

Gutachten: Wechselstrom- korrosion von erdverlegten Rohrleitungen aus duktilen Gußeisen

Von Gerhard Heim
und Thomas Heim

Vorbemerkung von N. Klein

Die Wechselstromkorrosion wurde vor wenigen Jahren an geschweißten Stahlrohrleitungen entdeckt und seit dieser Zeit intensiv erforscht. Die bisher erhaltenen Ergebnisse wurden veröffentlicht und fanden auch Berücksichtigung im Normenwerk.

Erdverlegte Rohrleitungen aus duktilen Gußeisen unterscheiden sich von geschweißten Stahlrohrleitungen durch die Muffenverbindungen und die Korrosionsschutzmaßnahmen.

Muffenverbindungen

Bei erdverlegten Rohrleitungen aus duktilen Gußeisen befindet sich nach jeder Rohrlänge von etwa 6 m und nach fast jedem Formstück eine Muffenverbindung, heute vorwiegend eine Steckmuffenverbindung. Man unterscheidet dabei drei Fälle:

- Fall 1: Nicht längskraftschlüssige Rohrleitungen

Die meisten Rohrleitungen aus duktilen Gußeisen sind nicht längskraftschlüssige Rohrleitungen. Es handelt sich um Rohrleitungen mit elektrisch isolierenden, gummigedichteten Muffenverbindungen. Dabei kommt heute vorwiegend die TYTON-Verbindung zum Einsatz.

- Fall 2: Durchgehend längskraftschlüssige Rohrleitungen

Für besondere Anwendungen, z. B. in Steilhängen, werden durchgehend längskraftschlüssige Rohrleitungen verlegt. Für Steckmuffenverbindungen haben drei Schubsicherungssysteme Eingang in die Praxis gefunden, vgl. Handbuch Gußrohrtechnik. Dabei ist die Schubsicherung entweder vom Dichtring getrennt oder im Dichtring integriert. Bei durchgehend längskraftschlüssigen Rohrleitungen kann der Längswiderstand erheblich vermindert sein.

- Fall 3: Nicht durchgehend längskraftschlüssige Rohrleitungen

Man versteht darunter Rohrleitungen mit längskraftschlüssigen Verbindungen in kurzen Rohrleitungsbereichen wie bei Formstücken, wo äußere

und innere Kräfte nicht durch ein Widerlager aufgefangen werden können. Ganz allgemein zählen hierzu Rohrleitungen mit längskraftschlüssigen Verbindungen in Rohrleitungslängen bis zu 100 m.

Korrosionsschutzmaßnahmen

Bei erdverlegten Rohrleitungen aus duktilen Gußeisen kommen als Korrosionsschutzmaßnahmen nach DIN 30675 Teil 2, Tabelle 1, verschiedene Umhüllungen und die korrosionsschutzgerechte Bettung zum Einsatz. Die Umhüllungen sind in DIN 30674 Teil 1 bis Teil 5 beschrieben.

In dem folgenden Gutachten – Nr. 1601/09/92 vom 1. Oktober 1992 wird das Thema Wechselstromkorrosion von zwei Standpunkten aus beleuchtet:

- Längskraftschlüssigkeit
- Umhüllungen

Diese Unterteilung wurde schon früheren Untersuchungen über elektrochemische Einwirkungen auf Rohrleitungen aus duktilen Gußeisen zugrunde gelegt und fand auch Berücksichtigung in DIN 30675 Teil 2.

Gutachten

Die Firma Halbergerhütte GmbH, Saarbrücken, federführend für die deutschen Gußrohrwerke, beauftragte uns mit einer gutachterlichen Stellungnahme zur Frage der Wechselstromkorrosion von erdverlegten Rohrleitungen aus duktilen Gußeisen.

Veranlassung für diese Stellungnahme sind die an Stahlrohrleitungen mit Schweißverbindungen aufgetretenen Korrosionsangriffe durch Wechselströme [1], [2]. Aufgrund dieser Beobachtungen stellte sich die Frage, ob – gegebenenfalls in welchem Ausmaß und unter welchen Bedingungen – auch bei Rohrleitungen aus duktilen Gußeisen mit gummigedichteten Muffenverbindungen mit Wechselstromkorrosion zu rechnen ist.

Das Ziel der Stellungnahme besteht in der Erarbeitung von Unterlagen, die es ermöglichen, die aus der Praxis kommenden Fragen hinsichtlich der Korrosionsgefährdung durch Wechselströme fachkundig zu beantworten.

Für die Erarbeitung der Stellungnahme können die in [3] beschriebenen grundlegenden Betrachtungen über die Wechselstrom-Beeinflussung von Rohrleitungen durch Hochspannungsfreileitungen ($f = 50$ Hz) und Bundesbahnstrecken ($f = 16\frac{2}{3}$ Hz) im Hinblick auf die Gefährdung von Personen durch hohe Wechselspannungen Rohr/Boden U_R herangezogen werden. Wenn auch die Wechselstromkorrosion direkt durch die Wechselstromdichte bestimmt wird, so bieten die U_R -Werte nach unseren praktischen Erfahrungen genügend genaue Anhaltspunkte für die Beurteilung der Wechselstromkorrosion. Die Wechselstrom-Beeinflussung ist von folgenden Einflußgrößen abhängig:

Fall	Bemerkung
1	Gußrohrleitungen mit TYTON-Verbindungen, nicht schubgesichert. Als Mittelwert aus früheren Messungen an Wasserleitungsrohren DN 100 wird ein Übergangswiderstand von 60 Ω /Verbindung angesetzt.
2	Gußrohrleitungen bis DN 300 mit TYTON-Verbindung, durchgehend schubgesichert. Als Richtwert wird ein Übergangswiderstand von $30 \cdot 10^{-3} \Omega$ /Verbindung, entsprechend $5 \cdot 10^{-3} \Omega$ /m verwendet.
3	Gußrohrleitungen bis DN 300 mit TYTON-Verbindung, jedoch in Abständen von jeweils 100 m eine nicht schubgesicherte Rohrverbindung eingebaut. Als Richtwert für Leitungsabschnitte ≤ 100 m kann R'_R mit $5 \cdot 10^{-3} \Omega$ /m angesehen werden.

Tabelle 1

- a) Elektrische Längsleitfähigkeit der Rohrleitung
Hierbei muß neben dem Rohrlängswiderstand, der von den Rohrabmessungen abhängig ist, die Auswirkung der gummigedichteten Muffenverbindungen (TYTON-Verbindungen) ohne Längskraftschlüssigkeit (Fall 1), durchgehend längskraftschlüssig (Fall 2) und nicht durchgehend längskraftschlüssig (Fall 3) berücksichtigt werden. Für den Begriff längskraftschlüssig wird im folgenden die Bezeichnung schubgesichert verwendet. In der Tabelle 1 sind die drei möglichen Fälle näher beschrieben.
- b) Art der Rohrumhüllung
Sie wirkt sich auf den Ausbreitungswiderstand r_A der Rohrleitung aus. In der Tabelle 2 sind die in Betracht kommenden Umhüllungssysteme aufgeführt.

Polyethylen-Umhüllung, DIN 30674, Teil 1 /4/
Zementmörtel-Umhüllung, DIN 30674, Teil 2 /5/
Zinküberzug mit Deckbeschichtung DIN 30674, Teil 3 /6/
Bitumenbeschichtung, DIN 30674, Teil 4 /7/
PE-Folienumhüllung DIN 30674, Teil 5 /8/

Tabelle 2

- c) Räumliche Lage der Rohrleitung
in bezug auf die Hochspannungsfreileitungen bzw. die Bundesbahnstrecken.

In [3] sind für extreme Bedingungen maximale Wechsellspannungen $U_{R,max}$ abgeschätzt worden; die Werte sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Diese Werte sind unter Berücksichtigung der Langzeitbeanspruchung abgeschätzt worden und somit für unsere weiteren Überlegungen von Bedeutung. Die Kurzzeitbeanspruchung braucht nicht berücksichtigt zu werden.

Die $U_{R,max}$ -Werte der Tabelle 3 sind an Hand der zur Verfügung stehenden mathematischen Beziehungen als Maximalwerte ermittelt worden. Für die Beurteilung einer möglichen Wechselstromkorrosion müssen die mittleren Spannungswerte betrachtet werden, für deren Abschätzung aber keine mathematischen Beziehungen zur Verfügung stehen. Aufgrund unserer praktischen Erfahrungen kann man aber davon ausgehen, daß die mittleren Spannungswerte deutlich niedriger als die in Tabelle 3 aufgeführten $U_{R,max}$ -Werte sind.

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Sachzusammenhänge ergeben sich folgende Aussagen:

Fall 1 (ohne Schubsicherung)

Für den Fall 1 werden bei sämtlichen Umhüllungssystemen sehr niedrige Wechsellspannungen in der Rohrleitung induziert, d. h. die Möglichkeit der

Tabelle 3

Art der Umhüllung	Ausbreitungswiderstand r_A in $\Omega \cdot m^2$	$U_{R,max}$ (V) in Abhängigkeit von Schubsicherungszustand, Rohrumhüllung, Wechselstromfrequenz			
		Fall 1 (Rohrleitung nicht schubgesichert)		Fall 2 (Rohrleitung durchgehend schubgesichert)	
		$f = 50$ Hz	$f = 16\frac{2}{3}$ Hz	$f = 50$ Hz	$f = 16\frac{2}{3}$ Hz
a	b	c	d	e	f
Polyethylen	10^5	9	2	600	161
Zementmörtel	1 bis 10	9	2	7	2
Zinküberzug mit Deckbeschichtung		9	2	12	3
Bitumen-Beschichtung		9	2	12	3
PE-Folien-Umhüllung	200 ¹⁾	9	2	30	8

¹⁾ ohne Fehlstellen

Wechselstromkorrosion kann ausgeschlossen werden. Dieser Sachverhalt ist im wesentlichen auf den Einfluß der elektrisch isolierend wirkenden TYTON-Verbindungen zurückzuführen.

Fall 2 (durchgehend schubgesichert)

Für den Fall 2 müssen die Umhüllungssysteme differenziert betrachtet werden:

- a) Die induzierten Wechselspannungen sind bei den Systemen Zementmörtel-, Zink+Bitumen- und Bitumen-Umhüllung so niedrig, daß nicht mit einer Wechselstromkorrosion zu rechnen ist. Die niedrigen Wechselspannungen sind hier durch die sehr niedrigen Ausbreitungswiderstände r_A der mit diesen Systemen umhüllten Rohre bedingt.
- b) bei der PE-Umhüllung werden sehr hohe Wechselspannungen induziert, die in der Größenordnung liegen, wie sie bei Stahlrohrleitungen gefunden wurden [1], [2]. Bei diesem Umhüllungssystem kann demnach Wechselstromkorrosion auftreten. Hier ist der im Vergleich zu den anderen Umhüllungssystemen sehr hohe Ausbreitungswiderstand der mit PE-umhüllten Rohre von entscheidendem Einfluß.
- c) Die Aussage für die PE-Folienumhüllung hängt von dem Vorhandensein von Fehlstellen in dieser Umhüllung ab. Wenn keine Fehlstellen vorhanden sind, so muß wegen des r_A -Wertes von $200 \Omega m^2$ mit höheren induzierten Wechselspannungen und somit mit Wechselstromkorrosion gerechnet werden. Diese Aussage gilt in jedem Falle für $f = 50 \text{ Hz}$. Sind mehrere Fehlstellen in der Folienumhüllung vorhanden, so treten wegen des niedrigen Ausbreitungswiderstandes $r_A = 1 \text{ bis } 10 \Omega m^2$ keine hohen Wechselspannungen auf, d. h. die Möglichkeit der Wechselstromkorrosion ist dann nicht gegeben.

Fall 3 (nicht durchgehend schubgesichert)

wie Fall 1.

Stellungnahme zur Wechselstromkorrosion

Nach dem derzeitigen Wissensstand sind für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Verbindungen folgende Aussagen möglich:

1. Bei Rohrleitungen mit den Umhüllungssystemen Zementmörtel, Zink+Bitumen und Bitu-

men ist – unabhängig von Längsleitfähigkeit der Rohrleitung (Fall 1, 2 und 3) – nicht mit einer Korrosionsgefährdung durch Wechselströme zu rechnen.

2. Bei Rohrleitungen mit PE-Umhüllung ohne Schubsicherungen (Fall 1) und bei Rohrleitungen mit Schubsicherungen, die in Abständen von etwa 100 m eingebaut sind (Fall 3), tritt keine Wechselstromkorrosion auf.
3. Bei Rohrleitungen mit PE-Umhüllung, die durchgehend schubgesichert sind (Fall 2) ist Wechselstromkorrosion möglich. Ob im Einzelfall tatsächlich Wechselstromkorrosion auftritt, kann nur durch Messungen, wie sie z. B. in [1] und [2] beschrieben sind, entschieden werden.
4. Bei Rohrleitungen mit intakter PE-Folienumhüllung ist eine Korrosionsgefährdung durch Wechselströme nicht zu erwarten. Der Einfluß von Fehlstellen in der PE-Folienumhüllung ist nur für den Fall 2 relevant. Hier kann eine Beurteilung, ob Wechselstromkorrosion vorliegt oder nicht, nur durch entsprechende Messungen getroffen werden.

Schrifttum

- [1] G. Heim und G. Peez, 3R internat. 27 (1988), Heft 5, S. 345/351
- [2] G. Heim und G. Peez, gwf 133 (1992), Heft 3, S. 137/142
- [3] G. Heim und W. D. Gras, fgr 18, Februar 1983, S. 17/31
- [4] DIN 30674, Teil 1, Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen, Polyethylen-Umhüllung, September 1982
- [5] DIN 30674, Teil 2, Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen, Zementmörtel-Umhüllung, Oktober 1992
- [6] DIN 30674, Teil 3, Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen, Zink-Überzug mit Deckbeschichtung, September 1982
- [7] DIN 30674, Teil 4, Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen, Beschichtung mit Bitumen, Mai 1983
- [8] DIN 30674, Teil 5, Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen, Polyethylen-Folienumhüllung, März 1985

Korrosionstechnik



Dr. Heim

