

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Beschreibung und Wirkungsweise der Räder

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

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Wasserräder.

Die hydraulischen Kraftmaschinen. Die Maschinen, welche zur Aufsammlung der in den Wasserläufen und Wasserstürzen enthaltenen Wirkungsfähigkeiten enthalten sind, werden hydraulische Kraftmaschinen genannt.

Es gibt deren eine grössere Anzahl, allein von einer allgemeinen Anwendbarkeit sind doch nur drei Arten derselben, nämlich die Wasserräder, die Turbinen und die Wassersäulenmaschinen. Wir werden uns in diesem Abschnitt mit der Theorie und dem Bau der Wasserräder; im nächsten Abschnitt mit der Theorie und dem Bau der Turbinen beschäftigen. Die Wassersäulenmaschine soll erst in der Folge in Verbindung mit den Pumpen behandelt werden, weil zwischen diesen Maschinen in theoretischer Hinsicht ein inniger Zusammenhang statt findet, so dass für beide Arten von Maschinen die gleichen Grundsätze gelten.

Die Hauptaufgabe, welche die Theorie einer Kraftmaschine zu lösen hat, besteht in der Auffindung der Bedingungen, welche erfüllt werden müssen, damit durch die Kraftmaschine die Kraftaufsammlung der in dem Motor enthaltenen Wirkungsfähigkeit möglichst vortheilhaft und möglichst vollständig erfolgen kann.

Beschreibung und Wirkungsweise der Räder.

Eintheilung der Wasserräder. Unter einem Wasserrade im weitesten Sinne des Wortes versteht man bekanntlich eine radförmige hydraulische Kraftmaschine, welche am Umfange mit einem ringförmigen System von gefässartigen Theilen versehen ist, die durch

ebene, gebrochene oder gekrümmte Flächen gebildet werden, und auf welche das Wasser durch Druck oder durch Stoss einwirkt.

Bei jedem Wasserrade sind nebst dem Rade noch folgende Theile vorhanden: a) der Zuleitungs- oder Zuflusskanal, durch welchen das Wasser bis an das Rad geleitet wird; b) die Schütze, d. h. eine schieberartige Vorrichtung, vermittelt welcher, je nach Umständen, mehr oder weniger Wasser auf das Rad geleitet werden kann; c) der Einlauf, d. h. diejenige Vorrichtung, durch welche das Wasser von der Schütze weg in das Rad geleitet wird; d) der Abfluss- oder Abzugskanal, durch welchen das Wasser von dem Rade wegfliest, nachdem es auf dasselbe gewirkt hat.

Bei manchen Rädern kommt noch eine das Rad theilweise umgebende Fläche vor, die Kropf oder Radgerinne genannt wird, und welche die Bestimmung hat, das zu frühzeitige Austreten des Wassers aus dem Rade zu verhindern.

Die Wasserräder im weitesten Sinne des Wortes können eingetheilt werden

- a. in Turbinen, bei welchen das Wasser meistens gleichzeitig auf den ganzen Umfang des Rades einwirkt, dessen Axe in der Regel eine vertikale Stellung hat;
- b. in die Wasserräder im engeren Sinne des Wortes, bei welchen das Wasser gleichzeitig nur auf einen Theil des Umfangs einwirkt. Die Drehungsaxe ist bei diesen Rädern gewöhnlich horizontal.

Die Wasserräder im engeren Sinne des Wortes, welche wir dem in der Praxis üblichen Sprachgebrauch gemäss „Wasserräder“ schlechthin nennen wollen, sind der Gegenstand dieses Abschnittes.

Diese Wasserräder können eingetheilt werden:

- 1) Nach der Wirkungsweise des Wassers im Allgemeinen in:
 - a. Räder, bei welchen das Wasser durch Stoss wirkt;
 - b. Räder, bei welchen das Wasser theils durch Stoss, theils durch Druck wirkt;
 - c. Räder, bei welchen das Wasser durch seine lebendige Kraft ohne Stoss wirkt.
- 2) Nach der Höhe des Punktes, in welchem das Wasser in das Rad eintritt, in:
 - a. unterschlächtige Räder, wenn das Wasser am unteren Theile des Rades in dasselbe eintritt, und daselbst durch Stoss wirksam ist;
 - b. mittelschlächtige Räder, wenn der Punkt, in welchem das Wasser in das Rad eintritt, genau oder ungefähr in der Höhe der Axe des Rades sich befindet;

- c. oberflächliche Räder, wenn das Wasser im Scheitel des Rades eintritt.
- 3) Nach der Gestalt der Gefässe, mit welchen der Umfang des Rades versehen ist, in:
- a. Schaufelräder, wenn das Rad mit ebenen, radial stehenden oder mit solchen Flächen versehen ist, die hinsichtlich ihrer Form nicht viel von einer Ebene, und hinsichtlich ihrer Stellung nur wenig von der Richtung des Radius abweichen. Bei diesen Rädern soll ein Kropf oder Radgerinne vorhanden sein, damit der Austritt des Wassers aus dem Rade nicht zu frühzeitig erfolgt;
 - b. Kübelräder, Zellenräder, Eimerräder, wenn die Gefässe am Umfang des Rades ohne Mitwirkung eines Radgerinnes durch ein mit dem Umfang des Rades verbundenes System von Wandungen gebildet werden;
 - c. Räder mit krummflächigen Schaufeln, gegen welche das Wasser durch seine lebendige Kraft mit Druck wirkt.

Diese Eintheilungen, welche noch leicht vermehrt werden könnten, sind in wissenschaftlicher Hinsicht von keiner Bedeutung, denn es lassen sich keine scharfen Grenzen für die einzelnen, in einander mehr oder weniger übergehenden Anordnungen angeben. In praktischer Hinsicht haben jedoch diese Benennungen insofern einigen Werth, als durch dieselben so ziemlich die Bauart der Räder im Wesentlichen bezeichnet wird.

Beschreibung der Wasserräder. Es ist eine Eigenthümlichkeit der Wasserräder, dass jede besondere Anordnung derselben nur für gewisse Wasserkräfte anwendbar ist. Um daher die verschiedenen Wasserkräfte, welche in der Praxis vorkommen, durch Wasserräder auf eine einigermaßen befriedigende Weise benutzen zu können, ist eine ganze Reihe von Anordnungen nothwendig, die in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, dass die Anwendbarkeit einer jeden Anordnung da beginnt, wo die Anwendbarkeit der zunächst vorhergehenden Anordnung aufhört.

Es ist nun zunächst nothwendig, das Wesentlichste über die Einrichtung dieser verschiedenen Anordnungen, so wie auch die Wirkungsart des Wassers bei denselben im Allgemeinen anzugeben.

a. Das unterschlächtige Rad. Fig. 1, Tafel III. Diese Anordnung findet man bei ganz kleinen Gefällen zum Betriebe von Mühlen, Sägen etc. angewendet. Das Rad hat in der Regel ebene, radial gestellte Schaufelflächen, und läuft in einem Kanale, der durch eine horizontale oder schwach geneigte Bodenfläche *a b c* und durch

vertikale Seitenwände gebildet wird. Vor dem Rade befindet sich ein in den Kanal eingepasster, vertikal oder schief stehender Schieber *a* (die Schütze), vermittelt welcher mehr oder weniger Wasser aus dem Zuflusskanal auf das Rad geleitet werden kann. Dem Rade folgt der Abflusskanal mit schwach geneigtem Boden *c e*. Das Wasser tritt bei *a* aus der Schützenöffnung, strömt gegen das Rad, stösst gegen die Schaufeln desselben und fliesst dann im Abzugskanal fort. Fig. 4, Tafel V. ist ein kleines unterschlächtiges Rad für grössere Gefälle. Derlei Räder findet man häufig in Gebirgsgegenden angewendet.

b. Das Kropfrad. Fig. 2, Tafel III. Das Rad ist bei dieser Anordnung wie bei der unter *a*. beschriebenen. Das Gerinne, welches das Wasser durchströmt, besteht aus vier Theilen. Der Theil *a b* ist das Ende des Zuleitungskanals; der convexe Theil *b c* bildet den Einlauf. Der concave Theil *c d*, welcher dem Umfang des Rades folgt, heisst das Radgerinne oder der Radmantel und hat die Bestimmung, das zu frühzeitige Austreten des Wassers zu verhindern. Der Theil *d e* endlich ist der Anfang des Abzugskanals.

Das Wasser wird vermittelt einer Schütze *f g* in grösseren oder kleineren Quantitäten aus dem Zuflusskanal gegen das Rad geleitet, erreicht ungefähr in dem Punkte *c* die Schaufeln, stösst daselbst gegen dieselben und wirkt sodann bis zu dem tiefsten Punkt *d* herab durch sein Gewicht. Die Wirkung des Wassers erfolgt also theils durch Stoss, theils durch Druck.

Die gekrümmten Theile *b c* und *c d* können bei *c* entweder tangirend oder unter einem Winkel an einander gefügt sein. Im ersteren Falle nennen wir das Gerinne ein „ungebrochenes“, im letzteren dagegen ein „gebrochenes“ Kropfgerinne.

c. Das Schaufelrad mit Ueberfalleinlauf. Fig. 3, Tafel III. Diese Anordnung, welche bei mittleren Gefällen und nicht zu grossen Wassermengen anwendbar ist, unterscheidet sich von der vorhergehenden durch die Schütze und durch den Einlauf. Der Zuflusskanal *a b* endigt hier mit einer Wand *b c* und das Rad ist von *c* bis *d* mit einem Mantel umgeben. Die Schütze *f g*, welche durch eine geeignete Vorrichtung längs der Wand *b c* auf und nieder bewegt werden kann, besteht aus einem Schieber mit schnabelförmiger Leitfläche, über welche das Wasser in das Rad hineinfliesst. Die Schütze ist also ein verstellbarer Ueberfall. Das Wasser wirkt hier grösstentheils nur durch sein Gewicht, mit welchem es von *c* bis *d* herab auf die Schaufeln drückt.

d. Das Schaufelrad mit Coulißsereinlauf. Fig. 1, Tafel IV. Diese Anordnung unterscheidet sich von der vorhergehenden nur durch die

Schütze und durch den Einlauf. Der Zuflusskanal endiget hier ebenfalls mit einer Wand $b\ c$, in dieser ist aber der ganzen Breite des Kanales nach eine Oeffnung angebracht, in welche gekrümmte, zur Leitung des Wassers dienende Blechflächen (Coulissen) eingesetzt sind. Die Schütze $f\ g$ ist ein längs der Wand $b\ c$ verschiebbarer Schieber, vermittelt welchem der Wasserzufluss regulirt werden kann. Die Axe des Rades befindet sich ungefähr in der Höhe des Wasserspiegels im Zuflusskanal. Die Wirkungsweise des Wassers ist wie bei der vorhergehenden Anordnung.

e. Das rückschlächtige Zellenrad mit Coulisseneinlauf. Fig. 2, Tafel IV. Bei dieser Anordnung, welche für grössere Gefälle und Wassermengen brauchbar ist, tritt dass Wasser oberhalb der Axe des Rades in dasselbe ein. Schütze, Einlauf und Gerinne haben eine ähnliche Einrichtung wie bei der vorhergehenden Anordnung. Das Rad ist aber an seinem Umfange nicht mit Schaufeln, sondern mit Zellen, d. h. mit kübelartigen Gefässen versehen, welche durch zwei ringförmige Radkränze a , durch den Radboden b , und durch die eingesetzten Wände c und d gebildet werden. Das Wasser fliesst über die obere Kante der Schütze in die durch die Coulissen des Einlaufes gebildeten Kanäle, wird durch die Leitflächen in die Kübel geleitet, übt daselbst zuerst einen Stoss aus und wirkt dann durch sein Gewicht bis an den tiefsten Punkt des Rades herab. Der Radmantel ist zwar bei dieser Anordnung nicht durchaus nothwendig, allein es wird sich in der Folge zeigen, dass eine für den Effekt günstige Konstruktion die Anwendung dieses Mantels bedingt.

f. Das überschlächtige Rad. Bei dieser Anordnung, welche für grössere Gefälle bei grösseren oder kleineren Wassermengen anwendbar ist, gelangt das Wasser in einem Kanal nach dem Scheitel des an seinem Umfange mit kübelartigen Gefässen versehenen Rades, stürzt in dasselbe hinein, wobei es einen Stoss ausübt, und wirkt dann bis gegen den tiefsten Punkt herab durch sein Gewicht. Fig. 3, Tafel V. ist ein kleines, Fig. 2 ein grösseres überschlächtiges Rad.

g. Das *Poncelet'sche* Rad. Fig. 1, Tafel V. *Poncelet* ist durch ein gründliches Studium über die Ursachen der Unvollkommenheiten der im Vorhergehenden beschriebenen älteren Arten von Wasserrädern zu einer Anordnung geführt worden, welche zwar nach ihrer äussern Form mit den älteren Rädern Aehnlichkeit hat, allein nach der Art, wie bei derselben das Wasser wirkt, eine Annäherung an die Turbinen genannt werden kann. Bei den älteren Wasserrädern wirkt nämlich das Wasser, wie schon gesagt wurde, entweder bloß durch Stoss, oder theils durch Stoss, theils durch

Druck und besitzt in der Regel, nachdem es das Rad verlassen hat, noch eine beträchtliche Wirkungsfähigkeit. Dem Rade von *Poncelet* und den Turbinen liegt dagegen der Gedanke zu Grunde, dass für eine vortheilhafte Benutzung der Wasserkräfte das Wasser ohne Stoss in das Rad eintreten, mit kontinuierlichem Druck auf dasselbe einwirken, und zuletzt ohne Geschwindigkeit austreten solle. Beide Anordnungen beruhen also auf dem gleichen Grundgedanken, unterscheiden sich aber dadurch, dass bei ersterem das Wasser gleichzeitig nur auf einen Theil des Radumfanges einwirkt, und in den Schaufelkanälen auf und nieder gleitet, bei der letzteren hingegen gleichzeitig auf alle Schaufeln wirkt und die Kanäle nur einmal durchströmt.

Die Anordnung von *Poncelet* hat im Wesentlichen folgende Einrichtung. Das Rad ist am Umfange mit gekrümmten Flächen versehen, die am besten von Eisenblech, in manchen Fällen aber auch von Holz hergestellt werden können. Diese Schaufelflächen können ähnlich wie bei einem Kübelrade an ringförmige Seitengetäfer oder ähnlich wie bei den Schaufelrädern an kleine Arme (Schaufelarme, Kegel), die von Felgenkränzen ausgehen, befestigt werden. Die Seitengetäfer oder Kegelkränze sind durch Armwerke mit der Radwelle verbunden. Das Rad hat an seinem inneren Umfange keinen Boden, sondern ist ganz offen. Das Gerinne hat ungefähr die Einrichtung, wie bei einem unterschlächtigen Rade. Der Boden des Zuflusskanals *a b* läuft mit schwachem Gefälle tangirend gegen den tiefsten Punkt *b* des Rades hin, und geht daselbst durch einen rapiden Abfall in den Abflusskanal über, welcher ebenfalls ein schwaches Gefälle hat. Wenn das Rad mit Kegelkränzen gebaut ist, bilden die Seitenwände der Kanäle zwei parallel fortlaufende vertikale Ebenen. Ist es aber mit Seitengetäfern gebaut, wie ein Kübelrad, so ist die Breite des Zuflusskanals bis an den Umfang des Rades hin etwas schmaler als der innere, und der Abzugskanal etwas breiter als der äussere Abstand der Seitengetäfer. Die Schütze *d e* wird durch einen ebenen Schieber gebildet, der in schiefer Richtung (45 bis 60 Grad gegen den Horizont geneigt) vor dem Rade in der Nähe desselben angebracht ist, und durch einen Aufzugsmechanismus auf und nieder bewegt werden kann.

Das Wasser tritt, wenn die Schaufelstellung und die Geschwindigkeit des Rades gehörig gewählt sind, ohne Stoss in das Rad ein, gleitet an den Schaufeln mit abnehmender Geschwindigkeit hinauf, sodann mit zunehmender Geschwindigkeit herab, und tritt zuletzt ohne merkliche absolute Geschwindigkeit aus dem Rade aus. Während des Auf- und Niedergleitens wirkt das Wasser fortwäh-

rend pressend gegen die krummen Schaufeln und gibt auf diese Weise die Wirkung, welche unmittelbar vor seinem Eintritt in ihm enthalten war, an das Rad ab.

Effekt-Berechnung der Räder.

Aufzählung der Effektverluste. Die Berechnung des Nutzeffektes, welchen die Wasserräder entwickeln, wenn auf dieselben bei einem gewissen Gefälle eine gewisse Wassermenge einwirkt, ist vorzugsweise von Wichtigkeit, wenn entweder die Leistungen eines bereits bestehenden Rades ausgemittelt, oder wenn die zweckmässigsten Dimensionen eines zu erbauenden Rades bestimmt werden sollen. Der Nutzeffekt braucht nicht für alle Zwecke mit dem gleichen Grad von Genauigkeit bestimmt zu werden; in manchen Fällen genügt eine ungefähre Schätzung desselben, wobei man nur allein den absoluten Effekt der Wasserkraft und die Konstruktionsart des Rades im Allgemeinen berücksichtigt. In andern Fällen erfordert es der Zweck, dass von den Konstruktionselementen des Rades wenigstens diejenigen genauer berücksichtigt werden, welche auf den Effekt vorzugsweise Einfluss haben. Endlich gibt es Fälle, in denen es nothwendig oder wenigstens wünschenswerth ist, den Effekt so genau als nur immer möglich ist, berechnen zu können, um den Einfluss eines jeden Konstruktionselementes auf den Effekt kennen zu lernen. Diese genauere Kenntniss des Nutzeffektes ist insbesondere von Wichtigkeit, wenn es sich darum handelt, die vortheilhaftesten Konstruktionsverhältnisse für ein zu erbauendes Rad kennen zu lernen, welches mit einer möglichst kleinen Wasserkraft einen bestimmten Nutzeffekt oder mit einer gegebenen Wasserkraft den grösstmöglichen Nutzeffekt zu entwickeln im Stande sein soll.

Das zweckmässigste Verfahren zur Bestimmung des Nutzeffektes besteht darin, dass man alle vorkommenden Effektverluste zu bestimmen sucht, und sodann deren Summe von dem absoluten Effekt der Wasserkraft abzieht; diese Differenz ist dann der gesuchte Nutzeffekt. Wir werden uns erst in dem folgenden Abschnitte mit der genaueren Berechnung dieser Effektverluste beschäftigen; vorläufig wollen wir suchen, dieselben, so weit es möglich ist, ohne Anwendung von analytischen Hilfsmitteln aus unmittelbarer Anschauung kennen zu lernen.

Die verschiedenen Effektverluste, welche bei den Wasserrädern vorkommen, entstehen:

1. durch die Art, wie das Wasser in die Räder eintritt;