

Tellerfedern

Berechnung

DIN
2092

Disc springs; calculation

Ersatz für Ausgabe 09.90

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	2	7.1 Federpaket	6
2 Begriff	2	7.2 Federsäule	6
3 Darstellung	2	7.3 Verschiedenartige Anordnung von Einzeltellerfedern	7
4 Formelzeichen, Einheiten und Benennungen	3	7.4 Einfluß der Reibung auf die Kennlinie	8
5 Berechnungsgleichungen für die Einzeltellerfeder	4	8 Spannungen	8
5.1 Kennwerte	4	8.1 Ruhende bzw. selten wechselnde Beanspruchung	8
5.2 Federkraft	4	8.2 Schwingende Beanspruchung	8
5.3 Rechnerische Spannungen	4	9 Nachsetzen	9
5.4 Federrate	4	10 Berechnungsbeispiele	9
5.5 Federungsarbeit	4	10.1 Tellerfedern mit ruhender bzw. selten wechselnder Beanspruchung	9
6 Federkennlinie der Einzeltellerfeder	6	10.2 Tellerfedern mit schwingender Beanspruchung	10
7 Kombination von Einzeltellerfedern	6	Zitierte Normen und andere Unterlagen	1

Fortsetzung Seite 2 bis 11

Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN 2093 Tellerfedern; Maße, Qualitätsanforderungen

DIN 50 100 Werkstoffprüfung, Dauerschwingversuch, Begriffe, Zeichen, Durchführung, Auswertung

- [1] **Almen, J. O. und László, A.:** "The uniform-Section Disk Spring"; Trans. ASME **58** (1936) S. 305 bis 314
- [2] **Hertzer, K. H.:** „Über die Dauerfestigkeit und das Setzen von Tellerfedern“; Diss. TH Braunschweig 1959
- [3] **Schremmer, G.:** „Über die dynamische Festigkeit von Tellerfedern“; Diss. TH Braunschweig 1965
- [4] **Muhr, K.-H. und Niepage, P.:** „Zur Berechnung von Tellerfedern mit rechteckigem Querschnitt und Auflageflächen“; Konstruktion **18** (1966) Heft 1, S. 24 bis 27
- [5] **Muhr, K.-H. und Niepage, P.:** „Eine Methode zur schnellen und einfachen Berechnung von Tellerfedern mit Auflageflächen“; Konstruktion **19** (1967) Heft 3, S. 109 bis 111
- [6] **Bühl, P.:** „Zur Spannungsberechnung von Tellerfedern“; Draht **22** (1971) Heft 11, S. 760 bis 763
- [7] **Curti, G., Orlando, M. und Podda, G.:** „Experimentelle Nachprüfung eines neuen Berechnungsverfahrens für Tellerfedern“; Draht **31** (1980) Heft 1, Seite 26 bis 29
- [8] **Curti, G., Orlando, M. und Podda, G.:** „Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung von Tellerfedern“; Draht **31** (1980) Heft 11, S. 789 bis 792
- [9] **Curti, G. und Appendino, D.:** „Vergleich von Berechnungsverfahren für Tellerfedern“; Draht **33** (1982) Heft 1, S. 38 bis 40
- [10] **Hübner, W.:** „Deformationen und Spannungen bei Tellerfedern“; Konstruktion **34** (1982) Heft 10, S. 387 bis 392
- [11] **Niepage, P.:** „Vergleich verschiedener Verfahren zur Berechnung von Tellerfedern“; Teil I Draht **34** (1983) Heft 3, S. 105 bis 108, Teil II Draht **34** (1983) Heft 3, S. 251 bis 255
- [12] **Niepage, P.:** „Über den Einfluß der Reibung und keisgeformiger Lasteinleitungselemente auf die Kennlinie von Einzeltellerfedern und Tellerfederpaketen“; Konstruktion **36** (1984) Heft 10, S. 379–384

Frühere Ausgaben

DIN 2092: 09.57, 09.69, 06.78, 09.90

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe September 1990 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) In Abschnitt 4 wurde die Formel für h'_0 berichtigt.
- b) In der Anmerkung zu Bild 3 wurde am Ende des ersten Absatzes „sowie zusätzlich mit $E_{\text{Sonderwerkstoff}}/206\,000$ “ gestrichen.

Internationale Patentklassifikation

F 16 F 1/32

Ausschuß Federn im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm enthält alle zur Auslegung von Tellerfedern benötigten Angaben über deren Eigenschaften. Dazu gehören die Berechnungsgleichungen und Angaben über die Eigenschaften von Tellerfedern bei Verwendung als Einzeltellerfeder, im Tellerfederpaket oder in der Tellerfedersäule, Angaben über die jeweils maßgebenden Spannungen sowie Begriffsbestimmungen über das Nachsetzen und die Dauerhaltbarkeit der Tellerfedern.

2 Begriff

Tellerfedern sind in Achsrichtung belastbare kegelförmige Ringschalen, die als Einzeltellerfedern oder kombiniert zu Federpaketen bzw. aus Einzelfedern oder Federpaketen geschichteten Federsäulen sowohl ruhend als auch schwingend beansprucht werden können. Sie werden mit und ohne Auflageflächen gefertigt.

3 Darstellung

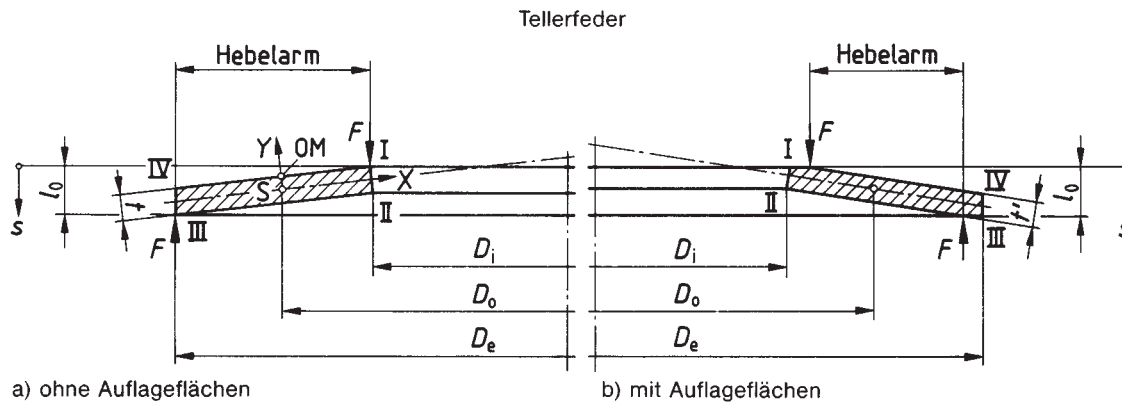


Bild 1. Einzeltellerfeder und Querschnittsstellen der rechnerischen Spannungen

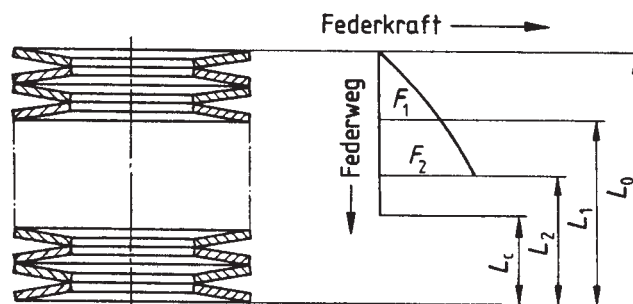


Bild 2. Beispiel einer Federsäule

4 Formelzeichen, Einheiten und Benennungen

Formelzeichen	Einheit	Benennung
D_c	mm	Außendurchmesser
D_i	mm	Innendurchmesser
D_0	mm	Durchmesser des Stülpmittelpunktkreises
E	N/mm ²	Elastizitätsmodul (siehe DIN 2093)
F	N	Federkraft des Einzeltellers ohne oder mit Auflageflächen
$F_1, F_2, F_3 \dots$	N	Federkräfte, zugeordnet den Federwegen $s_1, s_2, s_3 \dots$
F_c	N	Errechnete Federkraft bei plattgedrücktem Zustand
F_{ges}	N	Federkraft des Federpaketes, zugeordnet dem Federweg s_{ges}
$F_{ges R}$	N	Federkraft des Federpaketes, bei Berücksichtigung der Reibung
ΔF	N	Kraftabfall (Relaxation)
K_1, K_2, K_3, K_4		Kennwerte (siehe Abschnitt 5)
L_0	mm	Länge der unbelasteten Federsäule oder des unbelasteten Federpaketes
$L_1, L_2, L_3 \dots$	mm	Längen der belasteten Federsäule oder des belasteten Federpaketes, zugeordnet den Federkräften $F_1, F_2, F_3 \dots$
L_c	mm	Errechnete Länge der Federsäule oder des Federpaketes im plattgedrückten Zustand
N		Anzahl der Lastspiele bis zum Bruch
R	N/mm	Federrate
W	N/mm	Federungsarbeit
h_0	mm	Rechengröße (Federweg bis zur Planlage bei Tellerfedern ohne Auflageflächen); $h_0 = l_0 - t$
h'_0	mm	Rechengröße (Federweg bis zur Planlage bei Tellerfedern mit Auflageflächen); $h'_0 = l_0 - t'$
i		Anzahl der wechselsinnig zu einer Säule aneinandergereihten Einzelteller oder Federpakete
l_0	mm	Bauhöhe des unbelasteten Einzeltellers
Δl	mm	Längenverlust (Kriechen)
n		Anzahl der gleichsinnig zu einem Paket geschichteten Einzelteller
s	mm	Federweg des Einzeltellers
$s_1, s_2, s_3 \dots$	mm	Federwege, zugeordnet den Federkräften $F_1, F_2, F_3 \dots$
s_{ges}	mm	Federweg der Federsäule oder des Federpaketes ohne Berücksichtigung der Reibung. Empfohlener Größtwert $s_{ges} = 0,75 (L_0 - L_c)$
t	mm	Dicke des Einzeltellers
t'	mm	Reduzierte Dicke des Einzeltellers bei Tellerfedern mit Auflageflächen (Gruppe 3)
w_M, w_R		Reibungsfaktoren (siehe Tabelle 1)
$\delta = \frac{D_c}{D_i}$		Durchmesserverhältnis
μ		Poisson-Zahl
σ	N/mm ²	Rechnerische Spannung
$\sigma_{0M}, \sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}, \sigma_{IV}$	N/mm ²	Rechnerische Spannungen für die Stellen 0M, I, II, III, IV (siehe Bild 1)
σ_o	N/mm ²	Rechnerische Oberspannung bei Tellerfedern mit Schwingbeanspruchung
σ_u	N/mm ²	Rechnerische Unterspannung bei Tellerfedern mit Schwingbeanspruchung
σ_h	N/mm ²	Hubspannung, zugeordnet dem Arbeitsweg bei Tellerfedern mit Dauerschwingbeanspruchung
σ_O	N/mm ²	Oberspannung der Dauerschwingfestigkeit
σ_U	N/mm ²	Unterspannung der Dauerschwingfestigkeit
$\sigma_H = \sigma_O - \sigma_U$	N/mm ²	Dauerhubfestigkeit

5 Berechnungsgleichungen für die Einzeltellerfeder

Die im folgenden angegebenen Berechnungsgleichungen gelten für Tellerfedern ohne und mit Auflageflächen.

Tellerfedern mit Auflageflächen müssen die gleiche Auslegungskraft F ($s = 0,75 h_0$) aufweisen wie Tellerfedern ohne Auflageflächen mit den gleichen Maßen D_c , D_i und l_0 . Die Auflageflächen bewirken eine Hebelarmverkürzung. Der daraus resultierenden Krafterhöhung wird durch eine Reduzierung der Tellerdicke entgegengewirkt.

Wegen der Forderung nach gleicher Bauhöhe l_0 muß dann die Tellerfeder mit Auflageflächen einen höheren Aufstellwinkel aufweisen. Dies hat einen Kennlinienverlauf zur Folge, der von dem der Tellerfeder ohne Auflageflächen bis auf den gemeinsamen Auslegungspunkt bei $s = 0,75 h_0$ geringfügig abweicht und bei dem sich der Federweg bis zur Planlage verändert (siehe Bild 3).

Die Reduzierung der Tellerdicke liegt im Mittel wie folgt:

Tabelle 1.

Reihe	A	B	C
t'/t	0,94	0,94	0,96

Zur Berechnung von Tellerfedern unterschiedlicher Ausführung und Belastungsart sind zahlreiche Veröffentlichungen erschienen [1] bis [12].

5.1 Kennwerte

$$\delta = \frac{D_c}{D_i} \quad (1)$$

$$K_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\left(\frac{\delta-1}{\delta}\right)^2}{\frac{\delta+1}{\delta-1} - \frac{2}{\ln \delta}} \quad (2)$$

$$K_2 = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{\frac{\delta-1}{\ln \delta} - 1}{\ln \delta} \quad (3)$$

$$K_3 = \frac{3}{\pi} \cdot \frac{\delta-1}{\ln \delta} \quad (4)$$

$$K_4 = \sqrt{-\frac{C_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{C_1}{2}\right)^2 + C_2}} \quad (5)$$

mit

$$C_1 = \frac{\left(\frac{t'}{t}\right)^2}{\left(\frac{1}{4} \cdot \frac{l_0}{t} - \frac{t'}{t} + \frac{3}{4}\right) \left(\frac{5}{8} \cdot \frac{l_0}{t} - \frac{t'}{t} + \frac{3}{8}\right)}$$

$$C_2 = \frac{C_1}{\left(\frac{t'}{t}\right)^3} \left[\frac{5}{32} \left(\frac{l_0}{t} - 1\right)^2 + 1 \right]$$

Für Tellerfedern ohne Auflageflächen ist $K_4 = 1$.

Für Tellerfedern mit Auflageflächen ist K_4 nach Gleichung (5) zu berechnen und in den nachfolgenden Gleichungen

t' statt t und

$h'_0 = l_0 - t'$ statt h_0

zu setzen.

5.2 Federkraft

$$F = \frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^4}{K_1 \cdot D_c^2} \cdot K_4^2 \cdot \frac{s}{t} \left[K_4^2 \cdot \left(\frac{h_0}{t} - \frac{s}{t}\right) \left(\frac{h_0}{t} - \frac{s}{2t}\right) + 1 \right] \quad (6)$$

$$F_c = F(s = h_0) = \frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^3 \cdot h_0}{K_1 \cdot D_c^2} \cdot K_4^2 \quad (7)$$

5.3 Rechnerische Spannungen

$$\sigma_{0M} = -\frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_c^2} \cdot K_4 \cdot \frac{s}{t} \cdot \frac{3}{\pi} \quad (8)$$

$$\sigma_I = -\frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_c^2} \cdot K_4 \cdot \frac{s}{t} \left[K_4 \cdot K_2 \left(\frac{h_0}{t} - \frac{s}{2t}\right) + K_3 \right] \quad (9)$$

$$\sigma_{II} = -\frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_c^2} \cdot K_4 \cdot \frac{s}{t} \left[K_4 \cdot K_2 \left(\frac{h_0}{t} - \frac{s}{2t}\right) - K_3 \right] \quad (10)$$

$$\sigma_{III} = -\frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_c^2} \cdot K_4 \cdot \frac{1}{\delta} \cdot \frac{s}{t} \left[K_4 \cdot (K_2 - 2K_3) \cdot \left(\frac{h_0}{t} - \frac{s}{2t}\right) - K_3 \right] \quad (11)$$

$$\sigma_{IV} = -\frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_c^2} \cdot K_4 \cdot \frac{1}{\delta} \cdot \frac{s}{t} \left[K_4 \cdot (K_2 - 2K_3) \cdot \left(\frac{h_0}{t} - \frac{s}{2t}\right) + K_3 \right] \quad (12)$$

Positive Spannungen sind Zugspannungen. Negative Spannungen sind Druckspannungen.

5.4 Federrate

$$R = \frac{dF}{ds} = \frac{4E}{1-\mu^2} \cdot \frac{t^3}{K_1 \cdot D_c^2} \cdot K_4^2 \cdot \left[K_4^2 \left\{ \left(\frac{h_0}{t}\right)^2 - 3 \cdot \frac{h_0}{t} \cdot \frac{s}{t} + \frac{3}{2} \left(\frac{s}{t}\right)^2 \right\} + 1 \right] \quad (13)$$