

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Bewegungszustand des Rades

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

mit grosser Umfangsgeschwindigkeit, denn die Kraft, mit welcher jedes Theilchen nach radialer Richtung durch die Centrifugalkraft getrieben wird, ist dem Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit direkt und dem Halbmesser des Rades verkehrt proportional. Der Einfluss der Centrifugalkraft ist daher bei grossen und langsamer gehenden Rädern ganz unmerklich, bei kleinen schnell gehenden dagegen beträchtlich.

Bewegungszustand des Rades. Die früher angegebene Berechnung des Effektverlustes, welcher durch den stossweisen Eintritt des Wassers und durch den Austritt entsteht, ist streng genommen nur dann richtig, wenn das Wasser durch den Stoss seine ganze relative Geschwindigkeit verliert; also nach dem Stosse ruhig den Schaufeln oder Zellen folgt, ohne gegen dieselben eine relative Bewegung zu haben, daher zuletzt mit einer Geschwindigkeit austritt, die mit der Umfangsgeschwindigkeit des Rades übereinstimmt. Diese Voraussetzung ist nicht ganz richtig, denn das Wasser besitzt nach dem Stosse immer noch eine gewisse relative, entweder regelmässig schwingende oder unregelmässig durch einander wirbelnde Bewegung gegen die Schaufel. Wie gross die Summe der Effektverluste ausfällt, welche beim Ein- und Austritt entstehen, wenn das Wasser, während es im Rade verweilt, einen regelmässig oscillirenden Bewegungszustand hat, hängt von sehr zusammengesetzten Verhältnissen ab und kann im Allgemeinen nicht angegeben werden. Nur so viel kann man sagen, dass jene Verluste nicht grösser ausfallen können als sie es dann sind, wenn das Wasser beim Eintritt die ganze relative Geschwindigkeit verliert, daher ruhig den Schaufeln oder Zellen folgt. Eine regelmässig oscillirende Bewegung des Wassers in den Zellen kann daher den Nutzeffekt nicht schwächen. Wohl aber ist es möglich, dass ein solcher Bewegungszustand der Gleichförmigkeit der Bewegung des Rades nachtheilig wird; wenn es sich z. B. trifft, dass gleichzeitig in einer Mehrzahl von Zellen die Richtungen, nach welchen die Wassermassen schwingen, übereinstimmen, so ist zwar der mittlere Druck, mit welchem das im Rade befindliche Wasser auf dasselbe einwirkt, eben so gross, als er ist, wenn das Wasser ruhig den Zellen folgt, allein dieser mittlere Druck ist dann nicht in jedem Augenblicke vorhanden, sondern der wirklich stattfindende Druck ist bald grösser, bald kleiner als der mittlere. Das erstere ist der Fall, während die Wassermassen abwärts, das letztere, während sie aufwärts schwingen. Man sieht also, dass in Folge dieser Schwingungen eine sehr ungleichförmige Einwirkung des Wassers auf das Rad, und folglich eine sehr ungleich-

förmige Bewegung desselben entstehen kann, was in der Regel für den Betrieb der Maschinen sehr nachtheilig ist. Bei den oberflächlichen Rädern fällt in Folge der schwingenden Bewegungen sehr viel Wasser frühzeitig aus dem Rade, was für den Nutzeffekt nachtheilig ist und Unregelmässigkeiten in der Bewegung können auch hier eintreten.

Wenn die Wassertheilchen nach dem Stosse unregelmässig durch einander wirbeln, vernichten sie bald wechselseitig ihre Geschwindigkeiten, die Bewegung wird daher nach und nach ruhiger und verschwindet nach einiger Zeit, so dass dann das Wasser im Momente seines Austritts aus dem Rade nur mehr noch die Geschwindigkeit des Radumfangs besitzt. Es ist klar, dass in diesem Falle der Effektverlust nicht ungünstiger ausfällt, als in jenem, wenn das Wasser gleich beim Stosse seine ganze relative Geschwindigkeit verliert.

Das Endresultat dieser Betrachtungen ist also folgendes:

1. Ein unregelmässiges Durcheinanderwirbeln des Wassers hat auf den Effekt keinen merklichen, weder günstigen noch schädlichen Einfluss.

2. Bei Rädern mit Gerinnen hat zwar ein regelmässiges Oscilliren des Wassers in den Zellen keinen nachtheiligen Einfluss auf den Effekt, wohl aber auf den Gang des Rades, denn dieser wird dadurch ungleichförmig.

3. Bei den oberflächlichen Rädern, die kein Gerinne haben, verursacht ein regelmässiges Oscilliren des Wassers sowohl einen Effektverlust, als auch eine ungleichförmige Bewegung des Rades. Hieraus geht hervor, dass es besser ist, wenn man Alles zu vermeiden sucht, was eine regelmässig oscillirende Bewegung des Wassers veranlassen kann. Regelmässig gekrümmte Schaufeln oder Zellen soll man daher nicht anwenden, insbesondere soll der tiefere Theil der Zellen, gegen welchen das Wasser am stärksten hinschlägt, nicht abgerundet, sondern eckig gemacht werden, damit sich das Wasser gleich beim Eintritt zerschlägt.

Betrachten wir nun noch das Poncelet-Rad hinsichtlich des Zustandes, in welchem sich das Wasser befindet, während es im Rade verweilt.

Die auf und nieder oscillirende Bewegung des Wassers erfolgt in dem Falle, wenn das Volumen der Wassermenge, die in einen Schaufelraum gelangt, bedeutend kleiner ist als das Volumen des Schaufelraumes, ganz anders als wenn jene Volumina nur wenig von einander verschieden sind; wir müssen daher jeden dieser zwei Fälle besonders betrachten.

Wenn das in einen Schaufelraum gelangende Wasservolumen bedeutend kleiner ist, als das Volumen des Schaufelraumes, kann die Füllung und Entleerung eines Schaufelraumes in drei Perioden getheilt werden. In der ersten Periode, die dann anfängt, wenn die Wassertheilchen einzutreten beginnen, und so lange fort dauert, bis das zuerst eingetretene Theilchen die Höhe erreicht hat, welche seiner relativen Eintrittsgeschwindigkeit entspricht, ist nur ein aufsteigender Strom von Wassertheilchen vorhanden. Während der zweiten Periode, die mit dem Schlusse der ersten beginnt und in dem Augenblicke endigt, wenn das zuletzt in den Schaufelraum eingetretene Theilchen seine grösste Erhebung erreicht hat, sind zwei Ströme, ein aufsteigender und ein niedergehender, vorhanden. In der dritten Periode, welche sich an die zweite anschliesst, und mit dem Austritt des letzten Wassertheilchens endigt, ist nur ein niedergehender Strom von Wassertheilchen vorhanden. In der ersten Periode ist es allerdings möglich, dass die Wassertheilchen ihre aufsteigende Bewegung ohne wechselseitige Störung vollbringen. In der zweiten Periode ist dies nicht möglich, denn die gleichzeitig vorhandenen, nach entgegengesetzter Richtung gehenden Strömungen verursachen wechselseitig Störungen. In der dritten Periode könnte allerdings wiederum eine regelmässige Bewegung vorhanden sein, wenn nicht schon vorher die Unordnung begonnen hätte.

Wenn das in einen Schaufelraum eingetretene Wasservolumen nicht viel kleiner ist, als das Volumen des Schaufelrades, füllt der zunächst aufsteigende Strom den Schaufelraum der ganzen Weite nach aus, es kann sich daher ein Doppelstrom nicht bilden, weil es dazu an freiem Raum fehlt. Die ganze Zeit der Füllung und Entleerung zerfällt daher hier in zwei Perioden. In der ersten findet ein aufsteigender, in der zweiten ein niedergehender Strom statt, und in diesen Strömen haben die Theilchen fast keine relative Bewegung gegen einander, sondern die ganze Wassermasse schwingt als ein Körper an der Schaufel hinauf, bis der Schwerpunkt desselben die Höhe erreicht hat, welche der relativen Eintrittsgeschwindigkeit entspricht, schwingt dann wiederum herab und fällt aus dem Rade heraus. Die Höhe, welche dabei die einzelnen Wassertheilchen erreichen, ist also ungleich, die zuerst eingetretenen werden von dem Augenblicke an, wenn sie die ihrer relativen Eintrittsgeschwindigkeit entsprechende Höhe erreicht haben, von dem nachfolgenden Wasser noch höher hinaufgehoben, die zuletzt eintretenden Theilchen dagegen erreichen nur eine geringe Höhe, weil sie durch das voraus befindliche Wasser daran verhindert werden.

Vergleicht man nun, wie die schwingende Bewegung des Wassers

in dem einen, und wie sie in dem andern Falle erfolgt, so wird man sich wohl überzeugen, dass vorzugsweise das Vorhandensein eines Doppelstromes Unregelmässigkeiten und Störungen in der Bewegung des Wassers verursacht; dass demnach bei dem Poncelet-Rade durch den Bewegungszustand des Wassers, während es im Rade verweilet, beträchtliche Verluste an lebendiger Kraft eintreten müssen, wenn das Rad nur wenig gefüllt ist. Dieses Rad soll also nur so geräumig angeordnet werden, als durchaus nöthig ist, um die Wassermasse fassen zu können, welche auf das Rad wirken soll.

Nebenhindernisse. Wasserreibung kommt bei allen Rädern vor, die mit Gerinnen versehen sind. Bei den unterschlächtigen und bei dem Poncelet-Rade gleitet das Wasser mit grosser Geschwindigkeit über den Theil des Gerinnes hin, der den Einlauf bildet, und wird durch Reibung an den Gerinnsboden und an den Wänden in seiner Bewegung etwas verzögert. Von merklichem Einfluss ist diese Reibung jedoch nur dann, wenn die Schütze, wie es bei den alten Mühlenrädern der Fall ist, in grosser Entfernung vom Rade angebracht wird. Bei den Rädern, die mit Kreisgerinnen versehen sind, stehen die in den Zellen enthaltenen Wassermassen der Mehrzahl nach mit dem Gerinne in Berührung und gleiten an demselben nieder. Der Effektverlust, welcher durch diese Reibung des Wassers am Gerinne entsteht, ist der Ausdehnung der Berührungsfläche und dem Kubus der Geschwindigkeit des Wassers proportional. Dieser Verlust ist bei Schaufelrädern grösser, als bei Kübelrädern, weil bei den ersteren die Berührungsfläche grösser ist, als bei den letzteren; ferner bei schnell gehenden Rädern grösser, als bei langsam gehenden, beträgt jedoch immer nur sehr wenig.

Durch die Adhäsion des Wassers an den Schaufeln und Zellwänden bleibt nach erfolgter Entleerung immer einiges Wasser an dem Rade hängen und tröpfelt oder rinnt von demselben herab, während die Schaufeln in die Höhe gehen. Wenn das totale Gefälle gross ist, kann der dadurch entstehende Effektverlust nie merklich werden, wohl aber bei kleinem Gefälle, indem bei diesem die Höhe, bis zu welcher die Wassertheilchen durch die Adhäsion gehoben werden, im Vergleich zur ganzen Gefällshöhe sehr gross wird. Wenn z. B. $\frac{1}{20}$ von der Wassermenge, welche eine Zelle aufnimmt, an den Wänden hängen bleibt und bis zu 1 Meter Höhe gehoben wird, so beträgt der Verlust, wenn das Gefäll 1 Meter ist, $\frac{1}{20}$, und wenn es 5 Meter ist, nur $\frac{1}{5} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{100}$ von dem absoluten Effekt der Wasserkraft. Der durch die Adhäsion entstehende