

**Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

**Theorie und Bau der Wasserräder**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**Mannheim, 1846**

Vorrede

[urn:nbn:de:bsz:31-282850](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-282850)

## Vorrede.

Ein Werk über die Wasserräder mit horizontalen Axen ist zwar im gegenwärtigen Augenblick keine zeitgemässe Erscheinung, denn diese Räder sind durch die rapide Verbreitung der Turbinen fast eine Antiquität geworden. Allein wenn auch ihre Bedeutung nicht mehr so gross ist, als sie es noch vor einigen Jahren war, so sind und bleiben dieselben doch noch immer nützliche Kraftmaschinen, die durch die Turbinen wohl nie ganz verdrängt werden können. Ich glaube daher, dass es dem wissenschaftlichen und dem practischen Publikum noch immer erwünscht sein werde, wenn etwas Haltbares über diesen Gegenstand geboten wird.

Die Wasserräder, von denen hier die Rede ist, sind bekanntlich die ältesten Betriebsmaschinen für Wasserkräfte; man sollte daher meinen, dass die Theorie und der Bau derselben längst so vollständig bekannt sein müsste, dass eine wissenschaftlich practische Behandlung derselben heut zu Tage eine ganz zwecklose Arbeit wäre. Allein so ist es nicht. Mit den Theorien, welche verschiedene Schriftsteller über die Wasserräder aufgestellt haben, kann man weder die Leistungen eines bestehenden Rades von bekannten Abmessungen berechnen, noch die Dimensionen eines zu erbauenden Rades zweckmässig bestimmen. Die



Ursache, wesshalb diese Theorien keine practischen Resultate liefern, liegt in dem Umstande, weil sie in der Regel die besondere Einrichtung des Rades so wie auch den Zustand, in welchem es sich befindet, ganz oder doch grösstentheils ausser Acht lassen und nur allein das Gefälle, die Wassermenge, die Umfangsgeschwindigkeit des Rades und die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser den Umfang des Rades erreicht, berücksichtigen.

In den Formeln, welche jene Theorien für den Effect aufstellen, erscheint daher nicht eine von den mannigfaltigen Dimensionen des Rades, so dass man schliessen könnte, dass es für den Effect ganz gleichgültig wäre, ob das Rad gross oder ob es klein, ob es schmal oder breit, tief oder seicht gebaut, ob es stark oder schwach gefüllt, ob es mit Schaufeln oder mit Zellen versehen, welche Form dieselben haben, und in welcher Anzahl sie vorhanden sind; ob das Rad genau gearbeitet und in gutem Zustande, oder ob es unvollkommen ausgeführt und überall Wasser durchrinnen lässt, ob es endlich im Unterwasser eintaucht oder nicht. Diese Unvollkommenheiten jener Theorien sucht man zwar durch practische Bemerkungen über den Bau der Räder zu beseitigen; diese Bemerkungen bieten aber meistens wenig sichere Anhaltspunkte dar und zeigen eben nicht von einer umfassenden Kenntniss über die Leistungen der Praxis, sind daher nicht geeignet, die Mängel jener Theorien zu ersetzen. Unter solchen Umständen ist es natürlich, dass die Practiker die Räder lieber nach ihren eigenen, oft zwar sehr gesunden, häufig aber auch sehr wunderlichen Ansichten und sogenannten Erfahrungen ausführen.

Wir wollen nun sehen, was die Praxis in ihrer Isolirung von der Theorie geleistet hat. Wenn man hierüber zu einem klaren und gerechten Urtheil kommen will, muss man an den practisch ausgeführten Rädern drei Dinge unterscheiden, nämlich 1) diejenigen Grössen und Formen, von welchen in der Voraussetzung einer vollkommenen Ausführung des Baues der Effect des Rades vorzugsweise abhängt;



2) die Querschnittdimensionen und Formen aller Theile des Baues; 3) die Art der Verbindung aller Theile zu einem starren Ganzen, und die Vollkommenheit, mit welcher alle Arbeiten ausgeführt sind.

Hinsichtlich des Effects sind die Räder meistens mehr oder weniger fehlerhaft gebaut. Eine Ausnahme hiervon machen nur allein die überschlächtigen mit kleinen Wasserquantitäten arbeitenden Räder; es ist aber auch kaum möglich, in dem Bau dieser Räder einen wesentlichen Fehler zu begehen, denn der schlichte gesunde Verstand, ohne von irgend einer Theorie unterstützt zu sein, erkennt bei diesen Rädern gar leicht, dass zur Erzielung eines guten Effects nur nothwendig ist, das Wasser in einer dünnen Schichte ungefähr nach tangentialer Richtung nach dem Scheitel des Rades zu leiten und dieses so geräumig zu bauen, dass die Zellen nur wenig gefüllt werden.

Die mit grossen Wasserquantitäten arbeitenden überschlächtigen Räder sind gewöhnlich zu schmal und die Schluckweite der Zellen ist zu eng, was zur Folge hat, dass der Eintritt des Wassers sehr erschwert wird und gewöhnlich erst in einiger Tiefe unter dem Scheitel des Rades und selbst da oft nur theilweise erfolgt, indem beträchtliche Massen über das Rad hinfluthen oder von demselben wegspritzen.

Bei den rückschlächtigen Rädern ist durchgängig der Einlauf verfehlt, sind die Zellen zu tief und fehlt das hier sehr nothwendige Radgerinne, ohne welches ein guter Einlauf gar nicht möglich ist.

Bei den mittelschlächtigen Schaufelrädern ist meistens die Schaufeltheilung zu gross, der Einlauf verfehlt, die Radbreite bald zu klein, bald zu gross und die Schaufeln berühren das Unterwasser, statt in dasselbe bis zu einer gewissen Tiefe einzutauchen.

Bei den unterschlächtigen Rädern trifft man meistens eine zu grosse Schaufeltheilung, unzweckmässige Stellung



der Schaufeln, fehlerhafte Stellung des Schützens und eine Anordnung des Gerinnes, die selbst bei vollkommener Ausführung bedeutende Wassermengen wirkungslos entweichen lässt.

Die nach Poncelet ausgeführten Räder mit krummen Schaufelflächen sind endlich in jeder Hinsicht zu klein gebaut.

Wenn man diese Beurtheilung vorläufig als richtig gelten lassen will, so wird man zugeben müssen, dass die Praxis mit den für einen guten Nutzeffect zu erfüllenden Bedingungen nicht gehörig vertraut ist.

Günstiger fällt dagegen das Urtheil aus, wenn man die bestehenden Räder nach den Querschnittdimensionen der einzelnen Theile, nach der Verbindung dieser letzteren zu einem starren Ganzen, endlich nach der Vollkommenheit beurtheilt, mit welcher alle Theile bearbeitet sind. Diess gilt nun allerdings nicht von den Rädern der Gewerbsindustrie, wohl aber von der Mehrzahl der grossen, oft kolossalen Räder, welche in neuerer Zeit zum Betriebe grosser Fabriken erbaut worden sind. Bei diesen letzteren Rädern findet man oft Dimensionen und Formen, die nicht nur ein für richtige Verhältnisse practisch gebildetes Gefühl sehr wohl befriedigen, sondern die auch eine scharfe mathematische Prüfung mit sehr gutem Erfolg bestehen. Ich habe über eine bedeutende Anzahl von grossen Rädern sorgfältige und ausführliche Rechnungen über die Stärke aller wesentlichen Bestandtheile in der Absicht durchgeführt, um für die theoretischen Formeln zuverlässige Coefficienten ausfindig zu machen, und habe dabei im Allgemeinen sehr befriedigende Uebereinstimmungen gefunden.

Die Praxis hat also hier, wie in anderen Dingen auch, die ihr eigentlich zukommende Aufgabe sehr vollkommen gelöst, so dass in dieser Hinsicht nichts zu thun übrig bleibt, als ihre Leistungen genau zu prüfen und zu studiren, die sich dabei zeigenden Unvollkommenheiten mit einer gesunden Theorie wegzuschaffen und alle Unbestimmtheiten auf feste Regeln zurückzuführen.



Nach diesen Bemerkungen über den Standpunkt, auf welchem sich gegenwärtig die Theorie und die Praxis des Wasserradbaues befinden, dürfte es wohl zweckmässig sein, eine allgemeine Uebersicht von dem Inhalte des vorliegenden Werkes folgen zu lassen.

Die Abhandlung zerfällt in sieben Abschnitte. Der erste Abschnitt enthält eine kurze Beschreibung der verschiedenen Räder, deren Theorie und Bau in dem Werke behandelt wird; einige vorläufige Betrachtungen über die bei denselben vorkommenden Effectverluste und die bekannte von *Navier*, *Poncelet* und anderen Schriftstellern aufgestellte Theorie der Wasserräder, nebst Angabe der von *Smaeton* und *Morin* durch Versuche aufgefundene Corrections-Coeffizienten für die Effectgleichungen.

Im zweiten Abschnitte werden die mannigfaltigen bei den älteren Rädern vorkommenden Effectverluste möglichst genau berechnet. Diese Berechnungen liefern die Elemente zu der

Im dritten Abschnitt enthaltenen genaueren Theorie dieser Räder. In den Effectgleichungen, welche man daselbst aufgestellt findet, erscheint der Einfluss sämtlicher Constructions-Elemente des Baues auf den Nutzeffect; die Ausmittlung der Bedingungen, welche für ein relatives oder für ein absolutes Maximum des Nutzeffectes zu realisiren sind, ergeben sich daher auf rein analytischem Wege. Weil aber die Gleichungen, welche aus dieser Theorie zur Bestimmung der Dimensionen hervorgehen, für den grösseren Theil des practischen Publikums zu complicirt sind; weil ferner diese hinsichtlich des Effects allerdings sehr vollkommenen Räder in der Regel weit kostspieliger, als die in der Wirklichkeit existirenden ausfallen würden, daher, mit Rücksicht auf die Turbinen, heut zu Tage wohl nicht zur Ausführung empfohlen werden können: so sind im

Vierten Abschnitt die Regeln zur Bestimmung der wesentlichsten Dimensionen, von welchen der Effect ab-



hängt, mit Rücksicht auf den Kostenpunkt, in der Art ausgemittelt worden, dass die Räder einen befriedigenden Nutzeffect zu geben vermögen, ohne kostspieliger zu sein, als die in der Wirklichkeit vorkommenden besseren Constructionen. Diese Regeln sind dann auch so einfach, dass ihre richtige Anwendung nur wenige Kenntnisse der Algebra erfordern.

Im dritten Abschnitt wird auch das mit krummen Schaufeln versehene, von *Poncelet* zuerst angegebene Rad behandelt. Die Theorie desselben ist zwar nicht für die Practiker, allein die Resultate sind zuletzt einfacher, als bei irgend einem andern Rade, und somit ist für die Praxis gesorgt.

Der fünfte Abschnitt handelt von dem Baue der Räder im Allgemeinen und von der Bestimmung der Querschnittsdimensionen ihrer Hauptbestandtheile. Es wird zuerst gezeigt wie, je nach der Bauart des Rades im Allgemeinen, die Kraft, mit welcher das Wasser auf die Umfangtheile des Rades einwirkt, durch die verschiedenen Bestandtheile desselben bis nach dem Punkt fortgepflanzt wird, in welchem sie an die Transmission abgegeben wird; daraus ergeben sich die Intensitäten der Kräfte, welche auf die einzelnen Theile des Rades einwirken, so wie auch die Art dieser Einwirkung, und es lassen sich dann, mit Berücksichtigung der bei den bestehenden Rädern vorkommenden Dimensionen einfache und zuverlässige Regeln für die Bestimmung der Querschnittsdimensionen aller Theile aufstellen. Dabei wird stets der äusserst fruchtbare Grundsatz befolgt, alle Nebendimensionen eines Bestandtheiles auf eine seiner Hauptdimensionen zu beziehen. Wenn man dem Grundsatz consequent bleibt, die Querschnittsdimensionen so zu bestimmen, dass alle aus demselben Materiale bestehenden Theile durch die auf sie einwirkenden Kräfte gleich stark in Anspruch genommen werden, fallen einige Theile auf der Zahnkranz-Seite stärker aus, als auf der andern Seite des Rades. Dadurch entsteht allerdings für die Ausführung der



Nachtheil, dass die Herstellung der Modelle etwas kostspieliger und die Aufstellung des Rades wegen der ungleichen Zapfen etwas schwieriger wird, als wenn man, wie es bei den bestehenden Rädern der Fall ist, beide Seiten des Rades mit gleichen Dimensionen herstellt, demnach die Zahnkranzseite zu schwach und die andere Seite etwas zu stark baut. Dessen ungeachtet wurde bei den auf den grossen Tafeln dargestellten Rädern der früher erwähnte Grundsatz mit Consequenz befolgt, weil das vorliegende Werk nicht nur den Zwecken der Praxis, sondern auch jenen der Schule zu dienen bestimmt ist, in letzterer Hinsicht aber eine nach strengen Principien durchgeführte Construction den Vorzug verdient. Uebrigens ist es für jeden Praktiker, welcher kostspieligere Modelle und schwierige Aufstellung scheut, eine leichte Sache, für beide Seiten des Rades zweckmässige Dimensionen von gleicher Grösse zu wählen, und zwar entweder die Dimensionen der leichten oder jene der schweren Seite, oder endlich mittlere Dimensionen aus beiden.

Im sechsten Abschnitt ist über die Anlage der Wehre und Kanäle dasjenige in Kürze zusammengestellt, was der Mechaniker kennen muss, um dem Ingenieur die für die Ausführung des Wasserbaus nothwendigen Hauptdaten angeben zu können.

Im siebenten Abschnitt kommen, in Verbindung mit den grossen lithographirten Tafeln, die Früchte der theoretisch-practischen Untersuchungen, welche die früheren Abschnitte enthalten, zum Vorschein. Dieser Abschnitt enthält nämlich die Beschreibung und Berechnung von 11 verschiedenen Rädern mit allen constructiven Details, vermitteltst welchen es wohl jedem etwas geübten Constructeur möglich werden dürfte, in jedem vorliegenden Falle einen den Umständen angemessenen Radbau zu entwerfen. Findet das sachverständige Publikum, das die hier vorliegenden Räder schöner und besser entworfen sind, als die in Anwendung befindlichen Räder, so habe ich das mir vorgesteckte Ziel erreicht.



Findet man das Gegentheil, nun so wäre auch dieses Werk wiederum ein Beitrag zu jener wissenschaftlich-technischen Literatur, die von der Praxis ohne Berücksichtigung bleibt, und ich bin dann bereit, meine Theorie über die Wasserräder aufzugeben, denn ich sehe nicht ein, welchen Werth eine Theorie über einen Gegenstand haben sollte, der nur allein von practischem und von keinem anderen Interesse sein kann, wenn vermittelt derselben nichts Besseres geleistet werden kann, als was die handwerksmässige Praxis hervorgebracht hat.

Hoffentlich wird aber das Urtheil nicht verwerfend ausfallen, denn einerseits ist im theoretischen Theile der Abhandlung sicherlich nichts Wesentliches übersehen worden, und andererseits habe ich ein reiches Material über ausgeführte Räder benutzt.

Wenn es mir darum zu thun gewesen wäre, Zeichnungen über ausgeführte Räder zu liefern, hätte ich nur aus den Zeichnungen, die ich besitze, ein paar Dutzend auszuwählen und zum Lithographen zu schicken gebraucht und hätte mir so viele Mühe ersparen können. Die Aufgabe, welche ich mir gestellt habe, ist aber: den Maschinenbau auf gründliche, jedoch leicht anwendbare Regeln zurückzuführen, und da kommt es darauf an, dem practischen Publikum Resultate vor Augen zu legen, damit es selbst urtheilen kann, ob jene Regeln Vertrauen verdienen oder nicht.

Die Zeichnungen zu dem Werke sind von Herrn *Trick*. Der Beschreibung und Berechnung der auf den grossen Tafeln dargestellten Räder folgt eine Vergleichung zwischen den Turbinen und Wasserrädern, und das Werk schliesst mit einigen hydraulischen Tabellen.

Alle Längen sind in Metres, die Gewichte in Kilogrammen, die Preise in Gulden à 2 Francs berechnet.