

Verbindungstechniken für Stahlrohre

Sonderdruck 001



Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

Verbindungstechniken für Stahlrohre – Eine Synthese technischer Möglichkeiten und Vorgaben der betrieblichen Praxis

Von H.-J. Kocks, U. Gonska*

Ein wesentlicher Aspekt bei der Planung und dem Bau von Rohrleitungen ist die Auswahl der Rohrverbindungstechnik. Je nach Einsatzbereich und Aufgabenstellung werden Verbindungen auf bestimmte Randbedingungen und Gegebenheiten der Praxis abgestimmt. Dabei spielen nicht nur die Betriebssicherheit der geplanten Rohrleitung eine wesentliche Rolle, sondern auch organisatorische oder sicherheitstechnische Aspekte bei der Verlegung oder im späteren Betrieb. Diese Randbedingungen finden heute als Ergebnis langjähriger Betriebserfahrungen Anwendung in Normen für die Ausführung einer Verbindungstechnik bzw. in den Normen und Richtlinien für die Verlegung und damit die Erstellung von Rohrverbindungen an den Baustellen. Dieser Beitrag liefert Beispiele verschiedener Verbindungstechniken mit Bezug auf die Anforderungen der betrieblichen Praxis.

1. Einleitung

Wohl kein Rohrwerkstoff bietet unter Berücksichtigung der erreichbaren Druckstufen, der einsetzbaren Betriebsbedingungen und Fördermedien eine derartige Vielfalt von Verbindungstechniken und damit Freiheitsgrade für die Installation und den späteren Betrieb, wie das Stahlrohr. Diese Freiheitsgrade spiegeln sich in den Vorgaben von Normen und Regelwerken der Praxis wieder.

Stahlrohre werden durch die Wahl entsprechender Wanddicken und Stahlgüten, sowie Umhüllungen und Auskleidungen für die verschiedensten Anforderungen ausgelegt.

Nicht umsonst ist das Stahlrohr in den Bereichen mit besonderen Sicherheitsanforderungen, wie dem Transport brennbarer Flüssigkeiten und Gase sowie grundwassergefährdenden Medien heute Stand der Technik. Grundsätzlich müssen die Eigenschaften eines einzelnen Rohres auf die Rohrverbindungen übertragen werden. Dazu zählt beispielsweise die Vervollständigung des werkseitig aufgetragenen Korrosionsschutzes im Verbindungsbereich mit der damit verbundenen Angleichung der Lebensdauer von Rohr und Rohrverbindung.

Grundsätzlich sind mechanische und geschweißte Rohrverbindungen zu unterscheiden. Lösbare mechanische

Verbindungen kommen häufig dann zum Einsatz, wenn aus betrieblichen Gründen temporär betriebene Leitungssysteme geplant sind oder keine Möglichkeit zum Verschweißen der Rohrleitungen besteht. Ein Wasserversorgungsunternehmen, das über keine Schweißer verfügt, wird auch bei der Verlegung von Rohren häufig auf mechanische Verbindungstechniken zurückgreifen.

In Bereichen mit hohem Sicherheitsanspruch, wie beispielsweise dem Pipelinebau oder der Gasversorgung, werden aufgrund der geltenden technischen Regeln die Rohre verschweißt. Die Längskraftschlüssigkeit und die Kontrollierbarkeit der Schweißverbindung bieten hier entscheidende Vorteile. Die elektrische Längsleitfähigkeit der Rohrverbindung erlaubt bei erdverlegten Leitungen den Einsatz des kathodischen Korrosionsschutzes als Ergänzung zur standardmäßig eingesetzten Polyethylenumhüllung.

2. Mechanische Rohrverbindungen

Lösbare mechanische Rohrverbindungen werden traditionell im Bergbau eingesetzt, da das Schweißen in vielen Bereichen aufgrund der Explosionsgefahr nicht zulässig ist. Rohre mit lösbaren Verbindungen können leicht ausgetauscht oder auch anderweitig verlegt werden. Die Rohrlängen sind den Schächten angepaßt, so daß in der Regel Rohre mit einer Länge von maximal 6 m eingesetzt werden. Die betrieblichen Anforderungen an „Rohre und Rohrisolierungen“ für den Bergbau sind in der DIN 22100 T. 5 festgelegt /2/:

- Rohre und Rohrisolierungen dürfen im Hinblick auf ihre brandtechnischen Eigenschaften einen Brand nicht selbständig weiterleiten
- Rohre und Rohrisolierungen dürfen weder im Betrieb noch im Brandfall gesundheitsgefährdende Zersetzungsprodukte bilden
- Rohre und Rohrisolierungen dürfen auf den Oberflächen keine elektrische Ladungen ansammeln, die bei Entladung Gemische aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben entzünden können

Organische Beschichtungen sind in den „Klimaten“ des Bergbaus nicht sonderlich beständig. Außerdem besteht die Gefahr der statischen Aufladung, da die Beschichtungen elektrische Isolatoren darstellen. Rohre und damit auch die Rohrverbindungen für den Einsatz Untertage sind aus diesem Grunde generell feuerverzinkt. Als Rohrverbindungen werden in der Regel Flanschverbindungen aber auch Klammerverbindungen eingesetzt.

2.1 Die Flanschverbindung

Die Flanschverbindung hat sich seit Jahrzehnten in der Praxis bestens bewährt. Bereits im Jahr 1882 wurde erstmals eine Flanschverbindung genormt /1/. In der DIN 2500 sind alle genormten Flanschverbindungen zusammengestellt /3/. Abbildung 1 zeigt die gängigen Flanschenarten für Stahlrohre.

* Dr. rer. nat. Dipl. Chem. Hans-Jürgen Kocks, Dipl. Ing. Uwe Gonska; Pro Aqua Stahlrohre, Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH, Siegen

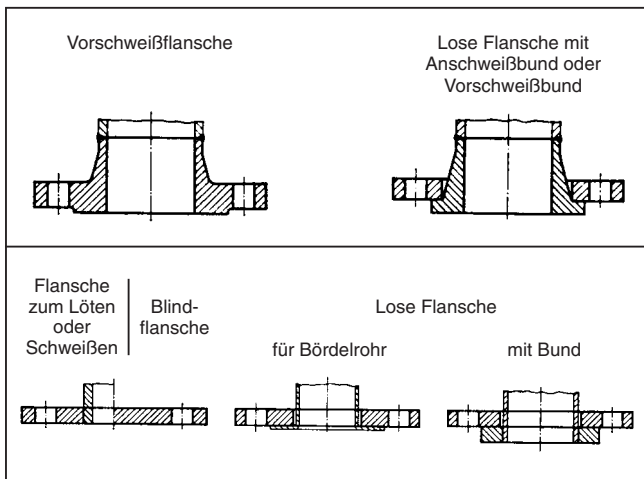


Abb. 1:
Flanschverbindungen für Stahlrohre nach DIN 2500 /3/

Je nach Druckstufe und Ausführung sind die Rohre im Bergbau für die Wasser- bzw. Druckluftförderung in der DIN 20002 Teile 1 bis 3 genormt /4/. Hier sind die Anforderungen der Rohre mit losen Flanschen und glatten Bunden bzw. Vor- und Rücksprungbunden für Betriebsdrücke bis 40 bar festgelegt. In den Werksnormen der verschiedenen Bergwerksgesellschaften sind auch Flanschenrohre für Betriebsdrücke bis 160 bar vorgesehen. Bei den höheren Betriebsdrücken werden in der Regel Vorschweißflansche eingesetzt.

2.2 Die Klammerverbindung

Die Klammerverbindungen, wie beispielsweise die Produkte der Fa. Victaulic oder Grinell, stellen konstruktive Alternativen zu den Flanschverbindungen dar (Abb. 2). Auch hier sind unter Verwendung entsprechender Dichtungstypen Betriebsdrücke bis 170 bar möglich. Die leicht zu montierenden Kupplungen werden durch gerollte oder gefräste Nuten auf dem Rohr fixiert und sichern so die Längskraftschlüssigkeit der Rohrverbindungen.

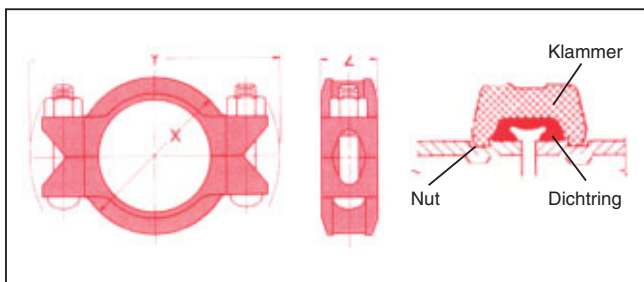


Abb. 2:
Klammerverbindung (Bauart – Victaulic/Grinell –)

Die Klammerverbindungen finden beispielsweise auch bei der Verlegung von Rohren zur Versorgung der Schneekanonen in den Wintersportgebieten ihre Verwendung. Die Beschäftigten der Skiliftbetreiber sind in den Wintermonaten für den reibungslosen Betrieb der Anlagen zuständig, während in den Sommermonaten ggf. Rohre für Beschneigungsanlagen verlegt werden. Nur selten sind hier Mitarbeiter zu finden, die Rohre in den hier geforderten Druckstufen verschweißen können. Diese organisato-

rischen Randbedingungen erfordern Rohrverbindungen, die mit möglichst geringem Aufwand an den Berghängen herzustellen sind.

2.3 Die Steckmuffenverbindung

Insbesondere im Bereich der Abwasserentsorgung und Trinkwasserversorgung werden Steckverbindungen des Systems „Tyton“ eingesetzt. Die zum Gußrohr compatible Verbindung für Stahlrohre ist in der DIN 2640 genormt (Abb. 3) /5/. Die Stahlsteckmuffenrohre sind standardmäßig mit einer Zementmörtelauskleidung und einer Polyethylenumhüllung versehen. Im Verbindungsbereich werden die Rohrenden muffen-, und spitzendeseitig durch ein trinkwassertaugliches 2-Komponenten-Epoxidharz vor Korrosion geschützt. Die Steckmuffenverbindung ist für einen Betriebsdruck von 40 bar ausgelegt. Die Rohre sind durch Betonwiderlager entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 310 zu sichern /6/. Die Rohrverbindung erlaubt eine Abwinkelung bis zu 4°.

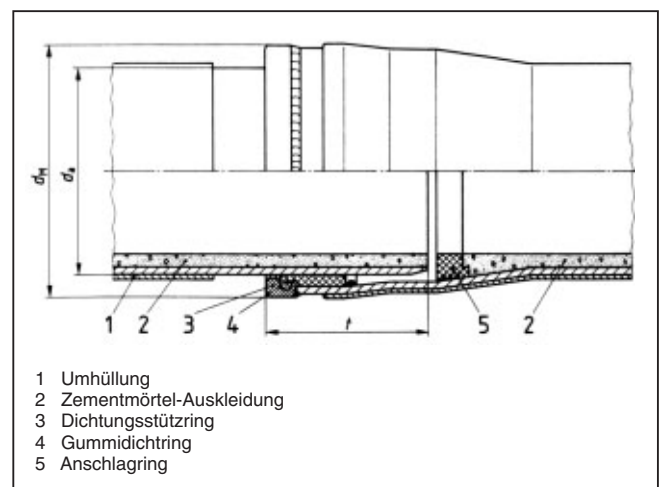


Abb. 3:
Stahlsteckmuffenrohre nach DIN 2640 /5/

Stahlsteckmuffenverbindungen können unter Einsatz von Sit-Ringen für einige Betriebsdrücke auch längskraftschlüssig ausgelegt werden. Dazu gehören Tyton-Sit-Verbindungen, die im Dimensionsbereich bis einschließlich DN 200 16 bar, über DN 200 10 bar Betriebsdruck zulassen. Das Stahlsteckmuffenrohr bietet aufgrund seiner Kompatibilität zum Gußrohr eine willkommene Alternative, ohne daß eine zusätzliche Lagerhaltung mit Formteilen anderer Rohrwerkstoffe bzw. Verbindungstechniken vorzusehen ist.

3. Geschweißte Rohrverbindungen

Wassertransportleitungen und Sonderbaumaßnahmen wie Düker und Steilhangleitungen sind seit jeher Domänen des geschweißten Stahlrohres. Diese Vorzüge wurden beispielsweise bei einer Verlegemaßnahme der Rhenag in Cochem an den Steilhangelagen des Moseltales genutzt. Aufgabenstellung dieses Projektes war die Wasserversorgung der Stadt Cochem aus einem 220 m hoch gelegenen Speicherbecken ins 150 m tiefer gelegene Moseltal (Abb. 4).

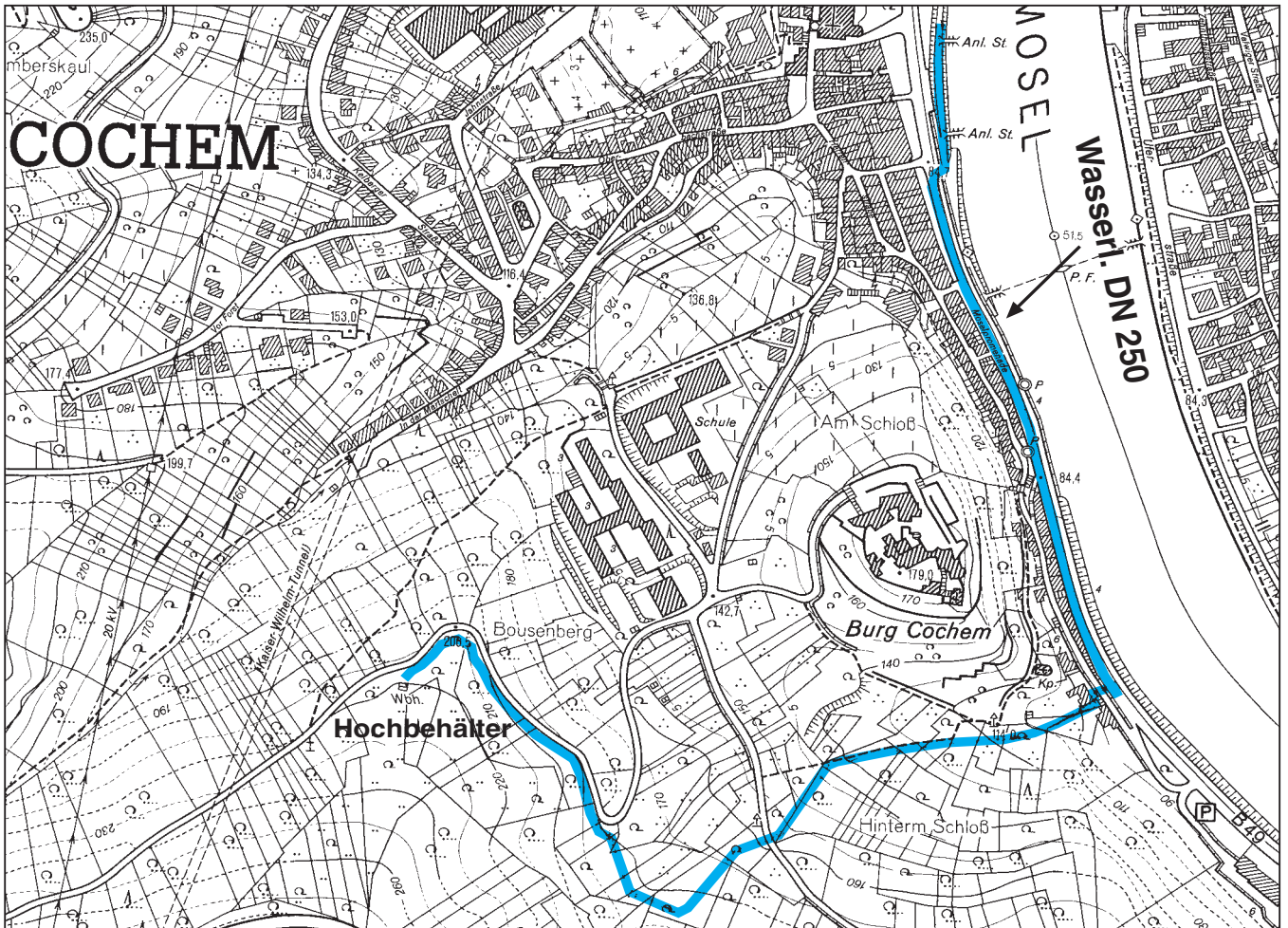


Abb. 4: Trassenverlauf der Wassertransportleitung der Rhenag in Cochem

Die Topographie bereitete schon in der Planungsphase große Probleme. Die Leitung hat auf dem Weg ins Moseltal bei einer Länge von 800 m ein Gefälle von etwa 18 % (Abb. 5a). Der felsige Untergrund erschwert die für eine Verlegung erforderliche Bettung der Rohre. Des weiteren sollte eine Quelle im Bereich der geplanten Rohrtrasse nur wenige Höhenmeter unterhalb des Speicherbeckens durch diese Transportleitung nicht versiegen (Abb. 5b).

Aus diesem Grunde wurde die für polyethylenummüllte Leitungen geforderte Sandbettung zur Vermeidung einer möglichen Drainagewirkung durch die werksseitig aufgebraute Faser-Zement-Mörtel-Umhüllung ersetzt. Durch die eingesparte Sandbettung konnte die Grabentiefe in

diesem felsigen Gelände reduziert werden. In Teilbereichen waren wegen erforderlicher Leitungskreuzungen nur geringe Verlegetiefen möglich (Abb. 5c). Aus diesem Grund hätten bei einem Betriebsdruck der Transportleitung von 15 bar im Falle einer Steckverbindung zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung der Leitung getroffen werden müssen. Hier bot sich der Einsatz stumpfgeschweißter und damit längskraftschlüssiger Stahlrohre an. Neben der Wasserleitung wurde in gleicher Trasse auch eine Gasleitung DN 150 verlegt. Beide Leitungen werden, wie dies unter Einsatz geschweißter und damit längsleitfähiger Rohrverbindungen möglich ist, zusätzlich kathodisch geschützt.

Abb. 5: Rohrtrasse der Steilhängeleitung in Cochem



5a Steilhängelage



5b Quelle im Trassenbereich



5c Leitungskreuzungen

3.1 Die Stumpfschweißverbindung

Die unter sicherheitstechnischen Aspekten wohl gebräuchlichste Rohrverbindung ist die Stumpfschweißverbindung. Die Verbindung wird in der Regel in Fallnahtschweißung ausgeführt. Sie besteht aus mehreren Schweißlagen beginnend mit der Wurzellage, gefolgt vom Hotpass, den Füllagen und einer Decklage (Abb. 6). Die Anzahl der Schweißlagen ist von der Rohrwanddicke abhängig. Die Ausführung der Stahlrohrenden für die Stumpfschweißung ist genormt. Die DIN 2640 fordert eine Ansträgung von 30° und eine Steghöhe von $1,6 \pm 0,8$ mm (Abb. 7) /5/. Die Schweißnaht kann an der Baustelle geröntgt und damit auf Schweißfehler geprüft werden. Die Stumpfschweißverbindung ist heute im Pipelinebau sowie in der Gasversorgung „Stand der Technik“.

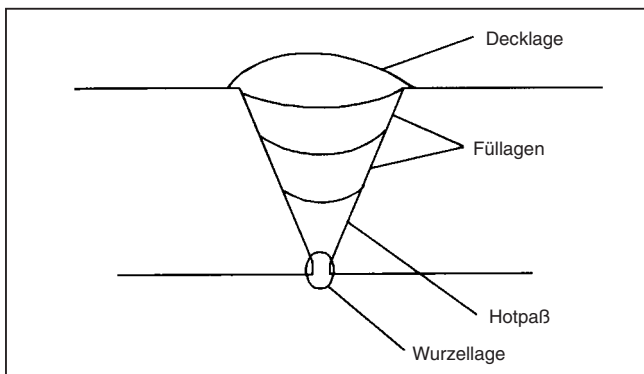


Abb. 6:
Aufbau einer Stumpfschweißverbindung (Fallnaht)

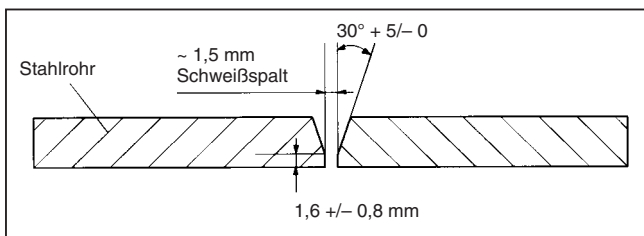


Abb. 7:
Endenauführung des Stahlrohres für die Stumpfschweißung /5/

In vielen Kommunen wurden in jüngster Zeit Wasser- und Gasversorgungsunternehmen zusammengefaßt. Diese Tendenzen wirken sich auch auf die Auswahl der Verbindungstechnik aus. Hier wird häufig auch im Wasserbereich vor allem bei Neuerschließungen die Stumpfschweißverbindung bevorzugt. Ein großer Vorteil liegt in der Tatsache, daß die längsleitfähigen Wasserrohre in den kathodischen Schutz der Gasleitungsrohre mit eingebunden werden können. Der kathodische Korrosionsschutz ergänzt die Schutzwirkung der standardmäßig eingesetzten Polyethylenumhüllung des Stahlrohres und erlaubt im späteren Betrieb die Kontrolle der Leitung mit Hilfe der Intensivmesstechnik /7/.

Im Trinkwasserbereich sind für Stumpfschweißungen zwei Endenauführungen A und B der Zementmörtelauskleidung in der DIN 2614 genormt (Abb. 8) /8/. Standardmäßig wird heute die Ausführung B eingesetzt. Der verbleibende

Schweißspalt nimmt die Wurzellage der Schweißverbindung auf. Durch Reaktionen zwischen Wasser, Zementmörtel und Stahloberfläche schließt sich der Spalt und sichert so eine homogene und geschlossene Auskleidung der Trinkwasserleitung.

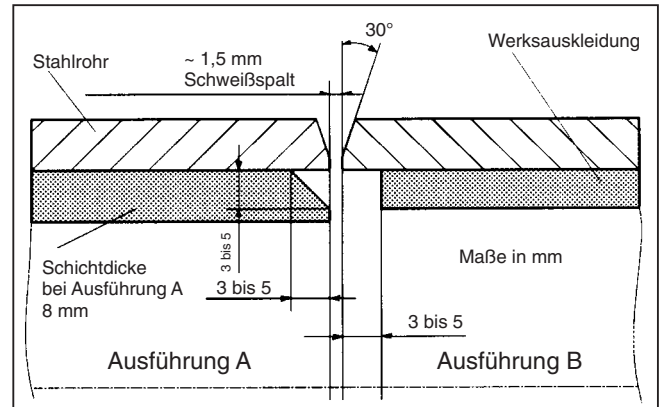


Abb. 8:
Endenauführungen der Zementmörtelauskleidung nach DIN 2614 /8/

Bei Großrohrleitungen im begehbaren Abmessungsbereich der Rohrdimensionen ist auch ein größerer Rückschnitt der Zementmörtelauskleidung von ca. 20 – 25 mm möglich. Nach dem Verschweißen wird der Verbindungsbereich nachträglich mit Zementmörtel ausgekleidet. Diese Rohrverbindung kann somit auch im Abwasserbereich eingesetzt werden.

3.2 Die Einsteckschweißverbindung

Die Einsteckschweißmuffe nach DIN 2460 wird insbesondere im nicht begehbaren Abmessungsbereich der Rohrdimensionen zur Förderung aggressiver Wässer oder Abwässer eingesetzt, die im Falle der Stumpfschweißverbindung eine Selbstheilung des Schweißspaltes nicht zulassen (Abb. 9) /5/.

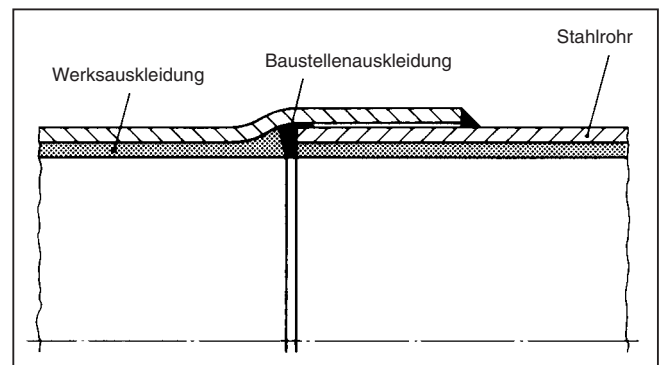


Abb. 9:
Einsteckschweißmuffe nach DIN 2640 /5/

Zur Vervollständigung der Rohrauskleidung wird vor dem Einschleiben des Spitzendes in die Muffe eine geeignete Dichtungsmasse in den Muffengrund eingebracht. Nach dem Einziehen des Spitzendes muß überschüssiges Material mit einem Molch geglättet werden. Im Trinkwasserbereich können die Rohre mit Einsteckschweißmuffe wie im Falle der Stumpfschweißverbindung ohne die nachträgliche Auskleidung im Muffenbereich verlegt werden.

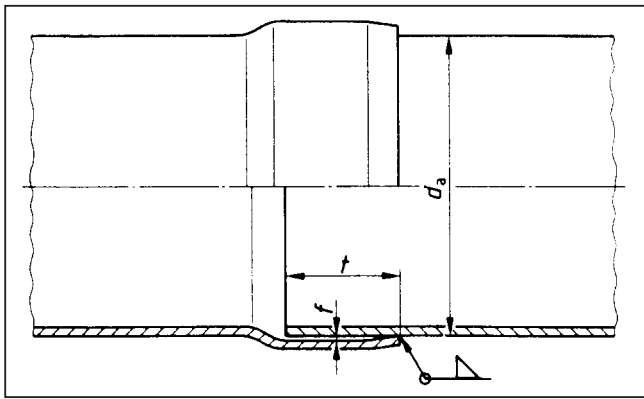


Abb. 10:
Schweißnahtgeometrie der Kehlnähte von Einsteckschweißverbindungen

Im Gegensatz zur Stumpfschweißung ist beim Einsatz der Einsteckschweißmuffe aufgrund der Kehlnaht die Schweißverbindung deutlich einfacher herzustellen (Abb. 10). Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Schweißnaht voll die Rohrwanddicke erfaßt. Die aufwendigere geometrische Gestaltung der Einsteckschweißverbindung erschwert im Vergleich zur Stumpfschweißverbindung die Röntgenprüfung.

Unabhängig von der Art der Schweißverbindung sind die Arbeiten von Schweißern mit gültigem Prüfnachweis entsprechend DIN EN 287 auszuführen /9/. Je nach Anforderung an die Rohrleitung ist die Schweißnahtgüte nach DIN EN 288 festzulegen /10/.

4. Die Nachumhüllung der Verbindungsbereiche an der Baustelle

Hohe Erwartungen an die Lebensdauer und ein möglichst geringer Wartungsaufwand sind die wesentlichen Forderungen an Rohrleitungen für die Energie- und Wasserwirtschaft. Stahlrohre werden seit Jahrzehnten werkseitig mit Korrosionsschutzsystemen ausgestattet, die aufgrund intensiver Forschungstätigkeit einen hohen Stellenwert erreicht haben.

Der Rohrhersteller sichert diesen Stellenwert durch die Kontrolle und Dokumentation der Produkteigenschaften und Produktionsbedingungen in einem Umfang, der die Zahl der geforderten Prüfungen in den Produktnormen meist übertrifft. Diese Daten sind für den Leitungsbetreiber über die beigelegten Zeugnisse nachvollziehbar.

Deutlich schwieriger ist die Kontrolle der Verlegung und damit auch die Überwachung der Arbeiten an den Rohrverbindungen. Die Maßnahmen zum Schutz der Rohre sollten mit gleicher Sorgfalt bei den Rohrverbindungen Anwendung finden. Nur so sind für eine Leitung als Kombination von Rohren und Rohrverbindungen die gewünschte Nutzungsdauer und Betriebssicherheit zu erzielen.

Während bei feuerverzinkten Flanschenrohren die Verzinkung auch im Verbindungsbereich das Grundmaterial vor korrosiven Angriffen schützt, müssen im Falle erdverlegter Stahlleitungsröhre mit standardmäßig ausgeführten Polyethylenumhüllungen nach DIN 30670 vergleichbar gute Korrosionsschutzsysteme im Verbindungsbereich

angewendet werden /11/. Diese Polyethylenumhüllungen können aufgrund der chemischen Beständigkeit in Böden aller Aggressivitätsstufen nach DIN 30675 Teil 1 eingesetzt werden /12/. In der DIN 30672 sind Nachumhüllungsmaterialien in Form von Korrosionsschutzbinden und Manschetten aus wärmeschrumpfenden Materialien genormt, die mit der Polyethylenumhüllung vergleichbare Eigenschaften und chemische Beständigkeiten aufweisen /13/.

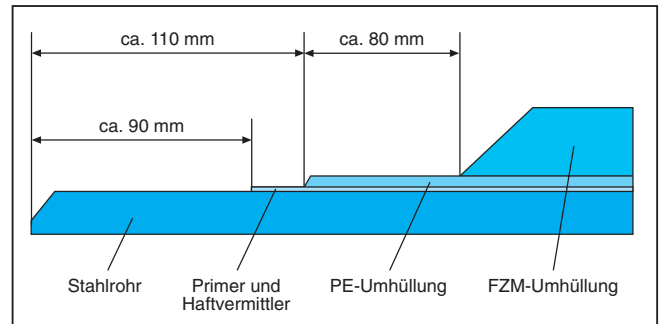


Abb. 11:
Umhüllungssysteme für erdverlegte Stahlleitungsröhre

Häufig wird die Polyethylenumhüllung durch einen zusätzlichen mechanischen Schutz in Form der Faser-Zement-Mörtel-Umhüllung ergänzt (Abb. 11). Dieser mechanische Schutz erspart nicht nur die für Polyethylenumhüllungen vorgeschriebene Sandbettung nach DIN 19630 /14/, sondern bietet auch Sicherheit bei der Verlegung und im Betrieb der Leitung insbesondere bei späteren Aufgrabungen. Der mechanische Schutz muß im Verbindungsbereich vervollständigt werden. Hier werden zwei verschiedene Systeme als Gießmörtel und Zementbinde angeboten. Der Gießmörtel wird als Trockenmischung mit getrennt verpackter Wassermenge und Kartonagen, die als verlorene Schalung beim späteren Vergießen des Mörtels dienen, angeliefert. Während der Gießmörtel nur bei Rohrverbindungen auf gerader Strecke Verwendung findet, kann die Zementbinde auch im Falle von Bögen und Formstücken eingesetzt werden.

Zur Nachumhüllung von Rohrverbindungen an der Baustelle stehen somit Systeme zu Verfügung, die eine mit den werkseitig hergestellten FZM- und Polyethylenumhüllungen vergleichbare Schutzwirkung sicherstellen. Der DVGW bietet in Zusammenarbeit mit dem BRBV produktneutrale Schulungsmaßnahmen mit Materialien entsprechend DIN 30672 an, um die Qualifikation des Baustellenpersonals und damit ordnungsgemäße Durchführung der Nachumhüllung von Rohrverbindungen an den Baustellen zu ermöglichen. Das Schulungsprogramm ist seit November 1989 im DVGW-Merkblatt GW 15 festgelegt /15/. Fachkräfte von Rohrleitungsbaunternehmen, die an diesen Schulungen teilnehmen, erhalten einen Umhüller-Ausweis nach DVGW-Merkblatt GW 15. Für den Befähigungsnachweis ist nach einer Erstausbildung regelmäßig alle 3 Jahre eine Nachschulung erforderlich.

Für den Auftraggeber und damit den Rohrnetzbetreiber bieten somit die Zeugnisse des Rohrherstellers in Verbindung mit den Befähigungsnachweisen des Baustellenpersonals die Sicherheit normgerecht gefertigter Rohre bzw. den Normen und Richtlinien entsprechend hergestellter Rohrverbindungen an den Baustellen.

5. Danksagung

An dieser Stelle möchten wir der Rhenag Werkgruppe Mosel für die umfassenden Informationen und das Bildmaterial zur Steilhangleitung in Cochem danken.

6. Literatur

1. „Rohrverbindungen“ Studie über erdverlegte Trinkwasserleitungen des DVGW, ZfgW-Verlag GmbH, Frankfurt, 1978
2. DIN 22 100, Teil 5 „Betriebsmittel und Betriebsstoffe aus Kunststoffen zur Verwendung in Bergwerken unter Tage – Rohre, Rohrisolierungen und Schläuche“, Juli 1993
3. DIN 2500 „Flansche – Allgemeine Angaben“, August 1966
4. DIN 20 002, Teile 1 bis 3 „Rohrleitungen für den Bergbau“, November 1989
5. DIN 2460 „Stahlrohre für Wasserleitungen“, Januar 1992
6. DVGW-Arbeitsblatt GW 310, Teil 1 „Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen und Abzweigen mit nicht längskraftschlüssigen Verbindungen“, Juli 1971
7. DIN 50 925 „Korrosion der Metalle, Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes erdverlegter Anlagen“, Oktober 1992
8. DIN 2614 „Zementmörtelauskleidungen für Gußrohre, Stahlrohre und Formstücke“, Februar 1990
9. DIN EN 287, Teil 1 „Prüfung von Schweißern“, April 1992
10. DIN EN 288, Teil 1 und 2 „Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe“, April 1992
11. DIN 30 670 „Umhüllung von Stahlrohren und Formstücken mit Polyethylen“, April 1991
12. DIN 30 675, Teil 1 „Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen – Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei Rohrleitungen aus Stahl“, September 1992
13. DIN 30 672, Teil 1 „Umhüllungen aus Korrosionsschutzbinden und wärmeschumpfendem Material“, September 1991
14. DIN 19 630 „Richtlinien für den Bau von Wasserrohrleitungen“, August 1982
15. DVGW-Merkblatt GW 15 „Nachumhüllungen von Rohren, Armaturen und Formteilen – Ausbildungs- und Prüfplan“, November 1989

Sonderdruck aus:
Sichere Ver- und Entsorgung durch Rohrleitungen
Hrsg.: Joachim Lenz, Essen: Vulkan-Verlag, 1997,
Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau
an der Fachhochschule Oldenburg; Bd. 11



Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH
In der Steinwiese 31 | 57074 Siegen
Telefon: 0271 691-0 | Telefax: 0271 691-299
info@smlp.eu | www.smlp.eu



PRO AQUA STAHLROHRE
Jedem Druck gewachsen