

# MITTEILUNGEN DES FACHVERBANDES KATHODISCHER KORROSIONSSCHUTZ E.V.

E 13001 F

März 1999

Nr. 31

## Korrosion und Korrosionsschutz erdverlegter Gashochdruckleitungen – Teil 2

Fachreferat, gehalten von Dr. rer. nat. H.-G. Schöneich, Ruhrgas Aktiengesellschaft, Essen,  
auf der Jahreshauptversammlung 1998 des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e. V. in Würzburg

### 2.1.2 Kontaktelement

Korrosion durch Kontaktelemente tritt auf, wenn die Rohrleitung elektrisch mit einer erdfühli- gen Anlage verbunden ist, die Werkstoffe enthält, die gegenüber der Rohrleitung ein edleres Potential aufweisen (z. B. stahlarmierte Betonfundamente). Die Eigenschaften dieser Korrosionsart sind in Tab. 2 angegeben.

Beispiele für die Korrosion durch Kontaktelemente sind:

- Metallener Kontakt zwischen einer erdverlegten Rohrleitung (Stahl ist im Erdboden in elektrochemisch „aktiven“ Zustand) und der Armierung eines Stahlbeton-Fundamentes (Stahl ist im Beton in elektrochemisch „passiven“ Zustand); der Kontakt kann z. B. über den Potentialausgleich in einer Meß- und Regel-Anlage oder einer Verdichters-tation hergestellt sein.

Kontakt- element	Korrosionssystem	Korrosionsschutz	Bemerkungen
Werkstoffe Rohr	alle Rohrleitungsstähle		Korrosion Die Korrosionsgeschwindigkeit beträgt bis zu 0,5 mm/a. Im Trend nimmt die Korrosionsgeschwindigkeit mit abnehmender Größe der Fehlstelle zu.
Umhüllung	alle Umhüllungen	Verwendung von Umhüllungen ohne Fehlstellen	Korrosion Wenn Anode und Kathode des Kontaktelementes unmittelbar benachbart sind (Fehlstelle neben einer Fremdkathode), ist die Korrosionsgeschwindigkeit proportional zum Verhältnis $A_c/A_a$ der Kathoden- $(A_c)$ und der Anoden- $(A_a)$ -fläche.  Korrosionsschutz Die Fehlstellenfreiheit der Umhüllung muß geprüft werden.
Medium	Böden und Grundwässer mit etwa neutralem pH-Wert		Korrosion Die Korrosionsgeschwindigkeit nimmt mit abnehmendem spezifischen Widerstand des Bodens zu.
Betriebsbe- dingungen	Die Rohrleitung hat metallenen Kontakt zu einer erdverlegten Anlage mit edlerem Potential (Fremdkathode)	Vermeidung/Beseitigung eines Kontaktes zu einer Fremdkathode  Beschichtung der Stahlbetonfundamente wenn Rohrleitungen in unmittelbarer Nähe verlegt sind  Einbau von Isolierkupplungen  Lokaler kathodischer Korrosionsschutz /6/	Korrosionsschutz Bei Durchführungen von Rohrleitungen durch Stahlbetonfundamente wird diese Beschichtung „Pohl'scher Kragen“ genannt.  Korrosionsschutz Die Isolierkupplung wird zwischen der Rohrleitung und der Fremdkathode eingebaut.  Korrosionsschutz Die Beeinflussung benachbarter Anlagen und Rohrleitungen ist zu beachten /7/.

Tab. 2: Korrosion und Korrosionsschutz bei Kontaktelementen

- Metallener Kontakt zwischen der erdverlegten Rohrleitung und Erden aus Kupfer, die z. B. an hochspannungsbeeinflussten Rohrleitungen eingebaut werden. In diesem Fall ist der Einbau von Abgrenzeinheiten vorzusehen, die für Gleichstrom eine hohe, für Wechselstrom eine kleine Impedanz aufweisen, damit der kathodische Korrosionsschutz nicht beeinträchtigt wird.
- Kontakt zwischen der erdverlegten Rohrleitung und Kohle, die möglicherweise Bestandteil des Verfüllmaterials ist.

Bild 5a zeigt schematisch ein Kontaktelement aus einer Rohrleitung und der Armierung eines Stahl/Beton-Fundamentes. Die Korrosionsgefährdung sinkt mit zunehmendem Abstand zwischen der Fehlstelle und der Armierung. Bild 5b zeigt Korrosionsmulden an einer Rohrleitung kleiner Nennweite, die in einer Kompressorstation verlegt war.

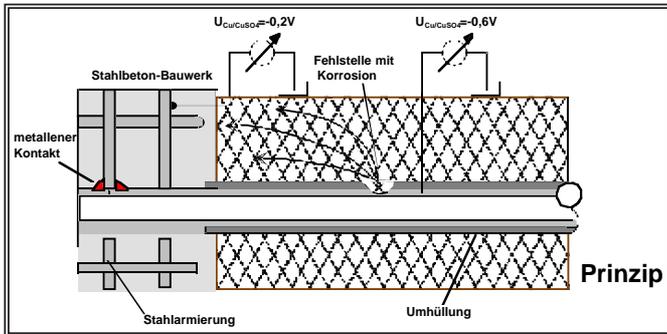


Bild 5a: Prinzip eines Kontaktelementes Stahl in Beton/Stahl in Boden

Bild 5b: Beispiel für Korrosionserscheinungen durch Kontaktelemente

Streustromkorrosion	Korrosionssystem	Korrosionsschutz /7/	Bemerkungen
Werkstoffe Rohr Umhüllung	alle Rohrleitungsstähle; alle Umhüllungen		Korrosion Die Korrosionsgeschwindigkeit beträgt bis zu 1 mm/a. Im Trend nimmt die Korrosionsgeschwindigkeit mit abnehmender Größe der Fehlstelle zu.
Medium	Böden und Grundwasser mit ungefähr neutralem pH-Wert		Korrosion Die Korrosionsgeschwindigkeit nimmt mit abnehmendem spezifischen Widerstand des Bodens zu.
Betriebsbedingungen	Die Rohrleitung wird beeinflusst durch Potentialgradienten im Boden (hervorgerufen durch Streuströme)	<p>Einhaltung möglichst großer Abstände zwischen der Rohrleitung und der beeinflussenden Anlage;</p> <p>Einrichtung von Streustromableitungen;</p> <p>Einrichtung von Streustromabsaugungen;</p> <p>Verbesserung der Isolation zwischen der beeinflussenden Anlage und der Erde;</p> <p>Einbau von Isolierkupplungen;</p>	<p>Korrosionsschutz Die Abstände müssen bei der Planung der Rohrleitung, von Anodenfeldern etc. berücksichtigt werden.</p> <p>Korrosionsschutz Mit Streustromableitungen wird in der Regel keine technisch vernachlässigbare Korrosionsgeschwindigkeit unter 10 µm/a erreicht.</p> <p>Korrosionsschutz Durch Streustromabsaugung kann wirksamer kathodischer Korrosionsschutz erreicht werden.</p> <p>Korrosionsschutz Diese Maßnahme kommt z.B. bei der Isolierung von Straßenbahnschienen zum Tragen. Sie bietet sich an, wenn Fehlstellen kathodisch geschützter Rohrleitungen die Ursache einer unzulässigen Beeinflussung sind.</p> <p>Korrosion Korrosionsgefährdung an der Isolierkupplung ist zu beachten.</p> <p>Korrosionsschutz Kathodischer Korrosionsschutz muß für jeden isolierten Rohrleitungsabschnitt eingerichtet werden.</p>

Tab. 3: Korrosion und Korrosionsschutz bei Streuströmen

### 2.1.3 Streustromkorrosion (durch Gleichströme)

Mit Streustromkorrosion muß immer dann gerechnet werden, wenn im Verlegebereich einer Rohrleitung Potentialgradienten im Erdboden vorhanden sind. Tab. 3 beschreibt die grundlegenden Eigenschaften dieser Korrosionsart.

Beispiele für die Korrosion durch Streuströme sind:

- Beeinflussung von Rohrleitungen durch gleichstrombetriebene Eisen- oder Straßenbahnen. Im allgemeinen sind die Schienen mit dem Minuspol der Stromversorgung des Bahnsystems verbunden. Die höchste Korrosionsgefährdung besteht dann in der Nähe der Unterwerke.
- Beeinflussung durch anodische (in der Umgebung von Anoden) und kathodische (im Bereich von Fehlstellen) Spannungstrichter fremder kathodischer Korrosionsschutzsysteme.
- Beeinflussung durch weitreichende anodische und kathodische Spannungstrichter, die von den Elektroden von Systemen zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung erzeugt werden.

Ein Kriterium zur Bewertung einer Beeinflussung durch Streuströme wird in /7/ vorgeschlagen: Eine Rohrleitung, die mit dem kathodischen Schutz gegen Korrosion geschützt ist, wird unzulässig beeinflusst, wenn der Mittelwert des IR-freien Potentials außerhalb des Schutzpotentialbereichs (vgl. /5/) liegt. Der Mittelwert soll während der Betriebszeit des Streustromverursachers gemessen werden.

Bild 6a zeigt in schematischer Darstellung eine Beeinflussungssituation zwischen einer Rohrleitung und einer gleichstrombetriebenen Straßenbahn. Bild 6b zeigt eine charakteristische halbkugelförmige Streustrom-Korrosionsmulde an einem Schieber.

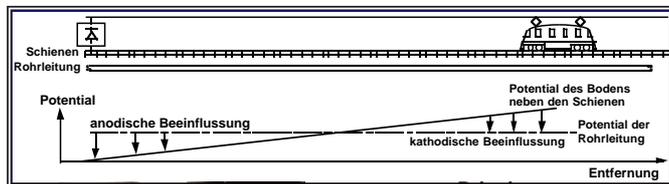


Bild 6a: Schematische Darstellung der Potentialverhältnisse bei Streustromkorrosion



Bild 6b: Streustromkorrosion an einem Schieber

### 2.2 Wechselstromkorrosion

Mit Wechselstromkorrosion ist immer dann zu rechnen, wenn Rohrleitungen einer induktiven oder ohmschen Langzeitbeeinflussung durch Drehstrom-Hochspannungsfreileitungen (Betriebsfrequenz 50 Hz) oder Fahrleitungen der Bahn (Betriebsfrequenz 16,66 Hz) unterliegen. Die Höhe der Beeinflussung, die als Wechselspannung zwischen Rohrleitung und ferner Erde meßbar ist, wird vorzugsweise bestimmt durch

- die Höhe der Betriebsströme in Hochspannungsleitungen oder Fahrleitungen,
- den Umhüllungswiderstand der beeinflussten Rohrleitung und
- den Abstand zwischen Hochspannungsleitung/Fahrleitung und der Rohrleitung.

Die Korrosionsgefährdung durch Wechselstrom wird durch folgende Parameter vorrangig bestimmt:

- Wechselstromdichte in einer einzelnen Fehlstelle /8, 9, 10/
- Gleichstromdichte in dieser Fehlstelle /11/
- Karbonat- und Kohlendioxid-Konzentration im Grundwasser /8/.

Ein Vorschlag für ein Kriterium für die Bewertung der Wechselstrom-Korrosionsgefährdung einer kathodisch geschützten Rohrleitung wird in /5/ angegeben: Bei hohen Wechselstromdichten (in einer Fehlstelle) über  $30 \text{ A/m}^2$  ist das Kriterium für den kathodischen Korrosionsschutz,  $U_{\text{IR-frei}} \leq -0,85 \text{ V}$ , nicht in allen Fällen gültig, was gleichbedeutend mit einer Korrosionsgefährdung der Rohrleitung ist.

Tab. 4 beschreibt die grundlegenden Eigenschaften der Wechselstromkorrosion und die zugehörigen Schutzmaßnahmen.

Im folgenden werden einige Anmerkungen aufgeführt, die für den Betrieb hochspannungsbeeinflusster Rohrleitungen von Bedeutung sind:

- Schutzrohre, die mit Grundwasser oder einem anderen leitfähigen Material (z. B. Dämmen) gefüllt sind, können wegen ihres niedrigen Erdungswiderstandes zu einer Erhöhung der Wechselstromdichte in einer Fehlstelle der Rohrleitung innerhalb dieses Mantelrohres führen. Ähnliche Überlegungen gelten für alle geerdeten Anlagen, die nahe neben der Rohrleitung verlegt sind. Mit Abgrenzeinheiten, die zwischen Rohrleitung und Mantelrohr geschaltet werden, kann die Wechselstrom-Korrosionsgefährdung vermindert werden.
- Mit der Wechselstromkorrosion einer Rohrleitung kann gerechnet werden, wenn die Wechselspannung gegen Bezugs Erde  $10 \text{ V}$  übersteigt. In seltenen Fällen sind in Gegenden mit außerordentlich kleinen spezifischen Bodenwiderständen (ca.  $2 \Omega\text{m}$ ) Korrosionserscheinungen bei niedrigeren Spannungen beobachtet worden /12/.
- Die Korrosionsgefährdung kann mit Probeblechen (blanke Stahloberfläche ca.  $1 \text{ cm}^2$ ) beurteilt werden, die an ausgewählten Punkten, an denen die höchste Gefährdung erwartet wird, eingebaut und mit der Rohrleitung elektrisch leitend verbunden werden.
- Die Frage, ob eine Korrosionserscheinung an einer kathodisch geschützten Rohrleitung durch Wechselstromkorrosion oder eine andere Korrosionsart verursacht wurde, kann durch Messung des pH-Wertes der Korrosionsprodukte oder der in der Korrosionsmulde vorhandenen Feuchtigkeit

beantwortet werden. Wenn der pH-Wert im Bereich von 10 oder darüber liegt, ist Wechselstromkorrosion wahrscheinlich, wenn gleichzeitig nachgewiesen werden kann, daß der kathodische Korrosionsschutz der Leitung ohne Unterbrechung wirksam war. *Fortsetzung in Folge 32*

Literatur:

- /5/ prEN 12954; Cathodic protection of buried or immersed metallic structures – General principles; draft;
- /6/ Global cathodic protection; currently under preparation in CEN TC 262 SC 2 WG 1
- /7/ prEN 50162, Protection against corrosion by stray current from direct current systems; draft;
- /8/ D. Funk, W. Prinz, H.-G. Schöneich; Investigation of AC Corrosion in Cathodically Protected Pipes (in German); 3R international 31 (1992) 336  
G. Heim, Th. Heim, H. Heinzen, W. Schwenk; Investigation of corrosion of cathodically protected steel subjected to alternating currents; 3R international 32 (1993) 246
- /9/ Ph. Carpentiers, J. Kissel, A. Pourbaix, L. van Hemelrijk, L. de Ridder, I. Blumenfrucht, J. Werkman; Corrosion par les courants alternatifs; CEBELCOR, Vol. 165, Rapports Techniques, March 1996
- /10/ M. J. Frazier, T. J. Barlo; Influence of AC from power lines on the cathodic protection of steel in groundwater solutions; paper No. 210, presented at „CORROSION '96“, NACE conference, Nashville
- /11/ B. Leutner, S. Losacker, G. Siegmund; Neue Erkenntnisse zum Mechanismus der Wechselstromkorrosion; 3R international 37 (1998) 135
- /19/ W. Prinz, H.-G. Schöneich; Korrosionsschutz von wechselstromkorrosionsgefährdeten Rohrleitungen; gwf Gas Erdgas 134 (1993) 621-626

Fachverband Kathodischer Korrosionsschutz e. V.  
Postfach 6004, 73717 Esslingen  
PVSt., DPAG, Entgelt bezahlt E 13001

Impressum: Die Mitteilungen des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e.V. werden vom Fachverband Kathodischer Korrosionsschutz e.V., Sitz Esslingen a. N., Postfach 60 04, 73717 Esslingen, Telefon (07 11) 91 99 27 20, Telefax (07 11) 91 99 27 77 herausgegeben und erscheinen vierteljährlich. Der Bezugspreis ist durch den Mitgliedsbeitrag abgegolten. Für den Inhalt verantwortlich: Hans J. Spieth, Postfach 60 50, 73717 Esslingen. Redaktion: Dipl.-Phys. W. v. Baeckmann, Essen, Hans J. Spieth, Esslingen. Für namentlich gekennzeichnete Beiträge trägt der Verfasser die Verantwortung. Nachdruck mit Quellenangabe und Übersendung von zwei Belegexemplaren erwünscht.

Wechselstrom-Korrosion	Korrosionssystem	Korrosionsschutz /19/	Bemerkungen
Werkstoffe Rohr	alle Rohrleitungsstähle		Korrosion Rohrleitungen mit Kunststoffumhüllungen sind vorrangig betroffen.
Umhüllung	alle Umhüllungen		Korrosion Die Korrosionsgeschwindigkeit beträgt bis zu 1 mm/a. Im Trend nimmt die Korrosionsgeschwindigkeit mit abnehmender Größe der Fehlstelle zu.
Medium	Böden mit niedrigem spezifischen Widerstand und Grundwässer, die Karbonat und CO <sub>2</sub> enthalten;		Korrosion Die Korrosionsgefährdung steigt mit abnehmendem spezifischen Bodenwiderstand und der Fähigkeit des Bodens zur Ausbildung Karbonat-haltiger Deckschichten.
Betriebsbedingungen	Die Rohrleitung unterliegt einer induktiven oder ohmschen Langzeitbeeinflussung durch Hochspannungsleitungen oder elektrifizierte Eisenbahnen.	Der Abstand zwischen Rohrleitung und beeinflussender Anlage soll so groß wie möglich gewählt werden.  Einbau von Erdern  Einbau von Kompensationsanlagen;  Einbau zusätzlicher Isolierkupplungen;	Korrosionsschutz Diese Maßnahme ist bei der Planung einer Rohrleitung oder einer Hochspannungsleitung/elektrifizierter Bahnstrecke zu beachten.  Korrosionsschutz Weil im allgemeinen niedrige Erdungswiderstände erforderlich sind, ist diese Maßnahme kostenintensiv. Der Einfluß der Erder auf den kathodischen Korrosionsschutz muß berücksichtigt werden (vgl. Kap 2.1.2).  Korrosionsschutz Diese Maßnahme kann angewendet werden, um die in die Rohrleitung induzierte Spannung mit Hilfe eines in die Leitung eingespeisten gesteuerten Stromes zu kompensieren. Dafür sind beträchtliche Leistungen (Größenordnung kW) erforderlich. Die Beschränkung der Kompensation auf den anodischen Teil der Wechselspannung vermindert die erforderliche Leistung; jedoch wird dann das Einschaltpotential der Rohrleitung sehr negativ. Eine unzulässige Beeinflussung benachbarter Anlagen und eine mögliche Gefährdung des Stahls durch Wasserstoffversprödung sind zu beachten.  Korrosionsschutz Diese Maßnahme erfordert die Durchführung zusätzlicher Maßnahmen für den kathodischen Korrosionsschutz.

Tab. 4: Korrosion und Korrosionsschutz bei Beeinflussung durch Wechselströme