

Sonderwerte:

Kurbelzapfen an Dampfmaschinen auf Weißmetall	60—70	kg/cm ²
Kurbelzapfen an Fördermaschinen auf Weißmetall	90—120	„
Kurbelzapfen an Verbrennungsmaschinen auf Weißmetall	100—120	„
Kurbelzapfen an Maschinen auf Schnelldampfern	40—50	„
Kurbelzapfen an Torpedobootmaschinen	60—70	„
Kurbelzapfen an Lokomotiven	115—140	„
Kurbelzapfen an Lokomotiven, auf den vollen Kesseldruck gerechnet, bis zu	175	„
Kurbelzapfen an Stanzen und Lochmaschinen, Stahl auf Bronze	200	„
Wellenzapfen an Dampfmaschinen, Stahl auf Weißmetall	15—25	„
Wellenzapfen an Fördermaschinen unter Berücksichtigung des Eigengewichts der Welle mit Trommel und des Seilzuges	20—28	„
Wellenzapfen an Gasmaschinen, Stahl auf Weißmetall	bis 30	„
Wellenzapfen an Maschinen auf Schnelldampfern, Stahl auf Weißmetall	16—22	„
Wellenzapfen an Kriegsschiffsmaschinen, Stahl auf Weißmetall	18—25	„
Wellenzapfen an Torpedobootmaschinen, Stahl auf Weißmetall	28—38	„

Für die nur schwingenden Kreuzkopfzapfen gilt:

an Dampfmaschinen, Stahl auf Bronze	80—90	kg/cm ²
an Fördermaschinen, Stahl auf Bronze	100—130	„
an Gasmaschinen, Stahl auf Bronze	100—150	„
an Lokomotiven, Stahl auf Bronze	150—250—300	„
an Torpedobootmaschinen, Stahl auf Bronze	120—150	„

Bei diesen Werten, mit Ausnahme des Falles, daß gehärteter Stahl auf gehärtetem Stahl ruht oder mit geringer Geschwindigkeit läuft, tritt Abnutzung ein; die Lager müssen deshalb nachstellbar eingerichtet werden, wenn kein Spiel entstehen darf.

2. Berechnung auf Festigkeit.

Ruhigen Lauf vorausgesetzt, sind der Festigkeitsrechnung die größten auftretenden Kräfte, selbst, wenn sie nur ganz kurze Zeit wirken, und die Werte der Zusammenstellung 2, S. 12 unter Berücksichtigung der Art der Beanspruchung, ob schwellend oder wechselnd, zugrunde zu legen. Bei stoßweisem Betriebe, an Pumpen, Stanzen usw. sind jene Werte auf ²/₃ bis ¹/₂ zu ermäßigen. Die Kraft für die Festigkeitsrechnung wird also nicht selten eine andere sein, wie die für die Ermittlung des Flächendrucks, vgl. Zahlenbeispiel 2.

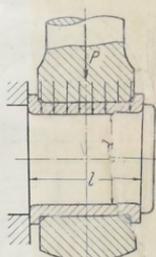


Abb. 1109. Zur Berechnung eines Stirnzapfens.

Der zylindrische Stirnzapfen, Abb. 1109, darf als einseitig eingespannter Körper betrachtet werden und ist demnach, gleichmäßige oder zur Zapfenmitte symmetrische Verteilung der Flächenpressung vorausgesetzt, auf das Biegemoment:

$$M_b = \frac{P \cdot l}{2} = W \cdot \sigma_b = k_b \cdot W$$

zu berechnen, woraus sich bei angenommener Form die Beanspruchung oder umgekehrt das Widerstandsmoment W bestimmen läßt. Für den wichtigsten Fall, den vollen Zapfen, wird:

$$\sigma_b = \frac{16 Pl}{\pi d^3} \approx \frac{5 \cdot Pl}{d^3} \tag{327}$$

oder:
$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{Pl}{2 \cdot k_b} \quad \text{und} \quad d = \sqrt[3]{\frac{5 P \cdot l}{k_b}} \tag{328}$$

In Verbindung mit Formel (326) ergibt sich eine Beziehung zwischen dem Durchmesser und der Länge, welche das Verhältnis beider und damit die Form des Zapfens so zu wählen gestattet, daß die Festigkeit und der zulässige Auflagedruck möglichst vollständig ausgenutzt werden. Aus $P = \frac{k_b \cdot d^3}{5l} = p \cdot d \cdot l$ folgt nämlich:

$$\frac{l}{d} \approx \sqrt{\frac{k_b}{5p}} \tag{329}$$

Hervorgehoben sei aber, daß diese Formel lediglich für zylindrische Stirnzapfen und zwar unter der Voraussetzung gilt, daß die Kraft für die Berechnung auf Biegung die gleiche, wie für diejenige auf Flächendruck ist und daß sich schließlich die Sicherheit gegen Warmlaufen bei der Nachrechnung genügend groß ergibt. Den Zusammenhang zwischen den Größen der Formel (329) verdeutlicht auch Zusammenstellung 119, in der die zu bestimmten Flächendrücken p und Verhältnissen $\frac{l}{d}$ gehörigen

Biegespannungen σ_b berechnet sind. Aus ihr geht deutlich hervor, daß höherer Flächendruck kurze, dicke Zapfen bedingt oder daß lange Zapfen nur niedrigen Flächendruck vertragen, wenn die Biegespannung nicht sehr hoch werden soll. Will man für k_b mindestens 350 kg/cm^2 zulassen, aber unter 800 kg/cm^2 bleiben, so sind die durch das eingerahmte Gebiet gekennzeichneten Zapfen zweckmäßig.

Zusammenstellung 119. Zusammenhang zwischen dem Flächendruck p , dem Verhältnis $\frac{l}{d}$ und der Beanspruchung auf Biegung σ_b an zylindrischen Stirnzapfen.

$p =$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	kg/cm^2	
$\frac{l}{d} =$	1	50	100	150	200	250	300	σ_b 350	400	450	500	600	750	kg/cm^2
	1,2	72	144	216	288	360	432	504	576	648	720	862	1080	„
	1,5	89	178	267	356	445	534	623	712	801	890	1068	„	
	1,8	162	324	486	648	810	972	1130	1296					„
	2,0	200	400	600	800	1000	1200							„
	2,2	242	484	725	967	1210								„
	2,4	288	577	865	1150									„

Am Gabelzapfen, Abb. 1110, dessen gefährlicher Querschnitt in der Mitte liegt, wird — wiederum unter Annahme gleichmäßiger Verteilung des Flächendrucks, sowohl an den Lauf-, wie an den Stützflächen:

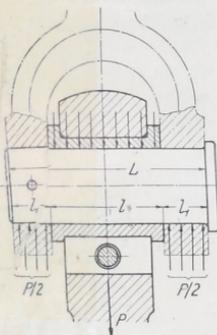


Abb. 1110. Belastung eines Gabelzapfens.

$$M_b = \frac{P}{2} \left[\left(\frac{l+l_1}{2} \right) - l \right] = \frac{P}{8} (l + 2l_1) = \frac{P \cdot L}{8},$$

wenn L die Gesamtlänge des belasteten Teils des Bolzens bedeutet. Für den vollen Zapfen wird ähnlich wie oben:

$$\sigma_b = \frac{4 P \cdot L}{\pi d^3} \approx \frac{1,25 \cdot P \cdot L}{d^3} \tag{330}$$

oder:

$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{P \cdot L}{8 \cdot k_b} \quad \text{und} \quad d \approx \sqrt[3]{\frac{1,25 \cdot P \cdot L}{k_b}} \tag{331}$$

Mit $P = p \cdot d \cdot l$ läßt sich entsprechend der Formel (329) die Beziehung:

$$\frac{k_b \cdot d^3}{1,25 L} = p \cdot d \cdot l$$

ableiten, die mit dem vielfach üblichen Werte $L = 1,5 l$, bei welchem an den Stützflächen doppelt so hoher Flächendruck, wie an der Lauffläche zugelassen ist, übergeht in:

$$\frac{l}{d} = \sqrt{\frac{k_b}{1,88 p}} \tag{332}$$

Die Formel gestattet wieder unter der Bedingung, daß die gleiche Kraft für die Berechnung auf Biegung und Flächendruck maßgebend ist, das vorteilhafteste Verhältnis von l zu d an Gabelzapfen zu bestimmen. (Die Sicherheit gegen Warmlaufen braucht an den Gabelzapfen selten berücksichtigt zu werden, weil dieselben nur für schwingende Bewegungen in Betracht kommen.)

Zusammenstellung 120 gilt für Gabelzapfen unter den gleichen Voraussetzungen, die bei der Zusammenstellung 119 für Stirnzapfen angegeben sind. Nach der Formel (332)

