



Ersetzt Ausgabe August 1978

**Inhalt:**

- 1 Zweck des Merkblattes
- 2 Geltungsbereich
- 3 Grundlagen und Begriffe
  - 3.1 Entstehen des Schweißpunktes
  - 3.2 Schweißlinse und Elektrodenindruck
  - 3.3 Schweißparameter
    - 3.3.1 Schweißzeit
    - 3.3.2 Schweißstrom
    - 3.3.3 Elektrodenkraft
  - 3.4 Punktschweißelektroden
    - 3.4.1 Stromdichte und Temperaturverteilung
    - 3.4.2 Einfluß der Elektrodenkraft
    - 3.4.3 Elektrodengeometrie
- 4 Vorbereiten der Teile für das Punktschweißen
  - 4.1 Toleranzen, Passungen, Blechanlage
  - 4.2 Oberflächenzustand
    - 4.2.1 Entfetten
    - 4.2.2 Mechanisches Entrosten
    - 4.2.3 Beizen
  - 4.3 Oberflächenveredelte Stähle
    - 4.3.1 Anorganische, nichtmetallische Beschichtungen
    - 4.3.2 Organische Beschichtungen
    - 4.3.3 Metallische Überzüge
- 5 Vorrichtungen und Werkzeuge
- 6 Durchführung des Punktschweißens
  - 6.1 Wahl der Einstellwerte
  - 6.2 Unregelmäßigkeiten
  - 7 Qualitätssicherung
  - 8 Arbeitsschutz
  - 9 Formelzeichen
  - 10 Schrifttum
    - 10.1 Normen und Vorschriften
    - 10.2 DVS-Merkblätter
    - 10.3 Literatur

**1 Zweck des Merkblattes**

Dieses Merkblatt hat zusammen mit seinen zugehörigen Teilen Teil 1: Übersicht, Teil 2: Punktschweißergänzung und Teil 3: Konstruktion und Berechnung die Aufgabe, durch das Vermitteln von Informationen die Anwendung des Widerstandspunktschweißverfahrens – im folgenden kurz Punktschweißen genannt – sicherer zu gestalten. Das Merkblatt wurde erstellt mit dem Ziel, sowohl den Belangen der betrieblichen Praxis als auch dem Wissensbedarf von Studierenden, Ingenieuren und Führungskräften zu genügen.

Ausgehend von den Grundlagen des Verfahrens sollen die erforderlichen Angaben für das Vorbereiten und Durchführen des Punktschweißens einschließlich der Qualitätsüberwachung gegeben werden. Das Merkblatt DVS 2902-1 enthält einen Überblick über die wirkenden Einflußgrößen und ihre Verknüpfungen.

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.

**2 Geltungsbereich**

Dieses Merkblatt gilt für das Punktschweißen von unlegierten weichen Stählen, Einzeldicke 0,5 bis 3,0 mm. Die empfohlenen Einstellwerte gelten nur für ballige Elektroden und für das Einimpulsschweißen mit Wechselstrom, 50 Hz, von Stählen bis zu einem Kohlenstoffgehalt von 0,15 % ohne Strom- und Kraftprogramm. Beim Schweißen mit Gleichstrom oder mit niederfrequentem Wechselstrom (Frequenzwandler-Maschinen) wird mit etwas niedrigeren Werten gearbeitet. Bei Kohlenstoffgehalten > 0,15 % sind die Angaben im Merkblatt DVS 2902-2 zusätzlich zu berücksichtigen.

**3 Grundlagen und Begriffe**

**3.1 Entstehen des Schweißpunktes**

Beim Punktschweißen wird die Fügestelle durch elektrischen Strom bei gleichzeitig wirkender Elektrodenkraft bis zum Schmelzfluß erwärmt. Die Lage des Ortes mit der höchsten Temperatur sowie die Form und Größe des aufgeschmolzenen Werkstoffvolumens werden bestimmt durch das zeitliche und räumliche Zusammenspiel der an der Fügestelle und ihrer Umgebung – Werkstück und Elektroden – erzeugten und abgeführten Wärmemengen. Unter dem Einfluß der Elektrodenkraft verbinden sich die Werkstücke beim Erstarren der Schmelze. Die dabei entstehende Schweißverbindung wird als Schweißpunkt bezeichnet. Er besteht aus dem erstarrten Schmelzvolumen, Schweißlinse genannt, und einer umgebenden Ringzone, in der überwiegend keine Preßschweißung erfolgt ist. (Kristallite wachsen unter der Wirkung von Kraft und Wärme über die Grenzfläche.) Um den Schweißpunkt herum befindet sich eine Wärmeeinflußzone (WEZ), deren Größe und Eigenschaften von den Schweißparametern und den zu verbindenden Werkstoffen abhängt.

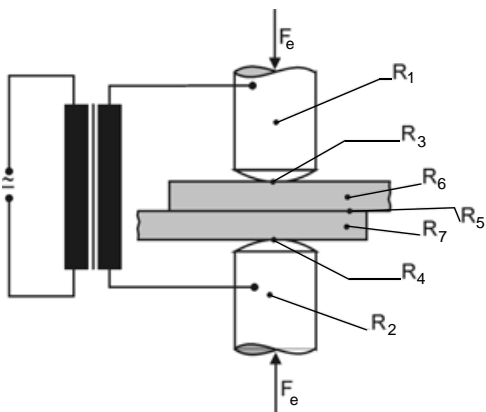
Die Punktschweißelektroden [DVS 2903, DIN ISO 5821, DIN ISO 5184] haben die Aufgabe, über ihre Arbeitsflächen den Schweißstrom sowie die Elektrodenkraft zu übertragen und beeinflussen dabei den zeitlichen und räumlichen Verlauf der erzeugten und abgeführten Wärmemengen.

Um die Widerstände  $R_1$ ;  $R_2$  der Elektroden möglichst klein zu halten (Bild 1), sollten ihre Querschnitte ( $A_e$ ) möglichst groß, ihre Längen ( $l$ ) kurz und ihre spezifischen elektrischen Widerstände niedrig sein. Es gilt die Beziehung:

$$R_{1;2} = \frac{\rho_{1;2} \cdot l_{1;2}}{A_{e_{1;2}}}$$

Der gesamte Kontaktwiderstand setzt sich je nach Blechdicke zu Beginn des Stromflusses aus den einzelnen Widerständen  $R_3$ ;  $R_4$  und  $R_5$  zusammen. Größenordnungsmäßig ist er bei Stahl, je nach Blechdicke, 5 bis 10 mal so groß wie der Stoffwiderstand der Werkstücke ( $R_6$ ;  $R_7$ ), Bild 1.

DVS, Ausschuß für Technik, Arbeitsgruppe „Widerstandsschweißen“



**Bild 1.** Widerstände beim Punktschweißen.

- R<sub>1</sub>; R<sub>2</sub>: Werkstoffwiderstände der Elektroden
- R<sub>3</sub>; R<sub>4</sub>: Kontaktwiderstände Elektrode – Werkstück
- R<sub>5</sub>: Kontaktwiderstand Werkstück – Werkstück
- R<sub>6</sub>; R<sub>7</sub>: Werkstoffwiderstände der Werkstücke
- F<sub>e</sub>: Elektrodenkraft

Die Kontaktwiderstände nehmen mit höher werdender Elektrodenkraft und Temperatur ab, da aufgrund der höheren Flächenpressung und der geringeren Festigkeit Rauigkeitsspitzen eingeebnet und damit die Kontaktflächen vergrößert werden. Dabei nehmen die Kontaktwiderstände in den Elektrode-Blech-Ebenen schneller ab als in der Blech-Blech-Ebene.

Beim Punktschweißen von Stahlblech brechen die Kontaktwiderstände üblicherweise am Anfang der ersten Periode zusammen. Dies geht deutlich aus Bild 2 hervor, in dem der zeitliche Verlauf des Gesamtwiderstandes zwischen den Elektroden aufgetragen ist. Der Wiederanstieg der Kurve nach dem Durchlaufen eines

Widerstandsminimums ist auf das Anwachsen der Werkstückstoffwiderstände (R<sub>6</sub>; R<sub>7</sub>) mit steigender Temperatur im Bereich der Schweißstelle zurückzuführen. Die Abnahme des Gesamtwiderstandes nach Erreichen des Maximums ist eine Folge des Einsinkens der Elektroden in der Werkstückoberfläche. Die Einsinktiefe nimmt mit höherer Elektrodenkraft, längerer Stromleit, kleinerer Elektrodenarbeitsfläche und geringerer Wärmeleitfähigkeit der Fügeiteile zu.

Außer den Widerständen kann sich auch die Stromstärke durch die widerstandsabhängige Verschiebung des Arbeitspunktes auf der Trafo-Kennlinie ändern [DVS 2907]. Widerstandsänderungen werden, neben den bereits beschriebenen Einflüssen, u. a. durch die Vergrößerung der Elektrodenarbeitsfläche infolge Verschleiß sowie durch Nebenschluß hervorgerufen.

Die durch Stromfluß nach dem Jouleschen Gesetz erzeugte Wärmemenge Q<sub>zu</sub> kann vereinfacht durch folgenden mathematischen Ausdruck dargestellt werden:

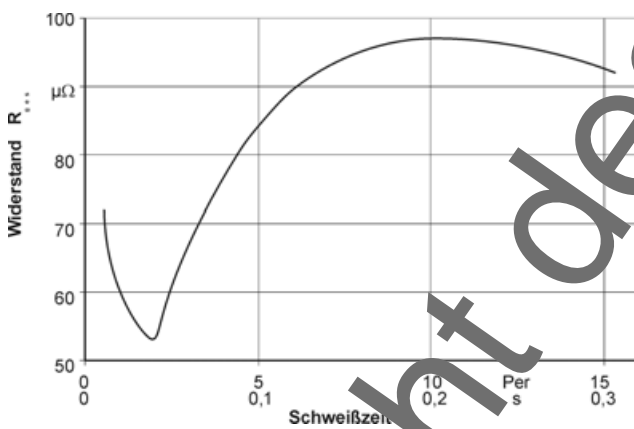
$$Q_{zu} = \int_{t=0}^{t=t_s} I_s(t) \cdot R_g(t) \cdot dt$$

- Q<sub>zu</sub>: zugeführte Wärmemenge
- I<sub>S</sub>(t): Größe des Schweißstromes abhängig von t
- R<sub>g</sub>(t): Größe des Gesamtwiderstandes abhängig von t
- t<sub>S</sub>: Schweißzeit

Weitere Hinweise siehe Merkblatt DVS 2902-1.

### 3.2 Schweißlinse und Elektrodeindruck

Je nach Schweißparametern und Einflußgrößen entstehen auch bei gleicher Blechdicke unterschiedlich dicke Schweißlinsen von unterschiedlicher Größe (Bild 3), Form und Lage. Ausführliche Hinweise siehe Merkblatt DVS 2902-3.



**Bild 2.** Verlauf des elektrischen Widerstandes zwischen den Elektroden beim Punktschweißen von 2,0 mm dickem Tiefziehblech;

Schweißparameter:

- F<sub>e</sub>: 5,5 kN
- r: 75 mm
- t<sub>S</sub>: 15 Per
- I<sub>S</sub>: 14 kA
- d<sub>L</sub>: 7 mm

Einzelblechdicke	mm	0,5	1,0	1,5	3,0
Linsendicke		3,5	8	10	14
Linsendurchmesser		3,5	5	6	8,5
kleinster Linsendurchmesser		3,5	3,5	4,3	6,1

**Bild 3.** Zuordnung von Blechdicken und möglichen Schweißlinsendurchmessern (DVS 2902-3).