgt werden.

5 Entsorgung

5.1 Restbestände an Beschichtungsstoffen

Der Abschluß der Anstricharbeiten ist so zu organisieren, daß nur wenige angebrochene Gebinde nachbleiben.

Angebrochene Gebinde sollen kurzfristig bei Folgemaßnahmen aufgebraucht werden.

Gebinde mit Restinhalt sind entsprechend den abfallrechtlichen Regelungen zu verwerten bzw. zu beseitigen.

5.2 Altbeschichtungen und Strahlschutt

Ohne besondere Bestimmung der Inhaltsstoffe sind bei der Oberflächenvorbereitung anfallende Rückstände der Altbeschichtungen und Strahlschutt als überwachungsbedürftiger Abfall einzustufen und als solcher zu entsorgen.

Insbesondere Altbeschichtungen mit Zinkchromatgrundierungen oder Bleimennise sowie mit Steinkohlenteerpechbeschichtungen führen in der Regel zur Einstufung als überwachungsbedürftiger Abfall.

Vor der Entsorgung von Altbeschichtungsrückständen und Strahlschutt ist der Abfallbeauftragte des Energieversorgungsunternehmens einzuschalten.

5.3 Leergebinde

Sorgfältig entleerte Gebinde sind kein Abfall sondern Reststoff, der wieder der Verwertung (Blechsrott) zuzuführen ist. Die Verpackungsverordnung ist zu beachten.

Die sorgfältige Entleerung muß unmittelbar nach Entnahme des Inhaltes erfolgen. Dickflüssige Farben sind mit dem Pinsel zu entnehmen bzw. auszuspachteln.

Die Gebinde dürfen nicht vor Aushärtung der Restfarbe ineinander gestapelt werden.

5.4 Werkzeuge und Abdeckmaterial

Farbverschmutzte, unbrauchbare Werkzeuge und Abdeckmaterialien sind nach dem zutreffenden Abfallschlüssel zu entsorgen.

6 Zitierte Normen und andere Unterlagen

DVG:	Sachstandsbericht über lösemittelarme Beschichtungsstoffe, März 1987, Überarbeitung: September 1999
DVG:	Korrosionsschutz an Freileitungsmasten, Empfehlungen Februar 1982, Überarbeitung: September 1999
DVG:	Anforderungen an die Oberfläche feuerverzinkter Mastbauteile für nachfolgende Beschichtungen, Februar 1989, Überarbeitung: September 1999
DIN EN ISO 12944, Teil 1-8:	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
Bundesverband Stahlblechverpackungen e. V. u.a.:	Hinweise: Verwertung entleerter Blechgebinde, August 1987
KrW-/AbfG:	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
BImSchG:	Bundesimmissionsschutzgesetz
ChemG:	Chemikaliengesetz
GefStoffV:	Gefahrstoffverordnung
GGVS:	Gefahrgutverordnung Straße
MAK-Werte:	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
TA-Luft:	Technische Anleitung Luft

TRbF:	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten
TRwS	Technische Regeln für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
VAwS:	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
VbF:	Verordnung brennbarer Flüssigkeiten
VBG 23:	Vorschriftenwerk der Berufsgenossenschaft "Verarbeitung von Beschichtungsstoffen"
WHG:	Wasserhaushaltsgesetz
VwVwS:	Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe
VerpackV:	Verpackungsverordnung
BBodSchG:	Bundes-Bodenschutzgesetz
BodSchV:	Bodenschutz- und Altlastenverordnung

7

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

**- Anforderungen an die Qualifikation der
beteiligten Firmen und Personen -**

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

September 1994

Überarbeitung: September 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Allgemeines	1
2	An der Durchführung von Korrosionsschutzarbeiten beteiligte Firmen und Personen	2
	2.1 Auftraggeber	2
	2.2 Auftragnehmer	3
3	Aufgaben- und Verantwortungszuordnung	3
	3.1 EVU	3
	3.2 Korrosionsschutzfachfirma	4
	3.3 Beschichtungstoffhersteller/-lieferant	4
4	Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiter der Korrosionsschutzfachfirma	5
	4.1 Verantwortlicher Oberbauleiter	5
	4.2 Örtlicher Bauleiter	5
	4.3 Anstreicher/Korrosionsschutzwerker	5
5	Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiter des EVU	6
	5.1 Korrosionsschutzsachbearbeiter/Projektleiter/Arbeitsplaner	6
	5.2 Bauaufsicht/Kontrolleur	6
6	Einsatz fremdsprachiger Arbeitskräfte	6
7	Anforderungen an die Sicherheitsunterweisung	7
	7.1 Grundkenntnisse der Freileitungstechnik	7
	7.2 Kenntnis der einschlägigen Vorschriften	7
	7.3 Gefahrenpotentiale und Verhalten bei Unfällen	7
	7.4 Grundsätze für das Verhalten auf der Baustelle	8

8	Leitfaden für die Baustelleneinweisung	8
	8.1 Verantwortlichkeiten/Notrufwege	8
	8.2 Objektbeschreibung und -kennzeichnung	8
	8.3 Gefährdung durch benachbarte Anlagen	8
	8.4 Festlegung der Arbeitsstelle und -grenze	8
	8.5 Sicherheitsmaßnahmen	9
	8.6 Einhaltung der Witterungsbedingungen	9
	8.7 Restmengen und Abfallhandhabung	9
	8.8 Verständniskontrollen	9
9	Anforderungen aus BG-Vorschriften und BG-Regeln, DIN-Normen und VDE-Bestimmungen	9
	9.1 VBG 1	10
	9.2 VBG 4	10
	9.3 DIN VDE 0105-100 (10/1997)	11
	9.4 BG - Informationsblatt 6/1995	11
	9.5 DIN VDE 1000-10 (5/1995)	11
	9.6 Berufsgenossenschaftliche Regeln BGR 148 (bisher ZH 1/294)	12

1 Allgemeines

Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungsmasten sind nach DIN VDE 0105-100 "Nichtelektrotechnische Arbeiten im Bereich einer elektrischen Anlage" und häufig "Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile". Sie werden jedoch in der Regel nicht von Elektrofachfirmen ausgeführt.

Die Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten ist körperlich schwere Arbeit, sie wird in der Regel im Klettern ausgeführt auf Mastkonstruktionen bis 100 m Höhe, in Ausnahmefällen auch bis über 200 m Höhe.

Die Arbeiten können nur bei trockener und ausreichend warmer Witterung ausgeführt werden, so daß die Arbeitssaison von ca. April bis Oktober nur 6 bis 7 Monate dauert.

Diese Randbedingungen sowie der vermehrte Einsatz fremdsprachiger Arbeitskräfte führen bei den Korrosionsschutzfachfirmen zu einer vielschichtigen Personalzusammensetzung mit den entsprechenden Problemen bei der Umsetzung der Anforderungen an die Arbeitssicherheit und an die Qualität der Arbeitsausführung.

Folgende Aspekte sind bei der Planung und Durchführung von Korrosionsschutzarbeiten an Freileitungsmasten zu beachten:

- Korrosionsschutz wird an betriebsfertigen Freileitungen ausgeführt; es sind Freischaltungen zu prüfen.
- Auch freigeschaltete Leitungen sind nicht spannungsfrei, da i. d. R. induktive und kapazitive Beeinflussung durch Nachbarstromkreise und Leitungen gegeben ist.
- Das Freileitungsnetz der verschiedenen EVU ist sehr unterschiedlich aufgebaut (Masttypen, Systembelegung, Kettenaufbau).
- Die Leitungs-, Mast- und Stromkreiskennzeichnung ist zwischen den EVU sehr unterschiedlich.
- Die Einteilung der Arbeitsbereiche und -abläufe ist bei den EVU unterschiedlich.
- Die EVU besitzen unterschiedliche Baustellenorganisationen und damit unterschiedliche Verantwortlichkeiten.
- Die Mitarbeiter der Korrosionsschutzfachfirmen besitzen i. d. R. keine Ausbildung in einem elektrotechnischen Beruf.
- Die Belegschaften unterliegen einer hohen Fluktuation.
- Die Arbeitsgruppen setzen sich häufig aus verschiedensprachigen Mitarbeitern zusammen.
- Die Kommunikation der Anstreicher untereinander als auch zwischen Firmenleitung und Mitarbeitern sowie zwischen Auftraggeber und den Arbeitsgruppen ist durch Sprachenvielfalt erschwert.
- Die Einweisung auf der Baustelle muß den geringen elektrotechnischen Kenntnisstand, das unterschiedliche Aufnahmevermögen der Anstreicher und die Probleme der Netzvielfalt in Deutschland berücksichtigen.

- Korrosionsschutzarbeiten stellen eine hohe körperliche Dauerbelastung dar.
- Die Arbeiten besitzen bei Fehlverhalten ein hohes Gefahrenpotential durch Absturz und unzulässige Annäherung an spannungsführende Teile.
- Die Arbeiten werden i. d. R. im Leistungslohn ausgeführt. Die Anstreicher stehen ständig unter hohem Leistungsdruck.
- Qualität und Intensität der Kontrollen beeinflussen den Arbeitsablauf und damit die Verdienstmöglichkeiten der Anstreicher.
- Erforderliche Sicherheitsmaßnahmen gegen Absturz und Maßnahmen zur Einhaltung der Sicherheitsabstände verlangsamen das Arbeitstempo.
- Die Witterung beeinflusst die Arbeitsmöglichkeiten. Der Verdienstausschlag verschlechtert die Motivation der Anstreicher.
- Freischalterfordernisse für Korrosionsschutzarbeiten und Netzführungserfordernisse kollidieren häufig. Die zunehmende Neigung zur vollständigen Ausschöpfung des sicherheitstechnischen Spielraumes erhöht die Anforderungen an die Ausführenden.
- Die Verantwortlichen für die Ausführung der Korrosionsschutzmaßnahmen müssen eine Vielzahl von Vorschriften, Normen und Bestimmungen beherrschen und umsetzen.

Diese Empfehlung beinhaltet Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiter der Korrosionsschutzfachfirmen und an die der EVU sowie Anforderungen an die Sicherheitsunterweisung. Auch werden Hinweise für die Baustelleneinweisung gegeben und die Anforderungen aus einschlägigen Vorschriften, Normen und Empfehlungen aufgezeigt.

2 An der Durchführung von Korrosionsschutzarbeiten beteiligte Firmen und Personen

2.1 Auftraggeber

EVU:

- Abteilungs-/Fachbereichsleiter
 - Gruppen-/Teilbereichsleiter
 - Korrosionsschutzsachbearbeiter/Projektleiter/Arbeitsplaner
 - Meister Leitungsinstandhaltung/Betrieb
 - Bauaufsicht/Kontrolleur/Baubegleiter
- | | |
|--|------------------------------|
| | Anlagenverantwortlicher nach |
| | DIN VDE 0105-100, Abs. 3.2.2 |

2.2 Auftragnehmer

Korrosionsschutzfachfirma:

- Geschäftsführer/Betriebsleiter
- Oberbauleiter/Spartenleiter Korrosionsschutz Maste
- Örtlicher Bauleiter/Vorarbeiter/Polier/Kolonnenführer
(Arbeitsverantwortlicher nach DIN VDE 0105-100, Abs. 3.2.1)
- Arbeitsgruppenführer
- Anstreicher/Korrosionsschutzwerker

Beschichtungsstoffhersteller:

- Geschäftsführer/Betriebsleiter
- Chefchemiker
- Anwendungstechniker
- Gebietsvertreter

3 Aufgaben- und Verantwortungszuordnung

3.1 EVU

Auftraggeber und Objekteigner und/oder -betreiber sind zuständig für die

- Auswahl des Korrosionsschutzsystems
 - * Anforderung an die Oberflächenvorbereitung
 - * Schichtzahlen und Schichtdicken
 - * Beschichtungsstofffestlegung oder Auswahlvorgabe
- Zwischenkontrolle und Schlußabnahme
- Überwachung der Entsorgung (Entsorgungsnachweise)

und als Anlagenverantwortlicher für die

- Eindeutige Beschreibung des zu bearbeitenden Objektes und Sicherstellung der Identifikationsmerkmale
- Herstellung eines die Arbeitssicherheit gewährleistenden Betriebszustandes (Freischaltung, Spannungsfreiheitsprüfung, Erdung, Beeinflussung)
- Einweisung der Korrosionsschutzfachfirma in die Besonderheiten der Anlage und der Arbeitsabwicklung
- Schaffung der Voraussetzungen zum Betreten der Grundstücke; Entschädigung des entstandenen Flurschadens (ggf. Weiterverrechnung, an Auftragnehmer)
- Zusätzliche Aufsicht bei verringertem Schutzabstand

3.2 Korrosionsschutzfachfirma

Auftragnehmer für Korrosionsschutzleistungen und ggf. für Lieferungen sind zuständig für die:

- Bestätigung des Korrosionsschutzsystems
- Beschichtungsstoffauswahl u. U. aus einer Auswahlvorgabe, falls Lieferung vereinbart
- Bereitstellung eines qualifizierten örtlichen Bauleiters
- Bereitstellung qualifizierter Anstreicher/Korrosionswerker
- Ausbildung des Personals
- Qualitätsüberwachung
- Einrichtung eines Zwischenlagers für Beschichtungsstoffe unter Beachtung aller einschlägigen Vorschriften
- Transport der Beschichtungsstoffe auf der Baustelle
- Entsorgung der Leergebinde nach sachgerechter Entleerung
- Entsorgung der Beschichtungsstoffrückstände, der Arbeitsmittel, der Altfarbenrückstände und des Strahlschutts mit Entsorgungsnachweis
- Einhaltung der vereinbarten Zuwegungen, Vermeidung von Flurschäden, Abdeckungen gegen Farbverschmutzungen
- Erfassung und Einhaltung der für die Arbeiten zulässigen Witterungsbedingungen

und als Arbeitsverantwortlicher für die

- Einhaltung der Arbeitssicherheitsvorschriften

3.3 Beschichtungsstoffhersteller/-lieferant

Auftragnehmer für Beschichtungsstofflieferungen sind zuständig für die

- termingerechte Beistellung der geordneten Beschichtungsstoffe
- Qualität der Beschichtungsstoffe
- Änderung der Beschichtungsstoffeinstellung bei festgestellter Notwendigkeit
- Beurteilung der Oberflächenvorbereitung und der Anstrichausführung bei Gewährleistungsanstrichen

4 Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiter der Korrosionsschutzfachfirma

4.1 Verantwortlicher Oberbauleiter

(Vorgesetzter des örtlichen Bauleiters/Vorarbeiters)

Elektrofachkraft nach VBG 4, DIN VDE 0105-100 und DIN VDE 1000-10 wegen

- einer Tätigkeit von Bedeutung für die elektrische Sicherheit
- des Einsatzes von Arbeitskräften für entsprechende Tätigkeiten
- der Schulung von Laien zu elektrotechnisch unterwiesenen Personen

4.2 Örtlicher Bauleiter

(Vorarbeiter, Polier)

Berufsausbildung als Maler oder Korrosionsschutzwerker oder Erwerb des Korrosionsschutzscheins der Handwerkskammer Dortmund oder eine nachweislich gleichwertige Ausbildung wegen

- der fachlichen Qualifikation zur Durchführung und Überwachung von Korrosionsschutzarbeiten

entweder

- Elektrotechnisch unterwiesene Person wegen
 - der Aufsichtsführung bei Arbeiten mit Anwendung der Schutzabstände nach Tabelle 102 der DIN VDE 105-100

oder

- Elektrofachkraft wegen
 - der Aufsichtsführung bei Arbeiten mit verringertem Schutzabstand

4.3 Anstreicher/Korrosionsschutzwerker

Hinreichende Ausbildung und Übung im Steigen, Grundkenntnisse der Freileitungstechnik, Ausbildung zum Anstreicher

entweder

- als elektrotechnisch unterwiesene Person wegen
 - des Erfordernisses mindestens einer elektrotechnisch unterwiesenen Person pro Arbeitsgruppe zur Aufsichtsführung bei Arbeiten nach Tabelle 102 der DIN VDE 0105-100
 - der Ausführung von Arbeiten ohne Erdung vor Ort unter Einhaltung der Abstände nach Tabelle 101 der DIN VDE 0105-100, Abs. 6.4.3.107

oder als

- Elektrotechnischer Laie bei

- der Ausführung von Arbeiten unter Aufsichtsführung einer elektrotechnisch unterwiesenen Person

5 Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiter des EVU

5.1 Korrosionsschutzsachbearbeiter/Projektleiter/Arbeitsplaner

Elektrofachkraft nach VBG 4, DIN VDE 0105-100 und DIN VDE 1000-10 wegen

- einer Tätigkeiten von Bedeutung für die elektrische Sicherheit
- des Einsatzes von Arbeitskräften für entsprechende Tätigkeiten

5.2 Bauaufsicht/Kontrolleur

Elektrofachkraft nach VBG 4, DIN VDE 0105-100 und DIN VDE 1000-10 wegen

- einer Tätigkeit von Bedeutung für die elektrische Sicherheit
- der Verfügung über freigeschaltete Stromkreise
- der Durchführung und/oder Kontrolle der Arbeitserdung inklusive Prüfen auf Spannungsfreiheit
- der Aufsicht bei verringertem Schutzabstand

6 Einsatz fremdsprachiger Arbeitskräfte

Fremdsprachige Mitarbeiter im Korrosionsschutz ohne ausreichende deutsche Sprachkenntnisse dürfen unter folgenden Voraussetzungen eingesetzt werden:

- Der örtliche Bauleiter/Vorarbeiter ist hinreichend sicher in der deutschen als auch in der fremden Sprache.
- In jeder Arbeitsgruppe muß ein Aufsichtführender sein, der sich auf deutsch verständigen kann.
- Der örtliche Bauleiter ist Elektrofachkraft, beherrscht die Fremdsprache und ist damit in der Lage, die Ausbildung der fremdsprachigen Anstreicher zu elektrotechnisch unterwiesenen Personen durchzuführen (wenn die Qualifikation der Anstreicher als elektrotechnisch unterwiesene Personen erforderlich ist).

7 Anforderungen an die Sicherheitsunterweisung

Für die Sicherheitsunterweisung sind folgende Inhalte - je nach Anforderung an die zu unterweisende Person - aufzugreifen:

7.1 Grundkenntnisse der Freileitungstechnik

- Spannungsebenen
- Masttypen
- Stromkreislaufbau und -anordnung
- Leitungs-, Mast- und Stromkreiskennzeichnung
- Abzweigleitungen, Stichanschlüsse, Einschleifungen
- Erdseile, Luftpfeiler und Sonderseile
- Theorie zur Induktion und Influenz

7.2 Kenntnis der einschlägigen Vorschriften

- VBG 1, VBG 4, DIN VDE 0105-100, DIN VDE 1000-10, BGR 148 (ZH 1/241) Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit in der Arbeit.
- Anlagenverantwortlicher
- Arbeitsverantwortlicher
- Elektrofachkraft
- elektrotechnisch unterwiesene Person
- Laie
- Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile
 - * Schutz durch Abdecken/Abschranken
 - * Schutz durch Abstand
- Annäherungszone, Gefahrenzone
- Spannungsfreiheit und Erdung
- Absturzsicherung

7.3 Gefahrenpotentiale und Verhalten bei Unfällen

- Gefahren durch elektrischen Strom
- Gefahren durch absturzgefährdete Tätigkeit
- Informations- und Notrufregeln
- Zuständige Rettungsstellen
- Verhaltensregeln bei Rettungen in der Nähe unter Spannung stehender Teile
- Rettungsübungen (Bergen von verunfallten Personen)

7.4 Grundsätze für das Verhalten auf der Baustelle

- Vereinbarte Zuwegungen
- Flurschäden, Fahrzeugnutzung
- Umgang mit den Grundstückseigentümern und/oder Pächtern
- Anwesenheitsmeldung

8 Leitfaden für die Baustelleneinweisung

Die Baustelleneinweisung sollte sich an nachfolgender Aufstellung orientieren und die Besonderheiten der Baustelle hervorheben:

8.1 Verantwortlichkeiten/Notrufwege

- Benennung des Anlagenverantwortlichen
- Benennung des verantwortlichen örtlichen Bauleiters der Korrosionsschutzfachfirma als Arbeitsverantwortlicher
- Benennung der Arbeitsgruppenführer
- Festlegung der Kompetenzen der Bauaufsicht
- Bekanntgabe der Standorte der Notruftelefone und/oder Funkgeräte
- Benennung der Notrufstellen in der Region

8.2 Objektbeschreibung und -kennzeichnung

- Leitungsname, Stromkreiskennzeichnung, Mastnummern
- Erkennungs- und Unterscheidungsmerkmale zu anderen Leitungsanlagen
- Hinweise auf Mehrfachstrecken, Abzweige und Einschleifungen
- Mastkopfabmessungen, Isolatorkettenlängen, Stromschlaufenführungen an Abspannmasten, Kreuzmasten und Verdrillungsmasten

8.3 Gefährdung durch benachbarte Anlagen

- Gefahr durch elektrische und magnetische Beeinflussung
- Gefahr durch benachbarte Stromkreise auf gleichem Gestänge
- Gefahr durch benachbarte oder kreuzende Freileitungen

8.4 Festlegung der Arbeitsstelle und -grenze

- Festlegung der Arbeitsstelle auf der Strecke von Mast bis Mast
- Festlegung der Arbeitsgrenzen auf dem Mast (Mastkopf, Traversen, Mastschaft, Mastschaftmitte, Traversenabschnitt, usw.)

8.5 Sicherheitsmaßnahmen

- z. B. Schutz gegen Absturz BGR 148 (bisher ZH 1/294)
- z. B. Armbinden mit der Kennzeichnung des freigeschalteten Stromkreises
- z. B. Fahnen an den freigeschalteten Stromkreisen (DIN VDE 0105-100, Abs. 6.4.1.5)
- z. B. Plakettenanhänger mit Farbspiegel und Name der freigeschalteten Stromkreise
- z. B. Traversenabsperren
- z. B. Verhalten bei Gewitter

8.6 Einhaltung der Witterungsbedingungen

- Temperatur (Luft, Objekt, Beschichtungsstoff)
- Luftfeuchtigkeit
- Taupunkt Abstand
- Regeln für Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen
- Fröhwasserbeständigkeit

8.7 Restmengen und Abfallhandhabung

- Entleerung der Gebinde
- Leergebindetransport und -lagerung
- Leergebindeentsorgung und -nachweis
- Restmengenrückführung
- Entsorgung der Pinsel, Arbeitshandschuhe usw.
- Entsorgung von Abdeckmaterial

8.8 Verständniskontrollen

- Überprüfung des sprachlichen Verständnisses
- Überprüfung des fachlichen Verständnisses

9 Anforderungen aus BG-Vorschriften, BG-Regeln, DIN-Normen und VDE-Bestimmungen

Die Anforderungen an die Qualifikation leiten sich aus den aufgeführten BG-Vorschriften, DIN-Normen und VDE-Bestimmungen ab. Die wesentlichen Bezüge werden nachfolgend dargestellt:

9.1 VBG 1

- §2 (1) Einrichtungen, Anordnungen und Maßnahmen nach VBG und VDE zur Verhütung von Arbeitsunfällen treffen
- §3 (1) Ausnahmen von VBG u. VDE sind auf Antrag bei gleicher Sicherheit möglich
- §4 (2) 1 Zur Verfügungsstellung von Kopfschutz (Anstoßen, herabfallende Gegenstände)
- §6 (1) Koordinator mit Weisungsbefugnis
- §7 (2) Unterweisung über Gefahren und Maßnahmen zu ihrer Anwendung
- §14 Befolgung von sicherheitstechnischen Anweisungen und Tragen der Schutzausrüstung
- §16 (2) 2 Pflicht zur Abstellung von erkannten Mängeln am Arbeitsverfahren
- §18 Pflicht zur Schaffung sicherer Arbeitsplätze
- §33 (1) Absturzsicherung bei Höhen > 1m (ständige Sicherung)
(3) Maßnahmen bei nicht durchzuführender ständiger Sicherung
- §36 (1) Gefährliche Arbeiten nur durch geeignete Personen ausführen lassen
(3) Bei gefährlichen Arbeiten müssen Alleinarbeitende in Sichtweite von anderen Personen sein
- §38 Genuß von Alkohol
- §40.1 Kennzeichnung zur Identifizierung der Einrichtung
- §41 Wenn unter besonderen Bedingungen die Einhaltung der Vorschriften nicht möglich ist, dürfen Instandhaltungsarbeiten nur von geeigneten Personen durchgeführt werden.
- §46 Umgang mit Gefahrstoffen

9.2 VBG 4

- §3 (1) Elektrische Anlagen nur unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft instand halten!
- Überwachung der Instandhaltung
 - Anordnung und Kontrolle der Sicherheitsmaßnahmen
 - Unterrichtung elektrotechnisch unterwiesener Personen
 - Unterweisung von Hilfskräften
 - Überwachen der Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile
- §7 Arbeiten in der Nähe aktiver Teile (Anstricharbeiten Tabelle 3).

9.3 DIN VDE 0105-100 (10/1997)

- 3 Begriffe
 - 3.2.1 Arbeitsverantwortlicher
 - 3.2.2 Anlagenverantwortlicher
 - 3.2.3 Elektrofachkraft
 - 3.2.4 Elektrotechnisch unterwiesene Personen
 - 3.2.5 Laie
- 6 Arbeitsmethoden
 - 6.2 Arbeiten im spannungsfreien Zustand
 - 6.2.3 Spannungsfreiheit feststellen
 - 6.2.4 Erden und Kurzschließen
 - 6.2.6 Freigabe zur Arbeit
 - 6.4 Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile
 - 6.4.3 Schutz durch Abstand und Aufsichtsführung
 - 6.4.3.106 Einhaltung Schutzabstände nach Tabelle 101 bzw. 102
 - 6.4.3.107 Verzicht auf Erdung an der Arbeitsstelle

9.4 BG - Informationsblatt 6/95

- 3 Schutzabstände
- 4 Organisatorische Maßnahmen

9.5 DIN VDE 1000-10 (5/1995)

- 1 Anwendungsbereich
 - Fachliche Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen mit Tätigkeiten von Bedeutung für die elektrische Sicherheit.
 - b) Einsetzen von Arbeitskräften
 - Organisieren der Arbeiten
 - Festlegen der Arbeitsverfahren
 - Auswählen der geeigneten Arbeits- und Aufsichtskräfte
 - Bekanntgeben und Erläutern der einschlägigen Sicherheitsfestlegungen
 - Hinweisen auf besondere Gefahren
 - Festlegen der zu verwendenden Körperschutzmittel und Schutzvorrichtungen

- Unterweisung über anzuwendende Schutzmaßnahmen
- Durchführen notwendiger Schulungsmaßnahmen

e) Betreiben

- Arbeiten
- Instandhalten

- 4 Begriffe
 - 4.1 Verantwortliche Elektrofachkraft
 - 4.2 Elektrofachkraft
- 5 Anforderungen
 - 5.1 Tätigkeiten nach 1 nur von oder unter Aufsicht von Elektrofachkräften nach 4.1 oder 4.2 - darüber hinaus gelten die Regelungen der VDE 0105, Teil 1.
 - 5.2 Ausbildung erfüllt als Geselle, Facharbeiter, Techniker, Meister oder Ingenieur der Elektrotechnik.
 - 5.3 Verantwortliche Betriebs- oder Betriebsteilleitung nur als Techniker, Meister oder Ingenieur der Elektrotechnik.
 - 5.4 Für begrenztes Teilgebiet auch mehrjährige Tätigkeit ausreichend.
- 6 Weisungsbefugnis gegenüber anderen Verantwortlichen nur durch verantwortliche Elektrofachkraft

9.6 BGR 148

Schutz gegen Absturz beim Bau und Betrieb von Freileitungen

Korrosionsschutz an Freileitungsmasten

**- Zustandserfassung, Qualitätssicherung
und Gewährleistung -**

DEUTSCHE VERBUNDGESELLSCHAFT E. V.

Heidelberg

Dezember 1995

Überarbeitung: September 1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Allgemeines	1
2 Zustandserfassung	1
2.1 Dokumentation	1
2.2 Kontrollen	2
2.3 Probebeschichtungen	3
3 Qualitätssicherung	3
3.1 Beschichtungsstoffe	3
3.1.1 Werksabnahme	4
3.1.2 Laborprüfung	4
3.1.3 Baustellenlager	5
3.2 Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten	5
3.2.1 Kontrolle der Oberflächenvorbereitung	5
3.2.2 Kontrolle der Beschichtungen	6
3.2.3 Teil- und Schlußabnahme	6
4 Gewährleistung	7
4.1 Kontrollflächen	7
4.1.1 Größe und Anzahl der Kontrollflächen	7
4.1.2 Anlegen der Kontrollflächen	8
4.1.3 Kontrollflächen-Protokoll	8
4.1.4 Auswertung der Kontrollflächen	9
4.2 Mängelbeseitigung	8
5 Zitierte Normen und andere Unterlagen	9

1 Allgemeines

Mastkonstruktionen unterliegen starker korrosiver Belastung. Unverzinkte Konstruktionen sind zwingend durch Beschichtungen vor Korrosion zu schützen. Auch bei verzinkten Konstruktionen hat sich in den letzten Jahrzehnten die Beschichtung als Duplexsystem zur Verlängerung der Nutzungsdauer bewährt. Da sich Ersatzinvestitionen immer schwerer realisieren lassen, erhält der Korrosionsschutz an Freileitungsmasten eine ständig höhere Bedeutung.

Der Korrosionsschutz an Masten wird auch bei Neubauleitungen überwiegend vor Ort durchgeführt und stellt an die Ausführenden hohe körperliche Anforderungen. Zur Oberflächenvorbereitung werden teilweise schwer zugängliche Bereiche mit Bürste und Schaber in ständig wechselnder Position bearbeitet. Der Beschichtungsauftrag erfolgt mit Knolle oder Ringpinsel auf filigranen Konstruktionen, wobei z.B. Traversenuntersichten "kopfüber" bzw. "blind" zu streichen sind.

Unter diesen Umständen gleichmäßig hohe Qualität zu erzielen, stellt außerordentliche Anforderungen sowohl an die Verarbeiter als auch an die Kontrolleure.

Nur intensive Qualitätskontrolle gewährleistet einen dauerhaften Korrosionsschutz und rechtfertigt den hohen Kosteneinsatz.

Die vorliegende Empfehlung gibt hierzu - insbesondere in bezug auf Zustandserfassung, Qualitätssicherung sowie Gewährleistung - Hinweise aus der Praxis und soll den Verantwortlichen helfen, dieses Ziel zu erreichen.

2 Zustandserfassung

2.1 Dokumentation

Zur Vorbereitung der Korrosionsschutzarbeiten sind Informationen aus früheren Korrosionsschutzmaßnahmen hilfreich. Sie erleichtern eine objektive Beurteilung von vorhandenen Mängeln und sind eine wesentliche Grundlage zur Projektierung der durchzuführenden Maßnahmen. Diese in einer Objektdatei vorhandenen Daten sollten das Objekt und den Lebenslauf der Korrosionsschutzmaßnahmen beschreiben.

- Daten des Objektes:
Baujahr, Stahlqualität, metallische Überzüge (Verzinkung), Anstrichflächen
- Daten der Korrosionsschutzmaßnahmen:
Ausführungsjahr, Oberflächenzustand und -vorbereitung, Beschichtungssystem, Beschichtungstoffhersteller, Schichtdicken, Korrosionsschutzfirma

2.2 Kontrollen

Der Zustand der vorhandenen Beschichtungen wird regelmäßig bei den turnusmäßigen Leitungsinspektionen überwacht. Zu bestimmten Zeitpunkten (Ablauf der Gewährleistung, Ende der geplanten Nutzungsdauer des Korrosionsschutzes) sind Sonderkontrollen zur Erfassung und Optimierung der Reststandzeiten des Korrosionsschutzes durchzuführen, wobei einige Parameter besonders beachtet werden sollten:

- Beurteilung der Altbeschichtungen
 - * Flächenanteil noch intakter letzter Deckbeschichtung
 - * Flächenanteil noch intakter Grundbeschichtungen
 - * Abbauerscheinungen: Schichtdickenabbau, Haftungsstörungen, Verrostungen, mechanische Beschädigungen usw.
- Feststellung des Rostgrades nach DIN 53 210
 - * wegen der unterschiedlichen Belastungen sind die Rostgrade für die wesentlichen Bauteile bzw. Mastregionen anzugeben (z.B. Diagonalen, Eckstiele, Diagonalanschlüsse, Knotenbleche, Mastkopf, Traversen, Mastschaft usw.)
- Unterrostung von überlappenden Konstruktionsteilen
 - * Dicke des Spaltrostes
 - * Anteil der Verbindungen mit Spaltrost
- Zinkkorrosion
 - * Flächenanteil mit Weißverfärbungen ohne Schichtbildung
 - * Flächenanteil mit losen oder krustigen, festhaftenden Weißrostschichten
 - * Flächenanteil beschichteter Flächen mit von Weißrost unterwanderter zerstörter Altbeschichtung, ggf. bauteilbezogen
- Haftung der Altbeschichtungen
 - * Gitterschnitt
 - * Kratz- oder Spanprobe
 - * Haftzugprüfung
- Fremdschichtverunreinigung
 - * Industrieablagerungen
 - * Moos- und Algenbewuchs
 - * Vogelkot
- Zustand der Fundamentköpfe bzw. Erdübergangszonen bei Schwellenfundamenten.

Durch Fotodokumentation kann eine aussagefähige Archivierung und gleichzeitig eine Entscheidungshilfe für durchzuführende Maßnahmen erreicht werden.

2.3 Probebeschichtungen

Probebeschichtungen stellen eine wichtige Entscheidungshilfe dar.

Das zu wählende Beschichtungssystem ist neben der Korrosionsbelastung abhängig vom Zustand der Altbeschichtung sowie von der anwendbaren Methode der Oberflächenvorbereitung.

Insbesondere bei

- verminderter Haftung
- starker Porosität und Quellfähigkeit
- starker Fremdschichtverunreinigung

der Altbeschichtung sind Probebeschichtungen zur Beurteilung der Oberflächenvorbereitung und der Verträglichkeit zwischen Alt- und Neubeschichtung sinnvoll.

Für eine hinreichende Aussagefähigkeit sollte ein Vorlauf von mindestens 2 Jahren eingeplant werden.

Darüber hinaus liefern Probebeschichtungen Hinweise auf den zu erwartenden Farbverbrauch und die zu erreichenden Schichtdicken.

3 Qualitätssicherung

3.1 Beschichtungsstoffe

Die Auswahl geeigneter Beschichtungsstoffe unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist wesentliche Voraussetzung für einen effizienten Korrosionsschutz.

Der Beschichtungsstofflieferant sollte Gelegenheit erhalten, sich über die Objektgegebenheiten und den Zustand der Altbeschichtung zu informieren und nur mit diesem Wissen sein Beschichtungsstoffsystem vorschlagen.

Die Beschichtungsstoffe sind vom Hersteller verarbeitungsfertig einzustellen und dürfen vor Ort nur mit seiner Zustimmung in der Einstellung verändert werden. Die Verantwortung für die Qualität der Beschichtungsstoffe bleibt so in einer Hand.

Anzustreben sind umweltschonende Beschichtungsstoffe mit geringem Anteil organischer Lösemittel und hohem Festkörpervolumen.

Vor dem Ersteinsatz eines Beschichtungssystems sind vergleichende Laborprüfungen und Bewitterungstests sinnvoll. Zur Sicherstellung gleichbleibender Qualität sollten auch später regelmäßig oder sporadisch Werksabnahmen und Laborprüfungen durchgeführt werden.

3.1.1 Werksabnahme

Die Beschichtungsstoffe unterliegen im Herstellerwerk einer laufenden Prüfung (QS). Bei einer Werksabnahme sind zur Sicherstellung der vorgegebenen technischen Spezifikation folgende Parameter zu prüfen:

- Viskosität, Auslaufzeit
- Dichte
- Naßschichtdicke
- Farbton
- Ablaufneigung
- Deckkraft.

Je nach Rezeptur des Beschichtungsstoffes kann die Reifezeit von Bedeutung sein.

3.1.2 Laborprüfung

Für Laborprüfungen ist mit dem Beschichtungsstoffhersteller eine Rezeptur mit Fertigungstoleranzen zu vereinbaren. Zur Sicherstellung gleichbleibender Qualität werden diese Angaben durch Analysen im Labor überprüft.

- Viskosität / Auslaufzeit
- Dichte
- Naßschichtdicke
- Trockenschichtdicke
- Trockenzeit
- Farbton
- Flammpunkt in °C
- Pigment / Pigmentanteil
- Bindemittel / Bindemittelanteil
- Lösemittel / Lösemittelanteil
- Festkörpervolumen.

3.1.3 Baustellenlager

Die Lagerung der Beschichtungsstoffe auf der Baustelle hat in geeigneten verschließbaren Räumen zu erfolgen. Es sind VbF, TRbF, VAwS, TRwS sowie Landeswassergesetze zu beachten.

In Räumen ohne festen Fußboden und in Räumen mit Abfluß müssen die Farbgebände in Auffangwannen gelagert werden.

Da die Beschichtungsstoffe verarbeitungsfertig auf die Baustelle angeliefert werden, ist die Bevorratung von Lösemitteln zu vermeiden.

Die Lagerbedingungen des Beschichtungsstoffherstellers sind einzuhalten (Übertemperatur, Frost, Lagerdauer usw.).

3.2 Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten

Beschichtungsarbeiten sind eine körperlich anstrengende Tätigkeit, die mit viel Sorgfalt ausgeführt werden muß. Nur ständige Kontrollen des Auftragnehmers und zusätzliche Kontrollen des Auftraggebers sichern den Erfolg.

3.2.1 Kontrolle der Oberflächenvorbereitung

Die Oberflächenvorbereitung ist die Grundlage für den Systemaufbau. Gerade hier ist die Bandbreite der subjektiven Beurteilung besonders groß. Intensive Kontrollen an Hand von Vergleichsflächen (Vorbereitungsgrad nach DIN EN ISO 12944-4) oder bei Baustelleneröffnung angelegten Vergleichsflächen sind gerade bei diesem Arbeitsgang unverzichtbar.

Die Kontrollen zur Sicherstellung der Qualität können an

- jedem Mast oder
- durch Stichproben

ausgeführt werden.

Dabei liegt die Verantwortung der sachgerechten Ausführung, unabhängig davon, ob die Kontrolle durch Eigen-, Fremd- oder Auftragnehmer-Personal durchgeführt wird, bei der Fachfirma.

3.2.2 Kontrolle der Beschichtungen

Grundbeschichtungen sollten einen guten farbigen Kontrast zur Oberfläche und zu den Folgebearbeitungen aufweisen. Der Farbkontrast erleichtert dem Verarbeiter die Vermeidung von Fehlstellen und Unterbeschichtungen und der Aufsicht die Kontrolle.

Während der Applikation wird stichprobenartig die Naßschichtdicke überprüft.

Die Zahl der Stichproben sollte zu Beginn der Verarbeitung eines Beschichtungsstoffes höher liegen und erst dann geringer werden, wenn der Verarbeiter den Stoff "im Griff" hat.

Mehrmals täglich zu messen und zu dokumentieren sind die Verarbeitungsbedingungen

- Lufttemperatur
- Objekttemperatur
- relative Luftfeuchtigkeit

sowie mastweise

- der Farbverbrauch
- die verwendete Chargennummer.

Soweit im Auftrag vereinbart, darf der nächstfolgende Verarbeitungsschritt erst nach Freigabe des vorhergehenden durch den Auftraggeber begonnen werden.

3.2.3 Teil- und Schlußabnahme

Im Regelfall wird das vollständig aufgebrachte Korrosionsschutzsystem noch im Jahr der Applikation abgenommen.

Wenn aus Betriebs- oder/und Witterungsgründen die Fertigstellung bis zum Ende der Korrosionsschutzsaison (ca. Oktober) nicht möglich ist, werden Teilabnahmen durchgeführt.

Es werden nur vollständig aufgebrachte Korrosionsschutzsysteme auf Teilen des Projektes abgenommen.

Die Schlußabnahme erfolgt dann nach Projektfertigstellung im Folgejahr.

Die Abnahme erfolgt durch den Auftraggeber gemeinsam mit dem Auftragnehmer mittels

- einer vereinbarten Stichprobe oder
- an jedem Mast

und zusätzlich an der Gewährleistungskontrollfläche durch

- visuelle Betrachtung des Objektes auf Gleichmäßigkeit, Poren, Blasenbildung, Fehlstellen usw.
- Schichtdickenmessungen des Trockenfilms
- Spanproben oder Gitterschnitte

4 Gewährleistung

"Der Auftragnehmer übernimmt die Gewähr, daß seine Leistung zur Zeit der Abnahme die vertraglich zugesicherten Eigenschaften hat, ..." (VOB, Teil B, DIN 1961)

Zu einem erfolgreichen Korrosionsschutz gehören

- ein für die Beanspruchung geeignetes Schutzsystem
- vertragsgerechte Ausführung der Beschichtungsarbeiten
- mangelfreie Beschichtungsstoffe.

Treten während der Gewährleistungsfrist Mängel auf, sind Kontrollflächen zur Beurteilung der Ursachen hilfreich.

4.1 Kontrollflächen

Bei der Anlage von Kontrollflächen sind als wesentliche Einflußfaktoren zu berücksichtigen:

- die stark differierenden Abmessungen der Bauteile eines Mastes
- die Belastungsunterschiede zwischen Kopf und Fuß eines Mastes
- die Methode der Oberflächenvorbereitung
- die unterschiedlichen Altbeschichtungen
- die korrosive Belastung (z.B. Küstennähe, Industrienähe)
- das Mikroklima der Maststandorte einer Leitungsstrecke (z.B. Waldschneise, Feuchtgebiet).

4.1.1 Größe und Anzahl der Kontrollflächen

Größe und Anzahl der Kontrollflächen sollen in einem wirtschaftlichen und technisch angemessenen Verhältnis zum Gesamtobjekt stehen. Ihre Anzahl richtet sich nach der Leitungslänge, Objektgröße und den Unterschieden in der Beanspruchung und sonstigen Einflußfaktoren.

Als Kontrollflächen eignen sich je nach Objektgröße und erforderlicher Differenzierung:

- der gesamte Mastschaft
- ein Schuß oder festgelegter Mastabschnitt
- der Mastfuß
- eine Mastwand
- festgelegte Eckstiele mit Diagonalen.

4.1.2 Anlegen der Kontrollflächen

Die Kontrollflächen sind außerhalb der Gefahrenzonen anzulegen. Ihre Lage sollte die mittlere Beanspruchung berücksichtigen und repräsentativ für die festgelegten Abschnitte sein. Die Festlegung erfolgt nach Abstimmung mit dem Auftragnehmer durch den Auftraggeber.

Die Kontrollfläche wird in Anwesenheit von Vertretern der

- Korrosionsschutzfirma (Auftragnehmer)
- Beschichtungsstoffhersteller (Anwendungstechnik) (Auftragnehmer)
- EVU (Auftraggeber)

durch die Korrosionsschutzfirma angelegt.

Die einzelnen Arbeitsschritte werden nur mit Zustimmung aller Beteiligten zu den Arbeitsverfahren und Wetterbedingungen durchgeführt.

4.1.3 Kontrollflächen-Protokoll

Über das Anlegen von Kontrollflächen ist „Bericht über Kontrollflächen“ nach DIN EN ISO 12944-8 zu führen.

In Abstimmung zwischen den Vertragsparteien sind auch andere Protokollformulare zulässig.

Die Protokolle dokumentieren die Arbeitsverfahren, die verwendeten Materialien sowie die Wetterbedingungen. Die Vertreter der Auftragnehmer und der Auftraggeber stimmen mit ihrer Unterschrift den Ausführungen im Protokoll verbindlich zu.

4.1.4 Auswertung der Kontrollflächen

Die Kontrollflächen werden zur Ursachenfindung beim Auftreten von Mängeln während der Gewährleistungszeit herangezogen. Die Auswertung erfolgt nach Verfahren, die zwischen den Vertragspartnern zu vereinbaren sind.

Bei strittigen Situationen kann die Heranziehung eines Gutachters hilfreich sein.

4.2 Mängelbeseitigung

Die Mängelbeseitigung an Freileitungsmasten ist sehr aufwendig, und es entstehen häufig Kosten in der Größenordnung des ursprünglichen Auftragswertes.

Insbesondere bei Verantwortlichkeit des Beschichtungsstoffherstellers übersteigen die Kosten regelmäßig den Lieferwert der Beschichtungsstoffe.

Diese Relationen behindern die Bereitschaft zu partnerschaftlichen Regelungen.
Der Auftraggeber sollte im Gewährleistungsfall auch eine verkürzte Nutzungsdauer mit Kostenbeteiligung des Verantwortlichen bei der späteren Wiederholungsbeschichtung prüfen.

5 Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN 53 210:	Bezeichnung des Rostgrades von Anstrichen und ähnlichen Beschichtungen
DIN EN ISO 12944, Teil 1-8:	Beschichtungssysteme - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
VOB, Teil B; DIN 1961:	Verdingungsordnung für Bauleistungen
TRbF:	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten
VAwS:	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
VbF:	Verordnung brennbarer Flüssigkeiten
TRwS:	Technische Regeln für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen