

sen Gefällshöhen und kleinen Wasserquantitäten angezeigt ist. Bei sehr großen Gefällshöhen fällt nämlich die *Fourneyron'sche* Turbine sehr klein aus, und erhält daher eine bedeutende Rotationsgeschwindigkeit, wodurch die Transmission complicirter wird.

Ist die Wassermenge veränderlich, so hat die Schottische Turbine gegen die *Fourneyron'sche*, besonders wenn diese nicht durch horizontale Zwischenböden in mehrere Fächer (oder über einander liegende Radzellen) abgetheilt ist, wodurch es immer möglich wird, die Radeanäle der untern (beim kleinsten Wasserstande), der untern und nächst höhern (beim mittlern Wasserstande) u. s. w. Abtheilung voll zu erhalten, den Vorzug.

Schlüsslich kann noch bemerkt werden, dafs die Turbinen im Allgemeinen ein reineres Wasser (und darum die Schottische weniger als die *Fourneyron'sche*) als die übrigen Wasserräder zu ihrem ungehinderten Betriebe erfordern.

[Näheres, so wie auch eine Andeutung der *Jonval'schen* Turbine, findet man in dem oben angezogenen Werke von Professor *Redtenbacher*.]

Achtes Kapitel.

Von der Wassersäulenmaschine.

§. 412. **Erklärung.** Bei einer geringen Wassermenge, dagegen einem sehr bedeutenden Gefälle, welches öfters 20 Klafter und darüber beträgt, führt man das Wasser in Röhren, dem sogenannten Fallrohre *EF* (Fig. 257), in einen liegenden oder gewöhnlicher stehenden Cylinder, den Treibcylinder *AB*, in welchem sich ein Kolben (Piston) *b* luft- und wasserdicht auf und ab bewegen kann, durch eine eigene Vorrichtung, die sogenannte Steuerung, abwechselnd ober und unter diesen Kolben, wodurch derselbe in Folge des hydrostatischen Druckes der im Fallrohre befindlichen Wassersäule abwechselnd ab- und aufwärts getrieben und durch diese oscillirende Bewegung entweder unmittelbar (wie so häufig in Bergwerken) ein Pumpensatz betrieben, oder indem diese oscillirende Bewegung nach einer der in §. 301 angeführten Methode in eine rotirende verwandelt wird, zum Betriebe anderer Maschinen benützt werden kann.

Was die erwähnte Steuerung betrifft, so besteht diese entweder in Hähnen, welche durch die Maschine selbst zur rechten Zeit umgedreht (gesteuert) werden, oder wie bei den neuern Maschinen in kleineren Kolben *a*, *a'*, welche sich an einer gemeinschaftlichen Stange in einem kleinen Cylinder *CD* periodisch, und zwar ebenfalls durch den Gang

der Maschine selbst bewirkt, auf und ab (oder wenn der Treibcylinder liegend angebracht ist, hin und her) bewegen. Bei der in der Zeichnung angenommenen Stellung dieser Kolbensteuerung tritt das Wasser eben aus dem Fallrohre EF durch die Öffnung r in den Treibcylinder unter den Kolben, welcher sich sonach aufwärts bewegt, während das vom vorhergegangenen Kolbenspiel über demselben befindliche Wasser durch die Öffnung s in den kleinen Steuercylinder CD , und von da durch den Ausgufs t ausfließt. Hat der Kolben bei dieser seiner Bewegung nahe seinen höchsten Stand erreicht, so stößt entweder eine an der Kolbenstange g in diesem Falle angebrachte Warze an einen mit der Stange der Steuerkolben verbundenen Hebel, und schiebt diese kleinen Kolben bis in die durch punctirte Linien angedeutete Stellung herab, oder es geschieht diese Bewegung der Steuerung zweckmäßiger dadurch, daß in diesem Momente, ebenfalls durch die Bewegung der Kolbenstange g , der doppelt durchbohrte Hahn e so gedreht wird, daß das unter dem dritten Kolben d , welcher in diesem Falle noch an dieselbe Stange der beiden vorigen a, a' angebracht wird, befindliche Wasser durch das Rohr f und das Abzugsrohr z abfließen und dagegen das Wasser aus dem Fallrohre durch die Canäle oder Röhren l und m über den Kolben d treten kann. Sobald diese beiden Kolben a, a' diese erwähnte, durch punctirte Linien angezeigte Lage angenommen haben, ist der Zufluß des Wassers aus dem Fallrohre und dem Schenkel p unter den Treibkolben b abgesperrt, dagegen mittelst des Schenkels q über diesen Kolben hergestellt, und dadurch die Bewegung des Treibkolbens b nach abwärts eingeleitet, wobei das unter demselben befindliche Wasser durch r, u, t entweicht; kurz bevor dieser Kolben seinen tiefsten Stand erreicht hat, wird in diesem letztern Falle der Hahn e wieder zurückgedreht, so daß das über dem Kolben d befindliche Wasser durch m und z abfließen, dagegen aus dem Fallrohre durch q, l, f unter diesen Kolben d treten, und dadurch die beiden Steuerkolben a, a' wieder auf die gezeichnete Stelle heben kann; wodurch sich die vorhin beschriebene Aufwärtsbewegung des Treibkolbens wiederholt.

Anmerkung 1. Der von dem berühmten *Reichenbach* bei seiner so schön und zweckmäßig ausgeführten Wassersäulenmaschine angebrachte Kolbensteuerungsapparat ist aus der Zeichnung in Fig. 256 zu ersehen. Da diese Wassersäulenmaschine zum Heben der Salzsohlen bestimmt ist, so ist mit der Treibkolbenstange g am untern Ende zugleich der Druckkolben angebracht, welcher beim Niedergehen die ganze Salzsohle hinaufzudrücken und beim Aufwärtsgehen diese bloß aus dem Sumpfe anzusaugen hat. Aus diesem Grunde sind zwei Treibkolben K und L , wovon der eine K einen

weit größeren Durchmesser als der andere L hat, so mit einander verbunden, daß die wirkende Wassersäule abwechselnd durch die Canäle t und v in den weitem und engern Raum des Treibcylinders eintritt und zum Niedergehen der Treibstangen auf den großen, dagegen zum Heben derselben bloß auf den kleinern Kolben L wirkt; daß dabei die beiden Räume K und L des Treibcylinders nur durch eine wasserdichte Stopfbüchse communiciren, durch welche die Kolbenstange geht, ist für sich klar, so wie auch, daß der Treibkolben K in der gezeichneten Stellung eben niedergeht und sobald dessen Stange g mit der Warze ω an den um o drehbaren Hebel s stößt, die Stange r mit den beiden kleinen Kolben e und i aufwärts geschoben, und dadurch das Wasser aus dem Fallrohr durch p und z unter den Kolben a geleitet wird, wodurch die 3 Steuerkolben a , b , c gehoben werden (s. die punctirten Linien) und das Wasser aus dem Fallrohr durch p und v unter den kleinern Treibkolben L zum Heben desselben (sammt jenem K) treten kann.

Anmerkung 2. Solche Maschinen, bei welchen das Wasser wie hier abwechselnd über und unter den Kolben geleitet wird, heißen doppelst wirkend, zum Unterschiede von den einfach wirkenden, bei welchen das Wasser (wie es fast durchgehends bei den ältern Maschinen, die in den Bergwerken zur Gewaltigung der Grubenwässer benützt wurden, der Fall war) nur unter den Treibkolben geleitet wurde, um diesen sammt dem unmittelbar daran hängenden Pampengestänge und der über dem Pumpenkolben stehenden Wassersäule zu heben, während das Zurück- oder Herabgehen des Treibkolbens lediglich durch sein und das Gewicht des Gestänges (welches man nöthigenfalls auch noch durch ein additionelles Gewicht vergrößert) bewirkt wurde.

§. 413. Effect der Wassersäulenmaschine.

Rechnet man die wirksame Gefälls- oder Wassersäulenhöhe vom Oberwasserspiegel des Reservoirs bis zum mittlern Kolbenstande, d. i. bis zur halben Höhe des stehenden Cylinders AB (Fig. 257), oder bei einem liegenden Cylinder bis zur Achse desselben, und bezeichnet diese Höhe durch H , ferner den Querschnitt oder die Fläche des Treibkolbens b durch F , dessen mittlere Geschwindigkeit mit v ; so ist, wenn z wieder die Wassersäulen- oder Widerstandshöhe zur Überwindung der verschiedenen Widerstände bezeichnet, welche das Wasser in den Zuteitungsrohren (wodurch der wirksame Druck auf den Treibkolben vermindert wird) erfährt, der wirksame Druck des Wassers gegen den Kolben, nach Gleichung m) §. 348, wenn dieser durch P bezeichnet wird:

$$P = \gamma F \left(H - \frac{v^2}{2g} - z \right),$$

wobei wieder, wenn der Wiener Fufs zur Einheit genommen wird, $\gamma = 56.5$ Pfund, das Gewicht eines Kubikfufs Wassers bezeichnet.

Da man für diese mittlere Geschwindigkeit v die Bewegung des Kolbens als gleichförmig ansehen kann, so ist der Effect der Maschine $E = P v$, oder wenn man das per Secunde verwendete Wasservolumen mit M bezeichnet, wodurch $P v = M$ wird, auch:

$$1) \quad E = \gamma M \left(H - \frac{v^2}{2g} - z \right).$$

Diese Gleichung 1) läßt sich auch noch auf folgende Weise ableiten: Da die Wirkung oder Arbeit des Wassers per Secunde $= \gamma M (H - z)$ ist, wobei z die vorige Bedeutung hat, so ist, wenn die auf den Treibkolben reducirte zu überwindende Kraft $= P$ und die mittlere als gleichförmig anzusehende Geschwindigkeit desselben $= v$ ist, sofort:

$$\gamma M (H - z) = P v + \frac{\gamma M v^2}{2g},$$

weil nicht blofs der Widerstand P überwunden, sondern auch die Wassermasse γM von der Geschwindigkeit Null auf jene v gebracht werden muß (§. 185); daraus nun folgt der Nutzeffect:

$$P v = E = \gamma M \left(H - z - \frac{v^2}{2g} \right)$$

wie zuvor.

§. 414. Ist l die Länge und d der lichte Durchmesser der Zu- leitungs- oder überhaupt aller Röhren (wozu also streng genommen auch die kurzen Communicationsröhren r, s , so wie der Treibcylinder selbst gehören), in welchen die Reibungs- oder Adhäsionswiderstände des Wassers zu berücksichtigen sind, so wie v' die Geschwindigkeit des Wassers in diesen Röhren, folglich (wegen $v' : v = D^2 : d^2$) $v' = \frac{D^2}{d^2} v$; so kann man für den vorliegenden Fall mit hinlänglicher Genauigkeit (§. 344, q'):

$$z = \cdot 03 \frac{l v'}{d 2g} = \cdot 03 \frac{l D^4 v^2}{d^5 2g} \dots (a)$$

setzen. Allein diese Widerstandshöhe z ist nicht die einzige, um welche die Druckhöhe H vermindert wird, denn es entsteht erstlich aus der Kolbenreibung eine ähnliche Widerstandshöhe z' , wobei man im Durch- schnitte:

$$z' = \cdot 03 \frac{H}{D} \dots (b)$$

setzen kann; ferner wird man es durch keine Steuerungsmethode dahin bringen, daß die Wassersäule im Einfallsrohre, deren Masse $m = \frac{1}{4} \gamma d^2 \pi l$ ist, nicht nach jedem Kolbenspiele zur Ruhe kommt, also bei jedem folgenden Kolbenspiele wieder von der Geschwindigkeit Null auf jene $v' = \frac{D^2}{d^2} v$ gebracht werden muß. Ist nun s die Gröfse des Kolben-

hubes, so ist die auf diesem Wege durch Beschleunigung der Masse erschöpfte Wirkung $= \frac{m v'^2}{2g}$ und die Höhe einer auf dem Kolben ruhenden Wassersäule, durch deren Bewegung dieselbe Wirkung während eines Kolbenspiels erschöpft wird:

$$z'' = \frac{D^2 l}{d^2 s} \frac{v^2}{2g} \dots (c.)$$

Es würde also mit Rücksicht auf diese Widerstände, unter denen noch einige andere, wie z. B. die Reibung der Kolbenstange in der Stopfbüchse, der Widerstand der Steuerung u. s. w. nicht enthalten sind, der Effect

$$E = \gamma M \left[H - \left(\frac{v^2}{2g} + z + z' + z'' \right) \right] \dots (2)$$

seyn. Da nun der subtractive Theil dieses Ausdruckes mit v im quadratischen Verhältniss abnimmt, so ist es vortheilhaft die Maschine sehr langsam arbeiten zu lassen; in der Regel nimmt man daher v nur von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Fufs per Secunde.

Der Nutzeffect beläuft sich bei den wirklich bestehenden Wassersäulenmaschinen im Durchschnitt von 50 bis 75 Procent.

Beispiel. Für eine zu Gebote stehende Wassermenge von 2 Kubikfufs per Secunde und einer (nach verticaler Richtung gezählter) Gefällshöhe von 350 Fufs hat man, wenn die gesammte Länge der Einfallsröhren 500 Fufs, ihr lichter Durchmesser 12 Zoll, der Durchmesser des Treibkolbens 2 Fufs und jeder Kolbengang 8 Fufs beträgt, sofort $M = 2$, $H = 350$, $\gamma = 56\frac{1}{2}$, $l = 500$, $d = 1$, $D = 2$, $s = 8$ und $v = \frac{M}{\frac{1}{4} D^2 \pi} = \cdot 6366$, wofür wir der gröfsern Einfachheit wegen $\cdot 64$ nehmen wollen. Nach den vorigen Formeln a , b , c ist, wegen $\frac{v^2}{2g} = \cdot 0066$, sofort $z = 1\cdot 584$, $z' = 5\cdot 25$ und $z'' = 1\cdot 65$, folglich der subtractive Theil in der Formel 2) sofort $8\cdot 484$, und daher:

$$E = 2 \times 56\cdot 5 (350 - 8\cdot 484) = 38591^{\text{F. Pf.}}$$

oder nahe $89\frac{4}{5}$ Pferdekraft.

Da die absolute Wirkung des Gefälles $\mathcal{E} = \gamma M H = 39550^{\text{F. Pf.}}$ beträgt, so ist $\frac{E}{\mathcal{E}} = \cdot 976$; da aber der Erfahrung zu Folge der Nutzeffect höchstens auf 75 Procent steigt, so müssen, wenn die hier in Rechnung gebrachten Widerstände mit 4 Procent nicht zu gering angeschlagen sind, die übrigen hier nicht berücksichtigten Nebenhindernisse wenigstens 18 Procent betragen.