$3\frac{1}{4}$ und $4\frac{1}{3}$fache der Wandstärke. Dies Verhältnifs für die Länge der Nabe ist oft noch von andern Rücksichten abhängig, wie z. B. bei den Naben der Zahnräder; das hier festgestellte ist als das kleinste zu betrachten.

Obwohl die hier berechneten Verhältnisse für cylindrische Wellen und für Naben gelten, welche nur durch die Reibung der Keile gehalten werden, so behält man sie doch auch für andere Formen und Konstruktionen bei, da sie mit der Annahme der Praxis sehr gut übereinstimmen.

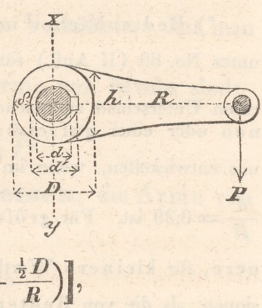
Ueber die Naben-Dimensionen für hohle Wellen siehe den § 118 bei Taf. 17. Fig. 13.

Berechnung der Arme für Naben und Wellkränze.

§ 116. Zuweilen schliefsen sich an die Nabe unmittelbar Arme (fr. *bras* — engl. *arms*) an, durch welche der Druck entweder von der Welle weiter übertragen wird, oder welche den Druck an die Welle übertragen. Der Querschnitt solcher Arme ist gewöhnlich rechteckig, oder auch T- oder kreuzförmig; man stellt jedoch immer nur den rechteckigen Querschnitt in Rechnung, und vernachlässigt etwaige Verstärkungsrippen.

Bezeichnet man die Anzahl der Arme, auf welche sich der Druck vertheilt, mit . . . . z,
die Höhe der Arme, d. i. die Dimension in der Richtung des Druckes mit . . . . h,
die Dicke der Arme mit . . . . c,
die Länge der Arme vom Mittelpunkt der Welle gemessen mit . . . . R,
den Durchmesser der Welle mit . . . . d,
den äufsern Durchmesser der Nabe mit . . . . . D,

so ist der Druck am Ende des Hebelarms R aus dem Torsions-Momente der Welle zu finden, und da die Anhaftungsfläche des Armes an der Nabe die Bruchfläche des Armes ist, so ergiebt sich nach einer einfachen Betrachtung



$$\frac{1}{16}\frac{\pi d^3}{Rz}\left(R-\tfrac{1}{2}D\right)k' = \tfrac{1}{6}ch^2 \,.\, k,$$

nimmt man $c = xh$, so findet sich:

$$h = 1{,}05\,d\sqrt[3]{\left[\frac{1}{z\,.\,x}\,.\,\frac{k'}{k}\left(1-\frac{\frac{1}{2}D}{R}\right)\right]},$$

für eiserne Wellen ist nach der Tabelle **XXI** durchschnittlich $D = 2d$, für hölzerne Wellen und gufseiserne Naben ist $D = \frac{4}{3}d$. Man findet hiernach den Werth von h:

a) wenn die Welle und die Arme von demselben Material sind:

$$h = 1{,}05\,d\sqrt[3]{\left[\frac{1}{xz}\left(1 - \frac{d}{R}\right)\right]};$$

b) wenn die Welle von Schmiedeeisen, die Arme von Gufseisen sind:

$$h = 1{,}19\,d\sqrt[3]{\left[\frac{1}{xz}\left(1 - \frac{d}{R}\right)\right]};$$

c) wenn die Welle von Holz, und die Arme von Gufseisen sind:

$$h = 0{,}55\,d\sqrt[3]{\left[\frac{1}{xz}\left(1 - \frac{2d}{3R}\right)\right]}.$$

Gewöhnlich macht man für **eiserne Arme:**

$$c = \tfrac{1}{5}h, \quad x = \tfrac{1}{5},$$

und dann gehen die Formeln über in folgende:

d) wenn die Welle und die Arme von **demselben Material** sind *):

$$h = \frac{1{,}8\,d}{\sqrt[3]{z}}\sqrt[3]{\left(1 - \frac{d}{R}\right)},$$

e) wenn die Welle von **Schmiedeeisen,** und die Arme von **Gufseisen** sind:

$$h = \frac{2{,}0\,d}{\sqrt[3]{z}}\sqrt[3]{\left(1 - \frac{d}{R}\right)}$$

---

*) Redtenbacher in seinen »Resultaten für den Maschinenbau« giebt unter No. 89 (II Aufl.) für die Armstärke der Zahnräder $h = \frac{1{,}7\,d}{\sqrt[3]{z}}$, ohne einen Unterschied zu machen, ob d der Durchmesser einer schmiedeeisernen oder einer gufseisernen Welle ist. Die Formel stimmt mit der von uns entwickelten, wenn im ersten Falle $\frac{d}{R} = 0{,}16$, im andern Falle, wenn $\frac{d}{R} = 0{,}39$ ist. Für gröfsere Werthe von $\frac{d}{R}$ giebt unsere Formel kleinere, für kleinere Werthe von $\frac{d}{R}$ giebt unsere Formel gröfsere Dimensionen, als die von Redtenbacher.

f) wenn die Welle von **Holz** und die Nabe von **Gufseisen** ist:

$$h = \frac{0{,}94\,d}{\sqrt[3]{x}} \sqrt[3]{\left(1 - \frac{2d}{3R}\right)}.$$

Es sei z. B. der Arm einer gufseisernen Kurbel zu bestimmen, welcher 18 Zoll lang ist; die schmiedeeiserne Welle übertrage eine Kraft von 36 Pferden bei 40 Umdrehungen in einer Minute, mit achtfacher Sicherheit. Man hat $\frac{N}{n} = 0{,}9$, daher nach Tab. XVII $d = 6$ Zoll: $\frac{d}{R} = \frac{1}{3}$; $x = 1$; $h = 2d\sqrt[3]{\frac{2}{3}}$, folglich die Höhe des Arms an der Nabe: $h = 1{,}75\,d = 10\frac{1}{2}$ Zoll; $c = 2{,}1$ Zoll; die Wandstärke der Nabe $\delta = 3$ Zoll, der Durchmesser des Nabensitzes 7 Zoll, der äufsere Durchmesser 13 Zoll, die Länge der Nabe $9\frac{3}{4}$ Zoll.

Man wendet auch wohl hölzerne Arme an, welche man an eisernen Naben befestigt. Die Nabe bekommt für diesen Fall einen vorspringenden Rand, an welchen die Arme angeschraubt werden. Eine so eingerichtete Nabe heifst ein Wellkranz oder eine Rosette (s. § 119). Die Breite jenes Randes macht man passend $\frac{1}{6}$ von der Länge des hölzernen Arms, also $\frac{1}{6}(R - \frac{1}{2}D)$, so dafs der übrig bleibende, frei liegende Theil des Armes $\frac{5}{6}(R - \frac{1}{2}D)$ bleibt, wir haben daher in die Formel für h (S. 327) anstatt $(R - \frac{1}{2}D)$ nur $\frac{5}{6}(R - \frac{1}{2}D)$ einzusetzen, und finden unter dieser Voraussetzung:

$$h = 0{,}99\,d \sqrt[3]{\left[\frac{1}{xz} \cdot \frac{k'}{k}\left(1 - \frac{\frac{1}{2}D}{R}\right)\right]}.$$

Den Querschnitt **hölzerner Arme** macht man gewöhnlich quadratisch; man hat dann:

$$c = h, \quad x = 1.$$

Mit Beibehaltung der oben aufgestellten Verhältnisse hat man dann:

g) wenn sowohl die Welle als die Arme von **Holz** sind:

$$h = \frac{0{,}99\,d}{\sqrt[3]{z}} \sqrt[3]{\left(1 - \frac{2d}{3R}\right)};$$

h) wenn die Welle von **Schmiedeeisen**, die Arme von **Holz** sind:

$$h = \frac{2{,}13\,d}{\sqrt[3]{z}} \sqrt[3]{\left(1 - \frac{d}{R}\right)};$$

i) wenn die Welle von **Gufseisen**, die Arme von **Holz** sind:

$$h = \frac{1{,}89\,d}{\sqrt[3]{z}} \sqrt[3]{\left(1 - \frac{d}{R}\right)}.$$

Es sei z. B. für eine hölzerne Welle von 2 Fufs Durchmesser ein gufseiserner Wellkranz mit 8 hölzernen Armen für ein Rad von 6 Fufs Halbmesser zu konstruiren. Man findet nach dem Obigen die Seite des Armes $= \frac{0{,}99 \,.\, 24}{2} \,.\, \sqrt[3]{(1 - \tfrac{4}{18})} = 10{,}93$ Zoll.

Berechnung der Keile und Federn zur Befestigung von Naben.

§ 117. Um die Keile zu bestimmen, durch welche die Naben auf den Wellen befestigt werden, kann man wieder von zwei Gesichtspunkten ausgehen. Wenn der Keil zwischen die Nabe und die Welle eingetrieben wird, ohne in beide mittelst einer Nuth einzugreifen, so ist er so stark zu machen, dafs er dem Drucke p (S. 325), welchen er auszuhalten hat, mit genügender Sicherheit gegen Zerdrücken widerstehen kann. Wenn aber der Keil nach Art einer Feder, sowohl in der Welle als in der Nabe in einer Nuth liegt, so wird der in der Peripherie des Nabensitzes wirksame Druck das Bestreben haben, ihn abzuschneiden, und er wird auf Absplittern (S. 193 und 249) zu berechnen sein. Zwar wird in diesem Falle der Keil auch noch einen radialen Druck gegen die Nabe ausüben, und daher auch auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen werden, allein dieser Druck hat nur das Verschieben der Nabe nach der Länge der Welle zu verhüten, ist gewöhnlich viel unbedeutender als jener Druck p, welcher durch die erzeugte Reibung dem Bestreben auf Umdrehung widerstehen mufs, und kann in den meisten Fällen vernachlässigt werden, da die Berechnung auf Absplittern solche Dimensionen liefert, welche auch genügende Sicherheit für diesen Druck gewähren. Hat man eine Feder, welche keinen radialen Druck auf die Nabe ausübt, so ist diese allein auf Absplittern zu berechnen.

1) Berechnung des Keils auf Zerdrücken. Der Druck p, welchen der Keil auszuhalten hat, ist nach S. 325:

$$p = \tfrac{1}{16} \frac{\pi d^3 \,.\, k'}{d'' \mu}.$$

Setzen wir $d'' = \gamma d$, die Länge des Keils gleich derjenigen der Nabe, also mindestens nach Tabelle XXI für eiserne Wellen gleich $1\tfrac{1}{2} d$, seine Breite in der Richtung der Tangente zur Welle