

Energiegewinnung aus Wasserkraft - kraftvoll seit ein paar tausend Jahren

Wolfgang Strasser

1. Einleitung

Durch Wasserkraftmaschinen wird die potentielle und kinetische Energie des Wassers seit Jahrtausenden von den Menschen genutzt. Heutzutage wird sie dabei meist in elektrischen Strom umgewandelt.

Durch den ständigen Wasserkreislauf in der Natur wird der Betriebsstoff Wasser immer neu und kostenlos zur Verfügung gestellt.

2. Geschichtliche Entwicklung

Die Geschichte der menschlichen Nutzung des Wassers und somit der Hydrologie, der Wasserwirtschaft und auch des Wasserbaus ist durch eine vergleichsweise geringe Zahl von Grundmotiven geprägt.

Von den ersten sesshaft gewordenen Menschen zu den Hochkulturen der Antike über das Mittelalter bis zur Neuzeit stand im Zentrum immer ein Konflikt zwischen einem Zuviel und Zuwenig an Wasser. Ihm war man dabei fast immer ausgeliefert, ob durch Dürre die Ernte ausfiel oder Hochwasser Leben und Besitz bedrohte. Wasser wurde auch zum Gegenstand der Mythologie und der Naturphilosophie. Noch heute kommt dem Wasser in den meisten Religionen der Welt eine Sonderstellung zu, besonders dort, wo die Frage des Überlebens von der Lösung der zahlreichen Wasserprobleme abhängt.

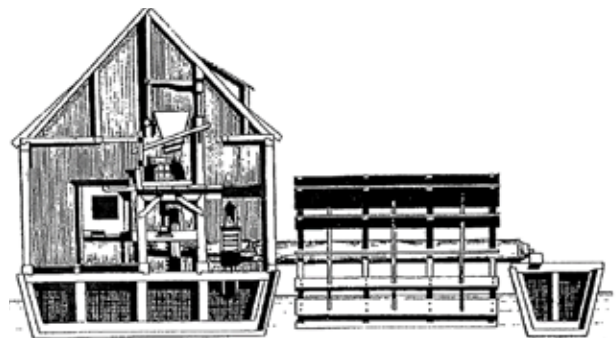
Ziel war und ist es, allen Nutzungsansprüchen gerecht zu werden und dabei jedem Menschen den ihm zustehenden Teil des Wassers zu garantieren. Hierbei diente das Wasserrecht als eine der ersten Rechtsformen zur Mitbegründung der ersten zentralistischen Zivilisationen Mesopotamiens und Ägyptens sowie jener, die an den Flusstälern Chinas und Indiens entstanden.

In Mitteleuropa laufen seit dem Mittelalter sehr viele meist oberflächliche Wasserräder, die teilweise noch

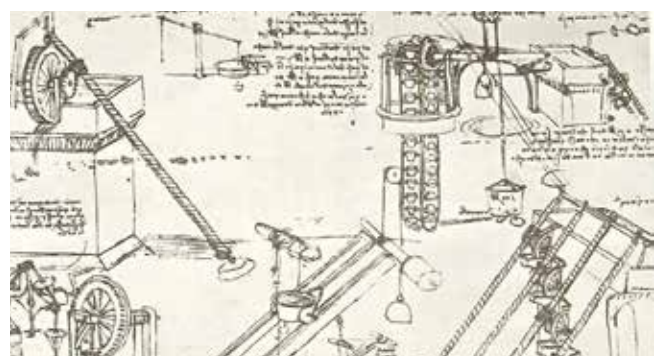
nach Jahrhunderten funktionieren und in Betrieb sind. Hier wurde die Wasserkraft ursprünglich zum Betreiben von Mühlen oder Sägewerken genutzt. Dabei gibt es über die Welle des Mühlrades eine direkte Kraftübertragung.



Mönchhofsägmühle, Waldachtal-Vesperweiler, oberflächliches Wasserrad (Bild: Wolfgang Strasser)

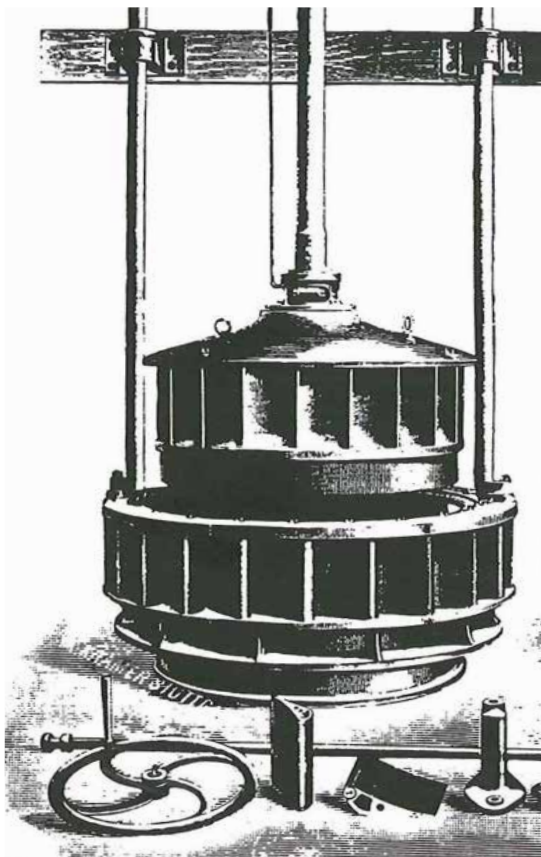


Unterschlächtiges Wasserrad zum Mahlen von Getreide (Bild: Wasserkraftanlagen/Jürgen Giesecke)



Auch Leonardo da Vinci (1452-1519) hat sich Gedanken zum Thema Wasserkraft gemacht. Skizzen von Geräten zum Heben von Wasser (Bild: Leonardo da Vinci/Das Leben eines Genies)

Mit der Erfindung der Francis-Turbine gab es einen qualitativen Sprung. Wurde vorher das Gewicht des Wassers als Energiequelle für Gleichdruckmaschinen genutzt, ist es mit heutigen Turbinen möglich auch die kinetische Energie auszunutzen.



Francis-Turbine, Baujahr 1894 mit herausgezogenem Laufrad (Bild: Wasserkraftanlagen/Jürgen Giesecke)

Eine der ersten Francis-Schachtturbinen aus dem Jahr 1894 ist im Deutschen Museum in München ausgestellt.

Zur Funktionsweise von Überdruckturbinen ist es wichtig zu verstehen, dass zur Berechnung der installierten Leistung und des Jahresarbeitsvermögens die Fallhöhe als Differenz zwischen Ober- und Unterwasserspiegel angesetzt werden muss. Die Höhenlage der Turbinenachse hat auf die Berechnung dieser Größen keinen Einfluss.

Selbstverständlich ist es wichtig, die Höhe der Turbinenachse mit Blick auf andere Parameter, beispielsweise Kavitation, in die Planung mit einzubeziehen.

3. Physikalische Grundlagen

Mit einem Blick auf die Formel für die installierte Leis-

tung einer Turbine erkennt man sofort, dass Durchfluss und Fallhöhe linear eingehen. Für den (Gesamt-) Wirkungsgrad ist das Produkt der Einzelwirkungsgrade einzusetzen.

Mit der installierten Leistung, Hydrologie am Standort und dem jeweiligen Wirkungsgrad kann das Jahresarbeitsvermögen am Standort errechnet werden. Diese ganzen physikalischen Größen werden in der Regel in einem Leistungsplan zusammengestellt.

Die im konkreten Fall zur Verfügung stehende Bruttofallhöhe ist dabei die Differenz zwischen dem Ober- und Unterwasserspiegel.

In der Regel wählt man die maximale Ausbauwassermenge Q_{max} so, dass die Drucklinie dabei nicht in die topografisch vorgegebene Leitungstrasse einschneidet,

$$P = \eta \times \rho \times g \times Q \times H$$

- P** = Leistung in kW
- ρ** = Dichte Wasser in kg/m^3
- g** = Gravitationskonstante
- Q** = Durchfluss in m^3/s
- H** = Nettofallhöhe in m
- η** = Wirkungsgrad

$$\eta = \eta_{\text{Turbine}} \times \eta_{\text{Getriebe}} \times \eta_{\text{Generator}}$$

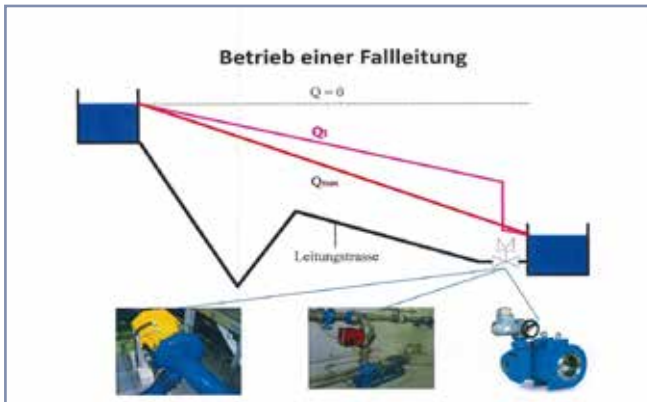
um sicher in der Druckleitung Unterdruck zu vermeiden.

Unterdruck soll nach Möglichkeit auch nicht bei Regelungs- oder Schließvorgängen oder etwa bei plötzlichem Leistungsabfall etwa durch Ausfall des Stromnetzes entstehen.

Um Unterdruck in der Leitung zu vermeiden werden die Schließgesetze entsprechend gewählt. Als weiterer Schutz vor Druckstößen kann es erforderlich sein Schwungmassen oder Druckwindkessel anzuordnen.

Betrachtet man die regulären Betriebsfälle wie etwa in Bild 5 dargestellt, erkennt man, dass bei kleineren Durchflüssen Q_1 am Ende der Leitung häufig mehr Druck ansteht als zum Betrieb bei Teillast erforderlich ist.





Der klassische Fall, der Betrieb einer Fallleitung (Bild: Wasserkraftanlagen/Horlacher/Strasser)

Dieser Druck wird dann entweder über ein Regelorgan abgebaut, oder er kann alternativ auch zum Betrieb einer Turbine oder einer rückwärts laufenden Pumpe und damit zur Stromerzeugung genutzt werden.

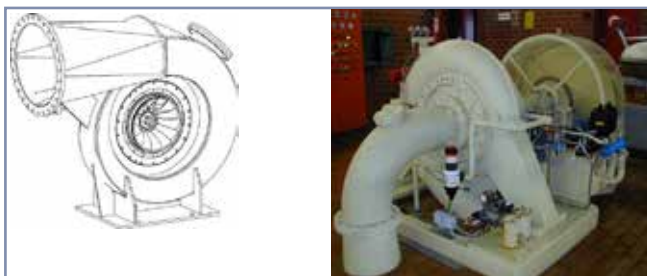
4. Turbinenarten

Man unterscheidet hinsichtlich der Betriebsweise zwischen Gleichdruck (Pelton-, Freistrah-, Durchströmturbinen u.a.) und Überdruckturbinen (Propeller-, Kaplan-, Rohr-, Straflo-, Francisturbinen u.a.)

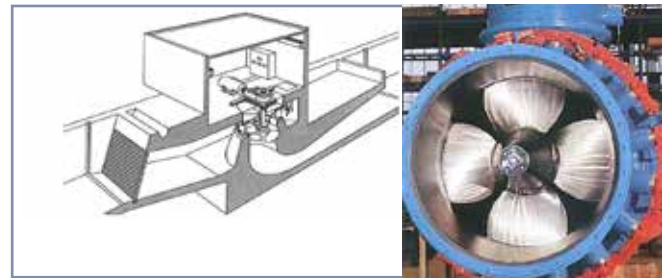
Wenn die schon aus der Antike bekannte „Archimedes-schraube“ so eingebaut wird, dass sie rückwärts dreht, kann mit dieser sogenannten „Wasserkraftschnecke“ Strom erzeugt werden. Dies gilt so für rückwärts drehende Pumpen ebenfalls. Diese sind als Serienprodukte



Pelton turbine (Bild: Wasserkraftanlagen/Jürgen Giesecke)



Francisturbine (Bild: Wasserkraftanlagen/Jürgen Giesecke)

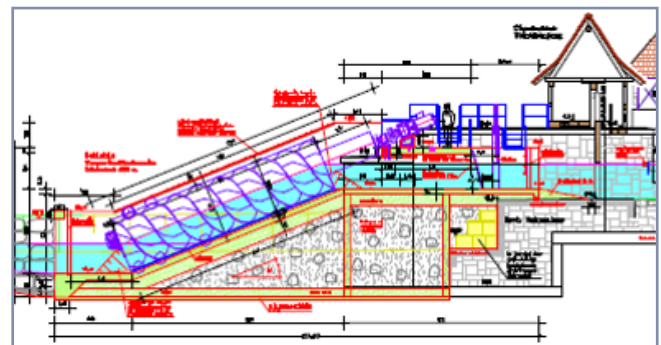


Kaplan turbine (Bild: Wasserkraftanlagen/Jürgen Giesecke)

– bei etwas schlechterem Wirkungsgrad – im Vergleich zu „maßgeschneiderten“ in den Anschaffungskosten sehr viel günstiger. Der Vollständigkeit halber seien auch einige „Exoten“ wie Steffturbine oder Lamellenturbine genannt.

5. Anwendungsbeispiele

In der Regel wird bei Wasserkraftanlagen zwischen Hoch-, Mittel- und Niederdruckanlagen unterschieden. Auch hier sollen einzelne geplante und teilweise verwirklichte Sonderfälle wie Gezeitenkraftwerke, Depressionswasserkraftwerke, Gletscherkraftwerke, Wirbelwasserkraftwerke oder auch unterirdische Speicherkraftwerke in stillgelegten Bergwerken nicht unerwähnt bleiben.



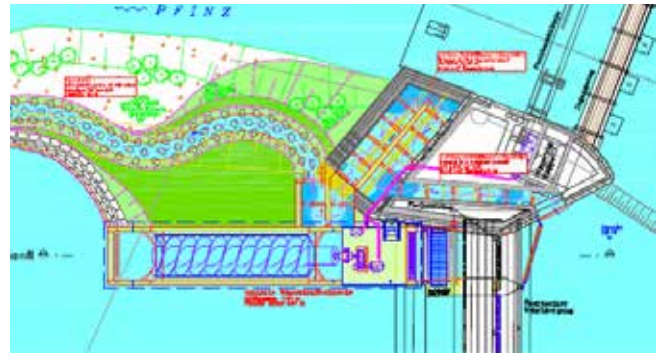
Wasserkraftschnecke, Wehr Walther, Pfinztal (Bild: Ingenieurbüro Eppler)



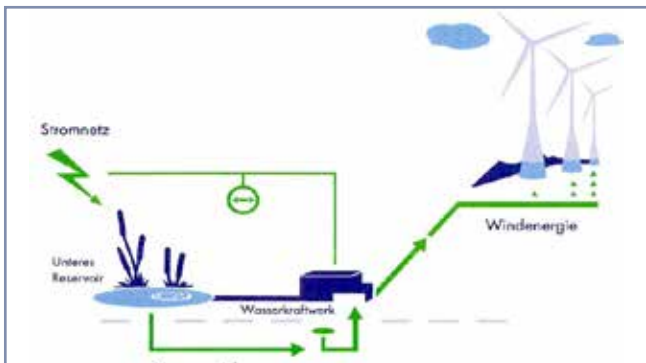
Talsperre Kleine Kinzig mit Maschinenhalle und Wasserwerk (Bild: Wolfgang Strasser)



Pumpspeicherwerk Goldisthal (Bild Vattenfall 2015)



Wehr Walther, Pfinztal, Lageplan (Bild: Ingenieurbüro Eppler)



Windkraftanlagen mit Wasserspeicherung, Gaildorf (Bild: Ingenieurbüro Eppler)

6. Schlussbemerkung

Die Nutzung der Wasserkraft ist so alt wie die Geschichte der ersten menschlichen Zivilisationen. Der vorliegende Artikel gibt einen kurzen Überblick zu den Möglichkeiten, die im Wasser beinhaltenete Energie zu nutzen. Wichtig ist dem Verfasser die Bemerkung, dass es sich dabei um sehr langlebige einfache Mechanismen handelt. Es gibt zwar immer wieder Verbesserungen und Variationen, die grundsätzlich zur Verfügung stehenden Maschinen sind aber alle seit langem bekannt. ■