

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Bauart der Wasserräder im Allgemeinen

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

Praktischer Theil des Wasserradbaues.

Festigkeitsverhältnisse des Radbaues.

Sauart der Wasserräder im Allgemeinen. Wenn man von dem Materiale abstrahirt, aus welchem die Räder hergestellt werden können, und nur allein die Art der Verbindung der einzelnen Theile zu einem Ganzen in's Auge fasst, so kann man alle Räder in folgende drei Klassen eintheilen:

1. Räder mit steifen Armen, durch welche der den Schaufeln oder Zellen mitgetheilte Effekt in die Radwelle und durch diese auf die Transmissionsräder übertragen wird.

2. Räder mit steifen Armen und mit einem an die Radarme oder an die Radkränze befestigten Zahnkranze, von welchem aus der dem Rade mitgetheilte Effekt an die Transmission übertragen wird.

3. Räder mit dünnen schmiedeisernen stangenartigen Armen und mit einem an die Radkränze befestigten Zahnkranze, welcher die Kraft an die Transmission abgibt.

Nach diesen drei Konstruktionssystemen richtet sich sowohl die Grösse, als auch die Art des Widerstandes, welchen die Arme und die Welle zu leisten haben, damit der Effekt mit Sicherheit auf die Transmission übertragen wird, daher ist es nothwendig, dass wir diese Konstruktionssysteme genauer betrachten.

Es sei, Tafel VII., Fig. 8, der Durchschnitt eines nach dem ersten Systeme gebauten Rades mit drei Armsystemen. Wenn wir vorläufig von dem Gewichte des Baues absehen, so ist klar, dass hier jedes Armsystem gleich stark, und zwar auf respektive Festigkeit, in Anspruch genommen wird. Jedes Armsystem überträgt also $\frac{1}{3}$ des ganzen, dem Rade mitgetheilten Effekts nach der Welle herein, diese empfängt also in jedem der drei Punkte a, b, c, $\frac{1}{3} N$ Pferdekräfte. Daraus geht aber hervor, dass die einzelnen Wellentheile a b, b c, c d nicht gleich grosse Effekte zu übertragen haben, sondern das Wellenstück a b überträgt nur die bei a in die Welle eingetretene Kraft $\frac{1}{3} N$, mit dieser vereinigt sich die bei b eingetretene Kraft, das Wellenstück b c überträgt daher eine Kraft $\frac{2}{3} N$, zu dieser kommt endlich bei c neuerdings die Kraft $\frac{1}{3} N$ hinzu, das Wellenstück c d überträgt demnach erst die totale Kraft $\frac{3}{3} N = N$ auf die Transmission.

Dass diese Wellenstücke auf Torsion in Anspruch genommen sind, bedarf kaum erwähnt zu werden; auch wird es nach diesem Beispiele klar sein, wie stark die Arme und die einzelnen Wellenstücke in Anspruch genommen werden, wenn das Rad mehr oder weniger als drei Armsysteme besitzt. Nebst den angegebenen Kräften haben aber die Arme und die Welle auch noch das Gewicht der Konstruktion zu tragen, allein die Rechnung zeigt, dass die Dimensionen, welche die Arme und die Welle erhalten, um den zu übertragenden Kräften sicheren Widerstand leisten zu können, immer grösser ausfallen, als jene, welche sie für das Tragen des Gewichts der Konstruktion erhalten müssten; man kann daher bei der Berechnung der Stärke der Arme und der Welle von dem Gewichte der Konstruktion ganz absehen und nur allein die Zapfen der Welle nach diesem Gewichte bestimmen.

Dieses erste Konstruktionssystem ist klar und einfach, es ist aber für Räder, die eine bedeutende Kraft zu entwickeln haben, nicht anwendbar, weil es dann zu einem sehr schwerfälligen Baue führt; denn nehmen wir z. B. an, es handle sich um den Bau eines Rades, welches 40 Pferdekraft Nutzeffekt entwickeln soll und in 1 Minute fünf Umdrehungen macht, dann würde nach den bekannten Regeln zur Berechnung der Torsionswellen das Wellenstück c a einen Durchmesser von 32 Centimeter erhalten und das erste Transmissionsrad müsste wenigstens $6 \times 33 = 192$ Centimeter Halbmesser und 36 Centimeter Zahnbreite erhalten.

Man sieht also schon aus diesem Beispiele, dass dieses erste Konstruktionssystem für stärkere Räder nicht brauchbar ist, und es ist nun die Frage, welches der grösste Effekt ist, bei dem diese Bauart noch angewendet werden kann?

Um diese Frage ganz bestimmt zu beantworten, muss man die Konstruktionskosten des ersten Systems mit jenen des zweiten genau vergleichen; es wird daher zweckmässiger sein, wenn wir die Entscheidung dieses Punktes verschieben.

Betrachten wir nun ferner ein nach dem zweiten Systeme erbautes Rad, Tafel VII., Fig. 9, welches beispielsweise ebenfalls drei Armsysteme hat, so ist leicht einzusehen, dass das dem Zahnkranz gegenüberstehende, so wie auch das mittlere Armsystem einen Effekt $\frac{1}{3} N$ nach der Welle herein überträgt, und dass das letzte Drittel der totalen Kraft direkt dem mit dem Radkranz verbundenen Zahnkranz übergeben wird. Das erste Wellenstück überträgt daher einen Effekt $\frac{1}{3} N$, das zweite Wellenstück dagegen einen Effekt $\frac{2}{3} N$ und dieser wird durch das auf der Seite des Zahnkranzes befindliche Armsystem nach dem Zahnkranze hinausgeleitet, und vereinigt sich

da mit dem direkt abgegebenen Effekt $\frac{1}{4}N$. Das auf der Seite des Zahnkranzes befindliche Armsystem hat also bei dem zweiten Konstruktionssysteme, wenn mehr als zwei Armsysteme angewendet werden, mehr auszuhalten, und soll daher (was bei den bestehenden Rädern nicht der Fall ist) stärkere Dimensionen erhalten, als jedes der beiden anderen Armsysteme.

Was endlich die Zapfen betrifft, so haben diese das Gewicht der Konstruktion zu tragen; der auf der Seite des Zahnkranzes befindliche Zapfen B hat aber mehr auszuhalten, als der andere Zapfen A. Denn das Gewicht des Zahnkranzes wirkt grösstentheils nur auf B und das Gewicht aller übrigen Theile der Konstruktion wirkt zur Hälfte auf A, zur Hälfte auf B.

Man sieht also, dass wenn bei einem nach dem zweiten Konstruktionssysteme erbauten Rade alle Theile gehörig proportionirt sein sollen, so müssen die Querschnittsdimensionen so zu sagen von der Seite A gegen die Seite B hin allmählig wachsen.

Auch bei diesem Systeme kann man bei der Bestimmung der Dimensionen der Arme und der Wellenstücke zwischen den Armsystemen das Gewicht der Konstruktion vernachlässigen, denn einerseits fallen die Dimensionen, welche diese Theile erhalten, wenn man sie nach der zu übertragenden Kraft berechnet, stärker aus, als sie sein müssten, um das Gewicht der Konstruktion zu tragen, und andererseits verhindern die steifen Arme und ihre Verbindung durch die Schaufeln oder Kübel jede Biegung der Welle; es sind daher nur allein die Zapfen und die kurzen Wellenstücke von den Zapfen bis an die äusseren Armsysteme hin nach dem Gewichte der Konstruktion zu proportioniren.

Nach den nun gegebenen Erläuterungen wird man leicht auch die Kräfte bestimmen können, welchen die einzelnen Theile zu widerstehen haben, wenn mehr oder weniger als drei Armsysteme vorhanden sind.

Vergleichen wir nun das erste Konstruktionssystem mit dem zweiten, so sieht man, dass bei letzterem das Wellenstück *c d*, Fig. 8, und ein Armsystem von der Kraft $\frac{1}{4}N$ erspart wird; im Allgemeinen ist also die Zahnkranzkonstruktion hinsichtlich des Materialaufwands ökonomischer als jene, bei welcher kein Zahnkranz vorkommt; von Belang ist aber diese Ersparniss erst bei stärkeren Rädern.

Hinsichtlich der Arbeitskosten, welche die Ausführung verursacht, ist wenigstens für schwächere Räder ein Vortheil auf Seite der Anordnung ohne Zahnkranz, denn die Verbindung der einzelnen Segmente, aus welchen dieser letztere besteht, verursacht

ziemlich viel Arbeit, die bei einem kleinen Rade fast eben so gross ist, wie bei einem starken.

Man sieht also, dass das erste Konstruktionssystem für kleinere Kräfte bis zu 10 oder 12 Pferdekraft, das zweite System dagegen für stärkere Kräfte anzuwenden ist. Zur weiteren Bekräftigung dieser Regel kann man auch noch anführen, dass sich in jeder Maschinenwerkstätte bereits Modelle für Zahnräder bis zu 12 Pferdekraft vorfinden, es brauchen also die Kosten dieses Modells gar nicht oder doch nur gering in Anschlag gebracht zu werden.

Bei dem zweiten Konstruktionssysteme kommt ein Theil der vom Rade empfangenen Kraft erst nach einem weitläufigen Umwege an ihr Ziel; denn ein Theil der Kraft fliesst so zu sagen zuerst durch die Arme nach der Welle herein, durchläuft hierauf die ganze Welle und geht dann wiederum durch das auf der Seite des Zahnkranzes befindliche Armsystem nach dem Umfange hinaus, um sich daselbst in dem Zahnkranze mit dem direkt abgegebenen Theile der Kraft zu vereinigen. Diesen Umweg muss die Kraft nur deshalb machen, weil bei dieser Bauart die Theile, welche das Schaufel- oder Kübelsystem bilden, nicht direkt unter sich und mit dem Zahnkranz zu einem Ganzen verbunden sind, sondern nur indirekt durch die steifen Arme und durch die Welle.

Dem dritten Konstruktionssysteme liegt nun der Gedanke zu Grund, durch eine direkte Verbindung des Schaufel- oder Zellen-systems mit dem Zahnkranz die dem Rade mitgetheilte Kraft ohne allen Umweg unmittelbar in den Zahnkranz hineinzuleiten, so dass die verschiedenen Arme des Rades, so wie auch die Welle nur allein von dem Gewichte der Konstruktion affizirt werden, daher bedeutend schwächer gehalten werden können, als bei dem zweiten Konstruktionssystem. Die Bauart dieses dritten Systems wird durch Tafel VII., Fig. 10, 11, 12 erklärt. Fig. 10 ist ein Vertikaldurchschnitt des Rades, Fig. 12 eine äussere Ansicht des Rades nach Hinwegnahme der Schaufeln oder Zellen und des Radbodens; Fig. 11 ist eine äussere Ansicht des Rades nach der Richtung seiner Axe.

a a, sind die Radkronen oder Radkränze;

b ist der mit dem Radkranze a, verbundene Zahnkranz, welcher in das Getriebe c (auch Kolben genannt) eingreift;

d d, sind zwei Systeme von radialen schmiedeisernen Armen, welche aussen mit den Radkränzen und innen mit den auf der Radwelle g aufgekeilten scheibenartigen Körpern f f, (Rosetten) verbunden sind. Diese Arme sind bestimmt, das Gewicht der äusseren Theile des Rades zu tragen.

$e e_1$ sind zwei Systeme von Spannstangen. Die Stangen des Systems e gehen von der Rosette f_1 aus und sind aussen mit dem Radkranz a verbunden, die Stangen e_1 gehen dagegen von der Rosette f aus und sind aussen mit dem Kranz a_1 verbunden. Diese Stangen (Diagonalstangen) haben die Bestimmung, das Rad gegen horizontale Schwankungen (nach der Richtung der Axe des Rades) zu schützen.

$i i$ sind Stangen, welche am inneren Umfange des Rades von dem Radkranz a aus in schiefer Richtung nach dem Radkranz a_1 hinführen, sie werden Umfangsstangen genannt und haben den Zweck, in Verbindung mit den Schaufeln oder Zellen, welche die beiden Radkränze auseinander halten, ein Verwinden dieser letzteren gegen einander zu verhindern.

Durch diese Umfangsstangen ist so zu sagen die Seite a des Rades an die andere Seite a_1 angespannt, und die Kraft, mit welcher das in den Schaufeln oder Zellen enthaltene Wasser auf den Kranz a wirkt, wird durch die Umfangsstangen $i i$ auf die andere Seite des Rades übertragen und vereinigt sich daselbst in dem Zahnkranz mit der direkt abgegebenen Kraft. Diese Umfangsstangen liegen in der Fläche eines Rotations-Hyperboloides und müssen so angebracht werden, dass sie auf ihre absolute Festigkeit in Anspruch genommen werden, d. h. so, dass die an den Radkranz a abgegebene Kraft vermittelst dieser Stangen $i i$ den Kranz a_1 nachzieht.

Was die Welle betrifft, so hat diese nur das Gewicht der Konstruktion des Rades zu tragen; das Gleiche gilt auch von den Zapfen; es ist aber auch hier wiederum der auf der Seite des Zahnkranzes befindliche Zapfen stärker in Anspruch genommen, als der andere.

Der klare früher ausgesprochene Grundgedanke, auf welchem dieses dritte Konstruktionsystem (auch Suspensionsprinzip genannt) beruht, ist weder von dem Erfinder desselben, noch von der Mehrzahl seiner Nachahmer richtig erkannt worden, was durch den Umstand bewiesen wird, dass die von Engländern, Franzosen und Deutschen nach diesem Systeme erbauten Räder keine Umfangsstangen, oft nicht einmal Diagonalstangen haben. Lässt man aber die Umfangsstangen weg, so hat diese Konstruktionsart gar keinen verständigen Sinn, und es ist dann, wie auch die Erfahrung bewiesen hat, gar nicht möglich, mit den dünnen radialen und diagonalen Stangen das Verwinden der beiden Seiten des Rades gegen einander aufzuheben.

So viel mir bekannt ist, haben die Herren *Esher Wyss & Comp.*

zuerst die Umfangsstangen in Anwendung gebracht, nachdem die Erfahrung ihre Nothwendigkeit kennen gelernt hatte.

Was die Anwendbarkeit dieses dritten Konstruktionssystems betrifft, so ist zunächst klar, 1) dass es nur gebraucht werden kann, wenn von dem Bau eines eisernen Rades die Rede ist, 2) dass mit demselben nur bei Rädern von grossen Halbmessern eine beachtenswerthe Ersparniss an Material erzielt werden kann; 3) dass für überschlächtige Räder eine Eisenkonstruktion nicht von so bedeutendem Vortheil ist, als für Räder mit Gerinne, indem bei jenen der Nachtheil, welcher entsteht, wenn das Rad mit der Zeit sich etwas verzieht und unrund wird, nicht so gross sein kann als bei diesen, welche für eine gute Wirkung ein sich gleich bleibendes möglichst genaues Anschliessen des Radumfangs an das Gerinne erfordern. Aus diesen Gründen geht hervor, dass das Suspensionsprinzip vorzugsweise nur bei grösseren rückschlächtigen Rädern, die immer mit einem Gerinne versehen werden sollen, empfohlen werden kann.

Das Konstruktions-Material. Hinsichtlich des Materiales, aus welchem die Räder gemacht werden, kann man dieselben eintheilen, wie folgt:

1) Hölzerne Räder zur Benutzung von kleineren Wasserkräften mit nur wenigen kleineren schmiedeisernen Theilen.

Diese Räder sind vorzugsweise für die Gewerbe empfehlenswerth.

2) Hölzerne Räder mit einzelnen grösseren gusseisernen Bestandtheilen. Schaufeln, Zellen, Radboden, Radkranz, Arme, Welle von Holz. Zahnkranz, Rosetten, Zapfen von Gusseisen; kleinere Verbindungstheile von Schmiedeeisen.

Diese Räder eignen sich vorzugsweise für einen grösseren, aber ökonomischen Fabrikbetrieb.

3) Gusseiserne Räder mit Schaufeln oder Zellen von Holz oder aus Eisenblech. Diese Räder können, wenn es sich um einen soliden, wenn auch kostspieligen Bau handelt, angewendet werden, so lange der Halbmesser nicht grösser als 3^m ist, sie werden aber, wie auch die folgenden, immer mehr und mehr von den weniger kostspieligen Turbinen verdrängt.

4) Räder, theils von Schmiedeeisen, theils von Gusseisen. Diese Kombination von Materialien kommt vorzugsweise bei den nach dem Suspensionsprinzip erbauten Rädern vor, und gibt in diesem Falle viele Solidität, ist aber ebenfalls sehr kostspielig.

5) Räder aus Schmiedeeisen, Schaufeln und Radkronen von Blech. Arme und Welle von Schmiedeeisen, Rosetten von Guss-