

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1862

Kurbeln und kurbelartige Hebel

[urn:nbn:de:bsz:31-270970](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270970)

Für den Fall, dass an den Schenkelenden gar keine Zapfen anzubringen sind, benimmt man sich bei der Berechnung so, wie wenn solche Zapfen anzubringen wären, lässt sie aber in der Zeichnung weg. Wenn an den Schenkelenden Doppelzapfen angebracht werden sollen, benimmt man sich in der Rechnung so, wie wenn einfache Zapfen gefordert würden, nimmt aber in der Zeichnung die Zapfendurchmesser $\sqrt{\frac{1}{2}} = 0.7$ mal schwächer, als die Rechnung für einfache Zapfen gegeben hat.

Ist der Hebel mit einer Drehungsaxe versehen, die an ihrem Ende mit Zapfen versehen werden soll, die gleich weit vom Hebelkörper entfernt sind, so benimmt man sich in der Rechnung wieder nur so, wie wenn der Hebel auf einen fixen Zapfen zu stecken wäre und berechnet vermittels der Tabelle Seite 77 der Resultate den Werth von d , dann sind die richtigen Zapfendurchmesser der Drehungsaxe $0.7 d$.

Um das Zusammenwirken dieser für die Konstruktion der Winkelhebel aufgestellten Regeln zu zeigen, möge noch folgendes Beispiel dienen.

Es sei gegeben $p = 150$, $q = 50$, $\alpha = 120^\circ$, $P = 1000$ Kilogramm, so findet man $\delta_p = 0.12 \sqrt{1000} = 3.8$, $\delta_q = 3.8 \sqrt{\frac{150}{50}} = 6.57$. Nun ist $\frac{p}{q} = 3$, $\alpha = 120$, die Tabelle Seite 77 der Resultate gibt demnach $d = 1.9 \delta_p = 7.22$. Zur Berechnung der Armquerschnitte hat man $\frac{p}{\delta_p} = \frac{150}{3.8} = 40$, und kann man setzen $\frac{h}{b} = 3$, die Tabelle Seite 78 der Resultate gibt dann $\frac{h}{\delta_p} = 4.5$, demnach $h = 4.5 \times 3.8 = 17.1$, $b = \frac{17.1}{3} = 5.7$.

Kurbeln, kurbelartige Hebel und Kurbelaxen.

(Resultate Seite 78 bis 80, Tafel XV. und XVI.)

Kurbeln und kurbelartige Hebel.

Kurbeln und kurbelartige Hebel unterscheiden sich in konstruktiver Hinsicht von den gewöhnlichen Hebeln, dass bei ersteren die Drehungsaxe auf Torsion, bei letzteren auf relative Festigkeit in Anspruch genommen ist.

Die Aufstellung besonderer Regeln zur Bestimmung der einzelnen an einer Kurbel vorkommenden Dimensionen wäre eigentlich, nach dem was bereits vorgekommen ist, nicht nothwendig, denn für

Zapfen, Torsionsaxen und Hebelarme sind bereits Regeln aufgestellt und aus diesen drei Elementen ist gerade eine Kurbel zusammengesetzt. Allein die Vorsicht macht es doch rathsam, für die Kurbeln besondere Regeln herzuleiten, indem dieselben oftmals den Masseneinwirkungen der Schwungräder und Balanciers, also überhaupt dynamischen Einwirkungen ausgesetzt sind und ein Kurbelbruch insbesondere bei Dampfmaschinen heillose Zerstörungen und Unglücksfälle veranlassen kann. Denn wenn z. B. bei einer Balancier-Dampfmaschine der Kurbelzapfen bricht, so ist zunächst das Spiel des Dampfkolbens nicht mehr beschränkt, der Kolben wird daher durch die Wirkung des Dampfes gewaltsam gegen den Deckel oder Boden hingetrieben und schlägt daselbst an. Aber dies geschieht nicht nur einmal, sondern es wiederholt sich mehrmals, indem nach erfolgtem Kurbelbruch die Schwungradswelle wegen der lebendigen Kraft des Schwungrades fortläuft, was zur Folge hat, dass die Steuerung in Thätigkeit bleibt, bis endlich die lebendige Kraft des Schwungrades erschöpft ist. Bei diesem wiederholten Auf- und Niederstossen des Kolbens wird der Balancier und die wegen des Kurbelbruches frei herabhängende Schubstange auf und nieder gerissen; ihr hin und her schwankendes Ende stösst dabei in der Regel gegen die Fundamentsteine, wird zerbrochen oder bringt in dem Balancier Beschädigungen oder Zerstörungen hervor. Dieses Beispiel wird genügen, um zu ersehen, dass es angemessen ist, für die Kurbelconstruktion besondere Regeln aufzustellen.

Wir wollen zunächst eine Regel aufstellen, welche die Abhängigkeit zwischen dem Durchmesser des Kurbelzapfens und dem Durchmesser der Kurbelwelle ausdrückt.

Nennen wir:

- a den Durchmesser des Kurbelzapfens,
 - D den Durchmesser der Kurbelwelle,
 - A die Länge des Kurbelarmes, gemessen vom Mittel des Zapfens, bis zum Mittel der Welle,
 - e die Länge des Kurbelzapfens,
 - T und S die Intensitäten, welche den Spannungen an der Oberfläche der Welle und an der Wurzel des Zapfens entsprechen,
 - P den Druck gegen den Kurbelzapfen,
- so hat man vermöge der Torsionsfestigkeit und relativen Festigkeit folgende Beziehungen:

$$\left. \begin{aligned} PA &= T \frac{\pi}{16} D^3 \\ P \frac{e}{2} &= S \frac{\pi}{32} d^3 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

Aus diesen Gleichungen findet man leicht durch Elimination von P:

$$\frac{D}{d} = \sqrt[3]{\frac{s}{T} \frac{d}{c}} \sqrt[3]{\frac{A}{d}} \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{d}{D} = \sqrt[3]{\frac{T}{s} \frac{c}{d}} \sqrt[3]{\frac{D}{A}} \dots \dots \dots (3)$$

Die erste dieser Gleichungen bestimmt den Durchmesser der Welle, wenn die Länge A des Kurbelarmes und der Durchmesser d des Zapfens gegeben ist. Die zweite dagegen bestimmt den Durchmesser des Zapfens, wenn der Durchmesser D der Welle und die Länge des Kurbelarmes bekannt sind.

Eine Vergleichung dieser Ausdrücke mit den Dimensionen von gut construirten Kurbeln, die sich im Gebrauch bewährt haben, hat gezeigt, dass man mit den Thatsachen der Wirklichkeit gut übereinstimmende Resultate erhält, wenn man setzt:

$$\sqrt[3]{\frac{s}{T} \frac{d}{c}} = \begin{cases} 0.9 \text{ wenn Zapfen und Welle von Schmiedeeisen,} \\ 1.1 \text{ wenn der Zapfen von Schmiedeeisen, die Welle} \\ \text{von Gusseisen ist,} \end{cases} \quad (4)$$

Da man setzen darf $\frac{d}{c} = \frac{2}{3}$, so folgt:

$$\frac{s}{T} = \begin{cases} \frac{c}{d} (0.9)^3 = 1.09 \\ \frac{c}{d} (1.1)^3 = 2.0 \end{cases} \dots \dots \dots (5)$$

Nun sind aber die Festigkeits-Coeffizienten für den Bruch und für Torsion des Schmiedeeisens gleich gross (Tabelle Seite 95) und der Bruchcoefficient für Schmiedeeisen ist nahe 2 mal so gross, als der Torsionscoefficient von Gusseisen, und somit stellt sich das Ergebniss heraus, dass bei den in der Wirklichkeit vorkommenden Kurbeln die Zapfen gerade so stark in Anspruch genommen sind, als die Welle, ähnlich wie wir bei den Rädern gefunden haben, dass die Zähne und die Wellen gleich stark in Anspruch genommen werden. Weil aber die Wellen nur sehr wenig in Anspruch genommen werden, so gilt dies auch von den Kurbelzapfen und den Räderzähnen.

Vermittelst der Werthe (4) geben nun die Ausdrücke (2) und (3):

$$\frac{D}{d} = 0.9 \sqrt[3]{\frac{A}{d}} \quad \begin{array}{l} \text{Zapfen:} \\ \text{Schmiedeeisen} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Welle:} \\ \text{Schmiedeeisen} \end{array}$$

$$\frac{D}{d} = 1.1 \sqrt[5]{\frac{A}{d}} \quad \begin{array}{l} \text{Schmiedeeisen} \\ \text{Gusseisen} \end{array}$$

$$\frac{d}{D} = 1.2 \sqrt[3]{\frac{D}{A}} \quad \begin{array}{l} \text{Schmiedeeisen} \\ \text{Schmiedeeisen} \end{array}$$

$$16 \quad \frac{d}{D} = 0.8 \sqrt[3]{\frac{D}{A}} \quad \begin{array}{l} \text{Schmiedeeisen} \\ \text{Gusseisen} \end{array}$$

Das Ergebniss dieser Formeln ist Seite 79 der Resultate in eine Tabelle gebracht.

Was nun die Kurbelarme anbelangt, so habe ich es vorgezogen, nur empirische und keine rationellen Regeln aufzustellen. Ein solcher Kurbelarm ist je nach der Stellung der Kurbel gegen die Schubstange bald auf relative, bald auf absolute, bald auf rückwirkende Festigkeit und auch noch auf Torsion in Anspruch genommen, eine rationelle Regel müsste also auf diese verschiedenen Festigkeitsverhältnisse Rücksicht nehmen, was zu unverhältnissmässigen Complicationen führen würde. Dann aber kommen ja diese Kurbeln nicht so häufig vor wie Räder, es ist daher aus ökonomischem Grunde erlaubt, die Kurbelarme so stark zu machen, dass ein durch eine empirische Regel etwa entstehender Fehler keine nachtheiligen Folgen haben kann.

Tafel XV. der Resultate findet man in den Fig. 5 und 6 eine gusseiserne und eine schmiedeeiserne Kurbel dargestellt und empirische Regeln zur Bestimmung der Arme und Hülse angegeben. Diese Regeln sind durch Induktion, durch Vergleichung der Dimensionen von gut geformten Kurbeln entstanden

Wenn kurbelartige Hebel zu construiren sind, die keinen Massenwirkungen ausgesetzt werden, wie z. B. die Steuerungshebel der Dampfmaschinen, kann man sich auch erlauben, die Dimensionen des Armes nach den Seite 225 aufgestellten Regeln zu bestimmen.

Einige Beispiele werden genügen, die für Kurbeln aufgestellten Regeln zu erklären.

Die Länge des Kurbelarmes sei 50 Centimeter, der Durchmesser des Zapfens 10 Centimeter, Kurbel und Welle sollen aus Schmiedeeisen gemacht werden, welches sind die Dimensionen der Welle und des Kurbelkörpers?

Es ist also $\Lambda = 50$, $d = 10$, die Tabelle Seite 79 gibt demnach für $\frac{\Lambda}{d} = 5$, $\frac{D}{d} = 1.539$, demnach $D = 1.539 \times 10 = 15.39$ und vermittelt der Fig. 6, Tafel XV. der Resultate findet man nun:

Durchmesser der Zapfenhülse	2.42×10	. . . . .	= 24.2	
Länge der Zapfenhülse	1.5×10	. . . . .	= 15	
Durchmesser der Wellenhülse	2.27×15.39	. . . . .	= 34.9	
Länge dieser Hülse	$1.5 \times 10 + 0.056 \times 50$	. . . . .	= 17.8	
Dimensionen des Armes	an der Welle	{	. . . . .	= 26.8
			. . . . .	= 9.4
	am Zapfen	{	. . . . .	= 18.0
			. . . . .	= 8.0

Kurbelaxen.

Die Kurbelaxen gehören in konstruktiver Hinsicht in die Klasse der Maschinenbestandtheile, deren Festigkeit in mehrfacher Weise in Anspruch genommen wird. Zur Bestimmung irgend eines Querschnittes, der auf mehrfache Weise, z. B. sowohl auf Torsion als auch auf relative Festigkeit in Anspruch genommen ist, berechne man, wie stark der Querschnitt wegen jedes einzelnen Festigkeitsverhältnisses sein müsste und nehme für die Verzeichnung und Ausführung die stärksten von den so berechneten Dimensionen. Die nachfolgenden Beispiele werden das Konstruktions-Verfahren erläutern.

Erstes Beispiel. Es sei Fig. 11, Tafel XI., eine bei A und B in Lager gelegte Kurbelaxe, welche die auf den Zapfen wirkende Kraft nach einer Seite hin durch Torsion überträgt.

Bei dieser Axe sind die einzelnen Theile in folgender Weise in Anspruch genommen.

Der Zapfen C, der Zapfen B und das Wellenstück B B₁, so wie auch der Kurbelkörper B, C sind nur allein auf relative Festigkeit in Anspruch genommen.

Der Wellenhals A, das Wellenstück A A₁, und der Kurbelkörper A, C dagegen sind einerseits genau so auf relative Festigkeit in Anspruch genommen, wie C B, B, aber andererseits auch auf Torsion.

Nennt man:

P die auf den Kurbelzapfen drückende Kraft,

r den Halbmesser der Kurbel oder die Länge des Kurbelarmes,

l die Entfernung der Zapfenmittel A B von der mittleren Ebene der Kurbel,