

FORSCHUNGSVORHABEN AIF-Nr. 11149N / VGB-Nr. 170  
MPA-Auftrags-Nr. 890 201 001

## **Kennwerte für Stopfbuchspackungen**

Laufzeit: 01.05.1997 bis 30.04.1999

### **Ergänzungsband**

Verfasser:

Dipl.-Ing. Th. Klenk

06/1999

Staatliche Materialprüfungsanstalt (MPA) Universität Stuttgart

Universität Stuttgart  
Staatliche Materialprüfungs-  
anstalt (MPA)

\_\_\_\_\_  
Name der Forschungsstelle(n)

11149N / IV

\_\_\_\_\_  
AiF-Vorhaben-Nr. / GAG

01.05.97 bis 30.04.99

\_\_\_\_\_  
Bewilligungszeitraum

**Schlußbericht für den Zeitraum : 01.05.97 bis 30.04.99**

Forschungsthema :

Kennwerte für Stopfbuchspackungen

Stuttgart, den 19. Mai 1999

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

*H. Kadda*

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des Projektleiters

# Versuchsübersicht Ergänzungsband

## 1 Stauchversuchsstand

### 1.1 Versuche an Einzelringen

Ermittlung: Packungskennlinie, Umlenkfaktoren  $K_i$  und  $K_a$ , Rückfederung

Einzelringe: $\varnothing 60 \times \varnothing 80 \times 10$ Werkstoff	Stauchversuche Einzelringe			
	Spaltmaße <sup>+</sup>			
	Stobu 0 Grundring 0	Stobu 0 Grundring 1	Stobu 1 Grundring 0	Stobu 1 Grundring 1
R-P0-10-00-00-00-C1	2	2	2	2
R-F0-20-20-00-00-C2	2	2	2	2
R-F0-50-00-00-00-C3	2	2	2	2
R-F0-10-00-10-10-C4	2	2	2	2
R-F0-20-00-00-00-M1	2	2	-	-
F-F0-30-00-00-00-M2	2	2	-	-
R-S0-20-00-00-00-M3	2	2	-	-
R-P0-10-00-00-00-A4	1	-	-	-
R-F0-10-00-10-30-A2	2	2	-	-
R-P0-10-00-10-30-V2	2	-	-	-
R-P0-10-00-00-00-C1 1 Monat bei 450 °C warmgelagert	2	-	-	-

<sup>+</sup>Stobu 0 / Grundring 0 Stopfbuchsgehäuse  $\varnothing_i=60\text{mm}$ ,  $\varnothing_a=80\text{mm}$  / Grundringe  $\varnothing_i=60\text{mm}$ ,  $\varnothing_a=80\text{mm}$

Stobu 0 / Grundring 1 Stopfbuchsgehäuse  $\varnothing_i=60\text{mm}$ ,  $\varnothing_a=80\text{mm}$  / Grundringe  $\varnothing_i=62\text{mm}$ ,  $\varnothing_a=80\text{mm}$

Stobu 1 / Grundring 0 Stopfbuchsgehäuse  $\varnothing_i=60\text{mm}$ ,  $\varnothing_a=82\text{mm}$  / Grundringe  $\varnothing_i=60\text{mm}$ ,  $\varnothing_a=82\text{mm}$

Stobu 1 / Grundring 1 Stopfbuchsgehäuse  $\varnothing_i=60\text{mm}$ ,  $\varnothing_a=82\text{mm}$  / Grundringe  $\varnothing_i=62\text{mm}$ ,  $\varnothing_a=82\text{mm}$

### 1.2 Versuche mit mehreren Ringen

Ermittlung: Packungskennlinie, Rückfederung, axiale Flächenpressung im Stopfbuchsgrund

Einzelringe: $\varnothing 60 \times \varnothing 80 \times 10$ Werkstoff	Stauchversuche mit mehreren Ringen		
	Spaltmaß: Stobu 0; Grundring 0		
	Ringanzahl		
	2	3	4
R-P0-10-00-00-00-C1	2	2	2 + Fuji-Folie
R-F0-20-20-00-00-C2	2	2	2
R-F0-50-00-00-00-C3	2	2	2
R-F0-10-00-10-10-C4	2	2	2
R-F0-10-00-10-30-A2	2	1	1

## 2 Reib- und Leckageversuchsstand

### 2.1 Stauchversuche

Ermittlung: Packungskennlinie

Einzelringe: $\varnothing 40 \times \varnothing 56 \times 8$ Werkstoff	Versuche mit mehreren Ringen		
	Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0		
	1	3	5
R-P0-10-00-00-00-C1	1	2	2
R-F0-10-00-10-10-C4	-	1	1
R-P0-10-00-00-00-C1 3 Ringe + R-F0-10-00-10-10-C4 2 Ringe	-	-	1
R-F0-20-20-00-00-C2	1	-	1
R-F0-50-00-00-00-C3	-	1	1
R-F0-20-00-00-00-M1	-	-	1
F-F0-30-00-00-00-M2	-	-	1
R-P0-10-00-00-00-A4	-	-	1
R-F0-10-00-10-30-A2	-	1	-
	Spindeloberfläche: Ra 6 $\cong$ Rz 25		
R-P0-10-00-00-00-C1		1	

### 2.2 Reibversuche

Ermittlung: Stopfbuchsreibkraft, Veränderung der Brillenspannung beim Auf- bzw. Abwärtsfahren, Überprüfung von Ansätzen zur Ermittlung der Stopfbuchsreibkraft, Reibwerte  $\mu$

Werkstoff	Ringanzahl		
	Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; Spindelgeschwindigkeit $v = 6$ mm/s; Raumtemperatur		
Einzelringe: $\varnothing 40 \times \varnothing 56 \times 8$	1	3	5
R-P0-10-00-00-00-C1	1	2 + 1 ohne Vorverformung	1 + 1 Spindelbewegung zuerst bei hoher Flächenpressung
R-F0-10-00-10-10-C4	-	1	1
R-P0-10-00-00-00-C1 3 Ringe + R-F0-10-00-10-10-C4 2 Ringe	-	-	1
R-F0-20-20-00-00-C2	1	-	1
R-F0-50-00-00-00-C3	-	1	1
R-F0-20-00-00-00-M1	-	-	1
F-F0-30-00-00-00-M2	-	-	1
R-P0-10-00-00-00-A4	-	-	1
R-F0-10-00-10-30-A2	-	1	-
Einzelringe: $\varnothing 40 \times \varnothing 56 \times 8$	Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; Spindelgeschwindigkeit $v = 6$ mm/s; Hohe Temperaturen		
R-P0-10-00-00-00-C1	-	1 (350°C)	-
Einzelringe: $\varnothing 60 \times \varnothing 80 \times 10$	Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; Spindelgeschwindigkeit $v = 20 - 130$ mm/s; Raumtemperatur		
R-P0-10-00-00-00-C1	2	-	-
	Spindeloberfläche: Ra 6 $\cong$ Rz 25		
R-P0-10-00-00-00-C1		1	

## 2.3 Quasistatische Leckageversuche

Ermittlung: spezifische Leckagerate  $\lambda$  bzw. Leckageratenkennfeld ( $\sigma_{VU}$ ;  $\sigma_{BU}$ ),  
Veränderung der axialen Flächenpressung bei Druckaufgabe

<b>Einzelringe: <math>\varnothing 40 \times \varnothing 56 \times 8</math> Werkstoff</b>	<b>2 Ringe; 40 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
R-F0-20-20-00-00-C2	1
R-F0-10-00-10-10-C4	1
R-F0-20-00-00-00-M1	1
F-F0-30-00-00-00-M2	1
	<b>2 Ringe; 160 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
R-F0-20-20-00-00-C2	1
R-F0-10-00-10-10-C4	1
	<b>4 Ringe; 160 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
R-F0-20-20-00-00-C2	1
R-F0-10-00-10-10-C4	1
F-F0-30-00-00-00-M2	1
	<b>160 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1      3 Ringe +	1
R-F0-10-00-10-10-C4      2 Ringe	1
R-P0-10-00-10-30-T1      Packungssatz	1
	<b>4 Ringe, 160 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Grundringe 0; Spindeldurchmesser 39,6 mm; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
	<b>4 Ringe, 160 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Grundringe 0; Spindeldurchmesser 39,2 mm; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
	<b>4 Ringe; 160 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung Spindeloberfläche: Ra 6 <math>\cong</math> Rz 25</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
	<b>2 Ringe; 260 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
	<b>2 Ringe; 370 bar; Raumtemperatur; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1

## 2.4 Langzeit-Reib- und Leckageversuche

Ermittlung: axialer Spannungsabfall, spezifische Leckagerate  $\lambda(t, T, N)$  usw.

<b>Einzelringe: <math>\varnothing 40 \times \varnothing 56 \times 8</math> Werkstoff</b>	
	<b>160 bar; 200 °C; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; Vorverformung 40 N/mm<sup>2</sup>; Vorspannung 27 N/mm<sup>2</sup>; 7000 Spindelzyklen</b>
R-F0-20-20-00-00-C2 2 Ringe + R-F0-50-00-00-00-C3 2 Ringe	1
	<b>4 Ringe; 160 bar; 300 °C; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; Vorverformung 50 N/mm<sup>2</sup>; Vorspannung 30 N/mm<sup>2</sup>; 9000 Spindelzyklen</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1

Ermittlung: axialer Spannungsabfall, Stopfbuchsreibungskraft

<b>Einzelringe: <math>\varnothing 40 \times \varnothing 56 \times 8</math> Werkstoff</b>	<b>4 Ringe; RT Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; Vorspannung 22 N/mm<sup>2</sup>; 500 Spindelzyklen</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1

## 2.5 Wärmespannungen

<b>Einzelringe: <math>\varnothing 40 \times \varnothing 56 \times 8</math> Werkstoff</b>	
	<b>3 Ringe; Aufheizen einer mit 50 N/mm<sup>2</sup> vorverformten und mit 17,5 N/mm<sup>2</sup> vorgespannten Packung; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0;</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
	<b>Aufheizen und Abkühlen einer mit 40 N/mm<sup>2</sup> vorverformten und mit 20 N/mm<sup>2</sup> vorgespannten Packung; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0;</b>
R-F0-20-20-00-00-C2 2 Ringe + R-F0-50-00-00-00-C3 2 Ringe	1

t: Zeit

T: Temperatur

N: Anzahl Spindelzyklen

### 3 Relaxationsversuchsstand

Ermittlung: axialer Spannungsabfall

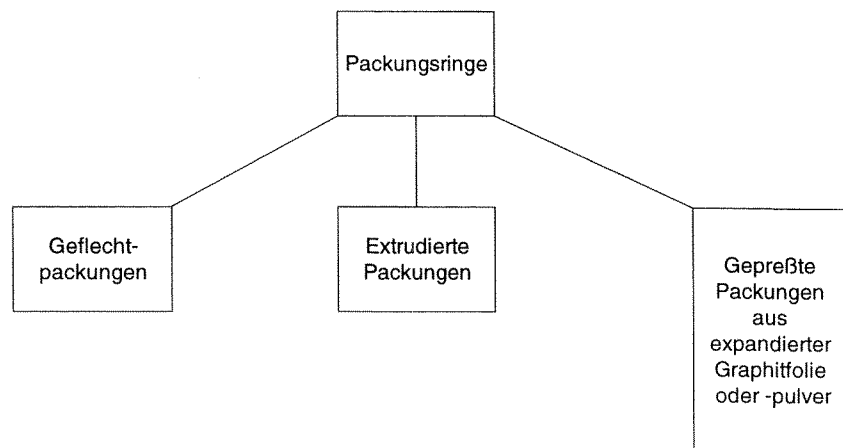
<b>Einzelringe: Ø40xØ56x8 Werkstoff</b>	
	<b>6 Ringe; 150 °C; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
	<b>6 Ringe; 300 °C; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
	<b>6 Ringe; 400 °C; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-P0-10-00-00-00-C1	1
	<b>6 Ringe; 200 °C; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
R-F0-20-20-00-00-C2	1
	<b>5 Ringe; 200 °C; Spaltmaß: Stobu 0; Grundringe 0; ohne Spindelbewegung</b>
F-F0-30-00-00-00-M2	1

### 4 Untersuchungen der HEW

Reibwerte  $\mu$  bezogen auf axiale Flächenpressung (Brillenkraft),  
Medium Stickstoff und Wasser: Ergebnisse der HEW (H. Hacker)

## Codierung der untersuchten Packungswerkstoffe

Zur Unterscheidung der entweder in Form von Einzelringen oder Meterware gelieferten Werkstoffe wurden diese zuerst nach dem Herstellverfahren unterteilt.



**Bild:** Packungsarten

Danach erfolgt eine Einteilung nach den unterschiedlichen Grundwerkstoffen sowie weiteren Angaben zu Bindemitteln und Verstärkungen bzw. Einlagen. Damit ergibt sich der folgende erweiterbare elfstellige Code zur Bezeichnung der Packungsmaterialien, **Tabelle a** und **Tabelle b**.

Stelle	Lieferform		Herstellverfahren		Grundwerkstoff		Bindemittel		Verstärkung, Einlagen		Art		Werkstoff	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
	R	F		1		0	0		0	0		0	0	
	M	W		2		1			1			1		
		P		3		2			2			2		
		E		4		3			3			3		
		S		5								4		

**Tabelle a:** Sachmerkmaliste



Stelle	
1	R=einbaufertige vorgepreßte Ringe M=Meterware
2, 3	F=Flechten W=Wickeln P=Pressen E=Extrudieren S=Sonstige
4, 5	1=flexibler Graphit 2=PTFE, rein 3=PTFE-Compound 4=Faserwerkstoff außer PTFE 5=Sonstige
6, 7	00=ohne 1=Elastomer-Basis 2=Fluorpolymer-Basis 3=Sonstige
8, 9	00=ohne 1=Garn, Draht 2=Folie 3=Formteile, z.B. Winkelringe an Kanten oder Zwischenringe bei Schichtwerkstoff usw.
10, 11	00=ohne 1=Prox-, C-, G-Fasern, organische Fasern 2=anorganische Fasern 3=Metall 4=Sonstige

**Tabelle b:** Sachmerkmaliste

Diese Art der Kurzbezeichnung ist auf alle untersuchten Packungsringprodukte anwendbar.

Ergänzend wird diesem Code noch ein Buchstabe **B** und eine Zahl **Z** angefügt. Dabei bezeichnet der angehängte Buchstabe den Hersteller des Packungsringes und die Zahl codiert die Produktbezeichnung des jeweiligen Herstellers

Das Beispiel „**R-P0-10-00-00-00-X14**“ bedeutet einbaufertig vorgepreßter Ring aus gepreßtem flexiblen Graphit ohne Bindemittel und ohne Verstärkungen bzw. Einlagen, Produkt 14 des Herstellers X.

# **1 Stauchversuchsstand**

## **1.1 Versuche an Einzelringen**