

Reto Baumann und Thomas Juric

# Die Gegendruck-Pelton-turbine als Lösung für die Energieproduktion in Trinkwassersystemen

Im Trinkwasser schlummert Ökostrom. Bisher wurden zu dessen energetischer Nutzung klassische Pelton-turbinen oder kostengünstigere rückwärtslaufende Standardpumpen (PAT) eingesetzt. Beide Technologien weisen Nachteile bzw. Einschränkungen hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten auf, was eine optimale Umsetzung der vorhandenen Potenziale oftmals nicht gänzlich ermöglicht. Die neue Gegendruck-Pelton-turbine vereint die Vorteile der beiden Technologien und ist dadurch in vielen Fällen die „effizienteste Lösung“.

## 1 Ausgangslage

In Trinkwasserversorgungssystemen, bei welchen das Wasser oberhalb der Hochbehälter gewonnen wird, z. B. Quellwasserfassungen, Talsperren etc., liegt in den meisten Fällen vor der Einspeisung in den Behälter ein hydrostatisches Energiepotenzial vor. Dieses wird heute noch häufig mittels sog. „Druckvernichtern“ (Druckreduzierventilen, Ringkolbenschiebern, Druckbrecherschächten ö. ä.) abgebaut, um eine drucklose Einspeisung zu erreichen.

Die Nutzung dieser Energiepotenziale weist eine außerordentlich gute Ökobilanz (Bild 1) auf, vor allem da die Infrastruktur (Fassung, Ableitung, Sammlung) bereits besteht. Ebenso sind im Gegensatz zur herkömmlichen Kleinwasserkraftnutzung keine Veränderungen bzw. Eingriffe in der Natur erforderlich.

Die nachfolgend beschriebenen technischen Lösungsmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf sogenannte Hochdruckanwendungen (Fallhöhe  $H > 50$  m). In Trinkwasserversorgungssystemen mit kleineren Fallhöhen, den sogenannten Niederdruckanwendungen (Fallhöhe  $H < 50$  m), können andere Technologien zum Einsatz gelangen. Insgesamt kann die Wirtschaftlichkeit eines Trinkwasserkraftwerks bei Hochdruckanwendungen deutlich schneller erreicht werden als bei Niederdruckanwendungen.

## 2 Die bisher zur Verfügung stehenden Technologien

Bis heute wurden zur Nutzung der Potenziale vorwiegend zwei Technologien eingesetzt:

- die rückwärtslaufende Standardkreisel-pumpen (PAT) (Bild 2),
- die klassischen Pelton-turbinen (PT) in vertikaler oder horizontaler Bauweise (Bild 3).

Die rückwärtslaufende Standardkreisel-pumpe (PAT) bietet eine einfache und kostengünstige Lösung. Die Pumpe wird dabei vom Druckstutzen zum Saugstutzen durchströmt und erzeugt so ein nutzbares Drehmoment auf der Pumpenwelle. Technisch bietet diese Lösung den Vorteil, dass am Austritt des turbinierten Wassers aus der Pumpe ein Gegendruck aufgebaut werden kann, der es ermöglicht, das Wasser wieder auf ein höheres Energieniveau zu führen, z. B. Einsatz im Rohrkeller eines Hochbehälters, da ohne Anpassung desselben noch Platz vorhanden ist und die Rückführung des Wassers über den Wasserspiegel des Behälters zu erfolgen hat. Nachteile aus technischer Sicht sind der relativ niedrige Wirkungsgrad (im Vergleich zur Pelton-Technologie) und der unveränderbare Durchfluss  $Q$ , da durch die feststehende Leiteinrichtung keine Variation des Durchflusses  $Q$  möglich ist. Dies hat zur Folge, dass diese Technologie in einem sogenannten Schwallbetrieb eingesetzt werden muss. Der Vorlaufbehälter, aus der die Turbine das Wasser bezieht, muss so groß dimensioniert werden, dass die maximal zulässige Anzahl an Ein- und Ausschaltungen der Anlage nicht überschritten wird.

Die klassische Pelton-Turbine (PT) ist die technisch höherwertige Lösung der beiden Varianten. Der Durchfluss kann

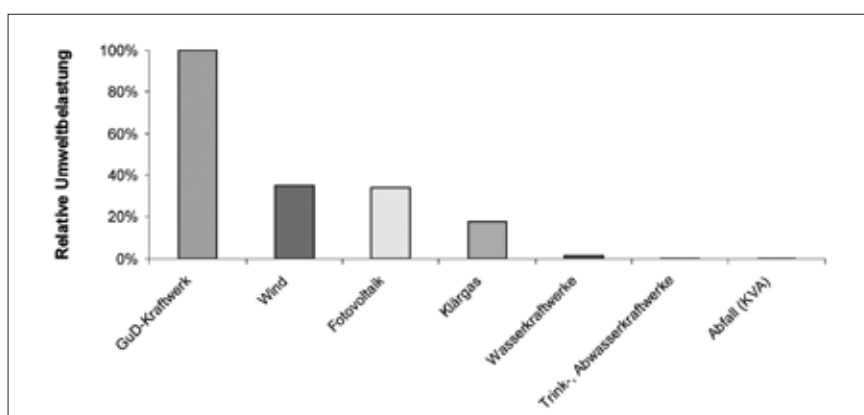


Bild 1: Ökobilanzen verschiedener Erzeugungsmöglichkeiten für elektrischen Strom [1]



**Bild 2:** Rückwärtslaufende Standardkreiselpumpe (PAT)

z. B. anhand der vorliegenden Schüttung der Quelle mittels Verstellung der Düsen-nadel angepasst werden. Somit ist für die Bewirtschaftung der Turbine nur ein sehr kleiner Vorlagebehälter erforderlich. Der Wirkungsgrad einer PT liegt in Abhängigkeit der Anzahl der Düsen bei verschiedenen Durchflüssen auf einem sehr hohen Niveau und stellt damit eine optimale Energienutzung sicher. Als Nachteil aus technischer Sicht muss angemerkt werden, dass das Wasser nach der Beaufschlagung des Turbinenrades sein gesamtes Energiepotenzial aufgebraucht hat und somit drucklos, d. h. in freiem Fall einem darunter liegenden Behälter zugeführt werden muss. Dies hat zur Folge, dass einerseits bei bestehenden Trinkwasser-

versorgungssystemen häufig über dem Hochbehälter ein zusätzliches Turbinenhaus errichtet werden muss und dass es andererseits nicht möglich ist, das Trinkwasser nach der Turbinierung einer hygienischen Behandlung bzw. Überwachung zuzuführen (UV-Behandlungsanlage, Trübungsüberwachungsanlage, Filteranlage etc.).

### 3 Die neue Technologie der Gegendruck-Pelton-Turbine (GDPT)

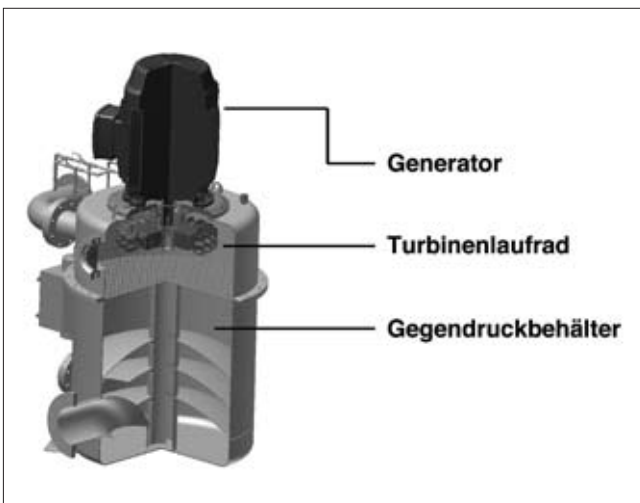
Um nun die Vorteile beider Technologien zu vereinigen und die Nachteile zu eliminieren, wurde vor vier Jahren durch die



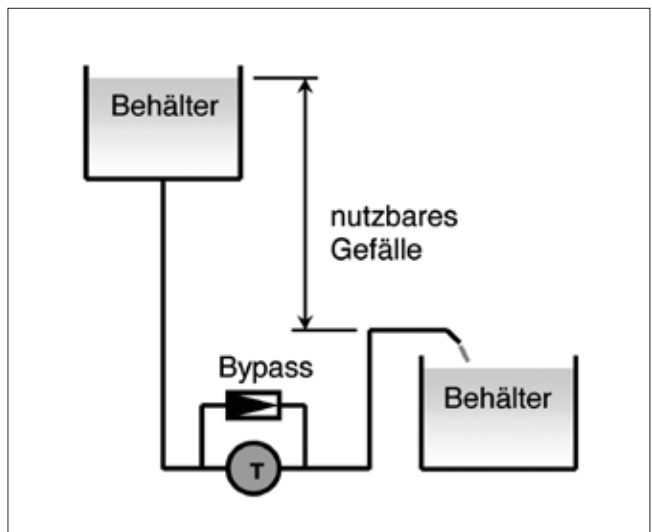
**Bild 3:** Klassische Pelton-Turbine (PT)

beiden Schweizer Firmen Hänny AG und Blue-Water-Power AG die sogenannte Gegendruck-Pelton-Turbine (GDPT) speziell für den Einsatz in Trinkwassersystemen entwickelt (**Bild 4**).

Die GDPT entspricht hinsichtlich der grundlegenden Elemente einer klassischen PT. Das Wasser wird über eine oder mehrere verstellbare Düsen auf das Turbinenrad geleitet. Die Turbine verfügt jedoch nicht über einen freien Auslauf des turbinierten Wassers. Die Turbine ist in einem geschlossenen Behälter eingebaut, in welchem mittels Fremdenergie ein Druckluftpolster aufgebaut wird. Das Druckluftpolster stellt sicher, dass das Turbinenrad frei drehen kann, ohne mit dem verarbeiteten Wasser in Berührung zu kommen.



**Bild 4:** Konstruktiver Aufbau einer Gegendruck-Pelton-Turbine (GDPT)



**Bild 5:** Einbauschema einer GDPT



**Bild 6:** Die komplett in Chrom-Nickelstahl gefertigte Turbinenteile



**Bild 7:** Ein Beispiel einer realisierten GDPT

Dieses muss nach dem Energieübergang auf das Turbinenrad eine Abscheidekonstruktion durchfließen, um allfällig im Medium enthaltene Luftblasen abzuschnei-

den und in das Druckluftpolster zurückzuführen. anschließend verlässt das Trinkwasser die GDPT mit der erforderlichen Restenergie, die dem Druck des Druckluft-

polsters entspricht, um auf ein höheres Energieniveau geführt werden zu können (**Bild 5**). Somit ist analog zur PAT ein Einbau beispielsweise in einem Rohrkeller



**juwi**

## Investieren Sie in Ihre Zukunft!

Die juwi-Gruppe zählt mit einem Jahresumsatz von rund 600 Millionen Euro zu den führenden Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien. Seit 1996 planen, projektieren, finanzieren und betreiben wir weltweit regenerative Anlagen.

Für unser neues Geschäftsfeld Wasserkraft suchen wir zum nächstmöglichen Termin eine/n

## Projektmanager/in für Wasserkraft



### Ihre Aufgaben

Sie sind verantwortlich für die Entwicklung von Wasserkraftprojekten über den gesamten Entstehungsprozess: von der Projektidee bis zur Inbetriebnahme. Schwerpunkte Ihrer Tätigkeit innerhalb dieses Spektrums sind:

- Planung der bau-, maschinen- und elektrotechnischen Konzepte für die Erschließung bzw. den Ausbau der Wasserkraftstandorte
- fachliche Begleitung von Ausschreibung und Bauleitung
- Projektmanagement bis zur Übergabe der in Betrieb genommenen Anlage
- Koordination des Projektverlaufs mit internen Fachabteilungen
- Außendarstellung der Projekte

### Ihr Profil

- Studienabschluss als Ingenieur/in oder vergleichbare Ausbildung
- mindestens fünf Jahre Erfahrung in der technischen Planung im Bereich Wasserkraftanlagen/Wasserbau; Bauleitungserfahrung ist von Vorteil
- Verhandlungsgeschick
- Selbstständigkeit, Vielseitigkeit, Teamfähigkeit, Engagement und Belastbarkeit sowie Eigenmotivation zur Weiterbildung zeichnen Sie aus
- gute Englischkenntnisse und Reisebereitschaft
- sicherer Umgang mit dem MS-Office-Paket

**Details zu weiteren offenen Stellen finden Sie unter [www.juwi.de](http://www.juwi.de)**

### Kontakt

Für die Zusendung Ihrer Bewerbungsunterlagen benutzen Sie bitte unser Online-Portal. Bei Rückfragen zu unseren Stellenangeboten wenden Sie sich bitte an:  
**juwi Holding AG · Frau Cathrin Schmidt · Energie-Allee 1 · 55286 Wörrstadt · Tel. +49. (0)6732. 96 57-1520**

eines Hochbehälters möglich. Ebenso kann direkt nach dem Austritt aus der Turbine eine Wasserbehandlung bzw. -überwachung angeordnet werden.

Der Eintrag des Druckluftpolsters in das Turbinengehäuse erfolgt dabei über einen ölfreien Kompressor, welchem nachgeschaltet eine Filteranlage angeordnet ist, um die einwandfreie Qualität der Luft sicherzustellen, welche mit dem Trinkwasser in Berührung kommt.

Die Konstruktion der GDPT wurde in einem Leistungsbereich von 10 bis 300 kW standardisiert, was den häufigsten Anwendungen in Trinkwasserversorgungssystemen entspricht.

Die Praxis zeigt, dass die objektspezifisch vorliegenden Gegendrucke häufig unterhalb von zehn Metern liegen (anheben des Wassers vom Standort der Turbine in die Einspeisestelle des Hochbehälters). Grundsätzlich ist diese Technologie für einen maximalen Gegendruck von 10 bar ausgelegt.

Diese GDPT verfügt bereits über die erste Trinkwasserzulassung eines europäischen Mitgliedstaates. Sie ist komplett in Chrom-Nickel-Stahl gefertigt um den hohen Anforderungen an das Lebensmittel Trinkwasser gerecht zu werden (**Bilder 6 und 7**). Die für jedes Projekt individuell

**Tab. 1: Der Vergleich der verschiedenen Technologien für Hochdruck-Trinkwasserkraftwerke**

Bauart	PT	GDPT	PAT
Wirkungsgrad	85 bis 92 %	85 bis 91 %	60 bis 85 %
Initialkosten	100 %	150 %	40 bis 50 %
Durchfluss	variabel	variabel	meist fixiert
Gegendruck	nicht möglich	bis 10 bar	bis 25 bar

berechnete Schaufelgeometrie der Turbinen wird von einem unabhängigen Labor geprüft und wo nötig angepasst, um bestmögliche Wirkungsgrade nach IEC 60193 ( $\pm 1$  % hydraulischer Wirkungsgrad) zu garantieren. Anschließend werden die Geometriedaten der Turbinenschaufeln direkt von der CAD-Station auf die CNC-Maschine weitergeleitet, wo sie aus beinahe jedem beliebigen Vollmaterial hergestellt werden können. Dies ermöglicht dem Bauherrn den Einsatz eines genau auf seine Bedürfnisse zugeschnittenen Materials, um die Standzeit der Turbine zu maximieren.

Anhand von diversen realisierten Projekten in der Schweiz hat sich die Technologie der GDPT als interessante Alternative zu klassischen PT in Trinkwasserversorgungssystemen bewährt.

Die **Tabelle 1** zeigt den Vergleich der verschiedenen Technologien, welche in Trinkwasserkraftwerken üblicherweise zum Einsatz gelangen. Aufgrund der aufwendigeren Konstruktion und der erforderlichen Kompressoranlage sind die Anschaffungskosten einer GDPT deutlich höher als die einer klassischen PT. Bei einer Investitionskostenrechnung fallen jedoch für die baulichen Anpassungen zum Einsatz einer klassischen PT sehr häufig Kosten an, die die Mehrkosten der GDPT deutlich übersteigen.

Abschließend muss festgehalten werden, dass jede Trinkwasserversorgung vor der Erzeugung von elektrischer Energie primär die Aufgabe hat, das Versorgungsgebiet mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser in ausreichender Menge zu versorgen. Die Erzeugung von erneuerbarer Energie ist somit höchstens ein positiver Nebeneffekt. Um die Versorgungssicherheit zu jeder Zeit sicherstellen zu können, muss jedes Trinkwasserkraftwerk unabhängig von der eingesetzten Technologie über einen Bypass neben der Turbine verfügen, um z. B. im Störfall das Trinkwasser unabhängig von der Verfügbarkeit der Turbine für den Hauptzweck der Wasserversorgung beziehen zu können.

Reto Baumann and Thomas Juric

### The Counter Pressure Pelton Turbine as a Solution to the Energy Production in Drinking Water Systems

In drinking water slumbers green electricity. Up to now classical Pelton turbines or cheaper standard pumps running in reverse (PAT) were used. Both technologies have disadvantages or limitations regarding their possible applications, therefore, the optimal implementation of the existing potentials are often not entirely possible. The new "Counter pressure Pelton turbine" combines the advantages of both technologies and is therefore in many cases the "most efficient solution".

Рето Бауманн и Томас Юрик

### Противонапорная турбина Пельтона как решение для выработки энергии в системах питьевой воды

В питьевой воде таится экологически чистая энергия. До сих пор для ее использования применялись классические турбины Пельтона или же дешевые стандартные насосы обратного хода (PAT). У обеих технологий есть недостатки или же ограничения применения, что часто приводит к недостаточно полному использованию имеющегося потенциала. Новая противонапорная турбина Пельтона объединяет преимущества обеих технологий, благодаря чему ее применение во многих случаях является наиболее эффективным решением.

#### Autoren

##### Reto Baumann

Häny AG – Pumpen, Turbinen und Systeme  
Buechstrasse 20  
8645 Jona, Schweiz  
reto.baumann@haeny.com

##### Thomas Juric

A. ABEL GmbH, Pumpen & Turbinen  
Forster Straße 18  
8142 Wundschuh, Österreich  
thomas.juric@abel-pumpen.at

#### Literatur

- [1] Bundesamt für Energie (Hrsg.): Energie für Infrastrukturanlagen. Programm Energieschweiz, Ittigen, 1999.