

§. 4. **Von den Spurzapfen.** Unter Spurzapfen versteht man die Zapfen, welche den in der Axenrichtung wirkenden Druck stehender Wellen aufzunehmen haben. Dieser Druck setzt sich zusammen aus dem Gewichte der Wellen und der auf ihnen angebrachten Maschinentheile (Räder zc.) und aus den Verticalcomponenten etwaiger schief auf die Axen wirkenden Kräfte. Die Spurzapfen bilden meist den untersten Theil der stehenden Wellen, doch giebt es auch Fälle, in denen die hohl gebildeten Wellen in ihrem oberen Theile mit einem Zapfen versehen sind, welcher durch ein Spurlager gestützt wird, das auf einem im Innern der hohlen Axe angebrachten Ständer befindlich ist. Beispiele hierzu sind die sogenannten Oberwasserzapfen bei Turbinen sowie die Zapfen gewisser pendelnd aufgehängter Centrifugalmaschinen. Bei den Krähnen mit fester Krähnsäule dreht sich das in dem drehbaren Krähngestelle befindliche Spurlager um den im obersten Theile der Krähnsäule angebrachten festen Spurzapfen.

Die Spurzapfen werden durch den axialen Druck immer auf ihre rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen. Eine Berechnung ihrer Stärke mit Rücksicht auf ihre Festigkeit gegen Zerdrücken würde in fast allen Fällen so geringe Querdimensionen ergeben, daß die Abnutzung der Zapfen und insbesondere der stützenden Lagerflächen sehr bedeutend werden müßte. Insbesondere würde die Abnutzung und Erwärmung des Zapfens bei großen Geschwindigkeiten beträchtlich ausfallen und es ist daher gerechtfertigt, den Zapfendurchmesser mit Rücksicht auf die Umdrehungszahl der Axe zu bestimmen. Bei solchen Zapfen, welche einer nur geringen Bewegung ausgesetzt sind, wie die Spurzapfen von Drehscheiben, Krähnen zc., mag die Bestimmung der Zapfenstärke  $d$  mit Rücksicht auf die rückwirkende Festigkeit genügen. Bezeichnet in diesem Falle  $p$  die zulässige Belastung für einen Quadratmillimeter und  $P$  den gesammten Zapfendruck, so findet man den Zapfendurchmesser aus der Beziehung

$$\frac{\pi}{4} d^2 p = P \text{ zu } d = \sqrt{\frac{4P}{\pi p}} = 1,13 \sqrt{\frac{P}{p}}.$$

Hierin kann man nach Tredgold für Zapfen von Stahl  $p = 5$  Kilogramm und für Bronze etwa  $p = 1$  Klgr. annehmen. Für die Zapfen schneller gehender Wellen giebt Reuleaux die Formel:

$$d = 0,17 \sqrt{Pn},$$

worin  $n$  die Anzahl der Umdrehungen pro Minute bedeutet. Dieser Angabe entspricht ein zulässiger Druck  $p$  pro Quadratmillimeter, welcher sich aus

$$0,17 \sqrt{Pn} = 1,13 \sqrt{\frac{P}{p}}$$

ergiebt zu:

$$p = \left( \frac{1,13}{0,17} \right)^2 \cdot \frac{1}{n} = \frac{44,2}{n} \text{ Kilogramm.}$$

Dem entsprechend beträgt

bei	$n = 150$	300	450	600	1000	Umdrehungen
der zulässige Druck $p$ für 1 Quadratmillimeter = 0,3		0,15	0,10	0,075	0,044	Kilogramm.

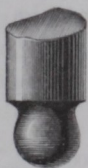
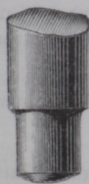
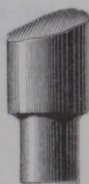
Die Form der Spurzapfen pflegt man im Allgemeinen cylindrisch zu machen, indem man die Grundfläche entweder eben mit leicht abgerundetem Rande, Fig. 39, oder wenig gewölbt, Fig. 40, ausbildet. Nur wenn die Axc beträchtlichen Stoßwirkungen oder seitlichem Schwanken ausgesetzt ist,

Fig. 39.

Fig. 40.

Fig. 41.

Fig. 42.



wie z. B. bei den sogenannten Kollergängen oder verticalen Mahlgängen der Fall ist, pflegt man die Zapfen kugelförmig nach Fig. 41 abzdrehen, weil in solchem Falle ein cylindrischer Zapfen starke seitliche Pressungen veranlassen würde. Die conische Form der Spurzapfen, Fig. 42, findet sich nur bei gewissen Arbeitmaschinen, z. B. bei den Spindeln leichter Drehbänke, bei welchen man besonderen Werth auf die genaue Erhaltung einer constanten Drehaxe legt. Der normale Seitendruck eines solchen conischen Zapfens gegen sein Spurlager ist zwar wegen der Keilwirkung größer, als der in der Richtung der Axc stattfindende Druck, und daher auch die Reibung größer, als die eines cylindrischen Zapfens mit ebener Endfläche, aber, da man den conischen Zapfen nur wenig in das Spurlager eintreten zu lassen braucht, so wird dadurch der Weg der Zapfenreibung und somit das Arbeitsmoment derselben wesentlich herabgezogen. Dies ist der Hauptgrund, warum man die conischen Zapfen vielfach bei den Spindeln der Spinnmaschinen anwendet, da die Reibung dieser meist in großer Anzahl auftretenden (in einzelnen Spinnereien über hunderttausend), und mit äußerster Geschwindigkeit

(3000 bis 4000 Umgänge pro Minute) rotirenden Spindeln ein beträchtliches Arbeitsmoment erfordert.

Die Versuche, die man gemacht hat, den conischen Spurzapfen durch einen nach der sogenannten Antifrictionscurve \*) (s. Thl. I, S. 354) profilirten Umdrehungskörper zu ersetzen, haben bislang zu einer allgemeinen Verwendung solcher Zapfen nicht geführt, wenn auch in einzelnen Fällen, z. B. bei Kreiselpumpen, diese Zapfen zur Anwendung gekommen sind.

Beispiele. 1. Der drehbare Ausleger eines Krahns von 10 000 Kilogramm Tragfähigkeit hat inclusive Windwerk und Krahnsäule ein Gewicht von 2500 Kilogramm; wie stark ist der gußstählerne Spurzapfen zu machen?

Nimmt man die höchstens zulässige Belastung  $p$  des Zapfens zu 5 Kilogramm pro Quadratmillimeter an, so folgt die erforderliche Zapfenfläche zu

$$\frac{12\,500}{5} = 2500 \text{ Quadratmillimeter,}$$

wozu ein Zapfendurchmesser von

$$56,4 = \text{rot. } 60 \text{ Millimeter}$$

gehört.

2. Wie groß ist die Stärke des Spurzapfens einer Turbine zu machen, deren Laufrad incl. Welle und Zahngetriebe ein Gewicht von 600 Kilogramm hat, und in der Minute 160 Umdrehungen macht, und wie groß ist die Arbeit, welche durch die Zapfenreibung aufgezehrt wird? Nimmt man den zulässigen Zapfendruck

$$p = \frac{44,2}{160} = 0,276 \text{ Kilogramm,}$$

so ist die Zapfenfläche zu

$$\frac{600}{0,276} = 2174 \text{ Quadratmillimeter}$$

zu machen, wozu der Durchmesser

$$d = 52,6 = \text{rot. } 52 \text{ Millimeter}$$

gehört. Legt man einen Reibungscoefficienten von 0,1 zu Grunde, so beträgt die durch die Reibung aufgezehrte Arbeitskraft:

$$0,1 \cdot 600 \cdot \frac{2}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,052 \cdot \frac{160}{60} = 17,5 \text{ Meterkilogramm pro Secunde.}$$

§. 5. **Kammzapfen.** Je geringer man den auf die Flächeneinheit der Zapfenfläche kommenden Druck annimmt, desto größer wird natürlich der Zapfendurchmesser  $d$  und daher auch das Moment der Zapfenreibung, welches nach (I. §. 193) bei einem ebenen Zapfen gleich  $\frac{1}{3} d \cdot \varphi P$  zu setzen ist. Mit diesem Moment wächst nicht nur die von der Reibung consumirte Arbeitsgröße, welche bei jeder Umdrehung  $\frac{2}{3} d \pi \cdot \varphi P$  beträgt, sondern auch die mit dieser Arbeit proportional vorauszusetzende räumliche Abnutzung, d. h. der cubische Inhalt des durch den Verschleiß abgeführten

\*) Hierüber, sowie über die Berechnung der Zapfenreibungsmomente vergl. einen Artikel von Reye, Civil-Ingenieur 1860. Heft 3 u. 4 und daraus in Zeitschrift deutsch. Ing. Bd. V, S. 200.