



Projekt – wärmostabiles CFK-Gestell

# Stab mit Null thermischer Dehnung

bearbeitet durch: Dipl. Ing.(FH) Adrian Binsau

Rathenower Mechanik- und  
Werkzeugfertigung GmbH  
Grosse Hagenstrasse 1/2  
14712 Rathenow

23. Dezember 2016

# 1 Vorbetrachtung

Das Entwicklungsziel ist eine CFK-Rohr-Stab-Kombination welche thermische Ausdehnung in Längsrichtung minimiert.

Zum Erreichen dieses Ziels werden acht CFK-Stäbe mit negativem Wärmeausdehnungskoeffizient  $\alpha_{T\parallel}$  mit einem CFK-Rohr mit positivem  $\alpha_{T\parallel}$  gekoppelt. Festzustellen ist in welcher Größenordnung die Durchmesser zu wählen sind um eine thermische Dehnung von Null zu erreichen

## 1.1 Parameterwahl

Abbildung 1 veranschaulicht das betrachtete System mit den gewählten Durchmessern  $D_{17}$ ,  $D_{20}$  und  $D_2$

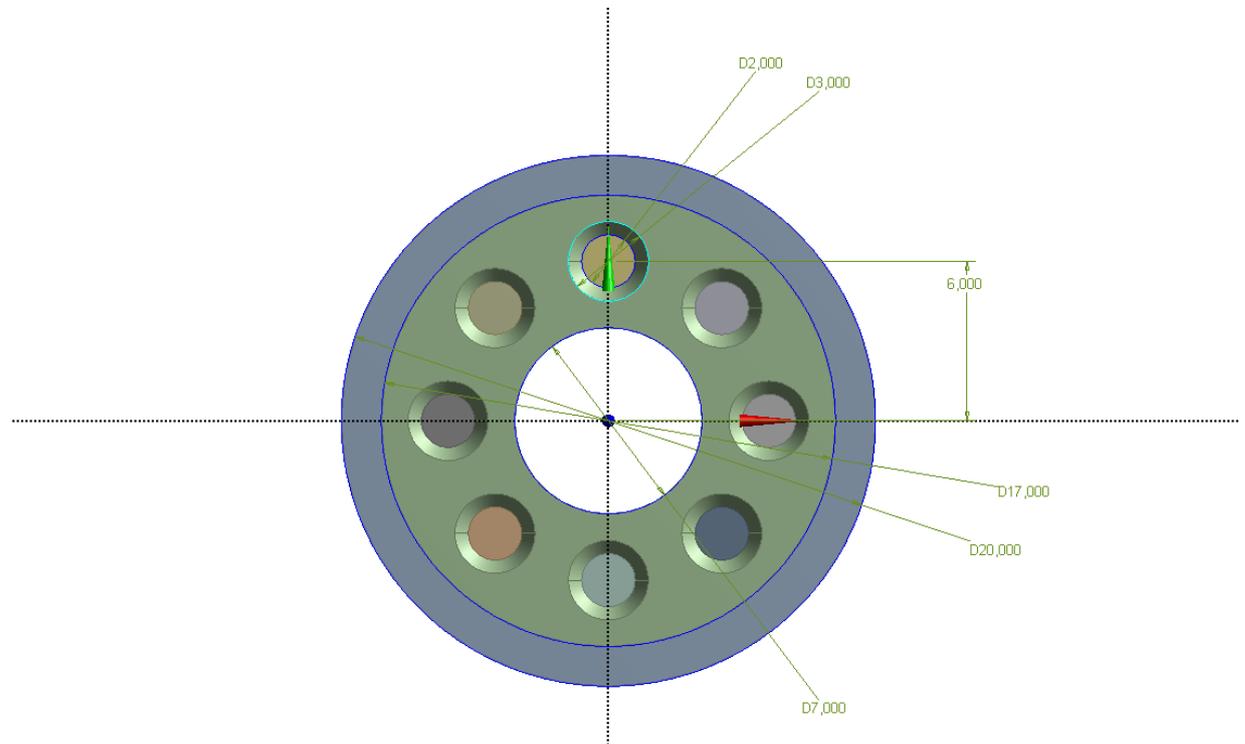


Abbildung 1: Darstellung des Modells

Die Parameter des Rohres wurden aus der Literatur entnommen (*Handbuch Strukturberechnung* 2015, CFRP, T300 / 914C, UD-Prepreg). Die Parameter der Stäbe entsprechen einer Toray M46J Faser (*M46J Data Sheet*)

$D_{20}$	=	20 mm
$D_{17}$	=	17 mm
$\alpha_{R,T  }$	=	$2.3 * 10^{-7} \frac{1}{K}$
$\alpha_{S,T  }$	=	$-8 * 10^{-7} \frac{1}{K}$
$E_{R,  }$	=	$120\,000 \frac{N}{mm^2}$
$E_{S,  }$	=	$300\,000 \frac{N}{mm^2}$
$\Delta T$	=	5 K

## 1.2 Berechnung

Um die resultierende thermische Dehnung der Rohrkombination zu verhindern muss gelten

$$\varepsilon_{\text{ges}} \stackrel{!}{=} 0. \quad (1)$$

Zur Berechnung der Teildehnungen  $\varepsilon_S$  und  $\varepsilon_R$  wird die thermische Dehnung herangezogen, sodass gilt

$$\varepsilon_S = -\alpha_{S,T\parallel} \Delta T, \quad (2)$$

$$\varepsilon_R = -\alpha_{R,T\parallel} \Delta T. \quad (3)$$

Zur Gewährleistung von Gleichung (1) wird ein Kräftegleichgewicht in Stablängsrichtung aufgestellt. Es folgt

$$F_S + F_R \stackrel{!}{=} 0. \quad (4)$$

Aufgrund der Festlegung des Rohrdurchmessers kann mithilfe von Gleichung (4) der Durchmesser der Stäbe berechnet werden. Es werden alle anderen Dehnungen sowie Kräfte die nicht in Längsrichtung des Rohres zeigen vernachlässigt.

$$F = \sigma_{xx} A, \quad (5)$$

$$\sigma_{xx} = E_{\parallel} \varepsilon_{\parallel}, \quad (6)$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (7)$$

aus Gleichung (4) folgt

$$8A_R \sigma_{R,xx} = -A_S \sigma_{S,xx} \quad (8)$$

$$D_1 = \sqrt{\left| \frac{E_{R,\parallel} \alpha_{R,T\parallel} (D_2^2 - D_3^2)}{8E_{S,\parallel} \alpha_{S,T\parallel}} \right|} \quad (9)$$

$$D_1 \approx 1,26 \text{ mm}. \quad (10)$$

Nach Prüfung der Materialverfügbarkeit wurden Stäbe mit dem Durchmesser  $D_1 = 2 \text{ mm}$  verbaut.

Unter Verwendung des Ergebnisses (10) können Die resultierenden Spannungen

abgeschätzt werden durch

$$\sigma_{R,xx} = -\alpha_{R,T\parallel} \Delta T E_{R,\parallel} \quad (11)$$

$$\sigma_{R,xx} \approx -0,138 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (12)$$

$$\sigma_{S,xx} = -\sigma_{R,xx} \frac{A_R}{A_S} \quad (13)$$

$$\sigma_{S,xx} \approx 1,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (14)$$