

# Untersuchung der Besonderheiten beim Rollennahtschweißen großer Längen 3D- Leistung

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

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

Erstellt: 23. März 1996 – Letzte Revision: 10. November 2017

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>3DLeistung</b>	<b>2</b>
----------	-------------------	----------

---

## Literatur

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

# 1 3DLeistung

## Die Basis $\xi$

[002]

Aus vorangegangenen Kapiteln ist die Berechnungsgrundlage für  $R_{III}^{(3D)}$  bekannt.

$$R_{III}^{(3D)}(\nu; \psi) = R_1 \cdot \frac{(1 + \sqrt{3}) \cdot (1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi})}{(1 + \nu) \cdot (1 + \sqrt{3}) + 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi}}$$

Damit lassen sich zwei benachbarte Werte für  $\nu$  darstellen.

$$R_{III}^{(3D)}(\nu; \psi) = R_1 \cdot \frac{(1 + \sqrt{3}) \cdot (1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi})}{(1 + \nu) \cdot (1 + \sqrt{3}) + 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi}}$$

$$R_{III}^{(3D)}(\nu + 1; \psi) = R_1 \cdot \frac{(1 + \sqrt{3}) \cdot (1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi})}{(2 + \nu) \cdot (1 + \sqrt{3}) + 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi}}$$

Ein Verhältnis  $\xi$  ist definiert.

$$\xi = \frac{R_{III}^{(3D)}(\nu; \psi)}{R_{III}^{(3D)}(\nu + 1; \psi)}$$

$\Rightarrow$

$$\xi = \frac{(2 + \nu) \cdot (1 + \sqrt{3}) + 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi}}{(1 + \nu) \cdot (1 + \sqrt{3}) + 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi}}$$

Für  $\psi$  ist bekannt:

$$1 \leq \psi \leq 10 + 6 \cdot \sqrt{3} \approx 20,392$$

Für  $\nu$  ebenfalls:

$$\nu \geq 0$$

Damit besitzt  $\xi$  Grenzwerte.

$$\frac{3}{2} \leq \xi \leq 1$$

### Die Leistungsverteilung im Blech

Für den Anfang wird eine einfache Berechnungsgrundlage für die Leistungsverteilung  $P_S^{(3D)}$  im Blech ohne weiteren Beweis angenommen.

$$P_S^{(3D)}(n; \nu, \psi) = P_S \cdot \frac{1}{\xi^{2n}}$$

Dem gegenüber steht eine allgemein anerkannte Gleichung aus der Wärmeleitung zur Verfügung, welche  $P_S^{(3D)}$  entlang eines Bleches mit der Hilfe von hyperbolischen Funktionen beschreibt.

$$\tilde{P}_S^{(3D)}(\chi; n; n_{MAX}) = P_S \cdot \frac{\cosh(\chi \cdot (n_{MAX} - n))}{\cosh(\chi \cdot n_{MAX})}$$

Nachteil ist, dass dieser Ausdruck eine endliche (Blech)Länge  $n_{MAX}$  a-priori verlangt und ein Korrekturfaktor  $\chi$ . Für diesen steht eine Proportionalität zur Verfügung.

$$\chi \propto \frac{U}{A}$$

Dabei ist  $U$  der Umfang senkrecht auf die Ebene der Schweißnaht und  $A$  die Stirnfläche der Blechs.

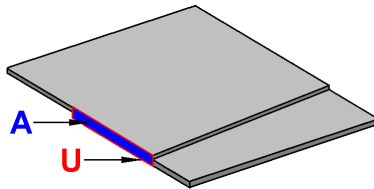


Bild X.X: Zur Verdeutlichung von Umfang und Fläche.

⇒

$$\chi \propto 2 \cdot \frac{D + H}{D \cdot H} = \frac{2}{H} + \frac{2}{D}$$

Wobei für  $H$  die Überlappungsbreite steht und für  $D$  die Gesamtdicke der sich überlappenden Bleche.

Für den Fall, dass  $H \gg D$  gilt  $\frac{2}{H} \ll \frac{2}{D}$  und damit kann  $H$  vernachlässigt werden.

$$\chi_{H \gg D} \propto \frac{2}{D}$$

$D$	$\chi_{H \gg D}$	$D$	$\chi_{H \gg D}$
1	2,000	6	0,333
2	1,000	7	0,286
3	0,667	8	0,250
4	0,500	9	0,223
5	0,400	10	0,200

Tabelle X.X: Ausgewählte Werte für  $\chi_{H \gg D}$  in Abhängigkeit von  $D$ .

Aus seiner Definition wird die Einheit des Korrekturfaktors  $\chi$  mit  $\text{mm}^{-1}$  angegeben.

Verbleibt der Term  $\chi \cdot n_{MAX}$ . Dieser gibt die Lokalisierbarkeit der Schweißlinse  $R_{III}$  an. Kleine Werte von  $\chi \cdot n_{MAX}$  ergeben eine breiten Wärmeeintrag. Große Werte einen „scharfen“ Punkt für  $R_{III}$ .

Die Einheit von  $\chi \cdot n_{MAX}$ . Da dieser Ausdruck das Argument einer Hyperbelfunktion von  $\tilde{P}_S^{(3D)}$  ist, muss gelten:

$$[\chi] \cdot [n_{MAX}] = [1]$$

⇒

$$[\text{mm}^{-1}] \cdot [\text{mm}] = [1]$$

Damit ist die Einheit von  $n_{MAX}$  mit mm festgelegt.

**Bestimmung des Korrekturfaktors  $\nu$** 

Es stehen zwei Berechnungsgrundlagen für den Leistungseintrag beim Schweißen zur Verfügung.

$$P_S^{(3D)}(n; \nu, \psi) \propto \frac{1}{\xi^{2n}} \quad \text{und} \quad \tilde{P}_S^{(3D)}(\chi; n; n_{MAX}) \propto \frac{\cosh(\chi \cdot (n_{MAX} - n))}{\cosh(\chi \cdot n_{MAX})}$$

Mit:

$$\xi = \frac{(2 + \nu) \cdot (1 + \sqrt{3}) + 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi}}{(1 + \nu) \cdot (1 + \sqrt{3}) + 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \psi}}$$

Zur Verdeutlichung des weiteren Vorgehens, werden Werte frei gewählt.

$$\nu_{FREI} = 10 \quad \psi_{MESSUNG} = 10 \quad n_{MAX} = 20 \text{mm} \quad \chi_{D=4\text{mm}} = 0,5 \text{mm}^{-1}$$

⇒

$$\xi = 1,077$$

Diese Werte werden grafisch veranschaulicht.

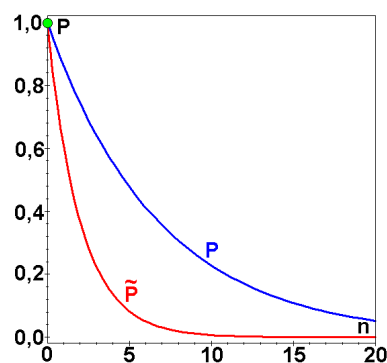


Bild X.X: Die Grafen von  $P_S^{(3D)}$  und  $\tilde{P}_S^{(3D)}$  mit freien Werten veranschaulicht.

Damit beide Grafen minimale Abweichungen voneinander darstellen können, wird folgendes Vorgehen festgelegt:

- Feststellen des Wertes  $n_{MAX}$  an welcher der Leistungseintrag einen bestimmten Wert unterschreiten soll.

$$\tilde{P}_{S;MIN}^{(3D)} = P_S \cdot \frac{\cosh(\chi \cdot (n_{MAX} - n_{MAX}))}{\cosh(\chi \cdot n_{MAX})} = P_S \cdot \frac{1}{\cosh(\chi \cdot n_{MAX})}$$

⇒

$$n_{MAX} = \frac{1}{\chi} \cdot \operatorname{arccosh} \frac{P_S}{\tilde{P}_{S;MIN}^{(3D)}}$$

Für den Wert  $P_S/\tilde{P}_{S;MIN}^{(3D)} = 11.000$ , das heißt, es sind an der Stelle  $n_{MAX}$  nur noch  $> 0,01\%$  Schweißleistung zugänglich und einem  $\chi = 0,5 \text{mm}^{-1}$  bei  $D = 4 \text{mm}$  ergibt sich ein  $n_{MAX}$  von 20mm.

- Berechnen des Flächenintegrals von  $\tilde{P}_S^{(3D)}$

$$\int \tilde{P}_S^{(3D)} \propto \int_0^1 \frac{\cosh(\chi \cdot (n_{MAX} - n))}{\cosh(\chi \cdot n_{MAX})} \cdot dn$$

Da  $n_{MAX}$  und  $\chi$  bekannt sind, ist das Ergebnis eine konkreter Wert.

- Berechnen des Flächenintegrals von  $P_S^{(3D)}$

$$\int P_S^{(3D)} \propto \int_0^1 \frac{1}{\xi^{2n}} \cdot dn$$

Da der Wert von  $\nu$  noch unbekannt ist, ergibt sich hier ein analytischer Ausdruck.

- Beide Flächenintegrale sind gleichzusetzen und nach  $\psi$  umzustellen.

$$\int \tilde{P}_S^{(3D)} = \int P_S^{(3D)}$$

⇒

$$\psi = A + B \cdot \nu + C \cdot \nu^2$$

Das Ergebnis ist ein Polynom 2. Grades was gelöst werden kann.

$$0 = \frac{A - \psi}{C} + \frac{B}{C} \cdot \nu + \nu^2$$

⇒

$$\nu_{1,2} = -\frac{B}{2 \cdot C} \pm \frac{1}{2 \cdot C} \cdot \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C + 4 \cdot \psi \cdot C}$$

Damit ist  $\nu$  errechnet.

Für vorliegendes Beispiel ergibt sich:

$$\int \tilde{P}_S^{(3D)} \propto \int_0^1 \frac{\cosh(0,5 \cdot (100 - n))}{\cosh(0,5 \cdot 100)} \cdot dn = 0,787$$

Sowie:

$$10 = \psi = 16,828 - 16,084 \cdot \nu + 3,732 \cdot \nu^2$$

⇒

$$0 = 1,830 - 4,310 \cdot \nu + \nu^2$$

⇒

$$\nu_1 = 0,477 \quad \nu_2 = 3,832$$

Die grafische Darstellung des Berechnungsergebnisses von  $\nu$  ergibt die Wahl für  $\nu = 0,477$ .

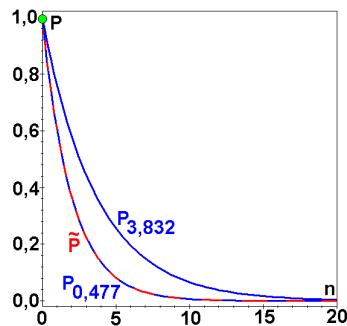


Bild X.X: Das Ergebnis der Berechnung von  $\nu$ .

Mittels geeigneter Technik kann nun das 3D- Abbild generiert und somit der Leistungs- bzw. Wärmeeintrag sichtbar gemacht werden.

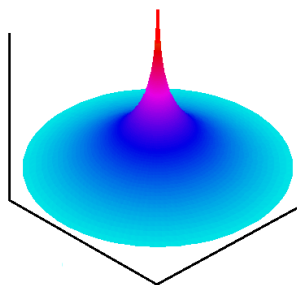


Bild X.X: Die Leistungsverteilung im Schweißpunkt.

Weiterhin kann das vorangehend entwickelte Kennlinienfeld vervollständigt werden für vorliegendes Beispiel.

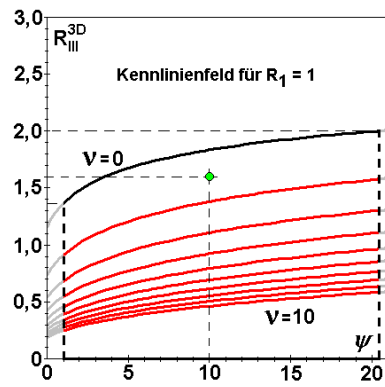


Bild X.X: Das vervollständigte Kennlinienfeld für vorliegendes Beispiel.

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>