

Heizelementstumpfschweißen und Extrusionsschweißen von PE-Rohren > d 1000 mm

Von Ralf Lenk¹

1 Einleitung

Kunststoffrohre aus PE werden seit über 40 Jahren erfolgreich im erdverlegten Rohrleitungsbau gerade im Gas- und Wasserbereich sowie beim Abwasserrohrleitungsbau eingesetzt. Die guten Erfahrungen aus der Vergangenheit, eine stetige Verbesserung der Produktionsverfahren und moderne PE-Werkstoffe ermöglichen heute, Rohre im Extrusionsverfahren bis d 2000 mm und im Wickelrohrverfahren bis DN 3600 mm herzustellen.

PE-Rohre in diesen Dimensionsbereichen finden ihren Haupteinsatz in der Abwasser- und Wassertechnik (z. B. Abwasserleitungen, Kläranlagenbau). Hier kommen die bekannten Eigenschaften von PE-Rohren wie u. a. Korrosionsbeständigkeit, hohe Flexibilität, geringes spezifisches Gewicht/große Lieferlängen (Bild 1) und eine gute Schweißbarkeit zum Tragen. Neben diesen Eigenschaften kann der Anwender heute aus einer großen Bandbreite an verfügbaren Dimensionen, Druckstufen und Lieferlängen auswählen.



Bild 1: Aus Wickelrohr hergestellter Stauraumkanal

Ein wesentlicher Punkt beim Verlegen von Großrohren ist eine einfache und sichere Verbindungstechnik. Konform mit der Ausweitung der Produktion von PE-Rohren in größere Dimensionen ist auch die Schweiß- und Verbindungstechnik stetig weiter entwickelt bzw.

¹ Ralf Lenk, FRANK GmbH, Mörfelden-Walldorf, Produktmanager Schweißtechnik

automatisiert worden. Im Großrohrbereich wird heute das Heizelementstumpf-, Heizwendel- und Extrusionsschweißverfahren angewendet.

Dieser Vortrag soll einen Einblick über das Heizelementstumpf- und das Extrusionsschweißen an Großrohren anhand von Beispielen aus der Praxis geben.

2 Anwendungsgebiete und Auswahlkriterien

Die Auswahl und Anwendung der jeweiligen Schweißverfahren ist u. a. von folgenden Punkten abhängig:

- Betriebsbedingungen der Rohrleitungen,
- Dimension/Außendurchmesser,
- Art und Form des Rohres, z. B. außen profiliertes oder glattes Rohr (Bild 2),
- Verlegeort (Baustellenumfeld).

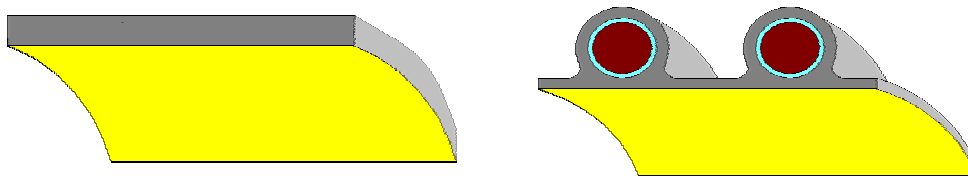


Bild 2: Vollwand/profilieretes Rohr

Im Bereich der extrudierten Rohre mit glatter Oberfläche im Dimensionsbereich bis d 2000 mm wird überwiegend das Heizelementstumpfschweißverfahren nach DVS 2207-1 eingesetzt. Dieses zeichnet sich durch schnelle Verlegezeiten und hohe Schweißnahtfestigkeiten aus. Gerade bei Leitungen, die mit Innendruck beaufschlagt sind, kommt dies zum Tragen. Das Extrusionsschweißen wird bei diesen Anwendungen wegen des niedrigen Langzeitschweißfaktors nur in Sonderfällen (z. B. segmentierte und verstärkte Formteile) eingesetzt.

Beim Verbinden von profilierten Wickelrohren bis 2000 mm kommt das Extrusionsschweißen bzw. eine Heizwendelschweißung zwischen Muffe und Spitzende (ingelegter Heizwendeldraht in der angeformten Muffe, z. B. FRANK PKS) zur Anwendung. Auf das Heizwendelverfahren (HM) wird hier nicht näher eingegangen. Bei Rohren > DN 2000 mm kommt fast ausschließlich das Extrusionsschweißen nach DVS 2207-4 (WE) zur Anwendung. Zwar können diese Rohrdimensionen auch stumpf geschweißt werden, dies scheitert aber oft an den großen Investitionskosten sowie dem Platzbedarf (zum einen für das aufwendige Handling, zum anderen für die erforderlichen Maschinen).

3 Die Schweißverfahren

3.1 Heizelementstumpfschweißen

Beim Heizelementstumpfschweißen werden die vorbereiteten Fügeflächen von z. B. Rohr/Rohr oder Rohr/Formteil am Heizelement unter Druck angeglichen (Angleichen). Anschließend werden die Rohrenden mit reduziertem Anpressdruck erwärmt (Anwärmen) und nach dem Entfernen des Heizelements unter Druck zusammengefügt (Prinzip Bild 3). Bei den Vorrichtungen zum Schweißen kommen 2 oder 4 Ringanlagen zum Einsatz (Bild 4).

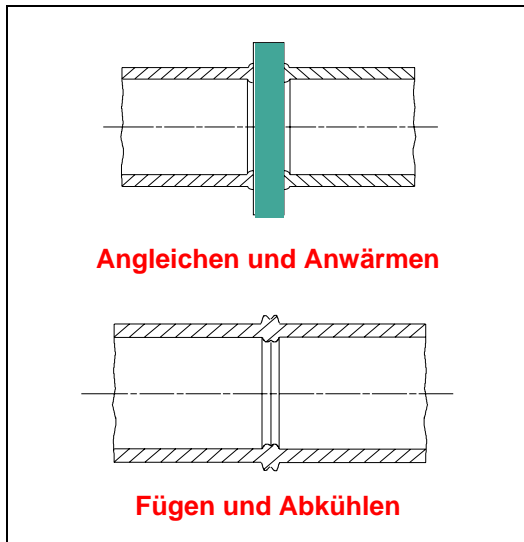


Bild 3: Prinzip HS-Schweißung

Bild 4: HS-Schweißmaschinen

Die Schweißparameter für PEHD (PE 80 und PE 100) und Verarbeitungshinweise sind für dieses Schweißverfahren in der Richtlinie DVS 2207-1 aufgeführt. Auszug für große Wanddicken siehe Tabelle 1.

Wanddicke	Wulsthöhe	Anwärmzeit	Umstellzeit	Druckaufzeit	Abkühlzeit
	$p=0,15 \text{ N/mm}^2$	$p=0,01 \text{ N/mm}^2$			$p=0,15 \text{ N/mm}^2$
mm	mm	sec.	sec.	sec.	min
26... 37	3,0	260... 370	12... 16	14... 19	32... 45
37... 50	3,5	370... 500	16... 20	19... 25	45... 60
50... 70	4,0	500... 700	20... 25	25... 35	60... 80

Tabelle 1: Schweißparameter ab Wanddicken von 26 mm

Die Richtwerte für den Heizelementtemperaturbereich liegen nach DVS 2207-1 zwischen 200°C und 220°C (für den Wanddickenbereich 3 bis > 50 mm). Mit steigender Rohrwanddicke ist die Temperatur niedriger einzustellen. Grundsätzlich gilt, bei geringeren Wanddicken die obere Temperatur und bei größeren die untere Temperatur anzustreben.

3.2 Warmgasextrusionsschweißen

Das Extrusionsschweißen zeichnet sich durch folgende Merkmale aus: Es wird mit Schweißzusatz gearbeitet, der als Strang aus einer Plastifiziereinheit herausgedrückt wird; der Schweißzusatz ist homogen und vollständig plastifiziert. Die vorbereiteten Fügeflächen werden auf Schweißtemperatur über ein Warmgasgerät erwärmt, der plastifizierte Schweißzusatz wird unter Druck in die Schweißfuge eingebracht (Bild 5).

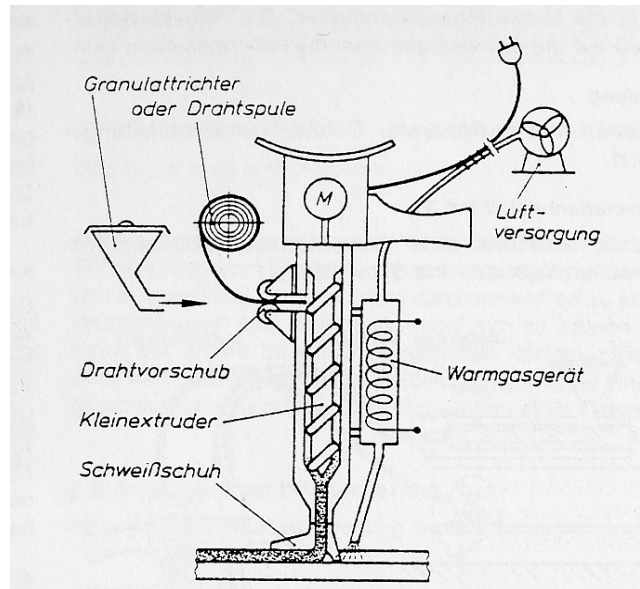


Bild 5: Beispiel kontinuierlichen Schweißens mit Handgerät

Dies geschieht z. B. beim kontinuierlichen Schweißen durch den vom Schweißer geführten Handschweißextruder (Bild 6) oder bei großen Dimensionen auch automatisch mittels eines Schweißautomaten. Die Schweißparameter (Warmlufttemperatur, Luftmenge, Masstemperatur, Schweißgeschwindigkeit) müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass eine ausreichende Erwärmung des Grundmaterials im Schweißfugen- und Überdeckungsreich gewährleistet ist (Mindestaufschmelztiefe 0,5 mm).

Die Schweißnaht- bzw. Fugengestaltung ist abhängig von der Geometrie der Bauteile, der Wanddicken und den Anforderungen an die zu schweißenden Rohre und Formteile. Man unterscheidet zwischen verschiedenen Verfahrensvarianten, u. a. dem kontinuierlichen und dem diskontinuierlichen Schweißverfahren, kontinuierlichem Schweißen mit Handgerät oder Schweißextruder mit Übertragungsschlauch (Tabelle 2).



Bild 6: Handgeführter Schweißextruder

		Materialdicke ¹⁾ (für einlagiges Schweißen) mm	Masse- temperatur ²⁾ °C	Wärmeluft- temperatur ³⁾ °C	Luftmenge ⁴⁾ l/min	Schweiß- zusatz- menge kg/h
kontinuierliche Verfahren	kontinuierliches Verfahren mit Handgerät (Schnecke) Verfahrensvariante II	0 ... 15	200 ... 230	250 ... 300	≥ 300	0 ... 2
	kontinuierliches Verfahren mit Schweißzusatz-Übertragungs- schlauch zwischen Extruder und Schweißkopf	0 ... 15	200 ... 230	250 ... 300	≥ 300	0 ... 4
	Verfahrensvariante III	15 ... 30	200 ... 230	250 ... 300	≥ 400	0 ... 6
	kontinuierliches Verfahren mit Handgerät (Kolben) Verfahrensvariante V	0 ... 15	Angaben werden noch erarbeitet.			
diskontinuierliches Verfahren	diskontinuierliches Verfahren mit manueller Übertragung des Schweißzusatzes in die vor- gewärmte Schweißfuge Verfahrensvariante I	0 ... 15	200 ... 230	250 ... 300	≥ 300	0 ... 4*

Die Parameter Wärmelufttemperatur, Luftmenge und Schweißgeschwindigkeit müssen so aufeinander abgestimmt werden, daß die in Abschnitt 8 geforderte Mindestaufschmelztiefe von 0,5 mm sicher gewährleistet ist.

Tabelle 2: Auszug Schweißparameter nach DVS 2207-4 (Beiblatt)

Richtwerte und Beschreibungen zum jeweiligen Schweißverfahren sind in der DVS 2207-4 und DVS 2209-1 näher beschrieben.

Verfahrensbedingt ergeben sich auch unterschiedliche Langzeitschweißfaktoren (f_s), die bei der Auslegung des Bauteils oder der Rohrleitung mit berücksichtigt werden müssen. So liegt der Langzeitschweißfaktor beim kontinuierlichen Extrusionsschweißverfahren bei $f_s = 0,6$ und beim diskontinuierlichen Schweißverfahren beträgt er $f_s = 0,4$.

Sind größere Wanddicken zu schweißen, als in Tabelle 1 angegeben, sind die Schweißnähte mehrlagig auszuführen.

4 Anforderungen an das Schweißpersonal

Die Schweißer müssen über einen geeigneten Ausbildungsnachweis bzw. eine Schweißerprüfung für das anzuwendende Schweißverfahren verfügen. Ausbildungsstätten in Deutschland bieten spezielle Kurse für die verschiedenen Schweißverfahren mit abschließenden Prüfungen zum Schweißen von Großrohren aus PEHD an.

5 Heizelementstumpfschweißen von Großrohren d 1400

Folgend soll das Heizelementstumpfschweißen von Großrohren an praktischen Beispielen wie das Schweißen von Rohren d 1400 SDR 26 mit einzelnen Rohrlängen von 18 m näher gebracht werden.

Beim Schweißen großer Rohrdimensionen (Bild 7) sind die Verfahrensschritte und die Grundregeln die gleichen wie bei kleinen zu schweißenden Rohren, z. B. d 250 mm.



Bild 7: PE-Rohr d 1400 SDR 26

Aufgrund der Dimensionen, Gewichte und benötigten Leistungsaufnahme der Geräte ist bereits beim Vorbereiten des Schweißplatzes und des eigentlichen Schweißvorgangs auf folgende Punkte neben den jeweils gültigen Normen und Richtlinien zu achten, die die Verlegung und den Bauablauf vereinfachen:

- Die einzusetzende Schweißmaschine muß die benötigten Fügedrücke aufbringen können, die Spanneinrichtung muß ein Runden der Rohre im zulässigen Toleranz-

bereich gewährleisten. Auftretende Kräfte bei normaler und sachgerechter Handhabung müssen die Maschinen aufnehmen können.

- Der Untergrund muss bei stationärer Schweißdurchführung ausreichend befestigt sein (Bild 8).



Bild 8: Überdachter und befestigter Schweißplatz

- Gutes Hebwerkzeug (für Rohre, ggf. Heizelement und Planhobel) muß vorhanden sein.
- Der Dimension gerechte und sichere Hilfswerkzeuge, wie u. a. Trennwerkzeuge müssen, vorhanden sein (z. B. geführte Umlaufkreissägen).
- Stabile Strom- und Spannungsversorgung muß gewährleistet sein.
- Damit die Bewegungsdrücke so gering wie möglich gehalten und die zu schweißenden Rohre gut ausgerichtet werden können, sind ausreichend Rollenböcke bzw. bewegliche Rohrauflagen zu verwenden.
- Geeignete Vorrichtungen zum Verschließen der Rohrenden beim Schweißen müssen vorhanden sein.
- Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen zu schützen (Bild 8).
- Das Schweißpersonal sollte für die zu verarbeitenden Nennweiten ausreichend Erfahrung mitbringen.
- Grundsätzlich ist zu empfehlen, Schweißproben vor Beginn der eigentlichen Ausführung zu erstellen.

Die zu schweißenden Rohrleitungsteile auf ausgerichtete Fahrwagen oder Rollenböcke auflegen und in die Maschine einspannen, dadurch wird der Bewegungsdruck sehr gering gehalten und die Rohre lassen sich gut ausrichten. Bild 9 zeigt ein eingelegtes Rohr in der Schweißmaschine, anschließend sind die Rohre im Schweißbereich vorzureinigen.



Bild 9: Eingelegtes Rohr

Nach dem Planhobeln (Bild 10), der Versatzkontrolle und dem Ermitteln des notwendigen Bewegungsdruckes der Maschine (wird zum notwendigen Fügedruck addiert) beginnt der eigentliche Schweißvorgang.



Bild 10: Eingesetzter Planhobel

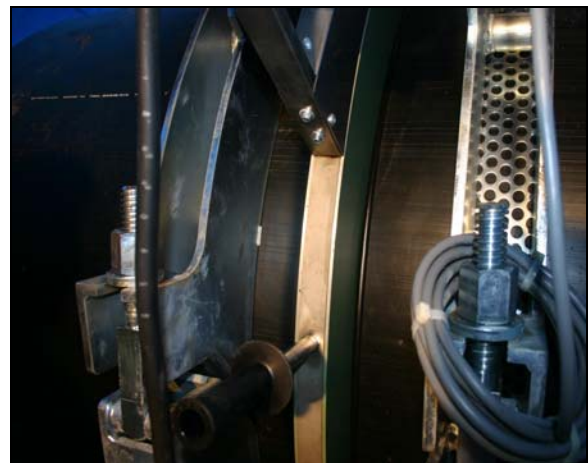


Bild 11: Angleichen und Anwärmen

Selbst bei diesen Rohrgrößen und Gewichten können die Bewegungsdrücke, Umstell- und Verfahrzeiten der Maschine sehr gering gehalten werden. Umstellzeit = Öffnen der Maschine, Heizelement entfernen und Rohrenden wieder auf Berührung zusammenfahren. Die reine Schweißzeit, inklusive Angleich-, Anwärm- (Bild 11), Umstell- und Abkühlzeit, beträgt bei dieser Rohrdimension (d 1400 SDR 26) nach DVS-Schweißparametern ca. 80 Minuten.



Bild 12: Fertige Schweißnaht

6 Extrusionsschweißen von Wickelrohren d 3000 in Wölfersheim

Beim Schweißen der Dimensionen > 2000 mm gibt es kaum eine Alternative zum Extrusionsschweißen. Zumal die Rohre als Wickelrohr gefertigt werden, über Muffe und Spitzende zusammengesteckt und anschließend mit dem Extruder an der Muffenverbindung geschweißt werden.

Hier stehen dem Anwender Extrusionsschweißautomaten zum kontinuierlichen Schweißen, die einen großen Dimensionsbereich abdecken, zur Verfügung. Diese Anlagen zeichnen sich u. a. durch einen großen Masseausstoß (bis zu 10 kg/h), einen stufenlos regelbaren Vorschub (Schweißgeschwindigkeit) und einen gleichmäßigen Fügedruck aus. Der Schweißzusatz wird über einen beheizten Schlauch vom eigentlichen Extruder zum Schweißkopf geführt.

Folgende Bilder dokumentieren die Verlegung eines Wickelrohres/Stauraumkanal DN 3000 im Industriegebiet Wölfersheim 2004. Der Einbau des Rückhaltereaumes wurde durch die Erweiterung des Gewerbegebietes und der damit versiegelten Oberfläche notwendig.

Über eine Länge von 110 m wurde der Staukanal komplett vorverlegt, anschließend zwecks anstehendem Schichtenwasser mit einem Geogitter gegen den Auftrieb gesichert und mit einem Sand-Kiesgemisch lagenweise verdichtet. Die inspektionsfreundlichen Rohre mit heller Innenschicht wurden über Muffe und Spitzende zusammengeführt, zusammengesteckt und ausgerichtet (Bild 13 und 14). Die vorgesehene Schweißfuge wurde auf dem gesamten Umfang spanend bearbeitet (Entfernung der Oxidschicht). Anschließend wurde der Schweißautomat entsprechend der Schweißfuge ausgerichtet und im Rohr über pneumatische Andrückstempel fixiert.



Bild 13: Einbringen der Rohre



Bild 14: Positionieren der Rohre

Die zu schweißende Wanddicke an der Muffe betrug 25 mm. Es wurde 2-lagig geschweißt, um eine ausreichende Nahtüberdeckung zu erhalten. Die Nahtgestaltung/-ausführung ist in Bild 15 dargestellt.

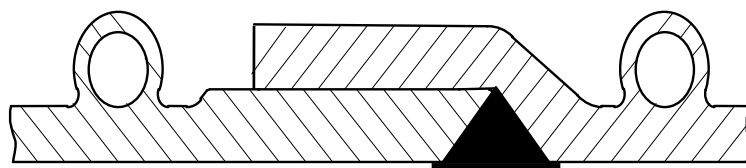


Bild 15: Nahtgestaltung bei Muffenverbindung DN 3000

Während des Schweißvorganges wurde neben den Schweißtemperaturen (Masse und Vorwärmung) die Aufschmelztiefe kontrolliert (Bild 16).



Bild 16: Kontrolle der Parameter

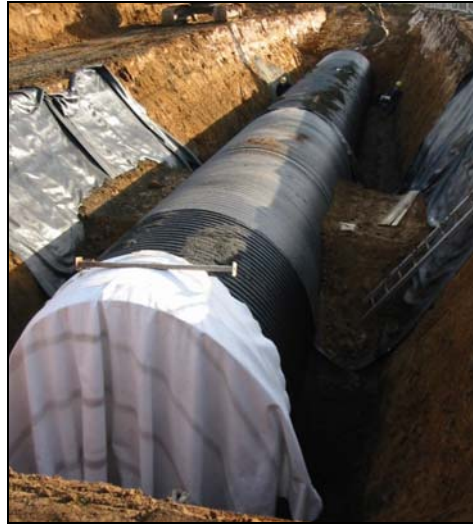


Bild 17: Verlegter Rohrstrang

7 Prüfen der Schweißverbindungen

Die Schweißverbindungen werden im fertig verlegten Rohrsystem einer Druck- bzw. Dichtungsprüfung unterzogen, wobei entweder ganze Rohrabschnitte abgedrückt und geprüft werden oder im drucklosen Abwasserbereich die einzelnen Verbindungen mittels eines Muffendruckprüfgerätes (Bild 18).

Zur Ermittlung der korrekt eingestellten Schweißparameter und zur Kontrolle bzw. Schweißüberwachung auf der Baustelle stellen die zerstörenden Prüfungen (nach DVS 2203 ff) wie der Zugversuch (Bild 19) oder technologische Biegeversuch geeignete Prüfmethoden dar. Die Auslegung geschweißter Konstruktionen basiert jedoch auf dem Langzeitschweißfaktor (f_s).



Bild 18: Muffendruckprüfgerät

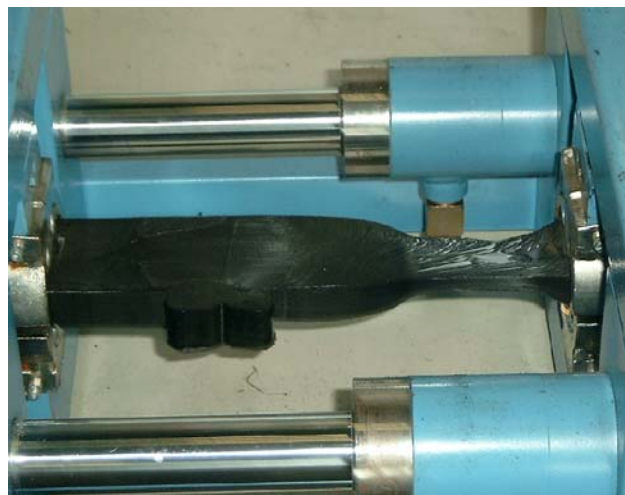


Bild 19: Zugprüfung an einer HS-Verbindung

8 Zusammenfassung

Rohre aus PE 80 oder PE 100 in Dimensionen > 1000 mm werden vermehrt in der Wasser- und Abwasserversorgung eingesetzt. Die Auswahl des anzuwendenden Schweißverfahrens ist u. a. abhängig von dem eingesetzten Rohrtyp, den Anforderungen an das Rohrsystem und der zu schweißenden Rohrdimension. Das Heizelementstumpf- und Extrusionsschweißen hat sich beim Verbinden von Großrohren bewährt.

Die erforderlichen Formteile lassen sich aus Rohr für die entsprechenden Anwendungen fertigen. Durch den Einsatz dieser ausgereiften Schweißtechnologien gewinnt das PE-Rohr auch in großen Dimensionen immer mehr an Bedeutung, denn die Vorteile des Werkstoffes kommen erst mit diesen sicheren und dauerhaft dichten Rohrverbindungen voll zum Tragen.

Literaturhinweise

- [1] DVS 2207-1 Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PEHD (8/1996)
- [2] DVS 2207-4 Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen Extrusionsschweißen (7/1993)
- [3] DVS 2209-1 Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen Extrusionsschweißen, Verfahren – Merkmale
- [4] DVS 2203-ff Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen
- [5] Lueghamer A. „Verbindungstechnik bei Großrohren“, 18. Leobener Kunststoffkolloquium, 2004