I. Unterschlächtige Wasserräder		II. Halb-, mittel- und rückenschlächtige Räder	III. Oberschlächtige Wasserräder
A. In Gerinnen	B. In freiem Strome		
a) Räder in geradem Gerinne mit ebenen Schaufeln. b) Räder mit gebogenem Gerinne, ebenen oder krummen Schaufeln.	a) Räder, bei denen die Drehachse rechtwinkelig zur Wasserbewegung gerichtet ist. b) Räder, bei denen die Drehachse parallel zur Wasserbewegung liegt.	a) Räder mit Durchlaßschützen. b) Räder mit Überfalleinlauf. c) Räder m. Coulisseneinlauf.	a) Räder mit geringer Umdrehungsgeschwindigkeit. b) Räder mit großer Umdrehungsgeschwindigkeit.

Bei den Rädern der zweiten Gattung ist ein zylindrischer Mantel von der Einlaufstelle bis zur Auslaufstelle des Wassers, dicht an das Rad anschließend, in das Gerinne eingebaut. Dieser Mantel wird Kropf genannt, und daher führen die erwähnten Räder auch den Namen Kropfräder. Zu den einzelnen Unterabteilungen der Tabelle sei bemerkt, daß je nach der Konstruktion bzw. dem Erfinder derselben noch eine Reihe von Bezeichnungen für einzelne Wasserradtypen eingeführt ist, doch lassen sich die letzteren stets einer der obigen Gattungen unterordnen.

Die Einteilung der oberschlächtigen Wasserräder nach der Größe der Umfangsgeschwindigkeit mag auffällig erscheinen, sie ist jedoch durch die Unterschiede sowohl in der Theorie als auch in der Konstruktion der Räder, je nachdem der Boden des Gerinnes mehr oder weniger hoch über dem Radscheitel liegt, gerechtfertigt.

Die Wirkungsweise des Wassers bei Wasserrädern.

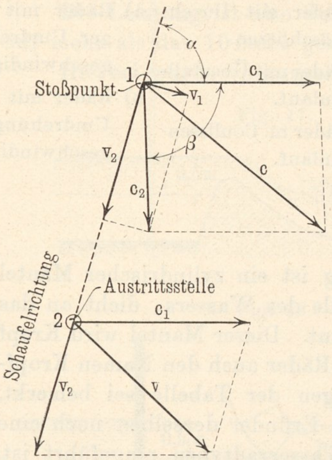
Die verschiedenen Wasserradgattungen sind bezüglich des Nutzeffektes ungleichwertig, was vor allem durch die abweichende Wirkungsweise des Wassers auf die Schaufeln des Rades zu erklären ist. Man kann in dieser Hinsicht zwischen drei Wirkungen unterscheiden: der Stoß-, der Gewichts- oder Druck- und der Geschwindigkeitswirkung des Wassers, welche je nach dem Bau der Wasserradanlage einzeln, meist aber vereinigt zur Geltung kommen.

Zur näheren Erläuterung der soeben gekennzeichneten Wirkungen des Wassers mögen nachstehende Betrachtungen dienen.

Es werde eine ebene Schaufel, s. Fig. 19, von einem Wasserstrahl an Punkt 1 in einem beliebigen Winkel getroffen. Die Schaufel möge die Geschwindigkeit c_1 nach Größe und Richtung, das Wasser selbst die absolute Geschwindigkeit und die Richtung c haben. Die absolute Geschwindigkeit c des Wassers stellt die Resultante aus der relativen Geschwindigkeit c_2 und der Geschwindigkeit c_1 der Schaufel dar.

Umgekehrt läßt sich aus den bekannten Geschwindigkeiten c_1 und c die Relativgeschwindigkeit c_2 finden. Dieselbe kann man in eine zur Schaufelfläche normale v_1 und in eine tangentiale Komponente v_2 zerlegen.

Fig. 19.



Die Komponente v_1 wird durch Stoß vernichtet, so daß das Wasser mit der Geschwindigkeit v_2 längs der Schaufel hinfließt. An der Austrittsstelle 2 setzt sich die absolute Geschwindigkeit v des Wassers aus v_2 und c_1 zusammen.

Dem bei 1 auftreffenden Wasser wohnt pro Kilogramm ein Arbeitsvermögen von $\frac{c^2}{2\,g}$ inne. Abgesehen von Reibungsverlusten gehen zwei Teile dieses Arbeitsvermögens verloren: ein Teil im Betrage $\frac{v_1^2}{2\,g}$ infolge der Vernichtung der Geschwindigkeitskomponente v_1 und ein Teil $\frac{v^2}{2\,g}$, welcher dadurch bedingt ist, daß das Wasser noch mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit v abfließt. Zu nützlicher Arbeitsleistung kommt somit nur

$$(1) \quad \ldots\ldots\ldots \quad L = \frac{c^2 - v_1^2 - v^2}{2\,g}.$$

Ist der Winkel, welchen die Schaufelgeschwindigkeit c_1 mit der Schaufelrichtung bildet, α und der Winkel der Relativgeschwindigkeit c_2 mit c_1 β, so läßt sich die nützliche Leistung auch ausdrücken als:

$$(2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad L = \frac{2 \cdot c_1 \cdot v_1 \cdot \sin\alpha}{2 \cdot g} \text{ [1]}.$$

Danach ist die Leistung L eine Funktion von v_1. Konstruiert man bei einer bestimmten Radgeschwindigkeit c_1 und bei einer be-

---

[1] Die Formel (2) kann aus der Formel (1) unter Zuhilfenahme nachstehender Beziehungen abgeleitet werden:

$$c^2 = c_1^2 + c_2^2 + 2 \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot \cos\beta,$$
$$v^2 = c_1^2 + v_2^2 - 2 \cdot c_1 \cdot v_2 \cdot \cos\alpha,$$
$$v_1^2 = c_2^2 - v_2^2.$$

Daraus folgt:

$$c^2 - v^2 - v_1^2 = 2 \cdot c_1 \cdot (v_2 \cdot \cos\alpha + c_2 \cdot \cos\beta).$$

Da nun weiter:

$$v_2 \cdot \cos\alpha + c_2 \cdot \cos\beta = v_1 \cdot \sin\alpha,$$

so ergibt sich:

$$c^2 - v^2 - v_1^2 = 2 \cdot c_1 \cdot v_1 \cdot \sin\alpha$$

und

$$L = \frac{2 \cdot c_1 \cdot v_1 \cdot \sin\alpha}{2 \cdot g}.$$

stimmten Schaufelneigung α die Geschwindigkeitskomponente v_1 für verschiedene Richtungen der absoluten Wassergeschwindigkeit c, so wird man finden, daß v_1 den größten Wert hat, wenn c mit v_1 zusammenfällt, d. h. wenn die Richtung des Wasserstrahles zur Schaufel senkrecht ist. In diesem Falle tritt das Maximum von L ein, wenn zwischen der Wassergeschwindigkeit c und der Laufradgeschwindigkeit c_1 die Beziehung:

$$c_1 \cdot \sin \alpha = \tfrac{1}{2} c$$

besteht; da alsdann v_1 ebenfalls gleich $\frac{1}{2} c$ wird, so nimmt der Ausdruck für die Leistung die Form:

$$(3) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad L = \frac{1}{2} \frac{c^2}{2g} \quad \text{an.}$$

Diese Beziehung sagt, daß auch im günstigsten Falle bei der Wirkung eines Wasserstromes gegen ebene Schaufeln, d. h. bei Stoßwirkung, nur die Hälfte der lebendigen Kraft des Wassers ausgenutzt wird. Die Stoßwirkung ist demnach zur Arbeitsleistung wenig geeignet und muß möglichst beschränkt werden.

Fig. 20.

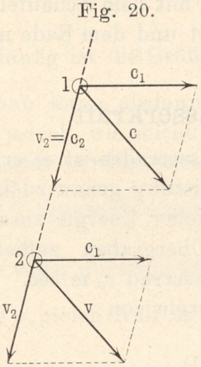
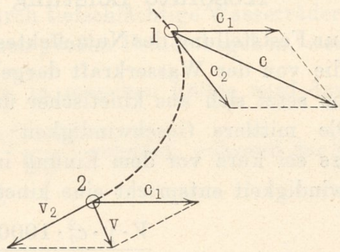


Fig. 21.



Es drängt sich nun die Frage auf, was bei der gleichen Schaufelkonstruktion eintreten würde, wenn man den Stoß vermeiden wollte. Die Bedingung hierfür wäre, daß beim Auftreffen des Wassers auf die Schaufel eine plötzliche Geschwindigkeitsvernichtung nicht eintritt, d. h. daß $v_1 = 0$ ist. Alsdann würde c_2 mit v_2 zusammenfallen (s. Fig. 20); an der Austrittsstelle 2 würde jedoch die absolute Geschwindigkeit v gleich der absoluten Eintrittsgeschwindigkeit c bei 1 sein. In diesem Falle hat das Wasser keine Arbeit verrichtet, L ist gleich 0.

Bei ebenen Schaufeln kann somit die Geschwindigkeit des Wassers nur durch Stoß, also unvorteilhaft, ausgenutzt werden.

Verwendet man dagegen gekrümmte Schaufeln, so kann das Wasser stoßfrei auf die Schaufel treffen und trotzdem die absolute Geschwindigkeit desselben auf dem Wege längs der Schaufel bedeutend vermindert, d. h. vorteilhaft zur Arbeitsleistung nutzbar gemacht werden.

Der Wasserstrahl wird durch die gekrümmte Schaufel allmählich aus seiner Richtung abgelenkt, wobei die relative Geschwindigkeit des

Wassers c_2 [$= v_2$] der Größe nach im wesentlichen erhalten bleibt. Die Richtung des Wasserstrahles dagegen wird so abgeändert, daß sie an der Austrittsstelle in der Zusammensetzung mit der Schaufelgeschwindigkeit c_1 eine kleine Resultante v ergibt, wie Fig. 21 zeigt.

Die auf dem eben beschriebenen Vorgange beruhende Wirkung des Wassers kann als Geschwindigkeitswirkung — im engeren Sinne — bezeichnet werden, im Gegensatze zur Stoßwirkung, welche, wie wir oben sahen, ebenfalls eine Ausnutzung der Geschwindigkeit darstellt.

Die nutzbare Arbeitsleistung des Wassers bei Geschwindigkeitswirkung ist

$$(4) \quad \ldots\ldots\ldots \quad L = \frac{c^2 - v^2}{2\,g}.$$

Die Gewichts- oder Druckwirkung des Wassers, welche bei den Wasserrädern in erster Linie zur Ausnutzung gelangt, beruht darauf, daß das den Schaufelraum erfüllende Wasser, indem es sich von der Einfluß- nach der Abflußstelle hin — zugleich mit dem Schaufelkranze — senkt, seine potentielle Energie selbst verliert und dem Rade mitteilt.

Absolute Leistung der Wasserkraft.

Zur Feststellung des Nutzeffektes eines Wasserrades ist es erforderlich, die von der Wasserkraft dargebotene Leistung genau zu kennen. Dieselbe setzt sich aus kinetischer und potentieller Energie zusammen.

Die mittlere Geschwindigkeit des im Obergraben zufließenden Wassers sei kurz vor dem Einfluß in das Wasserrad c_o m/sec. Dieser Geschwindigkeit entspricht eine kinetische Energie von

$$\frac{V \cdot \gamma \cdot c_o^2 \cdot 1000}{2\,g} \text{ kgm/sec } ^{1)}.$$

Hierin bedeutet V die pro Sekunde durch den Kanal fließende Wassermenge in Cubikmetern, γ das spezifische Gewicht des Wassers und g die Beschleunigung der Schwere.

Ist ferner der Spiegelunterschied des Ober- und Unterwassers z in Metern, so wohnt dem Wasser eine potentielle Energie von

$$V \cdot z \cdot \gamma \cdot 1000 \text{ kgm/sec}$$

inne. Da das im Untergraben fortfließende Wasser noch eine Geschwindigkeit c_u besitzt, so nimmt das Wasser ein Arbeitsvermögen (kinetische Energie) im Betrage von

$$\frac{V \cdot \gamma \cdot c_u^2 \cdot 1000}{2\,g} \text{ kgm/sec}$$

mit fort. Die von der Wasserkraft dargebotene Leistung ist somit

---

1) Vgl. hierzu S. 21 u. 22.