

# Untersuchung der Besonderheiten beim Rollennahtschweißen großer Längen 2D- Leistung

Dipl.- Ing. Björnstjerne Zindler, M.Sc.

[www.Zenithpoint.de](http://www.Zenithpoint.de)

Erstellt: 23. März 1996 – Letzte Revision: 24. November 2017

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>2D- Leistung, Auszug</b>	<b>2</b>
----------	-----------------------------	----------

---

## Literatur

- [002] Dipl.- Ing. Björnstjerne Zindler, M.Sc., Untersuchung der Besonderheiten beim Rollennahtschweißen großer Längen, Diplomarbeit, 1996.
-

# 1 2D- Leistung, Auszug

## Berechnung der Schweißleistung, 2D

[002]

Wird vorerst im Bereich II durchgeführt.

- einstufiges Ersatzschaltbild:

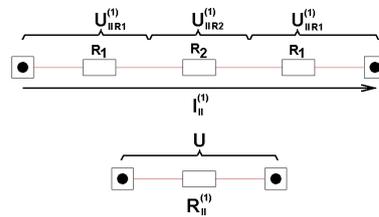


Bild X.X: Ersatzschaltbild 1. Ordnung

Strom durch  $R_{II}^{(1)}$ :

$$I_{II}^{(1)} = \frac{1}{R_{II}^{(1)}} \cdot U$$

Spannung an  $R_2$ :

$$U_{II;R_2}^{(1)} = \frac{R_2}{R_{II}^{(1)}} \cdot U$$

Leistung an  $R_2$ :

$$P_{II;R_2}^{(1)} = \frac{R_2}{R_{II}^{(1)2}} \cdot U^2$$

- zweistufiges Ersatzschaltbild:

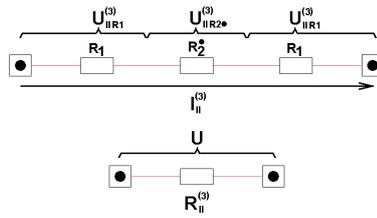


Bild X.X: Ersatzschaltbild 3. Ordnung

Strom durch  $R_{II}^{(3)}$ :

$$I_{II}^{(3)} = \frac{1}{R_{II}^{(3)}} \cdot U$$

Spannung an  $R_2^*$ :

$$U_{II;R_2}^{(3)} = \frac{R_2^*}{R_{II}^{(3)}} \cdot U$$

Leistung an  $R_2^*$ :

$$P_{II;R_2}^{(3)} = \frac{R_2^*}{R_{II}^{(3)2}} \cdot U^2$$

Mit:

$$R_2^* = (R_2 + 2 \cdot R_1) \parallel R_2 = R_{II}^{(3)} - 2 \cdot R_1$$

- dreistufiges Ersatzschaltbild:

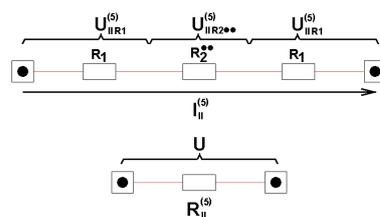


Bild X.X: Ersatzschaltbild 5. Ordnung

Strom durch  $R_{II}^{(5)}$ :

$$I_{II}^{(5)} = \frac{1}{R_{II}^{(5)}} \cdot U$$

Spannung an  $R_2^{**}$ :

$$U_{II;R_2}^{(5)} = \frac{R_2^{**}}{R_{II}^{(5)}} \cdot U$$

Leistung an  $R_2^{**}$ :

$$P_{II;R_2}^{(5)} = \frac{R_2^{**}}{R_{II}^{(5)^2}} \cdot U^2$$

Mit:

$$R_2^{**} = (2 \cdot R_1 + (2 \cdot R_1 + R_2) \parallel R_2) \parallel R_2 = R_{II}^{(5)} - 2 \cdot R_1$$

- n- stufiges Ersatzschaltbild

Strom durch  $R_{II}^{(n)}$ :

$$I_{II}^{(n)} = \frac{1}{R_{II}^{(n)}} \cdot U$$

⇒

$$I_{II} = \frac{1}{R_{II}} \cdot U$$

Spannung an  $R_2^{\bullet\cdots\bullet}$ :

$$U_{II;R_2}^{(n)} = \frac{R_{II}^{(n)} - 2 \cdot R_1}{R_{II}^{(n)}} \cdot U$$

⇒

$$U_{II;R_2} = \left(1 - 2 \cdot \frac{R_1}{R_{II}}\right) \cdot U$$

Leistung an  $R_2^{\bullet\cdots\bullet}$ :

$$P_{II;R_2}^{(n)} = P_S = \frac{R_{II}^{(n)} - 2 \cdot R_1}{R_{II}^{(n)^2}} \cdot U^2$$

⇒

$$P_{II;R_2} = P_S = \frac{R_{II} - 2 \cdot R_1}{R_{II}^2} \cdot U^2$$

**Bilanzen in  $R_{II}$**

Die Schweißleistung  $P_S$  setzt sich zusammen aus der Gesamtleistung  $P_G$

$$P_G = \frac{1}{R_{II}} \cdot U^2$$

abzüglich der Verlustleistung  $P_V$  infolge ohmscher Lasten im Grundwerkstoff.

$$P_V = 2 \cdot \frac{R_1}{R_{II}^2} \cdot U^2$$

Für  $R_{II}$  ist eine Berechnungsgrundlage vorhanden.

$$R_{II} = R_1 \cdot \left(1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi}\right)$$

Die Leistungen grafisch dargestellt mit  $R_1 = U = 1$ :

$$P_G \propto \frac{1}{\sqrt{1 + 2 \cdot \psi + 1}} \quad P_S \propto \frac{\sqrt{1 + 2 \cdot \psi} - 1}{(\sqrt{1 + 2 \cdot \psi} + 1)^2} \quad P_V \propto \frac{2}{(\sqrt{1 + 2 \cdot \psi} + 1)^2}$$

⇒

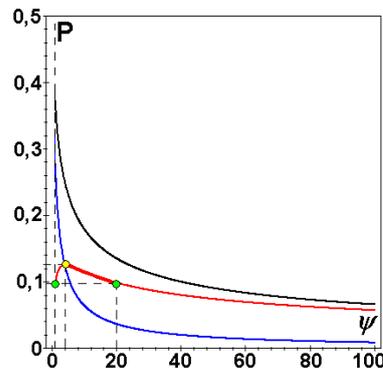


Bild X.X: Leistungsbilanz des Schweißvorganges in  $R_{II}$ .

Der untere Wert von  $\psi$  mit  $\psi \geq 1$  begrenzt den praktisch nutzbaren Bereich.

Der Ausdruck für die Schweißleistung  $P_S$  besitzt ein Maximum bei  $\psi = 4$  abszissenunabhängig von allen physikalischen Größen. Der Betrag des Maximum selbst ist gleich mit der Verlustleistung  $P_V$  und beträgt:

$$P_{S,MAX} = P_{S;\psi=4} = P_{V;\psi=4} = \frac{1}{8} \cdot \frac{U^2}{R_1}$$

Für ein  $\psi = 1$  treten folgende Werte auf.

$$P_{S;\psi=1} = \frac{\sqrt{3} - 1}{(\sqrt{3} + 1)^2} \cdot \frac{U^2}{R_1} \approx 0,0981 \cdot \frac{U^2}{R_1} \quad P_{V;\psi=1} = \frac{2}{(\sqrt{3} + 1)^2} \cdot \frac{U^2}{R_1} \approx 0,2679 \cdot \frac{U^2}{R_1}$$

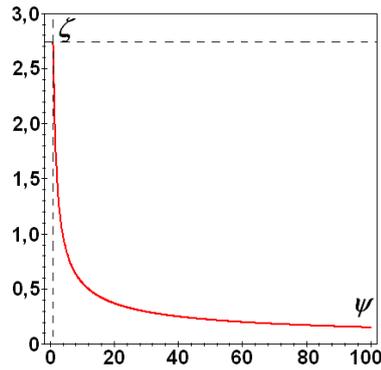
Ein Verhältnis  $\zeta_{II}$  ist definierbar.

$$\zeta_{II;\psi=1} = \frac{P_{V;\psi=1}}{P_{S;\psi=1}} = \frac{2}{\sqrt{3} - 1} \approx 2,732$$

Die allgemeine Darstellung von  $\zeta_{II}$  ist berechenbar mit:

$$\zeta_{II} = \frac{2}{\sqrt{1 + 2 \cdot \psi} - 1}$$

Der Ausdruck  $\zeta_{II}$  ist ein Bilanz- und weiterer Korrekturfaktor.

Bild X.X: Der Korrekturfaktor  $\zeta_{II}$  grafisch dargestellt.

Die Grenzwerte  $\lim_{\psi \rightarrow +1} \zeta_{II} = \frac{2}{\sqrt{3}-1} = 2,732$  und  $\lim_{\psi \rightarrow +\infty} \zeta_{II} = 0$  begrenzen den praktisch nutzbaren Bereich.

Der Wert  $P_S = \frac{\sqrt{3}-1}{(\sqrt{3}+1)^2} \approx 0,0981$  tritt zweimal auf der Schweißleistungsfunktion auf, so bei :

$$\psi = 1 \quad \text{und} \quad \psi = 10 + 6 \cdot \sqrt{3} \approx 20,392$$

⇒

$$\zeta_{II;\psi=1} = 2,732 = \zeta_{II;\psi=10+6\cdot\sqrt{3}}^{-1} \quad \zeta_{II;\psi=10+6\cdot\sqrt{3}} = 0,366 = \zeta_{II;\psi=1}^{-1}$$

Der Bereich

$$4 \leq \psi \leq 10 + 6 \cdot \sqrt{3} \approx 20,392$$

ist für das Schweißen besonders ökonomisch, da die Verlustleistung  $P_V$  kleiner als die Schweißleistung  $P_S$ , gleichzeitig größer als  $P_{S;\psi=1}$  ist.

**Bilanzen in  $R_{III}$**

Für das n- stufiges Ersatzschaltbild gilt:

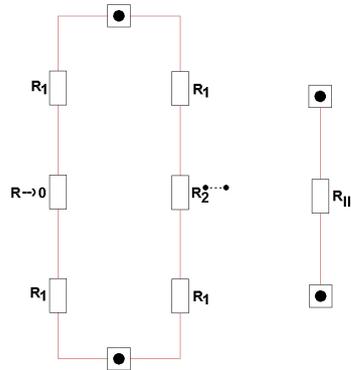


Bild X.X: Ersatzschaltbild als Zusammenhang von  $R_{III}$  und  $R_{II}$ .

Für  $R_{III}$  gilt dementsprechend:

$$R_{III} = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot R_1} + \frac{1}{2 \cdot R_1 + R_2^{\dots}}}$$

⇒

$$R_{III} = R_1 \cdot \frac{4 \cdot R_1 + 2 \cdot R_2^{\dots}}{4 \cdot R_1 + R_2^{\dots}}$$

Mit  $R_2^{\dots} = R_{II} - 2 \cdot R_1$  ergibt sich für obigen Ausdruck:

$$R_{III} = R_1 \cdot \frac{2 \cdot R_{II}}{2 \cdot R_1 + R_{II}}$$

Der Term  $R_{III}$  ist substituierbar:

$$R_{III} = R_1 \cdot \mu$$

⇒

$$\mu = \frac{2 \cdot R_{II}}{2 \cdot R_1 + R_{II}}$$

⇒

$$R_{III} = R_{II} \cdot \frac{2 - \mu}{2}$$

Für die praktische Grenze von  $R_{III} > 0$  ist ein  $\mu < 2$  erforderlich. Dieser Wert impliziert für  $\psi$  ein:

$$\psi < 10 + 6 \cdot \sqrt{3} \approx 20,392$$

Oberhalb dieses Wertes, ist kein Schweißen (mehr) möglich.

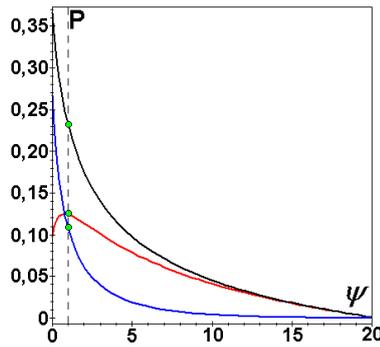
Die Leistungen ändern sich entsprechend.

$$P_G = \frac{2 - \mu}{2 \cdot \mu} \cdot U^2 \quad P_S = \frac{(2 - \mu) \cdot (\mu + \mu \cdot R_1 - 2 \cdot R_1)}{2 \cdot \mu^2} \cdot U^2 \quad P_V = R_1 \cdot \frac{(2 - \mu)^2}{2 \cdot \mu^2} \cdot U^2$$

Mit  $R_1 = U = 1$ :

$$P_G \propto \frac{2 - \mu}{2 \cdot \mu} \quad P_S \propto \frac{(2 - \mu) \cdot (\mu - 1)}{\mu^2} \quad P_V \propto \frac{(2 - \mu)^2}{2 \cdot \mu^2}$$

Der Korrekturfaktor  $\mu$  kann substituiert werden. Damit sind die Leistungen grafisch darstellbar.

Bild X.X: Leistungsbilanz des Schweißvorganges in  $R_{III}$ .

Der Wert von  $\psi$  mit  $1 \leq \psi \leq 10 + 6 \cdot \sqrt{3} \approx 20,4$  begrenzt den praktisch nutzbaren Bereich. Außerhalb dessen liegt für diesen Fall das Maximum von  $P_S$ .

$$\psi^* = \frac{4}{169} \cdot (14 \cdot \sqrt{3} + 9) \approx 0,787$$

$\Rightarrow$

$$P_{G;\psi^*} = \frac{1}{4} \cdot \frac{U^2}{R_1} \quad P_{S;MAX} = P_{S;\psi^*} = \frac{1}{8} \cdot \frac{U^2}{R_1} \quad P_{V;\psi^*} = \frac{1}{8} \cdot \frac{U^2}{R_1}$$

Für ein  $\psi = 1$  ergeben sich folgende Werte:

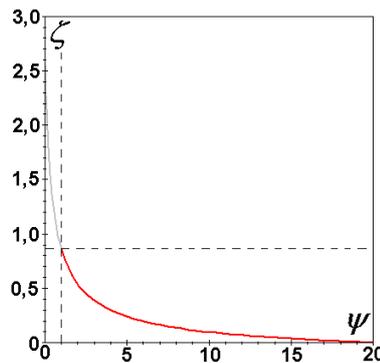
$$P_{G;\psi=1} = 0,232 \cdot \frac{U^2}{R_1} \quad P_{S;\psi=1} = 0,124 \cdot \frac{U^2}{R_1} \quad P_{V;\psi=1} = 0,108 \cdot \frac{U^2}{R_1}$$

Für  $\zeta_{III}$  dann:

$$\zeta_{III} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 - \mu}{\mu - 1}$$

$\Rightarrow$

$$\zeta_{III;\psi=1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3 - \sqrt{3}}{\sqrt{3} - 1} \approx 0,866 \quad \zeta_{III;\psi=10+6\cdot\sqrt{3}} = 0$$

Bild X.X: Der Korrekturfaktor  $\zeta_{III}$  grafisch dargestellt.

