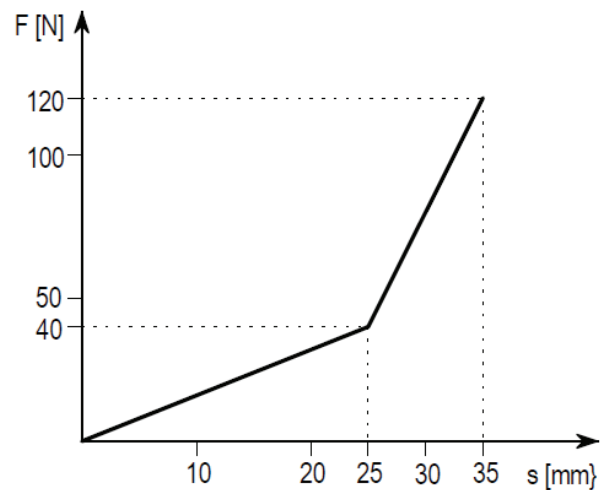
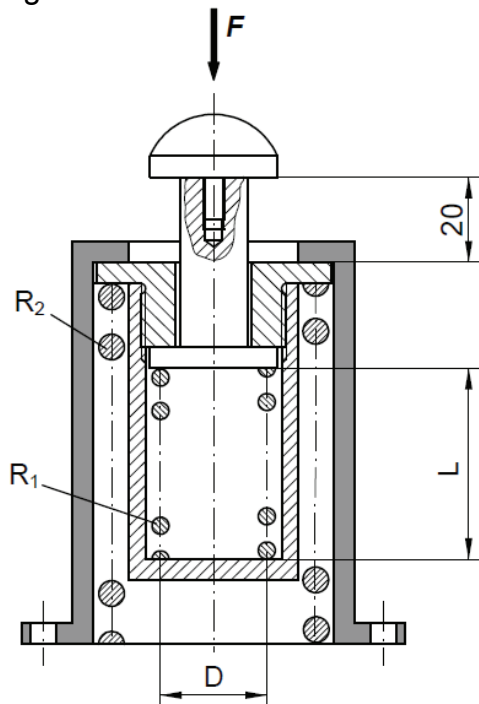


## Federpuffer

Durch einen Federpuffer (siehe untenstehende Prinzipskizze), der an einer Stützwand befestigt ist, wird die schwellende Kraft  $F$  elastisch nach der abgebildeten Kennlinie abgefangen.



**Feder 1:** Drahtdurchmesser:  $d = 2,5 \text{ mm}$   
 Federnde Windungen:  $n = 15,5$   
 Schubmodul:  $G = 83\,000 \text{ N/mm}^2$   
 Feder kaltgeformt

- Wie groß sind die Federraten  $R_1$  und  $R_2$ ?
- Bestimmen Sie den Windungsdurchmesser  $D$ . Wie groß muss die Einbaulänge  $L$  mindestens sein?
- Wie ändert sich die Federkennlinie, wenn die Feder 1 um 10 mm vorgespannt und die Feder 2 ungespannt eingebaut wird? Zeichnen Sie die Änderung qualitativ in oben stehendes Kraft-Wege-Diagramm ein.
- Ändert sich die Federsteifigkeit einer Schraubenfeder, wenn die ungespannte Länge  $L_0$  größer wird, die federnden Windungen jedoch konstant bleiben?

# Musterlösung Federpuffer

## a) Federraten

Bis  $s = 25 \text{ mm}$ : Reihenschaltung von Feder 1 ( $R_1$ ) und Feder 2 ( $R_2$ )

Von  $s = 25 - 35 \text{ mm}$ : Nur noch Feder 2 wirksam

$$R_2 = \frac{\Delta F}{s_{II}} = \frac{80}{10} = \underline{\underline{8 \text{ N/mm}}}$$

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \Rightarrow R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{40}{25} = \underline{\underline{1,6 \text{ N/mm}}}$$

$$R_1 = \frac{R_{1,2} \cdot R_2}{R_2 - R_{1,2}} = \frac{1,6 \cdot 8}{8 - 1,6} = \underline{\underline{2,0 \text{ N/mm}}}$$

## b) Windungsdurchmesser

$$D = \sqrt[3]{\frac{G \cdot d^4}{8 \cdot R \cdot n}} = \sqrt[3]{\frac{83000 \cdot 2,5^4}{8 \cdot 2 \cdot 15,5}} = \underline{\underline{23,56 \text{ mm}}}$$

Kleinste Einbaulänge

$$L_{min} = L_C + S_a + s_I = 43,75 + 13,55 + 20 = \underline{\underline{77,3 \text{ mm}}}$$

$$\text{mit } L_C = n_t \cdot d = 17,5 \cdot 2,5 = 43,75 \text{ mm}$$

$$n_t = n + 2 = 15,5 + 2 = 17,5$$

$$S_a = 1,5 \cdot \left( 0,0015 \cdot D^2 / d + 0,1 \cdot d \right) \cdot n = 1,5 \cdot \left( 0,0015 \cdot 23,56^2 / 2,5 + 0,1 \cdot 2,5 \right) \cdot 15,5 = 13,55 \text{ mm}$$

$$S_a = 9,04 \text{ mm} \quad \text{auch gültig (statische Beanspruchung vorausgesetzt)}$$

$$s_I = 20 \text{ mm}$$

## c) Federkennlinie, wenn Feder 1 vorgespannt ist

$$\text{Vorspannung: } s_{I,V} = 10 \text{ mm} \Rightarrow F_{I,V} = s_{I,V} \cdot R_1 = 10 \cdot 2 = 20 \text{ N}$$

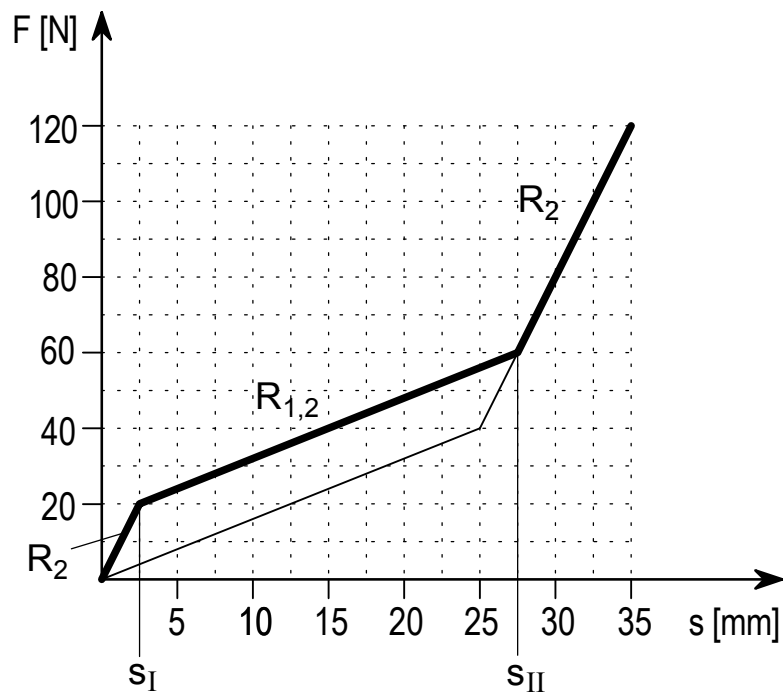
$$\text{Bis } F = 20 \text{ N nur Feder 2: } \Rightarrow s_I = \frac{F_{I,V}}{R_2} = \frac{20}{8} = 2,5 \text{ mm}$$

$$\text{Max. Kraft in Feder 1: } \Rightarrow F_{I,max} = F_{I,V} + R_1 \cdot s_I = 20 + 2 \cdot 20 = 60 \text{ N}$$

$$\text{Anschlag Feder 1: } \Rightarrow s_{II} = s_I + \frac{F_{I,max} - F_{I,V}}{R_{1,2}} = 2,5 + \frac{60 - 20}{1,6} = 27,5 \text{ mm}$$

Von  $s = 27,5$  bis  $35 \text{ mm}$  ist nur Feder 2 wirksam.

### Kennlinie Aufgabe c)



### d) Federsteifigkeit abhängig von $L$

Die Federrate ist abhängig von der Anzahl der federnden Windungen. Vergrößert man die ungespannte Federlänge  $L_0$ , wird die Steigung größer, die Federrate ändert sich jedoch nicht.