

Konstruktive Merkmale für eine höhere Verarbeitungssicherheit von Heizwendelschweißformstücken

Verbindungstechnik für PE-Rohre

Design features for greater process reliability in resistance welded shapes

Joining methods for PE pipes

Rohrleitungen sind Investitionsgüter. Der größte Teil des Kapitals eines Versorgungsunternehmens oder Entwässerungsbetriebs liegt in der unterirdischen Infrastruktur des Rohrleitungssystems. Ein wesentlicher Aspekt für die Wirtschaftlichkeit dieses Systems und die zuverlässige Erfüllung seiner Aufgaben ist natürlich dessen Sicherheit. Im Rahmen dieses Beitrags sollen für das Heizwendelschweißverfahren als Verbindungstechnik für PE-Rohre die Aspekte der anwendungsorientierten Produktsicherheit betrachtet werden.

Pipelines are capital plant. The major part of a supply utility or drainage utility's capital investment can be found in the underground piping system infrastructure. This system's dependability is, naturally, a significant aspect in its cost-efficiency and reliable fulfillment of its functions. The criteria of application-oriented product reliability are examined in this article for the resistance welding process as a joining method for PE pipes.

Moderne Kunststoffrohrsysteme aus Polyethylen geben dem Versorgungsunternehmen und deren Kunden die Sicherheit auf ein langlebiges, zuverlässiges und nicht zuletzt wirtschaftliches Rohrleitungssystem. Nach heutigen Erkenntnissen und fast 50 Jahren Betriebserfahrung liegt die auf Basis wissenschaftlicher Untersuchungen prognostizierte Lebenserwartung von Hochleistungs-PE-Rohrsystemen der dritten Generation bei über 100 Jahren [1].

Sicherheit für den Betrieb der Rohrleitung beginnt bereits im Vorfeld bei

- der Planung, Ausschreibung und Auswahl geeigneter Verlegeverfahren,
- der Auswahl der einzusetzenden Materialien – Rohre – Formstücke – Armaturen,
- der Auswahl geeigneter, zertifizierter Rohrleitungsbauunternehmen mit fachgerecht ausgebildetem Personal sowie

- der einzuplanenden Bauüberwachung zur Aufrechterhaltung des Qualitätsanspruches.

Ein Rohr allein – und sei es noch so hochwertig – macht jedoch keinen Sinn, ohne das System als Ganzes zu betrachten. Erst die geeignete, zuverlässige und wirtschaftliche Verbindungstechnik führt zu einem ganzheitlichen Nutzen und optimiert die Gebrauchstauglichkeit.

Verbindungstechnik

Die Schweißbarkeit von Polyethylen und die unproblematische Handhabung der Schweißtechnik bieten einen wesentlichen Vorteil gegenüber anderen Werkstoffen. Die homogene Materialverbindung durch Schweißverfahren bietet eine Beanspruchbarkeit, die dem Rohrwerkstoff entspricht



Bild 1: Berstdruckversuch – Das Rohr PE100/SDR11/PN16 birst bei über 50 bar Innendruck, die Heizwendelschweißverbindung hält auch erheblich höheren Drücken stand

Fig. 1: Rupture-pressure test; the PE100/SDR11/PN16 pipe ruptures at above 50 bar, whereas the resistance weld withstands considerably greater pressures

und – durch Heizwendelformstücke – diese sogar deutlich übertrifft (**Bild 1**).

Das System der geschweißten Rohrleitung setzt sich damit nach der Verlegung im Gegensatz zur Anwendung mechanischer Verbindungstechniken nicht aus einzelnen Komponenten – Rohr/Verbindung/Rohr... – zusammen, sondern besteht aufgrund der Schweißverbindungen aus einem einzigen, unlösbaren, material-homogenen Verbund. Der Einsatz von elastomeren Dichtungskomponenten kann dadurch auf ein Minimum, z. B. in Armaturen, beschränkt werden.

Für den erdverlegten Rohrleitungsbau werden das Heizelementstumpfschweißverfahren und das Heizwendelschweißverfahren angewandt. Formstücke sind nach den DVGW-Prüfanforderungen zertifiziert und entsprechend gekennzeichnet. Die Ausbildung des Schweißers erfolgt nach DVGW-Arbeitsblatt GW 330 [2], der Schweißaufsicht nach DVGW-Arbeitsblatt GW 331 [3], für Gas- und Wasserversorgungssysteme. Sinngemäß kann diese Ausbildung im industriellen Rohrleitungsbau oder in der Abwassertechnik eingesetzt werden. Im Speziellen gelten die Richtlinien des DVS, Deutscher Verband für Schweißtechnik e.V.

Der Anwendungsschwerpunkt des Heizelementstumpfschweißverfahrens liegt aufgrund der zeitintensiven Herstellung einer Verbindung bei größeren Dimensionen (> DN 200, d 225), und hierbei wiederum bei der Verlegung größerer Rohrlängen im freien Gelände [4].

Als Verbindungstechnik hat sich das Heizwendelschweißverfahren in einem breiten Anwendungsspektrum durchgesetzt. Im Hausanschlussbereich bis d 63 mm und in der Anschlusstechnik durch Sattelformstücke für Abzweige werden praktisch ausschließlich Heizwendelfittings verwendet.



**Dipl.-Ing. (FH)
Robert Eckert**

Friatec AG, Mannheim
Tel. 0621/486-2214
E-Mail: robert.eckert@friatec.de

Für größere Dimensionen geben die einfache und sichere Installation, schnelle Verarbeitung durch kurze Prozesszeiten und die damit verbundene Reduzierung der Personal- und Tiefbaukosten den Ausschlag zum Einsatz der Heizwendelschweißtechnik.

Im Großrohrbereich bis d 710 mm werden Heizwendelfittings als Problemlöser eingesetzt, wenn das Stumpfschweißverfahren, z. B. für Einbindungen in bestehende Leitungen, Richtungsänderungen oder Reparaturen technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll anwendbar ist. Speziell liegen die Vorteile der Heizwendelschweißtechnik in

- der einfachen Installation und Handhabung,
- der hohen Zuverlässigkeit,
- der Schnelligkeit in der Verarbeitung,
- der Wirtschaftlichkeit durch effektiven Einsatz,
- der universellen Einsetzbarkeit bezüglich PE-Rohrwerkstoff und Wanddicke (SDR) und
- der Praxistauglichkeit bei der Installation im Graben unter beengten Platzverhältnissen.



Bild 2: Querschnitt durch die Heizwendelschweißverbindung - Vergleich der Einstecktiefe bei verschiedenen Ausführungen

Fig. 2: Cross-section through the resistance weld; comparison of insertion depth in various types

Heizwendelformstücke: Konstruktive Einflüsse auf die Verarbeitungssicherheit

An die technischen und geometrischen Merkmale von Heizwendelformstücken werden in den nationalen (z. B. DIN 16963) und internationalen (z. B. EN 1555, EN 12201, EN13244) Normen meist nur Anforderungen gestellt, die als Kompromiss den kleinsten gemeinsamen Nenner darstellen. Dieser erfüllt natürlich am Produkt die an das Rohrleitungssystem gestellten Anforderungen – unter der Voraussetzung einer optimalen Verarbeitung.

Die Prüfungen unter Laborbedingungen können naturgemäß die Verarbeitungsbedingung in der Praxis nicht uneingeschränkt abdecken. Hier sind die Hersteller in Eigenverantwortung gefordert, dem Anwender ein zuverlässiges und praxistaugliches System zur Verfügung zu stellen. Dies setzt Erfahrung und Know-how, sowohl in der Kunststofftechnik als auch in der Baustellenpraxis, voraus. Trotz der entscheidenden Einflussgröße der Produktsicherheit für das Investitionsgut Rohrleitung – von dem eine Nutzungsdauer bis zu 100 Jahren erwartet werden kann – wird dieser Aspekt oft aufgrund kurzfristiger Vorteile mit dem Hinweis auf eine vorliegende Produktzulassung aufgeweicht.

Generell muss die Verarbeitung natürlich nach den geltenden Richtlinien und Montageanleitungen der Hersteller erfolgen [5].

Der wichtigste Entwickler ist und bleibt der Anwender: Nur durch seinen Input „wo der Schuh drückt“ werden praxisnahe Entwicklungen und Problemlösung erst möglich.

Einsatzspektrum

Grundsätzlich berücksichtigt werden bei der Entwicklung von Heizwendelformteilen [5] (Herstellerangaben beachten!):

- Schweißbarkeit verschiedener Rohrmaterialien PE 80, PE 100 und PE-Xa
- Temperaturbereich bis zu -15 bis $+50$ °C
- Rohrreihen SDR 17,6 (17,0), SDR 11, SDR 7.4 (Standarddimensionen in Deutschland); vom Standard abweichende Dimensionen SDR 41 – SDR 21 sowie SDR 6 sind bei Anwendung geeigneter Parameter möglich
- Schweißbarkeit von Sattelformstücken inklusive der erforderliche Anbohrung des Hauptrohres mit allen Standard-Rohrdimensionen im drucklosen Zustand und je nach Konstruktion auch unter maximal zulässigem Betriebsdruck .

Geometrische Merkmale

Der wesentliche geometrische Aspekt bei der konstruktiven Auslegung einer Heizwendelschweißmuffe ist die Einstecktiefe (**Bild 2**). Diese unterteilt sich in



Bild 3: Schnittdarstellung der montierten Langmuffe FRIALONG mit Ringbündelware

Fig. 3: Sectional view of the installed FRIALONG longitudinal socket, with pipe coil



Bild 4: Detail Verbindungszone - Biegespannungen durch Ringbündelware werden in den Haltezonen aufgenommen

Fig. 4: Detail of the joint zone; bending stresses through the pipe coil are absorbed in the retention zones

- die Schweißzonenlänge, d. h. die effektive Fläche, die der Fitting für eine homogene Verbindung der Bauteile bietet. Vereinfacht gilt: „Je länger die Schweißzone, desto höher die erreichbare Festigkeit und Zuverlässigkeit einer Schweißverbindung in der Anwendung“;
- die Länge der inneren und äußeren Kaltzonen, die die Aufgabe haben,
 - die beim Schweißen entstehende Schmelze zu Kammern (Schmelzendruckaufbau),
 - leichte, baustellenbedingte Winkelabweichungen sicher aufzunehmen und
 - baustellenbedingte Abweichungen vom Idealzustand, z. B. Ovalität, konischer Einfall der Rohrenden oder nicht rechtwinkliger Rohrschnitt auszugleichen, bzw. aufzunehmen.

Die nicht temperaturbeaufschlagten Kaltzonen fungieren als Schmelzenbremse. Das während des Schweißprozesses verflüssigte

Tab. 1: Vergleich der Normanforderung zur Ausführung

Table 1: Comparison of execution requirements in standards

Dimension	Min. Schweißzonenlänge [mm]	Schweißzonenlänge [mm]	Ratio
	nach prEN12201-3, prEN1555-3 [10, 11]	FRIALEN	
d 32	10	21	2.1
d 63	11	29	2.6
d 125	16	42	2.6
d 225	26	72	2.7
d 400	47	83	1.9
d 630	67	110	1.6

PE-Material erkaltet in den äußeren Zonen, so dass sich in der Fügeebene ein gleichmäßiger Schmelzdruck aufbauen kann. Der Parameter „Schmelzdruck“ ist neben Schweißzeit und Schweißtemperatur die bestimmende Größe für die Schweißqualität. Mangelhafte Kammerung des Schmelzdrucks kann zu Schmelzeaustritt führen, reduziert die Fügequalität und ist daher unzulässig.

Je länger die Kaltzonen, desto besser werden Biegespannungen, z. B. beim Einsatz von Ringbandware aufgenommen. Die eigentliche Schweißzone bleibt damit nahezu unbeeinflusst von Spannung, da das Rohr

durch die Kaltzonen und die entsprechend längere Muffeneinstecktiefe ausgerichtet wird.

Konsequent umgesetzt wurde dieses konstruktive Merkmal z. B. bei der Langmuffe FRIALONG, die eine anwendungsfreundliche Problemlösung für die Verarbeitung von Ringbandware darstellt (Bild 3 und 4).

Besonderes Augenmerk verdient die innere kalte Zone. Typische Einfallerscheinungen der Schnittenden bei PE-Rohren werden hierdurch i.d.R. kompensiert. Auch ein baustellenseitiger, nicht exakt rechteckiger Rohrschnitt wird durch die lange Ausführung dieser Kaltzone abgefangen, so dass die Heizwendelzone inklusive der verbleibenden restlichen Kaltzone unbeeinflusst bleibt und eine sichere Schweißung gewährleistet.

Direkten Einfluss auf die Qualität der Verbindung hat die Ausführung der Heizwendelzone (Tabelle 1). Je länger die Schweißzone, also der eigentlich für die materialhomogene Verbindung zur Verfügung stehende Bereich, desto höher die Verarbeitungssicherheit unter den rauen Baustellenbedingungen und damit die Langzeitfestigkeit der Rohrverbindung. Die im Regelwerk geforderten Mindestlängen für die Schweißzonen erlauben im Baustelleinsatz bei der Verarbeitung wenig Toleranz.

Die Wanddicke des Fittings muss so bemessen sein, dass der sich während der

Schweißung aufbauende Schmelzdruck sicher aufgenommen werden kann. Ist die Wanddicke zu gering gewählt, kann sich das Bauteil aufgrund der reduzierten Festigkeit während der Wärmeerbringung durch den entstehenden Schmelzdruck im Umfang ausdehnen. Der Parameter „Schweißdruck“ kann damit nicht hinreichend erfüllt werden. Im Bauteil ggf. eingefrorene Schrumpfspannungen, die zum Schmelzdruckaufbau genutzt werden sollen, werden unmittelbar abgebaut und haben damit praktisch keinen Einfluss auf diesen Parameter; sofern diese überhaupt noch vorhanden sind. Bekanntermaßen werden Eigenspannungen von Polyethylen im Laufe der Zeit abgebaut – das Material relaxiert. Wird der radiale Schrumpf für den Aufbau des Fügedrucks während der Schweißung mit einkalkuliert, muss ein „Verfallsdatum“ für den Einsatzzeitraum des Bauteils angegeben werden.

Freiliegende oder verdeckte Heizwendel: Nur eine „philosophische“ Frage?

Seit Jahrzehnten werden zwei grundsätzlich verschiedene Konstruktionen (Bild 5 und 6) der Heizwendellage in Fittings angeboten – und im Kreise der Anwender und Hersteller diskutiert. Beide Systeme – Heizwendel mit einer verdeckenden PE-Schicht oder freiliegend, sichtbar im Formstück – haben sich im Praxiseinsatz über viele Jahre millionenfach bewährt.

Dennoch zeigen sich Stärken und Schwächen der Heizwendelgeometrie in der Anwendung auf der Baustelle. Mit dem Start des Schweißprozesses erfolgt unmittelbar eine Erwärmung der Heizwendel. Bei ummantelten, verdeckten Heizwendeln muss zunächst die PE-Schicht aufgeschmolzen werden. Durch die thermische Ausdehnung des Fitting-PE-Materials im geschmolzenen Zustand wird dieser Ringspalt geschlossen. Erst dann erfolgt eine nennenswerte Übertragung der Schweißenergie auf das Rohr. Aufgrund dieser Prozesse ist die Wärmeübertragung



Bild 5: Schnittdarstellung – Freiliegende Heizwendel
Fig. 5: Sectional view, exposed resistance welding element



Bild 6: Schnittdarstellung – Verdeckte Heizwendel
Fig. 6: Sectional view, covered resistance welding element

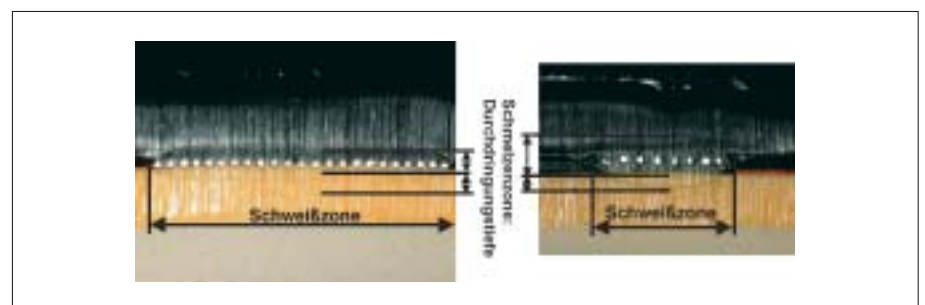


Bild 7: Annähernd symmetrische Ausprägung der Schmelzellipse bei Fittings mit freiliegender, bzw. asymmetrische Ausprägung bei Fittings mit verdeckter Heizwendel
Fig. 7: Approximately symmetrical shape of the fusing ellipses for fittings with an open resistance welding element, and asymmetrical shape for fittings with covered resistance welding element

bertragung in der Fügezone behindert, gleichzeitig erfolgt jedoch durch die Umman- telung der Heizwendel eine größere Wärme- einbringung in den Formteilkörper. Die Fol- gen sind eine zur Fügeebene asymmetrische Schmelzenellipse (**Bild 7**), deren Hauptanteil im Fitting liegt und eine reduzierte Kapazität zur Überbrückung des Ringspalts zwischen Rohr und Fitting. Die fertigungsbedingte Lage der Heizwendel und die Dicke der PE- Schicht, die natürlich einen entscheidenden Einfluss auf die Wärmeeindringung im Rohr haben, ist vom Anwender nicht erkennbar, es sei denn durch zerstörende Prüfung oder strahlungstechnische Untersuchung.

Durch freiliegende, nicht verdeckte Heizwendeln erfolgt unmittelbar mit dem Start des Schweißprozesses die Wärmeüber- tragung auf das Rohr in Folge von Wärme- strahlung und strömungstechnisch beding- ten Luftverwirbelungen aufgrund des un- terschiedlichen Temperaturniveaus in der Füge- zone (Konvektion). Luft ist zwar – wie PE – ein schlechter Wärmeleiter, jedoch erfolgt bei den hier auftretenden Abständen zwi- schen Muffe und Rohr von wenigen 1/10 mm tatsächlich eine sofortige Wärmebrücke.

Dies ist leicht mit einem physikalischen Experiment nachvollziehbar: Hält man den Finger mit 1 mm Abstand – ohne tatsäch- lichen Kontakt zu haben – an einen Wärme- strahler, z. B. einer eingeschalteten Herd- platte, wird man sich der Relativität der Aus- sage, Luft sei ein „schlechter Wärmeleiter“ sehr schnell bewusst werden. Natürlich ist die Aussage richtig, dass PE und Luft im Ver- gleich der Größenordnung zu Stahl und Was- ser schlechte Wärmeleiter sind. Jedoch wird der relativ kleine Unterschied zwischen die- sen Stoffen, vor allem bei flüssigem PE zu Luft (**Tabelle 2**) erst bei Vergleich der Werte deutlich.

Da der Draht zu über der Hälfte seines Umfangs im PE-Material eingebettet ist, wird die Energie während des Schweißens an das umgebende PE-Material kontinuierlich abge- führt. Dadurch wird gewährleistet, dass die hierbei entstehende Temperatur des Drahtes auf dem Niveau der erforderlichen Schweiß- temperatur bleibt.

Durch das direkte Aufschmelzen der Rohroberfläche beim Start der Schweißung erfolgt eine thermische Expansion des Rohr-

materials im Fügebereich unmittelbar mit dem Start der Schweißung. Die Folge ist eine sehr gute Überbrückung des Ringspalts, da die Muffe nach innen, das Rohr gleichzeitig nach außen „wächst“. Die Schmelzenfront verläuft im Gegensatz zur Ausführung mit verdeckten Heizwendeln nicht eben, son- dern wellenförmig. Die resultierende Füge- fläche wird dadurch erheblich vergrößert.

Sollte sich – trotz der Vorgabe, dass der Fitting erst unmittelbar vor der Verarbeitung aus der Verpackung genommen werden soll – eine Oxidhaut in der Muffe gebildet haben, wird diese durch die Wellenförmigkeit der Schmelzenfront aufgebrochen und beein- flusst dadurch das Schweißergebnis prak- tisch nicht. Auch eine baustellenseitige Ver- unreinigung der Muffe, die eigentlich durch die Verpackung verhindert wird, lässt sich mittels geeigneter Reinigungsmittel (DVGW VP 603) rückstandsfrei entfernen.

Aufgrund der formschlüssigen Einbettung der Heizwendel im Werkstoff (Bild 5) ist ein Lösen der Windungen ohne zusätzliches Werkzeug (z. B. Schraubendreher) – also einer bewussten, nicht sachgerechten Manipu- lation – unmöglich. Eine Beschädigung oder ein Herauslösen der freiliegenden Heizwen- del durch den Rohreinschub ist daher ausge- schlossen. Dies bestätigt sich in der Praxis: Nach 30 Jahren Erfahrung mit dem System im rauen Baustelleneinsatz sind Beanstan- dungen wegen einer Beschädigung der Heizwendel durch den Rohreinschub nicht bekannt.

Im Gegenteil dazu ist die Lage der Heizwendel direkt vom Anwender leicht er- kenn- und kontrollierbar – ein Qualitätsas- pekt, der bezüglich der nicht kontrollierbaren PE-Schichtdicke bei verdeckten Heizwendeln nicht zu unterschätzen ist.

Für den Einsatz im industriellen Rohrlei- tungsbau wurden Langzeitversuche an FRIA- LEN[®]-Sicherheitsfittings mit freiliegenden Heizwendeln sowohl in extrem sauren als auch in extrem basischen Medien durchge- führt und erfolgreich beendet. Hier liegen bereits seit Jahrzehnten positive Erfahrun- gen vor, so dass führende Unternehmen der chemischen Industrie diese Formstücke ein- setzten.

Stoff	Wärmeleitfähigkeit	Vergleich
PE, fest	0,23 W/mK	–
PE, flüssig	0,16 W/mK	–
Luft, trocken	0,02454 W/mK	zu PE fest: 9,4 zu PE flüssig: 6,5
Wasser	0,6 W/mK	zu Luft: 25
Stahl	47 – 58 W/mK	zu Luft: ca. 2040

Tab. 2: Wärmeleitfähigkeit verschiedener Stoffe im Vergleich [6]

Table 2: Comparative as- sessment of the thermal conductivity of various materials [6]

Vogelsang

Kennzeichnung

Die Kennzeichnung des Formstücks ist durch entsprechende Regelwerksvorgaben definiert. Dauerhaft lesbar sein müssen grundsätzliche Informationen, wie Herstel- lerausgabe, Rohr-Nenndurchmesser, Werk- stoffbezeichnung, SDR-Reihe und Herstel- lungscharge. Baustellenrelevante Angaben können auf separaten Etiketten (z. B. Bar- code-Label) erfolgen, wie z. B. die Schweiß- und Rückverfolgbarkeitsparameter, der SDR- Verarbeitungsbereich für Rohre und die er- forderliche Abkühlzeit nach der Schweißung.

Alle Informationen sollten am Fitting im Montagezustand erfassbar sein (**Bild 8**).

Schweißparameter

Die Erfassung der Schweißparameter er- folgt über Barcode. Dadurch werden grund- sätzliche Fehlerquellen, wie die mögliche manuelle Falscheingabe von Schweißzeit und -spannung ausgeschlossen. Diese Tech- nik hat sich weltweit als Standard durchge- setzt. Um Verwechslungen ausschließen zu können, ist der Barcode sinnvollerweise auf jedem Bauteil in Form eines Labels aufge- bracht und ist damit fester, unverlierbarer Bestandteil des Fittings.

Der Aufbau des Barcodes ist standardi- siert und ermöglicht neben der automati- schen Erkennung der Schweißparameter zu- sätzlich die Möglichkeit, mit dokumentati- onsfähigen Schweißgeräten weitere Daten



Bild 8: Kennzeichnung von Heizwendelformstücken

Fig. 8: Marking of resistance welded shapes



Bild 9: Barcode für Schweißparameter und Rückverfolgbarkeitsdaten

Fig. 9: Barcode for welding parameters and traceability data

wie Herstellerinformationen, Prozessdaten usw. zu protokollieren.

Ein zweiter, untergeordneter Barcode enthält Daten zur Bauteilrückverfolgbarkeit, die separat optional erfasst und als Baustein des Rohrbuches in elektronischer Form genutzt werden können.

Durch die international vorgegebenen Barcodetypen ist eine Verwechslung ausgeschlossen (**Bild 9**).

Im Barcode verschlüsselt ist die sogenannte Temperaturkompensation. Das Schweißgerät berechnet jeweils individuell für jeden Schweißvorgang eine Korrektur der erforderlichen Energie in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur.

Diese wird durch einen Sensor, der in unmittelbarer Umgebung der Schweißung platziert ist, gemessen. Die im Barcode vorgegebene Schweißzeit, die auf 20 °C Umgebungstemperatur bezogen ist, wird dabei automatisch bei tiefen Temperaturen verlängert, bei hohen Temperaturen reduziert. In den vom Fitting verdeckten und damit geschützten Verbindungszonen werden dadurch bei unterschiedlichen Außentemperaturen in etwa identische Verarbeitungsbedingungen erzeugt. Fast alle Fittingfabrikate nutzen die Technologie der Temperaturkompensation um die negativen Einflüsse unter-



Bild 10: Fitting-Außenarmierung behindert dessen Ausdehnung während der Schweißung

Fig. 10: External fitting reinforcement prevents expansion during welding

Tab. 3: Vergleich der Außendurchmessertoleranzen an Rohren

Table 3: Comparative assessment of external diameter tolerances for pipes

Dimension (Rohr)	Nenn-Außendurchmesser [mm] nach EN12201-2, EN1555-2 [10, 11]	Mittlerer Außendurchmesser [mm]		Toleranz [mm] Δd
		Min.	Max.	
d 32	32	32,0	32,3	+ 0,3
d 63	63	63,0	63,4	+ 0,4
d 125	125	125,0	125,8	+ 0,8
d 225	225	225,0	226,4	+ 1,4
d 400	400	400,0	402,4	+ 2,4
d 630	630	630,0	633,8	+ 3,8

schiedlicher Umgebungstemperaturen aus-schließen zu können.

Mit Hilfe der Barcode-Technologie und der Entwicklung von heutzutage üblichen Schweißautomaten war die Optimierung der Schweißparameter möglich. Die aktuellen Vorgaben in internationalen und nationalen Standards erlauben heute, den Bereich der Kleinspannung bis 48 V zu nutzen. Mit diesem zusätzlichen Freiheitsgrad lassen sich die optimalen Parameter im Hinblick auf Schweißbeignung, Temperaturbereich und Rohrwanddicke festlegen, um die bestmögliche Qualität der Verbindung für den Anwender zu erzielen. Auch andere Hersteller aus dem Ausland haben diesen Effekt durch Versuche nachgewiesen [9].

Über eine ausgewogene Definition der Parameter Spannung und Zeit wird sichergestellt, dass der Schweißprozess unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Toleranzen bezüglich Schweißspalt, Umgebungstemperatur, PE-Werkstoff und natürlich dem Fitting zu einem optimalen Ergebnis führt. Da PE eine relativ schlechte Wärmeleitfähigkeit besitzt, zugleich aber eine zu aggressive Energieeinbringung vermieden werden muss, ist aus physikalischen Gründen eine geringe Schweißzeit problematisch: Die Wärmeeindringtiefe in Rohr und Fitting ist u. U. zu gering, der Schmelzaufbau reduziert und dadurch die Fügequalität beeinträchtigt.

Tatsächlich haben die Schweißzeiten auf die Verlegezeiten im Baustellenablauf keinen Einfluss, da sie generell in Sekunden- bzw. Minutenbereichen liegen. Nur bei oberflächlicher Betrachtung liegt hier ein Vorteil, der aber offensichtlich im Widerspruch zu den physikalischen Grundlagen steht.

Verbindungstechnik für Großrohre

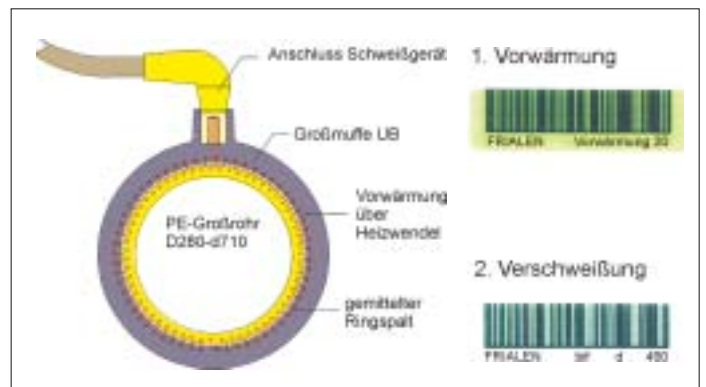
Um den Schmelzendruckaufbau während der Schweißung sicherstellen zu können, muss die Ausdehnung des Fittings behindert werden. Dies kann beispielsweise durch eine Armierung, wie bei FRIALEN Großmuffen (**Bild 10**), erfolgen. Dieses Korsett verhindert ein „Wachsen“ der Muffe und ermöglicht dadurch einen sicheren und ausreichenden Schmelzendruckaufbau.

In der Großrohrtechnik bei Durchmesser ab d 280 mm bis d 710 mm bietet das sogenannte Vorwärmverfahren dem Anwender zusätzliche Sicherheit. Die im Regelwerk genannten zulässigen Toleranzen wachsen mit dem Rohraußendurchmesser (**Tabelle 3**). Die anwendungsfreundliche Montierbarkeit des Formstücks muss jedoch gewährleistet sein.

Zusätzlich können durch die Lagerung der Rohre aufgrund des hohen Eigengewichts bei großen Abmessungen Abweichungen von der ideal-runden Form, z. B. Ovalität und lo-

Bild 11: Funktionsprinzip der Vorwärmtechnik

Fig. 11: The function principle of the pre-heating system



kale Abplattung, auftreten. Die Folge ist ein ringförmiger oder lokaler Spalt zwischen Muffe und Rohr, der das Schweißergebnis negativ beeinflussen kann. Die Lösung des Problems liegt in einem speziellen Vorwärmparameter (Bild 11), mit dem erreicht werden kann, dass durch temperaturbedingte Volumenzunahme und Abbau von Eigenspannungen der Abstand (Spalt) zwischen Muffe und Rohr verringert wird. Während dieser Vorwärmung wird in der Verbindungszone über den speziellen Parameter eine Temperatur erzeugt, die unterhalb der Schmelztemperatur liegt. Diese, direkt auf die Rohroberfläche wirkende Wärmeübertragung wird ausschließlich durch offene, freiliegende Heizwendeln ermöglicht. Mit verdeckten Heizleitern kann daher dieses Verfahren nicht genutzt werden.

Das reduzierte Spaltmaß erhöht in diesen baustellenrelevanten Problemfällen wesentlich die Fügequalität aufgrund des verbesserten Schmelzdruckaufbaus.

Fazit

Die Heizwendelschweißtechnik zur Verbindung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen – sowie in zunehmendem Maße auch in der Entsorgung – hat sich bereits seit Jahrzehnten als zuverlässiges, wirtschaftliches und anwendungsfreundliches Verfahren etabliert. Grundvoraussetzung für die Zuverlässigkeit des Leitungssystems ist, den Sicherheitsgedanken von der Planung bis zur Abnahme und den Betrieb der Leitungen konsequent zu verfolgen. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei den Qualitätsansprüchen bei der Auswahl der einzusetzenden Produkte zu. Einfach nachzuvollziehende und offensichtliche Qualitätsmerkmale zeigen sich in der geometrischen und konstruktiven Auslegung des Heizwendelschweiß fittings: Lange Einstecktiefen, lange

Schweißzonen und freiliegende Heizwendeln. Durch den zusätzlich weit gespannten Verarbeitungsbereich wird das Produkt den Anforderungen des rauen Baustelleneinsatzes gerecht.

Literatur

- [1] DIN 8074 „Rohre aus Polyethylen“ (1999-08)
- [2] DVGW-Arbeitsblatt GW 330 „PE-Schweißer, Lehr- und Prüfplan“ (2000-11)
- [3] DVGW-Arbeitsblatt GW 331 „PE-Schweißaufsicht“
- [4] Eckert, R.: Heizwendelschweißtechnik als Mittel zur Kostensenkung im Rohrleitungsbau?, Energie Wasser Praxis (2001) Nr. 6
- [5] Montageanleitung: FRIALEN®-Sicherheitsfittings für Hausanschluss- und Verteilerleitungen bis d 225, Friatec AG

- [6] Gieck, Technische Formelsammlung, 28. Deutsche Auflage 1984, Gieck-Verlag Heilbronn, ISBN 3920379144
- [7] DVGW-Arbeitsblatt GW 335-A2 „Kunststoffrohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung, Anforderungen und Prüfungen – Teil A2: Rohre aus PE 80 und PE 100“
- [8] DVS-Richtlinie 2207-1 „Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen“
- [9] Allcard, C.: Fusion Group Manufacturing, UK: The evaluation of factors governing long time performance of polyethylen electrofusion fittings, Plastics Pipes XI, Munich, Germany, 09/2001
- [10] DIN EN 1555 „Kunststoffrohrleitungssysteme für die Gasversorgung – Polyethylen (PE)“
- [11] DIN EN 12201 „Kunststoffrohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE)“



Klenk
Elektrotechnik
Industrie- und Tankanlagenbau



TÜV
SÜD
SÜD
SÜD

○ Sicher
○ Flexibel
○ Lecküberwacht

- **Doppelwandige Schlauchleitung**
- **Überwachte Kupplung**

mit permanenter Lecküberwachung
Für den sicheren Transport wassergefährdender Flüssigkeiten.
Ermöglicht lückenlose Doppelwandigkeit vom Fahrzeug bis in den Lagertank.

- Schiffs- und Bootsbetankungen
- Schwimmbagger
- Betankungen in Wasserschutzgebieten
- Industrieanlagen
- Anlagen im Bereich Verfahrenstechnik
- Kesselwagen be- und entladung



**FLEXIBEL
DWSL
SCHÜTZEN**

Zentrale:
Eichelstraße 15
D-88285 Bodnegg-Rotheiden
Tel.: +49 (0) 7520 / 203-0
Fax: +49 (0) 7520 / 203-20
E-Mail: Klenk@Klenk-Gruppe.de

Niederlassung:
Neue Ramtelstraße 48
D- 71229 Leonberg
Tel.: +49 (0) 7152 / 3506-23
Fax: +49 (0) 7152 / 3506-24
E-Mail: Klenk.Leonberg@t-online.de

www.Klenk-Gruppe.de

Wir stellen aus: AICHEMA 2003, Halle 9.1, Stand F14-F15

3R international (42) Heft 3-4/2003

237