

man für die gleichbelastete gusseiserne Achse die Achsenkopfdicke aufsucht (siehe §. 130 ff.) und diese mit 1,55 (d. i. mit der $\sqrt[3]{\frac{1}{2}}$ aus dem Verhältniss der Tragmodel 7,5 für Gusseisen, 2 für Holz) multipliziert. Der so erhaltene Durchmesser kann für einzelne Fälle zu klein ausfallen, wenn nämlich etwa die Arme in den Achsenkörper eingesteckt, überhaupt der Baum verschwächt werden muss, reicht aber bei Belastung des vollen Querschnittes aus. Fällt er kleiner aus, als es die Zapfenverbindung, siehe §. 102, verlangt, so ist der von dieser geforderte Durchmesser des Achsenchenkels für die ganze Achse maassgebend. Die Wahl zwischen eisernen und hölzernen Wasserradachsen muss sich nach lokalen Preisen und Verhältnissen richten.

Beispiel. Eine Wasserradachse von 2700 mm Schenkellänge sei so belastet, dass sie gusseiserne Zapfen von 90 mm Dicke und danach von 135 mm Länge erhalten müsse. Gemäss §. 130 ist dann die Achsenkopfdicke zu nehmen: $D = 90 \cdot \sqrt[3]{2700 : 68} \sim 90 \cdot \sqrt[3]{40} = 308 \text{ mm}$. Bei der Ausführung in Holz ist daher mindestens zu machen: $D' = 1,55 \cdot 308 = 477 \text{ mm}$.

Neuntes Kapitel.

W E L L E N.

§. 144.

Berechnungsart der cylindrischen Wellen.

Der Maschinenbau versteht unter Wellen diejenigen Achsen, welche verdrehende Kraftmomente zu übertragen bestimmt sind. Dieselben müssen für diesen Zweck solche Abmessungen erhalten, dass sie 1) fest genug sind, und dass sie 2) durch die verdrehende Kraft nicht zu stark verwunden werden. In der Regel erfahren die Wellen ausser der Beanspruchung auf Drehung auch noch solche auf Biegung durch die Gewichte und Pressungen der auf ihnen sitzenden Räder, Rollen, Hebel u. s. w. Vorerst soll indessen hierauf keine Rücksicht genommen und auch nur für die vollen cylindrischen schmied- und gusseisernen Wellen die Berechnungsart angegeben werden.

Es bezeichne für eine solche Welle:

P die verdrehende Kraft,

R den Hebelarm, an welchen sie angreift,

N die Anzahl der Pferdestärken, welche die Welle überträgt,

n die Anzahl ihrer minutlichen Umdrehungen,

d den Wellendurchmesser,

L die Länge der Welle (ausnahmsweise) in Meter,

ϑ^0 den Verdrehungswinkel in Graden,

\mathfrak{S} die durch die Verdrehung am Wellenumfang hervorgerufene Spannung,

G den Drehungsmodul ($\frac{2}{5}$ des Elastizitätsmoduls) des Materials,

so ist zu nehmen bei blosser Berücksichtigung der Festigkeit:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \mathfrak{S}} P R} \dots \dots \dots (129)$$

und bei blosser Berücksichtigung der Verdrehung:

$$d = \sqrt[4]{\frac{32}{\pi G} \frac{1000 \cdot L}{\vartheta^0} \frac{360}{2\pi} P R} \dots \dots \dots (130)$$

Um dieselbe Sicherheit bei den Wellen anzuwenden, welche bei den Zapfen gebraucht wurde, dürfte \mathfrak{S} (vergl. §. 5) nur $\frac{1}{5}$ der dort eingeführten Spannung betragen; man findet indessen in guten Ausführungen die Spannungen selbst so hoch wie jene, weshalb wir für Schmiedeisen $\mathfrak{S} = 6$, für Gusseisen $\mathfrak{S} = 3$ einführen können. Hiermit erhält man bei blosser Rücksicht auf die Festigkeit

für schmiedeiserne Wellen

$$d = 0,95 \sqrt[3]{P R} = 84,7 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \dots \dots \dots (131)$$

für gusseiserne Wellen

$$d = 1,19 \sqrt[3]{P R} = 106,7 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \dots \dots \dots (132)$$

In Bezug auf die Verdrehung ist es zweckmässig, den Verdrehungswinkel ϑ nicht über $\frac{1}{4}^0$ auf den laufenden Meter zu machen, d. i. zu setzen $\vartheta^0 = 0,25 L$. Hiermit erhält man aus (132) bei blosser Rücksicht auf die Verdrehung:

für schmiedeiserne Wellen:

$$d = 4,13 \sqrt[4]{P R} = 120 \sqrt[4]{\frac{N}{n}} \dots \dots \dots (133)$$

und für gusseiserne Wellen:

$$d = 4,91 \sqrt[4]{PR} = 143 \sqrt[4]{\frac{N}{n}} \dots \dots \dots (134)$$

Hierzu sei bemerkt, dass sich der sogenannte Effektquotient $\frac{N}{n}$ aus dem statischen Momente PR nach dem Ausdrucke

$$PR = \frac{60 \cdot 75 \cdot 1000}{2\pi} \frac{N}{n} = 716198 \frac{N}{n} \sim 716200 \frac{N}{n} \quad (135)$$

berechnet. Nach den vorstehenden Formeln ist die folgende Tabelle über die schmiedeisernen Wellen berechnet. Sie zeigt, dass eine Welle zwar eine völlig genügende Sicherheit gegen bleibende Formänderung haben kann und trotzdem viel zu dünn sein kann, um eine genügend kleine Verwindung durch ihre Beanspruchung zu erfahren. Würde z. B. eine 8 m lange Welle an einem Ende mit einer verdrehenden Kraft von 100 kg an einem Arme von 500 mm angegriffen, und hätte die Aufgabe, dieses Drehmoment von 50 000 kg \times mm am anderen Ende abzugeben, so würde sie nach Z. 2 fest genug sein bei 35 mm Dicke. Dieselbe Zeile Spalte 4 zeigt aber, dass dann diese Welle nahe 10 mal zu stark auf Verdrehung beansprucht wäre, also nach dem Obigen eine Verwindung von $10 \cdot 8 \cdot \frac{1}{4} = 20^\circ$ erfahren würde. Soll die Verdrehung die oben angenommene von $\frac{1}{4}^\circ$ auf den laufenden Meter sein, so hat man nach Zeile 7 bis 8, Spalte 4, eine Wellendicke von etwa 63 mm zu wählen, was nach Spalte 2 ungefähr einer Versechsfachung ihrer Festigkeit entspricht.

Die Rücksicht auf den Verdrehungswinkel ist bei kurzen Wellenstücken, z. B. Wellenhälsen zwischen zwei Rädern u. s. w., unwichtig, weil bei diesen ϑ meist von selbst klein genug ausfällt. Man hat im Grunde genommen in jedem besonderen Falle die Länge der Welle, beziehentlich die Wichtigkeit der Vermeidung grosser Verdrehungswinkel in Betracht zu ziehen.

Für die gusseisernen Wellen kann man die Tabelle ebenfalls benutzen, indem man den zu ermittelnden Werth von d bei dem Zweifachen des gegebenen Werthes von PR oder $N:n$ sucht.

Für Gussstahl würde, da dessen Tragmodul $\frac{5}{3}$ mal so gross ist, also der des Schmiedeisens, die auf blosse Festigkeit berechnete Welle $\sqrt[3]{0,6}$ d. i. 0,84 mal, die auf blosse Verdrehung berechnete $\sqrt[3]{0,6}$ d. i. 0,88 mal so dick zu nehmen sein, als die gleichwerthige schmiedeiserne Welle.

Anmerkung: Wellen, welche starken Wechsellasten von lebendigen Kräften ausgesetzt sind, wie z. B. die Mühlspindeln (Mühleisen) finden sich bedeutend stärker ausgeführt, als obige Formeln angeben; sie sind besondere Konstruktionen, welche sich den allgemeinen Vorschriften, die wir hier vor uns haben, entziehen.