

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Wahl des Rades

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

ein Rad etwas zu gross, als wenn man es etwas zu klein bestimmt, so ist es zweckmässig, die Prozente nicht zu günstig anzunehmen.

Nach den früheren Effektberechnungen dürfen wir das Verhältniss zwischen dem Nutzeffekt und dem absoluten Effekt der Wasserkraft annehmen für

das unterschlächtige Rad . . .	0.30 bis 0.35
„ Kropfrad	0.40 — 0.50
„ Poncelet'sche Rad	0.60 — 0.65
„ Ueberfall-Rad	0.60 — 0.65
„ Coulissenrad	0.65 — 0.70
„ rückschlächtige Rad	0.60 — 0.70
„ oberschlächtige Rad	0.60 — 0.70

Die Wassermenge, welche bei einem Rade in 1 Sekunde notwendig ist, um einen Nutzeffekt von N_n Pferdekraft zu 75 Kil. M. zu erhalten, ist demnach

für das unterschlächtige Rad . . .	$Q = 0.210 \frac{N_n}{H}$	bis	$0.250 \frac{N_n}{H}$
„ „ Kropfrad	$Q = 0.175 \frac{N_n}{H}$	„	$0.187 \frac{N_n}{H}$
„ „ Poncelet-Rad	$Q = 0.115 \frac{N_n}{H}$	„	$0.125 \frac{N_n}{H}$
„ „ Ueberfall-Rad	$Q = 0.115 \frac{N_n}{H}$	„	$0.125 \frac{N_n}{H}$
„ „ Coulissen-Rad	$Q = 0.107 \frac{N_n}{H}$	„	$0.115 \frac{N_n}{H}$
„ „ rückschlächtige Rad	$Q = 0.107 \frac{N_n}{H}$	„	$0.125 \frac{N_n}{H}$
„ „ oberschlächtige Rad	$Q = 0.107 \frac{N_n}{H}$	„	$0.125 \frac{N_n}{H}$

Wahl des Rades. Die Wahl der Mittel zur Erreichung eines Zweckes ist für jedes Unternehmen von der grössten Wichtigkeit. Wenn eine Einrichtung zur Benutzung einer Wasserkraft getroffen werden soll, bietet sich daher zunächst die Frage dar, ob eine Turbine oder ob ein Wasserrad genommen werden soll. Diese Frage kann aber erst dann gründlich beantwortet werden, wenn man sowohl die Wasserräder, als auch die Turbinen in jeder Hinsicht genau kennt und dadurch im Stande ist, die Vortheile und Nachteile dieser beiden Anordnungen zuverlässig abzuwägen.

Wir müssen daher die Entscheidung dieser wichtigen Frage bis zum Schluss dieser Abhandlung über die Wasserräder ver-

schieben, und wollen deshalb bis dahin von der Turbine ganz abstrahiren, wollen uns also so benehmen, als gäbe es gar keine Turbinen.

Bei dieser Einschränkung haben wir also gegenwärtig nur die Frage zu entscheiden, welche von allen Anordnungen von Wasserrädern in jedem gegebenen Falle die zweckmässigste sei. Es ist klar, dass es theils von der Wassermenge, vorzugsweise aber von der Grösse des Gefälles abhängt, ob man das eine oder das andere Rad wählen soll, und es kommt nur darauf an, diese Abhängigkeit genau zu bestimmen, d. h. die Grenzen anzugeben, innerhalb welcher sowohl das Gefälle als auch die Wassermenge liegen muss, wenn das eine oder das andere von den Rädern mit Vortheil soll angewendet werden können. Diese Grenzen lassen sich nur mit vieler Mühe befriedigend ermitteln, wenn man verschiedene Gefälle und für jedes Gefälle verschiedene Wasserquantitäten annimmt, sodann für jede dieser Wasserkräfte diejenigen Arten von Rädern konstruirt und berechnet, von welchen man vermuthen kann, dass sie zweckmässig ausfallen dürften. Durch Vergleichung der Gefälle und Wassermengen von den sich ergebenden guten Konstruktionen der gleichen Art lassen sich dann die Grenzen der zweckmässigsten Anwendbarkeit der verschiedenen Räder bestimmen. Dass man bei diesem Geschäft auch die ausgeführten Räder berücksichtigen muss, bedarf kaum einer Erwähnung. Die Resultate, welche ich auf dem so eben bezeichneten Wege gefunden habe, können für die Uebersicht und für den praktischen Gebrauch am einfachsten graphisch dargestellt werden, was auf Tafel VI., Fig. 10 geschehen ist. Die horizontale Zahlenreihe bedeutet die in Metern ausgedrückten Gefälle, die vertikale Zahlenreihe die in Kubik-Metern ausgedrückten Wassermengen.

Die verschiedenen geraden und krummen Linien innerhalb der Grenzen der ganzen Figur sind die Grenzen der Anwendbarkeit der verschiedenen Arten von Rädern. Die krumme Linie AB bestimmt die grössten Wasserkräfte, welche noch durch ein einziges Rad nutzbar gemacht werden können.

Die Richtigkeit der Grenzbestimmung vorausgesetzt, ist es vermittelst dieser Karte ein Leichtes, in jedem speziellen Falle zu bestimmen, was für ein Rad gebaut werden soll. Man sucht nämlich vermittelst der horizontalen Zahlenreihe die Vertikallinie auf, welche dem gegebenen Gefälle entspricht und vermittelst der vertikalen Zahlenreihe die Horizontallinie, welche mit der gegebenen Wassermenge übereinstimmt; der Punkt, in welchem sich diese zwei Linien durchschneiden, liegt dann in dem Wasserkraftgebiet des zu wäh-

lenden Rades. Ist z. B. das gegebene Gefälle 3 Meter und die Wassermenge 1·5 Kubikmeter, so führen diese Daten auf einen Punkt in dem Gebiete des Coulissenrades. Ist das Gefälle 4·5 Meter und die Wassermenge 0·8 Kubikmeter, so wird man auf ein rück-schlächtiges Rad geführt. Der Gebrauch dieser Karte unterliegt also durchaus keiner Schwierigkeit.

Zur Rechtfertigung dieser Grenzbestimmungen werden folgende Erklärungen dienen können.

Die Anwendbarkeit des unterschlächtigen Rades ist bis zu einem Meter Gefälle festgesetzt, weil erst von diesem Gefälle an eine Krümmung des Gerinnes von merklichem Vortheil sein kann.

Das Gebiet des Kropfrades hat hinsichtlich des Gefälles ziemlich enge Grenzen erhalten, weil für Gefälle, die grösser als 1·5 Meter sind und für Wassermengen unter 2 Kubikmetern das Ueberfallrad vortheilhafter ist. Das Kropfrad kann übrigens nur dann angewendet werden, wenn der Wasserstand im Zuflusskanale nicht sehr veränderlich ist.

Das Gebiet des Poncelet-Rades erstreckt sich über die Gebiete des unterschlächtigen und über einen Theil des Kropfrades. Das grösste Gefälle ist auf 1·7 Meter festgesetzt. *Poncelet* hat zwar der Gefällgrenze eine grössere Ausdehnung gegeben, allein es sind mehrere Gründe vorhanden, die darauf hinweisen, dass dieses Rad bei Gefällen über 1·7 Meter keine vortheilhafte Anordnung sein kann, denn 1) wird bei grossen Gefällen der Effektverlust von Bedeutung, welcher durch das Entweichen des Wassers durch den Spielraum zwischen dem Rade und dem Gerinne entsteht; 2) wird das Verhältniss zwischen der Breite des Rades und der Höhe der Radkrone unzuweckmässig; 3) wird schon bei einem Gefälle von 1·7 Meter der Halbmesser des Rades wenigstens 3 Meter, bei noch grösserem Gefälle müsste also das Rad sehr gross und dadurch kostspieliger ausfallen, als andere Räder; 4) wenn einmal das Gefälle über 1·7 Meter ist, geben das Ueberfallrad und das Coulissenrad einen eben so guten, wo nicht besseren Effekt als das Poncelet'sche Rad.

Da das Poncelet'sche Rad zwar einen besseren Effekt gibt, als das unterschlächtige und das Kropfrad, aber kostspieliger ausfällt, als diese letzteren, so ist es statt diesen dann vorzuziehen, wenn die vorhandene absolute Wasserkraft nur bei sehr guter Verwendung zum Betriebe eines Werkes hinreichend werden kann. Ist aber der Wasserzufluss mehr als hinreichend, so kann man sich der hinsichtlich ihrer Konstruktion einfacheren Anordnungen des unterschlächtigen und Kropfrades bedienen.

Das Kraftgebiet des Ueberfallrades hat zwar keine grosse Ausdehnung, dessenungeachtet wird man doch sehr oft veranlasst sein, dieses Rad zu wählen, weil in seinem Kraftgebiete diejenigen Wasserkräfte liegen, welche am häufigsten in der Praxis zu benutzen sind.

Nach der Karte hört die Anwendbarkeit des Ueberfallrades auf bei Wassermengen über 2·5 Kub. M. Der Grund hiervon liegt in dem Umstande, dass bei Wassermengen über 2·5 Kub. M. ein Coulißeneinlauf eine bessere Leitung des Wassers bewirkt, als ein freier Ueberfall.

Aus der Karte sieht man ferner, dass für das Ueberfallrad das grösste Gefälle auf 2·5 Meter bestimmt worden ist, dies ist aus dem Grunde geschehen, weil für grössere Gefälle entweder das ober-schlächlige Rad oder das Rad mit Coulißeneinlauf zweckmässiger ist. Ist nämlich das Gefälle grösser, als 2·5 Meter und die Wassermenge kleiner als ungefähr 0·3 Kub. M., so ist das ober-schlächlige Rad die am wenigsten kostspielige Anordnung. Ist das Gefälle grösser als 2·5 Meter und die Wassermenge grösser als 0·3 Meter, so muss man das Rad mit Coulißeneinlauf jenem mit freiem Ueberfall vorziehen, weil dann bei diesem letzteren der Halbmesser des Rades sehr gross gemacht werden müsste, wo hingegen bei Anwendung von Coulißen das Rad viel kleiner gehalten werden kann.

Die Grenzen für das Gebiet des Schaufelrades mit Coulißeneinlauf sind für das Gefälle 2·5 Meter bis 4·5 Meter, für die Wassermenge 0·3 bis 2·4 Kub. M. Dem Mittelpunkt des Gebietes entspricht ein Gefälle von ungefähr 3·5 Meter und eine Wassermenge von 1·2 Kub. M.

Die unterste Grenze für die Wassermenge ist durch den Umstand bestimmt worden, dass für Wassermengen unter 0·3 Kub. M. bei Gefällen über 2·5 Meter bereits das sehr wohlfeile ober-schlächlige Rad angewendet werden kann. Die äusserste Gefällsgrenze ist nicht über 4·5 Meter angenommen worden, weil von da an das rückschlächlige Zellenrad vortheilhafter zu werden beginnt, als das Schaufelrad.

Das Gebiet des rückschlächligen Rades liegt zwischem dem Gebiete des vorhergehenden Rades und jenem des ober-schlächligen. Die Gefällsgrenzen sind ungefähr 2·5 und 8 Meter, die Grenzen der Wassermenge 0·4 bis 1·3 Kub. M. Dem Mittelpunkte des Gebiets entspricht ein Gefälle von 5·5 Meter und eine Wassermenge von 0·8 Kub. M. Für Wasserkräfte, welche in dieses Gebiet fallen, ist das Schaufelrad mit Coulißeneinlauf nicht anwendbar, weil bei demselben der Wasserverlust durch den Spielraum zwischen den Schau-

felkanten und dem Gerinne zu gross ausfällt und das oberflächliche Wasserrad ist hier nicht zu empfehlen, 1) weil es nicht ventilirt werden kann, was bei grösseren Wasserquantitäten ein bedeutender Uebelstand ist, 2) weil gewöhnlich bei grösserem Wasserzuffluss der Wasserstand im oberen Kanale veränderlich ist, was sich mit der Anwendung eines oberflächlichen Rades nicht verträgt.

Das Gebiet des oberflächlichen Rades hat hinsichtlich des Gefälles eine sehr grosse Ausdehnung erhalten. Diese Anordnung ist im Allgemeinen wohlfeiler, als jede andere und gibt, wenn das Gefälle nur nicht zu klein ist, immer einen guten Effekt; es ist daher in jeder Hinsicht Grund vorhanden, das Gebiet seiner Anwendbarkeit möglichst auszudehnen. Die Gefällsgrenze beginnt schon bei 2·5 Meter und erstreckt sich bis zu 12 Meter. Die Grenzen der Wassermenge sind 0·3 und 0·8 Kub. M. Es ist schon oben gesagt worden, weshalb das oberflächliche Rad im Allgemeinen für grosse Wassermengen nicht zu empfehlen ist.

Die Linie A B für die grösste absolute Wasserkraft, welche noch mit einem Rade nutzbringend gemacht werden kann, bezieht sich auf 80 absolute Pferdekraft. Für Wasserkraften über 80 Pferdekraft fallen die Dimensionen der Räder immer so kolossal aus, dass es in diesem übrigens nur ausnahmsweise vorkommenden Falle immer zweckmässiger ist, zwei Räder anzuwenden. Uebrigens versteht es sich von selbst, dass man auch in dem Falle zwei oder mehrere Räder statt einem bauen wird, wenn ein System von Arbeitsmaschinen zu betreiben ist, die nicht gut miteinander arbeiten können, wie dies z. B. in Eisenwerken der Fall ist.

Für die Wasserkraften, welche den Grenzlinien der Kraftgebiete entsprechen, hat man unter 2 oder 3 Rädern zu wählen. Für die Wasserkraft der Grenzlinie zwischen dem Gebiete des oberflächlichen Rades und den Gebieten des Ueberfall- und Kübelrades mit Coulisseneinlauf ist das erstere dieser Räder eine wohlfeilere Anordnung, die beiden letzteren sind aber hinsichtlich des Nutzeffekts besser. Für die Wasserkraften, welche den übrigen Grenzlinien entsprechen, ist es dagegen in jeder Hinsicht ziemlich gleichgültig, welches von den diesen Grenzen zugehörigen Rädern man auswählt.

Sowohl die sehr kleinen, als auch die sehr grossen Gefälle sind in der Regel für die Einrichtung eines Wassertriebwerkes nicht so vortheilhaft, als die mittleren Gefälle. Bei kleinen Gefällen bis zu 2 Meter sind gewöhnlich die Wasserquantitäten sehr gross, der ganze Bau und insbesondere die Kanalleitung wird daher voluminös und kostspielig und die Nutzeffekte sind in diesem Falle nicht sehr günstig. Bei grossem Gefälle über 6 Meter wird das Rad sehr gross,

erhält einen langsamen Gang, wodurch oft mehrere kostspielige und krafterschöpfende Räderübersetzungen nothwendig werden und die Herstellung eines hohen Zuleitungskanals ist auch in der Regel mit mancherlei Kosten und Schwierigkeiten verbunden. Mittlere Gefälle von 2 bis 4 Meter geben gewöhnlich für kleinere Triebkräfte bis zu 16 Pferden und Gefälle von 3 bis 6 Meter für grössere Triebkraft über 16 Pferde die zweckmässigste Einrichtung. Die Wasserleitungen werden bei diesen Gefällen weder sehr lang noch sehr hoch, noch sehr weit, fallen daher in jeder Hinsicht günstig aus, und die Wasserräder erhalten eine mässige Grösse, ziemlich schnellen Gang und geben einen guten Effekt. Wenn man also zwischen mehreren Wasserkräften auswählen kann, wird man in der Regel den mittleren Gefällen von 3 bis 6 Meter den Vorzug geben müssen.

Umfangsgeschwindigkeit der Räder. Bei dem unterschlächtigen und Poncelet'schen Rade wird die vortheilhafteste Umfangsgeschwindigkeit durch das Gefälle bestimmt; bei den übrigen Rädern ist sie dagegen unabhängig vom Gefälle, und kann ohne Nachtheil ziemlich constant angenommen werden.

Wenn bei dem unterschlächtigen Rade keine Wasserverluste vorkämen, wäre die vortheilhafteste Umfangsgeschwindigkeit halb so gross, als die Geschwindigkeit des ankommenden Wassers, wegen dieser Wasserverluste fällt sie aber kleiner aus und beträgt nur 0·35 bis 0·4 von der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser ankommt.

Bei den Schaufelrädern mit Kreisgerinnen richtet sich streng genommen die vortheilhafteste Geschwindigkeit nach der Genauigkeit ihrer Ausführung. Wenn der Spielraum zwischen den Schaufelkanten und dem Gerinne sehr klein ist, ist es vortheilhaft, das Rad sehr langsam gehen zu lassen, ist dieser Spielraum gross, so ist ein schneller Gang des Rades besser. Wenn die Räder und die Gerinne immer vollkommen rund und concentrisch bleiben würden, könnte man diesen Spielraum sehr klein halten, z. B. 0·01 bis 0·015 Meter, weil aber dies nicht der Fall ist, so muss man schon von vornherein daran denken, dass durch die mit der Zeit unvermeidlich eintretenden Formveränderungen kein Anstreifen der Schaufelkanten an das Gerinne eintritt; man muss daher jenen Spielraum 0·02 Meter annehmen, wodurch wegen des Entweichens von Wasser ein Effektverlust von 10 bis 14 Prozent entsteht. Die vortheilhafteste Umfangsgeschwindigkeit ist für diesen Spielraum ungefähr 1·2 Meter, es entsteht aber für den Effekt gar kein merklicher Nachtheil, wenn man sie, um einen etwas schnelleren Gang des Rades zu erhalten,