Theorie und Bau der Wasserräder

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1846

Die Radarme

urn:nbn:de:bsz:31-282850

gegen diese Lage der Kolbenwelle etwas zu hoch, weil da der Schwerpunkt der Wassermasse tiefer unten liegt. Am wichtigsten ist die richtige Lage der Kolbenwelle bei Rädern mit dünnen schmiedeeisernen Armen, denn wenn der Kolben weit von seiner vortheilhaftesten Lage entfernt ist, werden die Arme des Rades durch das Gewicht des im Rade enthaltenen Wassers in Bezug auf ihre respektive Festigkeit in Anspruch genommen, die bei diesem Arme nur schwach ist.

Die Radarme.

Die Anzahl der Armsysteme richtet sich nach der Breite des Rades. Bei Rädern bis zu 2 oder $2{\cdot}5^m$ Breite sind zwei Armsysteme hinreichend. Bei Rädern von 2·5 bis zu 6^m genügen aber zwei Armsysteme nicht mehr, indem sich die Bretter oder Bleche, welche die Schaufeln oder Zellen und den Radboden bilden, unter dem Druck des Wassers biegen würden; man muss daher innerhalb dieser letztgenannten Radbreiten drei Armsysteme anwenden Räder von noch grösserer Breite, die aber nur selten vorkommen, müssen noch mehr Armsysteme erhalten.

Die Anzahl der Arme eines Armsystems richtet sich nach dem Halbmesser des Rades. Durch Vergleichung von den ausgeführten Rädern hat sich ergeben, dass die Anzahl der Arme eines Armsystems gleich

$$\mathfrak{N} = 2\,(R^m + 1)$$

genommen werden kann.

Um die Querschnittsdimensionen der Arme zu bestimmen, muss man die Construction mit steifen Armen und jene mit dünnen schmiedeeisernen Stangen besonders betrachten.

Es ist schon früher gezeigt worden, wie bei einem Rade mit steifen Armen die Kraft bestimmt werden muss, welche auf ein Armsystem einwirkt. Es sei N_1 der Effekt in Pferdekraft, welchen ein Armsystem zu übertragen hat, so ist

$$\frac{75\,N_1}{v}$$

der Druck am Umfang des Rades, welchem die Arme dieses Systems zu widerstehen haben. Von dieser Kraft werden zwar nicht alle Arme des Systems gleich stark affizirt, allein da sie durch den Kranz zu einem Ganzen verbunden sind, so kann in keinem Arme eine Biegung eintreten, ohne dass auch alle übrigen nahe um eben so viel gebogen werden, als dieser eine; wir werden uns daher der Wahrheit ziemlich nähern, wenn wir annehmen, dass die auf ein Armsystem wirkende Kraft sich auf alle Arme gleich vertheilt; und können daher die Kraft, welche auf einen Arm wirkt, gleich $\frac{75\,N_1}{v\,\mathfrak{N}}$ setzen. Nun könnte man nach den bekannten Formeln für die respective Festigkeit von Stäben die Querschnittsdimension des Armes bestimmen, einfacher wird aber dieser Zweck auf folgende Art erreicht:

Nennt man:

d_1 den Durchmesser, welchen eine eiserne Transmissionswelle erhalten muss, um einen Effekt von N_1 Pferdekräfte bei n Umdrehungen p 1′ zu übertragen;

h die Höhe des eisernen oder hölzernen Radarms, d. h. die auf die Länge des Arms senkrechte Dimension der Hauptnerve, so ist:

$$\frac{h}{d_1} = \frac{1 \cdot 7'}{\sqrt[3]{\mathfrak{N}}}$$

und die Dicke des Armes ist, wenn er von Gusseisen ist, $\frac{1}{5}$ h, und wenn er von Holz ist, $\frac{5}{7}$ h zu nehmen.

Für $\mathfrak{N}$	=	4	6	8	10	12
wird $\frac{h}{d_1}$	=	1 08	0·94	0·86	0·79	0·75

Vermittelst dieser Tabelle kann man die Dimension eines Armes auf folgende Art sehr leicht bestimmen:

Man bestimmt zuerst d_1 nach der bekannten Formel:

$$d_1 = 16 \sqrt[3]{\frac{N_1}{n}} \text{ Centimetres}$$

Multiplicirt man diesen Werth von d_1 mit demjenigen Coeffizienten der vorhergehenden kleinen Tabelle, welcher der Anzahl der Arme des Armsystems entspricht, so erhält man die Höhe des Armes an der Axe in Centimetres.

Diese äusserst bequeme Regel gilt auch für die Arme der Transmissionsräder. Es sei z. B. $N_1 = 5$, $n = 5$, $\mathfrak{N} = 8$, so hat man

$d_1 = 16$ und wegen $\frac{h}{d_1} = 0 \cdot 86$, wird

$$h = 16 \times 0.86 = 13 \cdot 8^{cm}$$

ist der Arm von Eisen, so wird seine Dicke: $\frac{13 \cdot 8}{5} = 2 \cdot 7^{cm}$

ist er von Holz, so wird die Dicke $= \frac{5}{7}\ 13 \cdot 6 = 9 \cdot 7^{cm}$

Man kann sich darauf verlassen, dass man auf diese Weise jederzeit gute Dimensionen erhält, da der Coeffizient 1 7 in der Formel für $\frac{h}{d_1}$ durch Vergleichung von einer grossen Anzahl von Rädern praktisch bestimmt worden ist.

Der Arm erhält eine zweckmässige und gefällige Verjüngung, wenn man seine Höhe und Dicke am äusseren Radkranze im Verhältniss 3 : 4 schwächer nimmt.

Bei einem mit Stangen verspannten Rade haben die radialen Stangen die Bestimmung, das Gewicht der Construction zu tragen, die Diagonalstangen haben das Rad gegen Seitenschwankungen zu schützen, und die Umfangsstangen sind bestimmt, das Verwinden der beiden Seiten des Rades zu verhindern, und die vom Rade empfangene Kraft möglichst direct nach dem Zahnkranz zu leiten.

Wenn diese Constructionsart gegen eine steife Verarmung einen namhaften Vortheil gewähren soll, so müssen die Verbindungen vermittelst der Stangen in der Art hergestellt werden, dass das Rad mit möglichst dünnen Stangen hinreichende Steifheit erhält. Hiezu ist aber nothwendig, dass die verschiedenen Stangen in allen Positionen, welche sie während der Bewegung des Rades annehmen, immer nur gespannt und nie zusammengepresst werden, weil sie bei schwachen Querschnittsdimensionen einer Zusammenpressung nicht widerstehen würden.

Eine Zusammenpressung in irgend einer Stange wird aber nur dann nie eintreten können, wenn die Verbindung der Enden dieser Stangen mit den Rosetten und mit den Radkränzen vermittelst Schrauben oder Stellkeilen geschieht, die nur auf Zug wirken können Stellkeile sind jedoch den Schrauben vorzuziehen, weil bei ersteren die Gleichheit der Spannung aller Stangen derselben Art, aus dem Klang und aus dem Zurückprallen des Hammers beim Eintreiben der Keile genauer und sicherer zu erkennen ist, als durch das Anziehen mit Schrauben vermittelst eines langarmigen Schlüssels.

Damit der ganze Bau eine hinreichende Steifheit erhält, ohne die Stangen übermässig anzuspannen, ist erforderlich, dass 1) die radialen Stangen so stark angezogen werden, dass sie nur sehr schwach gespannt sind, wenn sie in die vertikale aufrechte Stellung gelangen; 2) dass die Diagonalstangen schwächer angezogen werden als die radialen Stangen, damit sie in ihrer obersten Stellung auch nur sehr wenig gespannt sind; 3) dass die Umfangsstangen, welche fortwährend einem unveränderlichen Zuge ausgesetzt sind, anfangs so stark gespannt werden, dass während des Ganges des Rades kein merkliches Verwinden desselben eintritt; 4) dass die Stangen derselben Art möglichst gleichförmig angezogen werden.

Werden diese Vorschriften bei der Aufstellung eines Rades nicht gehörig beachtet, so können mancherlei Uebelstände eintreten. Werden die radialen Stangen zu stark und ungleichförmig angezogen, so kann es geschehen, dass eine oder die andere reisst, oder dass die Verbindungsköpfe aus den dünnen gusseisernen Radkränzen herausgerissen werden. Werden sie zu schwach angezogen, so hängt der ganze Bau des Rades nur an den Stangen der unteren Hälfte des Rades und die obere Hälfte schwebt so zu sagen frei, was sich durch eine für die verschiedenen Verschraubungen sehr nachtheilige zitternde Bewegung zu erkennen gibt. Werden die Diagonalstangen zu stark angezogen, so kann es geschehen, dass entweder die Verbindungsköpfe aus dem Getäfer gerissen werden, oder dass die Rosetten von der Aufkeilung losgehen und gegen die Zapfen hinaus gestossen werden Werden sie dagegen zu schwach angezogen, so ist die obere Hälfte des Rades nicht gegen Seitenschwankungen geschützt. Werden endlich die Umfangsstangen zu stark oder zu schwach angezogen, so kann im ersteren Falle entweder ein Abreissen der Stangen oder ein Ausbrechen der Verbindungsköpfe aus dem Getäfer eintreten, und im letzteren Falle werden sich die beiden Seiten des Rades merklich verwinden, was für die verschiedenen Schrauben-Verbindungen sehr nachtheilig werden kann.

Hieraus sieht man, dass die Aufstellung eines solchen verspannten Rades keine so leichte Sache ist, und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass bei derlei Rädern sehr oft Stangen, Rosetten oder Getäfer gebrochen sind.

Eine sehr genaue Berechnung der Querschnitte der Stangen und der zweckmässigsten Spannungen führt zu äusserst weitläufigen Untersuchungen, die für die Praxis von wenig Werth sind; es ist daher zu diesem Zwecke ein einfaches aber doch sicheres Verfahren vorzuziehen.

Es ist klar, dass das Gewicht aller äusseren Theile des Rades vorzugsweise an denjenigen radialen Stangen hängt, welche sich in der tiefsten Stellung befinden. Wenn wir also den Querschnitt dieser Stangen so stark machen, dass sie allein im Stande sind, das Gewicht der Construction der äusseren Theile des Rades mit Sicherheit zu tragen, so kann man versichert sein, dass die sämmtlichen radialen Arme hinreichend stark ausfallen werden. Der Querschnitt eines radialen Armes kann also auf folgende Art bestimmt werden Man berechne das Gewicht aller äusseren Theile des Rades und dividire es durch die Anzahl der Armsysteme (deren gewöhnlich zwei vorhanden sind), so hat man das Gewicht, welches auf einen Arm wirkend gedacht wird Dieses Gewicht dividire man durch den sechsten Theil der absoluten Festigkeit des Schmiedeeisens p $1^{\square\,cm}$, also durch $\frac{3000}{6} = 500$, so erhält man den Querschnitt des Armes in □ Centim. ausgedrückt. Für die Diagonalstangen und für die Umfangsstangen genügt es, wenn man den Durchmesser der ersteren $^3/_4$ und den der letzteren 0·6 von jenem der radialen Stangen annimmt.

Wenn man bedenkt, dass der Halbmesser des Rades, insbesondere bei dem rückschlächtigen und oberschlächtigen, dem Gefälle, und die Breite der Wassermenge ungefähr proportional genommen wird, so kann man vermuthen, dass das Gewicht eines Rades, welches sich vorzugsweise nach dem Halbmesser und nach der Breite richtet, dem absoluten Effekte der Wasserkraft proportional ausfallen muss. Durch zahlreiche Gewichtsberechnungen von Rädern habe ich diese Vermuthung bestätigt gefunden, und durch diese Erfahrung ergeben sich manche sehr einfache praktische Regeln.

So z. B. habe ich gefunden, dass beim Zellenrade das Gewicht der äusseren Bestandtheile per Pferdekraft des absoluten Effekts 300 Killg. beträgt, und daraus folgt nach der oben angegebenen Vorschrift, dass der Querschnitt eines jeden radialen Armes für jede Pferdekraft der absoluten Wasserkraft $^1/_3$ □ Centimet. betragen soll, wenn, wie es gewöhnlich der Fall ist, das Rad mit zwei Armsystemen versehen ist. Hierdurch hat man also eine äusserst einfache Regel zur Bestimmung dieser Radarme.

Wellbäume für Räder mit steifen Armen.

Die Kräfte, welchen ein Wellbaum Widerstand zu leisten hat, richten sich, wie schon früher Seite (188) erklärt wurde, nach der Bauart des Rades. Bei den Rädern mit starren Armen sind die Wellbäume theils auf Torsion, theils auf respective Festigkeit, bei den verspannten Rädern dagegen sind sie nur allein auf respective Festigkeit in Anspruch genommen.

Nennt man N_1 den Effekt, welchen bei einem Rade mit steifen Armen irgend ein zwischen zwei Armsystemen befindliches Wellenstück der ganzen Welle zu übertragen hat, so muss dieses Wellenstück, vorausgesetzt dass es cylindrisch und von Eisen ist, einen Durchmesser

$$16 \sqrt[3]{\frac{N_1}{n}} \text{ Centimetre}$$

erhalten, um der Torsion mit Sicherheit widerstehen zu können; und mit diesem Durchmesser erhält auch die Welle hinreichende Stärke, um