

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Vergleichung der Turbinen mit den Wasserrädern

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

schen *a* und *c* aufgehoben. Die Turbine ist dann abgestellt. Der Boden *ff* des Abflusskanals unter dem Wasserkasten muss entweder durch eine Betonirung oder durch einen bedielten Pfahlrost gegen die aufwühlende Kraft des aus dem Turbinenrade wirbelnd austretenden Wassers geschützt werden. Wenn die Pfanne des Turbinenzapfens durch einen auf den Boden *f* gestellten Pfannenträger getragen werden soll, muss dieser entweder auf einen in den Boden eingesenkten Quaderblock oder auf mehreren in den Boden eingerammten Pfählen gelegt und angeschraubt werden. Besser ist es aber, diesen Pfannentstuhl ganz wegzulassen und den Pfannentopf durch gusseiserne Arme mit dem Turbinenmantel zu verbinden, weil auf diese Weise eine ganz solide relative Verbindung der Pfanne mit dem Mantel, unabhängig von dem Holzbau, erzielt werden kann.

Bei grösseren Turbinenanlagen mit mehreren Turbinen werden die Tragbalken des Wasserkastens und jene der Brücke, welche die Lagerstühle zu tragen haben, aus Eisen hergestellt. Eine derartige, äusserst solide, aber auch sehr kostspielige Konstruktion findet man bei der grossen Turbinenanlage in der Spinnerei nächst Bamberg angewendet. Es sind vier Turbinen vorhanden, jede zu 150 Pferdekräften Nutzeffekt. Die Grenzen unseres Werkes erlauben uns nicht, in eine Darstellung und Beschreibung von solchen grösseren Anlagen einzugehen.

Vergleichung der Turbinen mit den Wasserrädern.

Nachdem wir nun die Wasserräder und Turbinen für sich betrachtet haben, müssen wir sie auch im Verhältniss zu einander in's Auge fassen, denn erst dadurch wird sich der wahre Werth dieser Maschinen herausstellen, werden die Vortheile und Nachteile derselben zum Vorschein kommen, und wird es endlich möglich werden, die Frage zu beantworten, ob unter gegebenen Umständen die eine oder die andere dieser Maschinen gewählt werden soll.

I) Vergleichen wir zuerst die beiden Arten von Maschinen hinsichtlich des Nutzeffektes, welchen sie bei verschiedenen Gefällen zu entwickeln vermögen.

Das Verhältniss zwischen dem Nutzeffekt und dem absoluten Effekt der Wasserkraft nimmt, wenn das Gefälle wächst, bei den Wasserrädern zu, bei den Turbinen dagegen nimmt es ab. Bei kleinen Gefällen geben die Turbinen, bei grossen Gefällen die Wasserräder (so weit sie anwendbar sind) bessere Effekte, bei mittleren Gefällen leisten die einen so viel wie die andern.

Veränderungen im Wasserzfluss haben bei den Wasserrädern nur einen sehr geringen, bei den Turbinen aber einen sehr bedeutenden nachtheiligen Einfluss auf die Procente des Nutzeffektes.

Bei veränderlichem Wasserzfluss sind daher die Turbinen gegen die Wasserräder hinsichtlich des Nutzeffektes im Nachtheil.

Veränderungen im Gefälle haben bei den Turbinen (vorausgesetzt, dass sie selbst beim niedrigsten Stand des Wassers im Abflusskanal ganz getaucht sind) keinen Einfluss auf die Procente des Nutzeffektes, wohl aber auf die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Rad bewegen muss, um bei jedem Wasserstand den grösstmöglichen Effekt geben zu können.

Veränderungen im Gefälle haben im Allgemeinen einen nachtheiligen Einfluss auf den Nutzeffekt der Wasserräder. Dieser Einfluss ist jedoch nur bei kleinen Gefällen von Bedeutung, weil nur bei diesen die Veränderungen des Gefälles im Vergleich zum totalen Gefälle beträchtlich sind. Aendert sich nur allein das Gefälle, der Wasserzfluss aber nicht, so sind die Turbinen gegen die Wasserräder hinsichtlich des Nutzeffektes im Vortheil. Gewöhnlich ist aber mit einer Abnahme des Gefälles eine Zunahme des Wasserzflusses verbunden, und dann kann man bei einem Wasserrade die Effektverminderung, welche durch die Aenderung des Gefälles entsteht, wiederum aufheben, indem man dem Rade eine grössere Wassermenge zuleitet.

Wenn also Gefälle und Wasserzfluss gleichzeitig veränderlich sind, und zwar in der Art, dass die Wassermenge wächst, wenn das Gefälle abnimmt und umgekehrt, so sind hinsichtlich des Effektes die Wasserräder im Vortheil.

Eine Aenderung im Gefälle hat übrigens nur bei dem unterschlächtigen und bei dem Ponceletrade einen Einfluss auf die vortheilhafteste Geschwindigkeit, bei allen übrigen Rädern aber, bei welchen das Wasser grösstentheils durch sein Gewicht wirkt, ist die vortheilhafteste Geschwindigkeit unabhängig von kleinen Gefälländerungen.

Die Geschwindigkeit des Ganges kann sowohl bei den Wasserrädern als auch bei den Turbinen ziemlich stark von derjenigen abweichen, welche dem Maximum des Nutzeffektes entspricht, ohne dass dadurch der letztere merklich kleiner wird. Die Geschwindigkeit kann bei beiden ohne merklichen Nachtheil um ein Viertel von der Normalgeschwindigkeit grösser oder kleiner werden, als diese letztere ist.

Die Konstruktionselemente können bei den Wasserrädern ohne merklichen Nachtheil für den Effekt sehr stark von denjenigen ab-

weichen, welche dem vortheilhaftesten Effekt entsprechen. Bei den Turbinen dagegen müssen jene Elemente sehr genau nach dem Gefälle und nach der Wassermenge berechnet werden, wenn der Effekt günstig ausfallen soll. Die ersteren dieser Maschinen sind daher weit leichter gut anzuordnen, als die letzteren.

Wenn der Widerstand der zu betreibenden Arbeitsmaschine konstant ist, gewähren die Turbinen einen höheren Grad von Gleichförmigkeit der Bewegung als die Wasserräder, und insbesondere einen höheren als die hölzernen. Das Umgekehrte findet statt, wenn die Widerstände, wie z. B. bei Walzwerken, sehr veränderlich sind, indem bei den Wasserrädern die in ihrer Masse enthaltene lebendige Kraft gross, bei den Turbinen aber klein ist. Dieser Nachtheil der Turbinen kann zwar durch Anwendung eines Schwungrades beseitigt werden, allein die Veränderungen in der Geschwindigkeit fallen doch, wenn der Widerstand veränderlich ist, bei den Wasserrädern kleiner aus als bei den Turbinen, weil bei den ersteren der Wasserzufluss bedeutend variiren kann, bei den letzteren aber nicht. Im Allgemeinen sind also bei Maschinen mit veränderlichen Widerständen die Wasserräder den Turbinen vorzuziehen.

Die bisherigen Vergleichen hinsichtlich des Nutzeffektes bezogen sich auf die Kraftmaschine selbst; die Leistung einer Maschinenanlage muss aber nach dem Effekt beurtheilt werden, welcher auf die Arbeitsmaschinen übertragen wird, wir müssen daher auch die Effektverluste betrachten, welche durch die Transmission verloren gehen.

Um diese Verluste zu beurtheilen, muss man berücksichtigen:

1) dass bei zwei gleich langen und gleich stark (gleichviel, ob in's Schnelle oder in's Langsame) übersetzenden Transmissionen die durch Reibung entstehenden Effektverluste gleich gross, die durch Stösse und Vibrationen entstehenden Effektverluste aber bei der schneller gehenden, mithin leichteren Transmission etwas grösser ausfallen, als bei den stärkeren und langsamer gehenden.

Da in der Regel die Wahl der Maschinen keinen Einfluss hat auf die Länge der Transmission, so können wir, um die Vergleichung zu vereinfachen, diese Länge unberücksichtigt lassen, und nur allein die Uebersetzung und die Schnelligkeit des Ganges in Betrachtung ziehen.

2) Muss man berücksichtigen, dass die Wasserräder im Allgemeinen einen langsamen, die Turbinen aber einen schnellen Gang haben, und dass dieser mit dem Gefälle bei den ersten ab-, bei den letzteren aber bedeutend zunimmt.

Hieraus folgt, dass in der Regel hinsichtlich des in Rede ste-

henden Effektverlustes für langsam gehende Arbeitsmaschinen (z. B. für grössere Pumpwerke) eine Wasserradtransmission, für schnell gehende Arbeitsmaschinen eine Turbinentransmission vortheilhafter ausfallen wird. Muss aber mit der ersteren dieser Transmissionen eben so viel in's Schnelle als mit der letzteren in's Langsame übersetzt werden, so erschöpfen beide ungefähr gleich viel Effekt.

Meistens haben aber die Arbeitsmaschinen einen schnellen Gang, der Vortheil ist daher hinsichtlich des Effektverlustes, den die Transmission verursacht, auf Seite der Turbinen.

Vergleichen wir nun die Wasserräder mit den Turbinen hinsichtlich der Kosten des Wasserbaues der Maschinen und der Transmission.

Der Wasserbau, d. h. der Bau zur Fassung und Leitung des Wassers, ist bei kleineren und mittleren Gefällen für Turbinen wie für Wasserräder ganz gleich, ist aber das Gefälle gross, so wird das Wasser den ersteren in einer Röhrenleitung, den letzteren aber in einer offenen hölzernen oder gemauerten Kanalleitung zugeführt. Die Kosten dieser beiden Leitungen sind im Allgemeinen nur wenig verschieden, wir können daher die Anlagen eines Wasserrades und eines Turbinenbetriebes hinsichtlich der Kosten des Wasserbaues gleich stellen.

Die Kosten der Anschaffung und Aufstellung der Maschinen nehmen für eine Pferdekraft Nutzeffekt bei den Wasserrädern mit dem Gefälle und mit der Wassermenge etwas zu, bei den Turbinen dagegen nehmen sie ab, wenn das Gefälle wächst. Die ersteren sind daher vorzugsweise für kleinere, die letzteren vorzugsweise für grössere Gefälle ökonomisch vortheilhaft.

Für Gefälle bis zu 2^m, die Wassermenge mag nun gross oder klein sein, so wie auch für Gefälle von 2 bis 6^m und einem Wasserzufluss bis zu 0.25^{Kbm} kostet eine Turbine so viel, als ein eisernes Rad, mithin mehr als ein hölzernes Wasserrad. Für Gefälle von 2 bis 6^m und grössere Wasserquantitäten, so wie auch für Gefälle über 6^m, die Wassermenge mag gross oder klein sein, kostet eine Turbine bedeutend weniger als ein Wasserrad.

Die Anschaffungskosten der Transmission sind, wenige Fälle abgerechnet, bei Turbinen geringer, als bei Wasserrädern; denn in den meisten Fällen haben sowohl die Arbeitsmaschinen als auch die Turbinen grosse Geschwindigkeiten, sie erfordern also in der Regel wenig Uebersetzungen und bei der grossen Geschwindigkeit aller Theile der Transmission fallen die Querschnittsdimensionen und daher auch die Gewichte derselben um ein Namhaftes kleiner aus, als für Wasserräder.

Die Herstellung der Radstube und der Bau für die Aufstellung der Maschine kostet bei kleinen Gefällen für beide Maschinen ungefähr gleich viel; in dem Maasse aber, als das Gefälle grösser wird, nehmen diese Kosten für die Turbine ab und für das Wasserrad zu, so dass sie für Gefälle, die grösser als 12^m sind, bei der ersteren sehr unbedeutend ausfallen, bei der letzteren dagegen sehr hoch zu stehen kommen.

IV. Schlamm, Sand, Eisstücke, Baumzweige und Blätter, so wie andere im Wasser oftmals enthaltene Körper können nicht leicht den Gang und die Wirkung eines Wasserrades stören, eine Turbine dagegen verträgt nur reines Wasser. Die Störungen, welche die im Wasser befindlichen Körper verursachen, sind übrigens nur bei kleineren Turbinen von Bedeutung, denn bei den grösseren sind die Kanäle des Leit- und Turbinenrades schon so weit, dass kleinere Körper durchkommen können. Bei kleinen Turbinen werden aber die Kanäle durch Baumblätter, Holzspähne etc. sehr leicht verstopft, und wenn die Maschine nicht in der Art gebaut ist, dass man sie mit Leichtigkeit und ohne Zeitverlust oftmals reinigen kann, so ist an eine gleichförmige Fortwirkung der Maschine nicht zu denken.

Das Wasser ist in der Regel rein in Gegenden, in welchen Nadelholzwaldungen, dagegen unrein, da wo Laubholzwaldungen vorherrschend sind. Kleine Turbinen sind daher für Gegenden mit Laubholzwaldungen nicht zu empfehlen.

V. Was die Dauerhaftigkeit betrifft, so sind die Turbinen den eisernen Wasserrädern gleich zu stellen; wie es sich mit der Dauerhaftigkeit der hölzernen Wasserräder verhält, ist schon an mehreren Orten gesagt worden.

Nachdem wir die Wasserräder in den verschiedenen Hinsichten mit den Turbinen verglichen haben, bleibt uns noch die wichtige Frage zu beantworten übrig, in welchen Fällen zur Benutzung einer Wasserkraft ein hölzernes Wasserrad, in welchen ein eisernes, und in welchen eine Turbine gewählt werden soll. Erschöpfend kann diese Frage nicht beantwortet werden, denn die Zahl der möglichen Kombinationen von den verschiedenen Umständen, welche für und gegen den Bau einer jeden von diesen Maschinen sprechen, ist ausserordentlich gross und das Gewicht jedes einzelnen Umstandes kann im Allgemeinen nicht ermittelt werden. In den meisten Fällen wird man aber eine ziemlich richtige Wahl treffen, wenn man nur die zwei wichtigsten von den zu berücksichtigenden Umständen, nämlich: 1) die Grösse des Baukapitals, welches für ein Unternehmen verwendet werden darf und kann und 2) die Grösse und Beschaffenheit der disponibeln Wasserkraft in Erwägung zieht,

und unter dieser Voraussetzung glaube ich nach reiflicher Ueberlegung für die Wahl der Maschine die Vorschrift empfehlen zu dürfen, welche die folgende Tabelle enthält.

In derselben bedeutet der Kürze wegen:

K das Baukapital, welches verwendet werden kann oder darf.
 H und Q das Gefälle und der Wasserzfluss in einer Sekunde.
 $N_a > N_n$ es sei die disponible Wasserkraft bedeutend (etwa zweimal) so gross als der zum Betriebe erforderliche Nutzeffekt.
 $N_a = N_n$ es sei die disponible Wasserkraft nur bei sehr vorteilhafter Benutzung zum Betriebe der Maschinen hinreichend.

Vorschrift für die Wahl der Maschine.

Ist das Gefälle und die Wassermenge		so soll gewählt werden		
		ein hölzernes Rad	ein eisernes Rad.	eine Turbine
nicht über 2 ^m	gross oder klein	wenn K klein	1) wenn K gross, H und Q constant, $N_a > N_n$ 2) wenn K gross, H und Q veränderlich,	wenn K gross, H und Q constant, $N_a = N_n$
zwischen 2 ^m und 6 ^m	nicht grösser als 0.3Kbm	wenn K klein	wenn K gross	niemals
zwischen 2 ^m und 6 ^m oder zwischen 6 ^m und 12 ^m	grösser als 0.3Kbm gross oder klein	wenn K klein und $N_a = N_n$	wenn K gross und $N_a = N_n$	wenn K gross, und $N_a > N_n$
grösser als 12 ^m	gross oder klein	niemals	niemals	jederzeit