

Heizwendelschweißtechnik als Mittel zur Kostensenkung im Rohrleitungsbau?

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und anwendungstechnische Analyse der Heizwendel- und Heizelementstumpfschweißtechnik in der Gegenüberstellung

Ein wesentlicher Aspekt bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines technischen Verfahrens ist neben der Zuverlässigkeit der Technik deren ökonomische Umsetzung. Niemand kann es sich im zunehmend härter werdenden Wettbewerb leisten, Geld zu verschenken. Der Zeitbedarf und damit Personalkosten sowie Termindruck bei drohenden Konventionalstrafen haben erheblichen Einfluss auf den wirtschaftlich positiven Abschluss einer Baumaßnahme. Die Wahl der Verbindungstechnik kann sich auf dieses Ergebnis auswirken. Im Folgenden soll deshalb versucht werden, neben dem technischen Für und Wider verschiedener Verfahren zur Verbindung von PE-Rohren auch die wirtschaftliche Komponente bei der Betrachtung der angewandten Technik zu beleuchten.

Als Verbindungstechniken für PE-Rohre sind seit Jahrzehnten die Heizelementstumpfschweiß- und die Heizwendelschweißtechnik im erdverlegten Rohrleitungsbau etabliert. Beide Techniken sind millionenfach bewährt, einfach zu handhaben und bieten ein hohes Maß an Verarbeitungssicherheit. Die stetige Weiterentwicklung aller beteiligten Komponenten – Bauteile, Schweißgeräte, Zubehör und elektronischer Steuerungssysteme, die auch den harten Praxisanforderungen gerecht werden – führte zu der heute ausgereiften Technik. Im Hausanschlussbereich der Gas- und Wasserversorgung ist die Heizwendelschweißtechnik mit annähernd 100 Prozent Anteil bereits das bevorzugte Schweißverfahren. Bei genauer objektiver Betrachtung der einzelnen Kostenfaktoren lässt sich ein wirtschaftlicher Einsatz auch bei größeren Dimensionen nachweisen.

Heizelementstumpfschweißen (HS)		Heizwendelschweißen (HM)	
Listenpreis		Listenpreis	
Schweißmaschine d90-d315	DM 39.983,-	Schweißgerät (automatische Protokollierung) d20-d630	DM 8.990,-
Schweißmaschine d355-d630	DM 85.278,-	Schälgeräte D90-d225	DM 1.244,-
		D250-d630	DM 1.980,-
Summe	DM 125.261,-		DM 12.214,-

Berechnung der durchschnittlichen Abschreibungskosten pro Schweißprozess

Abschreibung: 60 Monate	DM 2.088,-		DM 204,-
Verzinsung 7%	DM 731,-		DM 71,-
	DM 2.819,-		DM 275,-
Mittelwert Verschweißungen pro Monat: 180*	DM 15,66 pro Verschweißung	Mittelwert Verschweißungen pro Monat: 540*	DM 0,51 pro Verschweißung

*Annahme: Maximalwert bei idealisierter Vollauslastung der Geräte für Dimension d90. Zeitbedarf nach Tab. 2, 8 Stunden pro Tag, 20 Arbeitstage pro Monat.

Tabelle 1: Investition und Abschreibung

Wirtschaftlichkeit der Heizwendelschweißtechnik

Wer PE-Rohre verlegt, kommt um die Heizwendelschweißtechnik nicht herum: wenn Reparaturen oder Einbindungen fällig werden, wenn wenig Platz zur Verfügung steht, vor allem aber wenn es um Hausanschlüsse oder Abzweige geht. Sattelformteile, wie Druckerbohrarmaturen und Stützenschellen, werden in jedem Fall mit Hilfe der Heizwendeltechnik verschweißt. Dem Rohrleitungsunternehmen muss also ein entsprechendes Schweißgerät zur Verfügung stehen. Trotzdem sollen die erforderlichen Investitionen für die Anschaffung eines Heizwendelschweißgeräts und einer Stumpfschweißma-

schine in nachfolgender Tabelle grundsätzlich verglichen werden. Für eine vergleichbare Basis zur Ermittlung von Investition und Abschreibung wird der Einsatzbereich bis d630 mm zu Grunde gelegt. Oft werden in der Praxis Stumpfschweißgeräte für Rohrdimensionen größer d315 mm objektbezogen gemietet, wodurch natürlich statt der Investition entsprechende Mietgebühren anfallen.

Durch die wesentlich geringeren Investitionen für die Heizwendelschweißtechnik und den erheblich größeren Verlegefortschritt durch kurze Bearbeitungszeiten sinken die idealisierten Abschreibungskosten umgelegt pro Schweißverbindung auf ca.

Dimension SDR11	Heizelement stumpfschweißen HS		Heizwendelschweißen HM		Faktor HS/HM	
	Zeitbedarf [min]	Personalkosten [2 Pers., 80 DM/h]	Zeitbedarf [min]	Personalkosten [1 Pers., 80 DM/h]	Zeit	Kosten
D90	29	77	9	12	3,2	6,4
D110	31	83	10	13,50	3,1	6,1
D125	34	91	11	14,50	3,1	6,3
D160	35	93	15	20	2,3	4,7
D180	38	101	17	22,50	2,2	4,5
D225	49	131	18	24	2,7	5,5
D250	53	141	19	25,50	2,8	5,5
D280	59	157	35	46,50	1,7	3,4
D315	63	168	35	46,50	1,8	3,6
D400	69	184	44	58,50	1,6	3,1
D500	83	221	70	93,50	1,2	2,4
D630	95	253	70	93,50	1,4	2,7

Tabelle 2: Ermittlung von Zeitbedarf und Personalkosten

50 Pfennige (Tabelle 1). 30 mal höher sind die Kosten bei der Heizelementstumpfschweißtechnik.

Zeitbedarf für die Herstellung einer Verbindung

Die Ermittlung des Zeitbedarfes erfolgte laut Herstellerangaben für CNC-gesteuerte, automatisch dokumentierende Stumpfschweißgeräte und nach Vorgaben der Schweißzeiten in den DVS-Richtlinien. Die Verarbeitungszeiten für Heizwendelfittings basieren auf produktspezifischen Schweißzeiten und eigenen Erfahrungen.

Aufgrund von unterschiedlichen baustellenbedingten Gegebenheiten, die hier im Einzelfall nicht berücksichtigt werden können, muss von idealisierten Bedingungen ausgegangen werden (Tabelle 2).

Für die Handhabung des Equipments sind beim Heizelementstumpfschweißverfahren zwei Monteure gebunden, während bei der Heizwendeltechnik zwei Monteure fast unabhängig parallel arbeiten können. Die ermittelten Zeiten für die Herstellung einer Verbindung setzten sich zusammen für:

- Das Heizelementstumpfschweißverfahren: Vorbereitung (Maschine anschließen, Einspannen der Rohrenden), Hobeln der Stirnflächen, Hobelentnahme, Versatzausgleich herstellen, Heizelement einsetzen, Anwärmphase, Umstellzeit, Schweißdruckaufbau, Abkühlzeit und Umbauzeit.

Nicht berücksichtigt sind Transportmittel und -zeiten, Abladen und Aufbau der Maschine sowie die Montage, bzw. Umrüstung von Spannbacken, Aufwendungen für eine Seilwinde, bzw. andere Hilfsmitteln zur Installation des Rohres in den Graben bei stationärem Schweißplatz.

- Das Heizwendelschweißverfahren: Abschälen der Schweißflächen, Entgraten, Reinigung, Fittingmontage, Schweißgerät anschließen, Parameter einlesen, Schweißzeit, Dekontaktierung.

Von entscheidender Bedeutung für den Baufortschritt sind die Taktzeiten zur Herstellung und Wiederverfüllung des Rohrgrabens. Diese Taktzeiten werden im Wesentlichen vom Zeitbedarf für die Herstellung der Verbindung, das heißt letztlich vom Schweißverfahren, bestimmt. Je zügiger die Rohre verbunden werden können, desto reibungsloser ist der Verlegfortschritt und desto geringer sind eventuelle Stillstandszeiten. Für beide Verfahren hat die Rundheit der Rohre einen erheblichen Einfluss auf die erforderliche Verarbeitungszeit. Durch entsprechende Lieferaufmachung sowie durch ordnungsgemäße Lagerung kann Ovalität und Abplattung an Rohren stark reduziert werden. Für das Heizwendelschweißverfahren empfiehlt sich der Einsatz von Rohren mit eingeschränkter Durchmessertoleranz, Grade B, nach DIN 8074, prEN 1555, bzw. prEN12201.

Beispiel: Kalkulation für den Bau einer 180 Meter langen Rohrleitung (Tabelle 3)

Verwendung von Stangenware: 6 Meter (29 Verschweißungen), alternativ 12 Meter (14 Verschweißungen). Abschreibung aus Tabelle 1, Personalkosten aus Tabelle 2.

Niedrigere Verlegekosten

Bis zur Dimension d250 ist die Heizwendelschweißtechnik das wirtschaftlichere Verfahren. Selbst wenn Investition und Abschreibung unberücksichtigt bleiben, verschiebt sich der Schnittpunkt der Kurven nur geringfügig (Diagramm 1).

Zusätzlich soll verwiesen werden auf spezielle Heizwendelfittings mit besonders großem Einsparungspotenzial: Heizwendel-Winkel oder T-Stücke bis d225 und Stutzenschellen mit großen Abgangsdurchmessern als Alternative zur Einbindung reduzierter T-Stücke. Mit diesen Formteilen lässt sich der Montageaufwand enorm reduzieren. Infolgedessen verringern sich die Verlegekosten erheblich. Im Großrohrbereich von d280 bis d630 liegt die Stärke des Heizwendelverfahrens speziell in der Problemlösung. Bei Richtungswechseln, Einbindungen und Reparaturen, Verbindungen von längeren Teilstücken oder Arbeiten unter Termindruck ist die Heizwendelschweißtechnik sinnvoll einzusetzen.

Bis d140 mm wird in zunehmendem Maße Rohr-Ringbundware bis 100 m Baulänge eingesetzt. Damit reduziert sich die Anzahl der erforderlichen Heizwendelschweißverbindungen erheblich. Die gegenüber Stangenware höheren Rohrbiegespannungen und Ovalitäten machen jedoch zusätzliche, zeitaufwändige Maßnahmen wie z.B. den Einsatz von Halteklemmen, Rundungsschellen und speziellen Heißluftgebläselanzen notwendig, um eine ordnungsgemäße Verbindung herzustellen. Das Heizelementstumpfschweißverfahren eignet sich besonders bei Einsatz grabenloser Verlegetechniken, z.B. dem Horizontalspülbohrverfahren. Nach Entfernen der Schweißwulst wird auch für große Einzellängen ein besonders reibungsarmer Rohreinzug in den Spülkanal erzielt.

Universelle Einsetzbarkeit

Große Vorteile bietet die Heizwendelschweißtechnik durch ihre universelle

Rohr	Kosten für Heizelementstumpfschweißen		Kosten für Heizwendelschweißen		
Dimension SDR11	Rohr-Stangenware		Kosten für für Muffen Rohr-Stangenware		
Gesamt	6 m	12 m	(Listenpreis ab-	6 m	12 m
-länge:	Anzahl der Verschweißungen		züglich 50%*)	Anzahl der Verschweißungen	
180m	29	14		29	14
Abschreibung	Zuzüglich Abschreibung:		Zuzüglich Abschreibung:		
	15,66 DM pro Schweißung		0,51 DM pro Schweißung		
	454,14 DM	219,24 DM	14,79 DM	7,14 DM	
D90	2687 DM	1297 DM	20,05 DM	944 DM	456 DM
D110	2861 DM	1381 DM	24,45 DM	1116 DM	538 DM
D125	3093 DM	1493 DM	33,44 DM	1405 DM	678 DM
D160	3151 DM	1521 DM	38,53 DM	1712 DM	826 DM
D180	3383 DM	1633 DM	65,62 DM	2570 DM	1241 DM
D225	4253 DM	2053 DM	93,58 DM	3425 DM	1653 DM
D250	4543 DM	2193 DM	131,04 DM	4555 DM	2199 DM
D280	5007 DM	2417 DM	185,80 DM	6749 DM	3258 DM
D315	5326 DM	2571 DM	212,21 DM	7515 DM	3628 DM
D400	5790 DM	2795 DM	525,73 DM	16957 DM	8186 DM
D500	6863 DM	3313 DM	766,20 DM	24946 DM	12042 DM
D630	7791 DM	3761 DM	1107,78 DM	34852 DM	16824 DM

* ab d355: Listenpreis abzüglich 40 Prozent

Tabelle 3: Vergleich: Summe der Kosten für Personal, Abschreibung und Verzinsung sowie Material

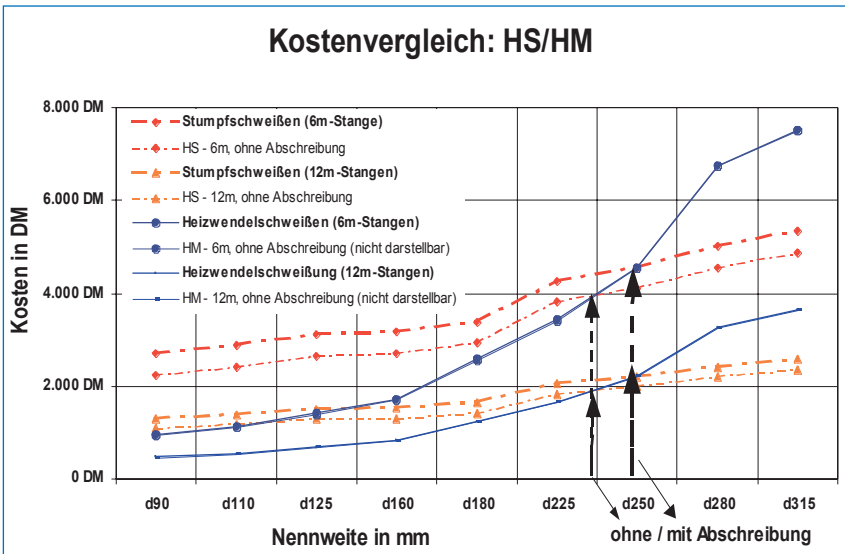


Diagramm 1: Grafische Darstellung des Kostenvergleichs von Heizelementstumpfschweißen (HS) mit Heizwendelschweißen (HM)

Einsetzbarkeit. Alle heutigen Rohrwerkstoffe PE80, PE100 oder PE-Xa (PE-Xb) und Rohrkonstruktionen (Schutzmantelrohre oder Rohre mit maßlich integrierter Schutzschicht) sind für den Einsatz der Heizwendelschweißtechnik geeignet. Mischverschweißungen sind für alle genannten Werkstoffe mit Heizwendelmuffen ohne weitere Maßnahmen möglich. Mischverschweißungen sind für das Heizelementstumpfschweißverfahren

immer problematisch, primär aufgrund der unterschiedlichen Schmelzindexklassen (MFI). PE-X-Rohre können aus technischen Gründen nicht stumpf-, sondern müssen heizwendelverschweißt werden (Tabelle 4).

Rohre und Formteile mit gleichem Außendurchmesser aber unterschiedlicher Wanddicke (SDR) können untereinander in der Regel im Bereich SDR17,6 bis SDR7,4 einfach mit Heiz-

wendelmuffen verschweißt werden. Bei einer Heizelementstumpfschweißung sind ausschließlich Rohre mit gleicher Wanddicke verschweißbar. Die Missachtung dieser Vorschrift führt zu einem Versatz in der Verbindungszone. Aufgrund der Kerbwirkung entsteht eine „Sollbruchstelle“, welche zwangsläufig die Lebensdauer der Rohrleitung erheblich reduziert.

Mit Hilfe von Überschiebmuffen und eines Passstückes werden Reparaturen oder nachträgliche Einbindungen an der Rohrleitung durchgeführt (Abb. 1). Da in diesen Fällen beide Rohrenden der bestehenden Leitung Fixpunkte sind, scheidet das Stumpfschweißverfahren aus: Wenigstens ein Rohrende müsste axial beweglich sein.

Praxisvorteile der Heizwendelschweißtechnik

Das Fittingprogramm an Muffenformteilen und Schweißsätteln deckt den gesamten Bedarf im Hausanschluss und im Verteilerbereich ab. Durch eine Vielzahl von Formteilen bietet die Heizwendelschweißtechnik die Problemlösung.

Schweißsattelformteile können z.B. auf Leitungen (auch unter maximal zulässigem Betriebsdruck) aufgeschweißt werden. Moderne Sicherheitsfittings erlauben eine absolut leckagefreie Anbohrung.

Dank des ergonomischen Designs, des geringen Gewichts und der kompakten Bauart, lässt sich ein Heizwendelschweißgerät problemlos transportieren. Im Gegensatz dazu sind für eine Stumpfschweißmaschine aufgrund des hohen Einzelgewichtes und der Vielzahl der Komponenten geeignete Hebeeinrichtungen und Transportmittel erforderlich (Tabelle 5).

Bei Arbeiten unter beengten Platzverhältnissen, in Kopflöchern oder bei Trassenkreuzung werden ausschließlich Heizwendelfittings wegen des minimalen Platzbedarfes für die Schweißflächenvorbereitung und Fittingmontage verarbeitet. Im Gegensatz dazu ist die Handhabung des Schweißschlittens unter diesen Bedingungen praktisch unmöglich. Da die eigentliche Verbindungszone durch das Schweißfitting während des Schweißvorgangs abgedeckt und damit vor Umgebungseinflüssen geschützt wird, ist das Verfahren auch bei widrigen

Rohrwerkstoff I	Rohrwerkstoff II	Heizelementstumpfschweißverfahren	Heizwendelschweißverfahren
PE-LD	PE-LD	+*	
PE-LD	PE-HD (PE63, PE80, PE100) PE-Xa	x	
PE 80	PE 80	+	+
PE 80	PE 100	+	
PE 100	PE 100	+	
PE-Xa	PE 80	x	
PE-Xa	PE 100	x	
PE-Xa	PE-Xa	x	

*Tabelle 4: Verschweißbarkeit von PE-Werkstofftypen unter Berücksichtigung des Schmelzindexwertes MFR 190/5: 0,3 ÷ 1,7 g/10min
 +: geeignet x: nicht geeignet
 : PE-LD-Rohre wurden vor allem in der Vergangenheit für den Wasserhausanschluss eingesetzt. Das Heizelementstumpfschweißverfahren hat hier keine Bedeutung.

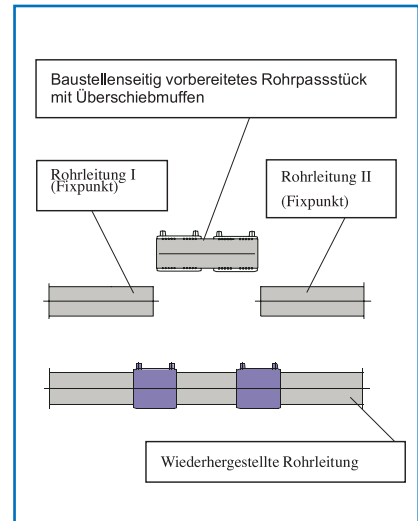


Abb 1: Einbindung eines Passstückes im Heizwendelschweißverfahren

Witterungsbedingungen sicherer in der Handhabung. Natürlich müssen Verschmutzungen und Feuchtigkeit von jeder Schweißzone abgehalten werden. Maßgebend ist die DVS-Richtlinie 2207-1, 8/1995, deren Vorgaben zur Vorbereitung und Verarbeitung natürlich für beide Verfahren einzuhalten sind. Einflüsse, wie z.B. der Wärmeverlust am Heizelement durch Zugluft oder ansteigende Bewegungskräfte durch reduzierte Viskosität des Hydrauliköls, werden jedoch bei der Heizwendelschweißtechnik ausgeschlossen. Im Gegenteil wird beim Einsatz moderner Heizwendelschweißgeräte und Sicherheitsfittings die Umgebungstemperatur am zu verarbeitenden Fitting gemessen und die erforderliche Schweißenergie selbstständig durch Schweißzeitverlängerung bei großer Kälte, bzw. -verkürzung bei hohen Umgebungstemperaturen reguliert. Dadurch werden – unabhängig von klimatischen Einflüssen – annähernd identische Bedingungen während des Schweißvorgangs erreicht. Da ein Heizwendelschweißgerät nur während der eigentlichen Fitting-Schweißzeit gebunden ist, steht das Gerät während der nachfolgenden Abkühlzeit, das heißt unmittelbar nach Ablauf der Schweißzeit, für die nächste Verbindung zur Verfügung. In der Stumpfschweißmaschine müssen die Rohrenden unter Fügedruck bis zum Ablauf der Abkühlzeit eingespannt bleiben. Die Einzelaggregate, Planhobel und Heizelement können nicht einzeln zur Vorbereitung der nächsten Verbindung eingesetzt werden.

Die Schweißverbindung: Mechanische Bewertung

Eine Heizwendelschweißmuffe wirkt aufgrund der homogenen Verbindung des Rohres und der Muffe durch die Addition der Wanddicken armierend. Die Einleitung einer Zugkraft auf die Rohre wird in der Verbindungszone in eine Zug-Scherspannung umgewandelt. Der Kraftfluss ist dadurch homogener und weniger gestört. Die hierbei maximal auftretenden spezifischen Spannungen in der Verbindung werden in Abhängigkeit der Schweißzonenlänge reduziert. In physikalisch sinnvollen Grenzen gilt der Grundsatz: Je länger die Schweißzone, desto höher ihre

Festigkeit. Darauf sollte bei der Auswahl des Fittings geachtet werden. Eingehende Untersuchungen bestätigen diese Aussagen: Das Rohr ist in der Regel der schwächere Partner, welcher bei allen physikalisch-mechanischen Prüfungen (z.B. Zugversuch, Zeitstand-Innendruck- oder Berstdruckprüfung) versagt. Bei Heizwendelschweißverbindungen gibt es keinen Schweißwulst in der Verbindungszone, welcher zu einer Verschlechterung des hydraulischen Querschnitts der Rohrleitung durch den um die Wulsthöhe reduzierten Innendurchmesser und die Störung des Strömungsprofils führen könnte.

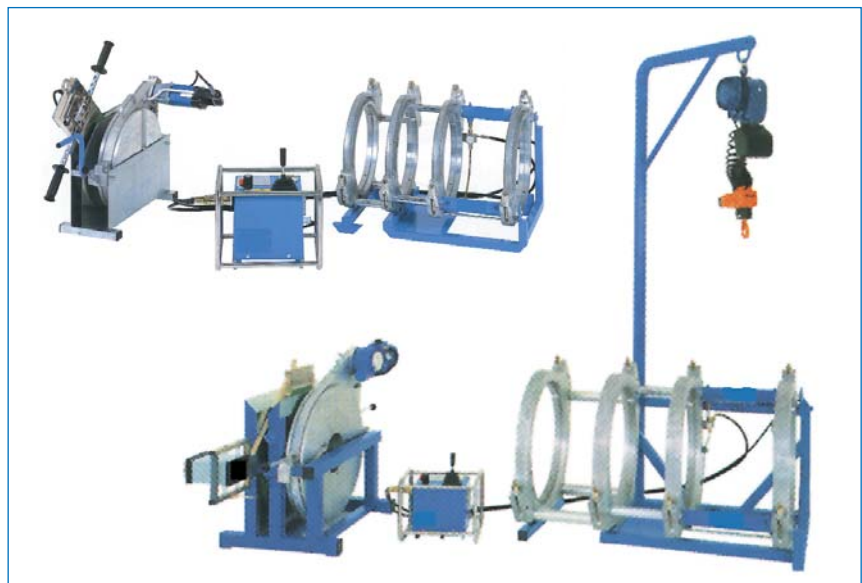


Abb. 2: Heizelementstumpfschweißmaschinen für Rohre d90 – d315 und d355 – d630

Quelle: FRIATEC

Zusammenfassung

Die Vorteile des Heizwendelschweißverfahrens im Vergleich zum Heizelementstumpfschweißverfahren liegen in der höheren Leistungsfähigkeit, der deutlich höheren Verlegegeschwindigkeit und dem einfachen Handling der Technik. Weniger Personalbedarf und vor allem ein sinnvoller Personaleinsatz durch kurze Prozesszeiten sowie erheblich geringere Investitionen führen dazu, dass die Heizwendelschweißtechnik bis zum Dimensionsbereich d250 wirtschaftlicher als die Heizelementstumpfschweißtechnik eingesetzt werden kann. Im Großrohrbereich ist die Heizwendelschweißtechnik als Problemlöser ab Dimension d280 bis d630 eine wichtige Hilfestellung. Abhängig vom Umfang der Baumaßnahme und den Randbedingungen können auch hier Großmuffen in der Streckenverlegung wirtschaftlich eingesetzt werden. Unter dem Strich ist die Heizwendelschweißtechnik ein technisch ausgereiftes Allround-Verfahren zum Verbinden von PE-Rohren mit einem hohen Standard an Verarbeitungssicherheit, einfachem Handling und hoher Effizienz. Abhängig von den objektbezogenen Randbedingungen auf der Baustelle, z.B. bei Verlegung in städtischen Gebieten oder über freie Fläche, können diese Vorteile unterschiedlich gut genutzt werden. Beide Verfahren – Heizelementstumpfschweißen und Heizwendelschweißen – sind etablierte und anerkannte Techniken. Anwendungsbezogen können sich ihre jeweiligen Stärken sinnvoll ergänzen, um einen optimalen Wirkungsgrad für den Anwender zu erzielen.

Heizelementstumpfschweißtechnik	Gewicht:	Heizwendelschweißtechnik	Gewicht:
<ul style="list-style-type: none"> • Grundmaschine (Schweißschlitten), z.B. d90-d315 • Spanneinsätze (d90, d110, d125, d140, d160, d180, d200, d225, d250, d280) • CNC-Steueraggregat • Planhobel • Heizelement • Einstellkasten für Heizelement/Planhobel • Transportkiste 	<p>60 kg</p> <p>10,5 kg</p> <p>40,5 kg</p> <p>24,5 kg</p> <p>12,6 kg</p> <p>10,5 kg</p> <p>21 kg</p> <p>Σ 222 kg</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Universalschweißgerät d20-d630 • Schälgerät d90-d225 • Schälgerät d250-d630 • Transportbox • ggf. Rundungsschellen 	<p>15 kg</p> <p>3 kg</p> <p>6 kg</p> <p>2 kg</p> <p>Σ 26 kg</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Grundmaschine (Schweißschlitten), z.B. d355-d630 • Spanneinsätze (d355, d400, d450, d500, d560) • CNC-Steueraggregat* • Planhobel* • Heizelement* • Einstellkasten für Heizelement/Planhobel • Galgen und Kettenzug • Transportkiste 	<p>226 kg</p> <p>200 kg</p> <p>40 kg</p> <p>103 kg</p> <p>36 kg</p> <p>20 kg</p> <p>43 kg</p> <p>195 kg</p> <p>Σ 863 kg</p>	<p>**zusätzlich:</p> <p>Gewicht der Formteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • d90: ≈ 0,5 kg • d225: ≈ 5 kg • d630: ≈ 36 kg 	
<p>* Im Großrohrbereich ist Starkstrom erforderlich.</p>			
<p>Gesamtgewicht, ca.: Σ 1085 kg</p>			<p>Σ 26kg**</p>

Tabelle 5: Erforderliche Geräte und Werkzeuge

Autor:
 Dipl.-Ing. Robert Eckert
 Steinzeugstr. 50
 68229 Mannheim

Tel.: 0621/486-2214
 Fax: 0621/486-25-2214
 E-Mail: Robert.Eckert@FRIATEC.de
 Internet: www.friatec.de

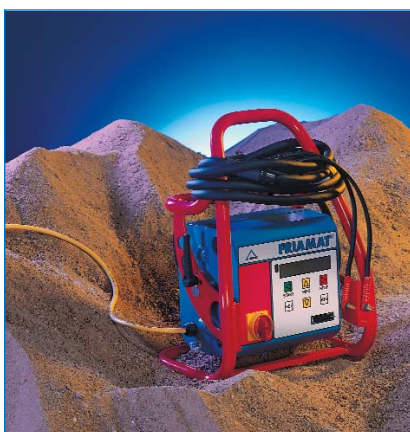


Abb. 3: Heizwendelschweißgerät FRIAMAT und Schälgeräte FWSG für die Schweißflächenvorbereitung d75 – d225 mm und d250 – d630 mm (montiert)

Quelle: FRIATEC