

**Inhalt:**

- 1 Geltungsbereich
- 2 Allgemeine Anforderungen
- 3 Maßnahmen vor dem Schweißen
- 3.1 Voraussetzungen zum Schweißen
- 3.2 Reinigung
- 3.2.1 Reinigungsmittel
- 3.2.2 Reinigen der Heizelemente
- 3.2.3 Reinigen der Fügeflächen
- 4 Heizelementstumpfschweißen
- 4.1 Heizelementstumpfschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Formstücken
- 4.1.1 Verfahrensbeschreibung
- 4.1.2 Vorbereiten zum Schweißen
- 4.1.3 Ausführen des Schweißens
- 5 Heizwendelschweißen
- 5.1 Verfahrensbeschreibung
- 5.2 Schweißgerät
- 5.3 Vorbereiten zum Schweißen
- 5.4 Ausführen des Schweißens
- 6 Prüfen der Schweißverbindungen
- 7 Mitgeltende Normen und Richtlinien
- 8 Erläuterung

**Anhang:**

Verarbeitungsanleitungen (Kurzfassungen)  
Schweißprotokolle

**1 Geltungsbereich**

Diese Richtlinie gilt für das Heizelementstumpf- und Heizwendelschweißen von Rohren und Formstücken aus Polyamid 12 (PA 12) nach ISO 22621-5 (in Vorbereitung) mit einer Dichte von 1000 bis 1040 kg/m<sup>3</sup>, die zur Fortleitung von Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen dienen.

Unter normalen Lagerungsbedingungen nimmt das Halbzeug bis maximal 0,8% Feuchtigkeit auf. Aufgrund von Versuchen ist die Schweißbarkeit bis zu diesem Feuchtigkeitsgehalt nachgewiesen.

**2 Allgemeine Anforderungen**

Die Qualität der Schweißverbindungen ist abhängig von der Qualifikation der Schweißer, der Eignung der verwendeten Maschinen und Vorrichtungen sowie der Einhaltung der Schweißrichtlinien. Die Schweißnaht kann durch zerstörungsfreie und/oder zerstörende Verfahren geprüft werden.

Die Schweißarbeiten sind zu überwachen. Art und Umfang der Überwachung muss zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden. Es wird empfohlen, die Verfahrensdaten in Schweißprotokollen (Muster siehe Anhang) oder auf Datenträgern zu dokumentieren.

Im Rahmen der Qualitätssicherung wird empfohlen, vor Aufnahme und während der Schweißarbeiten unter den gegebenen Arbeitsbedingungen Probenähte herzustellen und zu prüfen.

Jeder Schweißer muss ausgebildet sein und einen gültigen Qualifikationsnachweis besitzen. Das vorgesehene Anwendungsgebiet kann für die Art der Qualifikation bestimmend sein. Für das Heizelementstumpfschweißen und Heizwendelschweißen im Rohrleitungsbau gilt in Anlehnung DVS 2212-1.

Die zum Schweißen verwendeten Maschinen und Vorrichtungen müssen den Anforderungen von DVS 2208-1 entsprechen.

**3 Maßnahmen vor dem Schweißen****3.1 Voraussetzungen zum Schweißen**

Der unmittelbare Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen (z. B. Wind, Feuchtigkeitseinwirkung) zu schützen. Wenn durch geeignete Maßnahmen (z. B. Vorwärmen, Einzelten, Beheizen) sichergestellt wird, dass zum Schweißen zulässige Bedingungen gegeben sind, darf – soweit der Schweißer nicht in der Handfertigkeit behindert wird – bei beliebiger Außentemperatur gearbeitet werden (siehe Erläuterung). Gegebenenfalls ist durch Herstellen von Probeschweißungen unter den genannten Bedingungen ein zusätzlicher Nachweis zu führen (siehe Tabelle 2).

Falls das Halbzeug infolge Sonneneinstrahlung ungleichmäßig erwärmt wird, ist durch rechtzeitiges Abdecken im Bereich der Schweißstelle ein Temperatenausgleich zu schaffen. Eine Abkühlung während des Schweißvorganges, z. B. durch Luftzug, ist zu vermeiden. Beim Schweißen von Rohren sind zusätzlich die Rohrenden zu verschließen.

PA-12-Rohre vom Ringbund sind unmittelbar nach dem Abrollen oval und gekrümmt. Das zu schweißende Rohrende ist vor dem Schweißen zu richten, z. B. durch vorsichtiges Anwärmen und/oder Verwendung einer geeigneten Spann- bzw. Rundrückvorrichtung.

Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile dürfen nicht beschädigt und müssen frei von Verunreinigungen (z. B. Schmutz, Fett, Späne) sein.

**3.2 Reinigung**

Für die Herstellung einwandfreier Schweißverbindungen sind Sauberkeit und Fettfreiheit sowohl der Fügeflächen als auch der Werkzeuge und Heizelemente von entscheidender Bedeutung.

**3.2.1 Reinigungsmittel**

Die Reinigungsflüssigkeit oder damit bereits werksseitig befeuchtete Tücher in einer verschließbaren Kunststoffbox müssen aus einem 100% verdampfenden Lösungsmittel bestehen, z. B. aus 99 Teilen Ethanol mit einem Reinheitsgrad von 99,8% und einem Teil MEK (Methylethylketon, Denaturierung). Nach DVGW VP 603 geprüfte Mittel entsprechen dieser Vorgabe. Die Verwendung von Spiritus führt durch das darin enthaltene Wasser zu einer Qualitätsminderung.

Das Papier zur Reinigung muss sauber, unbenutzt, saugfähig, nicht fasernd und uneingefärbt sein. Danach ablüften lassen.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

### 3.2.2 Reinigen der Heizelemente

Die Heizelemente sind vor jeder Schweißung mit Papier zu reinigen. Es dürfen keine Reste von Kunststoff, Reinigungsmittel oder Papier auf dem Heizelement verbleiben.

### 3.2.3 Reinigen der Fügeflächen

Vor der spanenden Bearbeitung der Fügeflächen ist sicherzustellen, dass die benutzten Werkzeuge und die Werkstücke über den Schweißbereich hinaus sauber und fettfrei sind, ggf. ist mit einem Reinigungsmittel zu reinigen.

Die Bearbeitung der Verbindungsflächen muss unmittelbar vor Schweißbeginn erfolgen.

Eventuelle Späne sind ohne Berührungen der Fügeflächen zu entfernen.

Wird nach der spanenden Bearbeitung die Oberfläche verschmutzt, z. B. durch Berührungen mit den Händen, so müssen die Schweißflächen mit einem Reinigungsmittel behandelt werden, wenn eine erneute spanende Bearbeitung verfahrenstechnisch nicht möglich ist.

## 4 Heizelementstumpfschweißen

### 4.1 Heizelementstumpfschweißen von Röhren, Rohrleitungsteilen und Formstücken

#### 4.1.1 Verfahrensbeschreibung

Beim Heizelementstumpfschweißen werden die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile am Heizelement unter Druck angeglichen (Angleichen), anschließend mit reduziertem Druck auf Schweißtemperatur erwärmt (Anwärmen) und nach Entfernung des Heizelementes unter Druck zusammengefügt (Fügen). Bild 1 zeigt das Prinzip des Verfahrens.

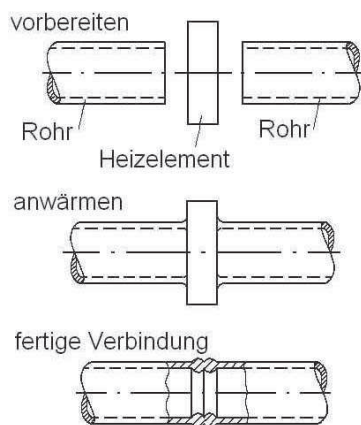


Bild 1. Prinzip des Heizelementstumpfschweißens am Beispiel Rohr.

#### 4.1.2 Vorbereiten zum Schweißen

Vor Beginn der Schweißarbeiten ist die zum Schweißen notwendige Heizelementtemperatur zu kontrollieren. Dies erfolgt zum Beispiel mit einem schnell anzeigenden Temperaturmessgerät für Oberflächenmessungen mit einer Auflage von ca. 10 mm Durchmesser. Die Kontrollmessung muss innerhalb der dem Halbzeug entsprechenden Fläche des Heizelementes erfolgen. Damit sich ein thermisches Gleichgewicht einstellen kann, darf das Heizelement frühestens 10 Minuten nach Erreichen der Solltemperatur eingesetzt werden.

Für optimale Schweißungen ist das Heizelement vor jeder Schweißung gemäß Abschnitt 3.2.2 zu reinigen. Die antiadhäsive Beschichtung des Heizelementes muss im Arbeitsbereich unbeschädigt sein.

Für die einzusetzenden Maschinen müssen die jeweiligen Fügekräfte bzw. Fügedrücke vorgegeben sein. Diese können sich z. B. auf Herstellerangaben, errechnete oder gemessene Werte

beziehen. Zusätzlich ist beim Rohrschweißen die bei langsamer Bewegung des Werkstückes auftretende Bewegungskraft bzw. der Bewegungsdruck am Anzeigeinstrument der Schweißmaschine abzulesen und zu der vorher ermittelten Fügekraft bzw. zu dem Fügedruck zu addieren. Elektronisch gesteuerte Maschinen – möglichst mit Protokollierung – sind zu bevorzugen.

Die Nennwanddicken der zu schweißenden Teile müssen im Fügebereich übereinstimmen.

Rohre und Formstücke sind vor dem Einspannen in die Schweißmaschine axial auszurichten. Die leichte Längsbeweglichkeit des anzuschweißenden Teiles ist zum Beispiel durch verstellbare Rollenböcke oder pendelnde Aufhängung sicherzustellen.

Die zu verbindenden Flächen sind unmittelbar vor dem Schweißen mit einem sauberen und fettfreien Werkzeug spanend zu bearbeiten, so dass sie im eingespannten Zustand planparallel sind. Die zulässige Spaltbreite unter Angleichdruck beträgt 0,5 mm.

Zugleich mit der Kontrolle der Spaltbreite ist der Versatz zu prüfen. Der Versatz der Fügeflächen zueinander darf an der Rohraußenseite das zulässige Maß von  $0,1 \times$  Wanddicke nicht überschreiten. Bei größerem Versatz resultiert hieraus eine Qualitätsminderung, welche die Belastbarkeit der Fügeverbindung einschränkt. In diesem Fall kann eine Bewertung in Anlehnung nach Richtlinie DVS 2202-1 unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Fügeverbindung vorgenommen werden.

Die bearbeiteten Schweißflächen dürfen weder beschmutzt noch mit den Händen berührt werden, da sonst eine erneute spanende Bearbeitung notwendig wird. **Eine zusätzliche Reinigung ist nicht erforderlich und bewirkt keine Qualitätsverbesserung.** In das Rohr gefallene Späne sind zu entfernen.

#### 4.1.3 Ausführen des Schweißens

Beim Heizelementstumpfschweißen werden die zu verbindenden Flächen mittels Heizelement auf Schweißtemperatur gebracht und nach Entfernen des Heizelementes unter Druck zusammengefügt. Die Heizelementtemperatur beträgt  $230 \pm 10^\circ\text{C}$ . Der schrittweise Ablauf des Schweißvorganges ist in Bild 2 dargestellt.

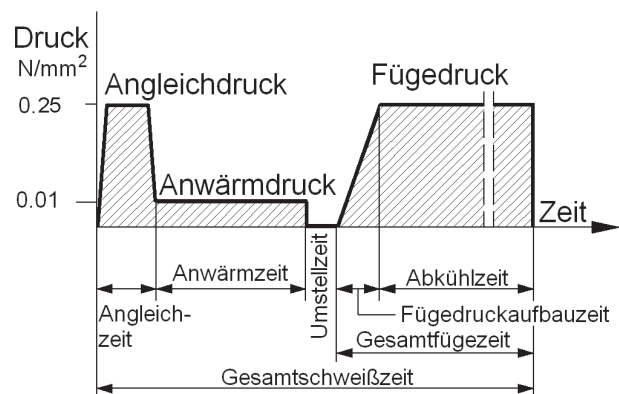


Bild 2. Verfahrensschritte beim Heizelementstumpfschweißen.

#### Angleichen

Hierbei werden die zu schweißenden Fügeflächen solange an das Heizelement gedrückt, bis die gesamten Fügeflächen planparallel am Heizelement anliegen. Dieses ist an der Ausbildung der Wülste zu erkennen. Das Angleichen ist abgeschlossen, wenn die Wulsthöhen am gesamten Rohrfumfang die in Tabelle 1, Spalte 2, angegebenen Werte erreicht haben. Die Wulsthöhen gelten als Indiz dafür, dass die Fügeflächen ganzflächig am Heizelement anliegen. Der Angleichdruck von  $0,25 \text{ N/mm}^2$  wirkt während des gesamten Angleichvorganges.

#### Anwärmen

Zum Anwärmen müssen die Flächen mit geringem Druck am Heizelement anliegen. Dazu wird der Druck auf nahe Null ( $\leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ ) abgesenkt. Beim Anwärmen dringt die Wärme in

die zu schweißenden Flächen ein und bringt diese auf Schweißtemperatur. Anwärmzeiten sind der Tabelle 1, Spalte 3, zu entnehmen.

#### Umstellen

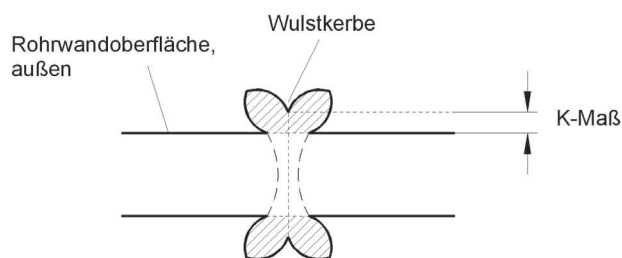
Nach dem Anwärmen sind die Fügeflächen vom Heizelement zu lösen. Das Heizelement ist ohne Beschädigung und Verschmutzung der erwärmten Fügeflächen herauszunehmen. Die Fügeflächen sind danach schnell bis unmittelbar vor der Berührung zusammenzuführen. Die Umstellzeit soll so klein wie möglich gehalten werden (siehe Tabelle 1, Spalte 4), da sonst die plastifizierten Flächen erkalten. Die Schweißnahtqualität wird dadurch nachteilig beeinflusst.

#### Fügen

Die zu schweißenden Flächen sollen bei Berührung mit einer Geschwindigkeit nahe Null zusammentreffen. Der erforderliche Fügedruck wird möglichst linear ansteigend aufgebracht. Die hierfür notwendige Fügedruckaufbauzeit ist aus Tabelle 1, Spalte 5, ersichtlich. Der Fügedruck beträgt  $0,25 \pm 0,05 \text{ N/mm}^2$ .

Eine mechanische Belastung der Fügeverbindung ist frühestens nach Beendigung des Abkühlprozesses zulässig. Dazu muss der Fügedruck während der Abkühlzeit bei Umgebungstemperatur (siehe Tabelle 1, Spalte 5) in voller Höhe aufrecht erhalten werden.

Nach dem Fügen muss ein gleichmäßiger Doppelwulst vorhanden sein. Die Wulstausbildung gibt eine Orientierung über die Gleichmäßigkeit der Schweißungen untereinander. Unterschiedliche Wulstausbildungen können durch verschiedenartiges Fließverhalten der verbundenen Materialien begründet sein. Es muss immer  $K > 0$  sein (siehe Bild 3). Raue unebene Oberfläche des Wulstes ist zulässig.



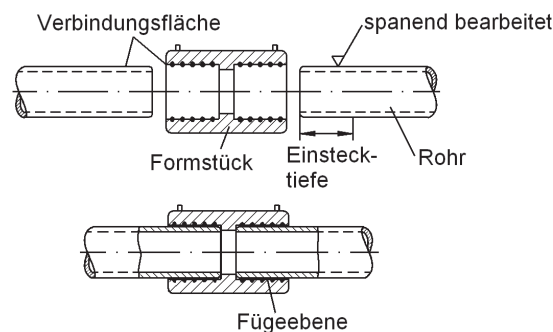
**Bild 3.** Wulstausbildung beim Heizelementstumpfschweißen (Prinzip am Beispiel Rohr).

Kurzfassung der Verarbeitungsanleitung siehe Anhang.

## 5 Heizwendelschweißen

### 5.1 Verfahrensbeschreibung

Die Verbindungsflächen, d. h. Rohroberfläche und Formstückinnenseite, überlappen sich und werden mit Hilfe von im Formstück positionierten Widerstandsdrähten (Heizwendel) durch elektrische Energie auf Schweißtemperatur erwärmt und dadurch geschweißt (siehe Bild 4).



**Bild 4.** Heizwendelschweißen (Prinzip).

### 5.2 Schweißgerät

Es dürfen nur Schweißgeräte verwendet werden, die auf die zu schweißenden Teile abgestimmt sind. Automatische Schweißgeräte – möglichst mit Protokollierung – sind zu bevorzugen. Das Schweißgerät muss für das jeweils zu schweißende Formstück die erforderlichen Schweißparameter wie Schweißzeit, Stromstärke und -spannung liefern. Das Gerät muss sich automatisch abschalten, sobald der Schweißzone die notwendige Wärmemenge zugeführt worden ist.

### 5.3 Vorbereiten zum Schweißen

Für die Herstellung einwandfreier Schweißverbindungen sind saubere Oberflächen und ein spannungsfreier Einbau von entscheidender Bedeutung.

Für axiale Rohrverbindungen sind die Rohrenden ggf. mit geeignetem Werkzeug rechtwinklig abzutrennen. Bei konischem Einfall der Rohrschnittkante muss das unbearbeitete Rohr in der vorgesehenen Einstecktiefe mindestens im Bereich der Heizwendel den Nenndurchmesser  $d$  aufweisen (Bild 5). Gegebenenfalls ist das Rohrende unmittelbar vor der Schweißung entsprechend zu kürzen.

**Tabelle 1.** Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Rohren und Formstücken aus PA 12 bei einer Außentemperatur von etwa  $20^\circ\text{C}$  und mäßiger Luftbewegung (Zwischenwerte sind zu interpolieren).

1	2	3	4	5	
Nennwanddicke $s$  [mm]	Angleichen	Anwärmen	Umstellen	Fügen	
	Heizelementtemperatur $230 \pm 10^\circ\text{C}$		Umstellzeit	Fügedruck- Aufbauzeit	Abkühlzeit unter Fügedruck
	Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Mindestwerte) (Angleichen $p = 0,25 \text{ N/mm}^2$ )	(Anwärmen $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ ) $12 \times$ Wanddicke $s$	(Maximalzeit)		(Mindestwerte) $p = 0,25 \text{ N/mm}^2 \pm 0,05$
	[mm]	[sek]	[sek]	[sek]	[min]
bis 4,5	0,5	bis 54	5	5	6
4,5 ... 7	1,0	54 ... 84	5 ... 6	5 ... 6	6 ... 10
7 ... 12	1,5	84 ... 144	6 ... 8	6 ... 8	10 ... 16
12 ... 19	2,0	144 ... 228	8 ... 10	8 ... 11	16 ... 24