Funktion und Potenzial von Gravitationswasserwirbelkraftwerken

Autor(en): **Zotlöterer, Franz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **103 (2012)**

Heft 2

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857270

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Funktion und Potenzial von Gravitationswasserwirbelkraftwerken

Ökologische Stromerzeugung in Bächen und kleineren Flüssen

Mit minimalem ökologischem und ökonomischem Risiko könnten GWVPPs (Gravitation Water Vortex Power Plants) schon bald als dezentrale kleine Laufwasserkraftwerke für niedrige Fallhöhen die Stromproduktion von alten Atomkraftwerken in Europa übernehmen. Zudem entlasten sie das bestehende Stromnetz, da Sie kontinuierlich elektrische Energie an vielen Punkten über kurze Anschlussleitungen einspeisen.

Franz Zotlöterer

Die geringe Rentabilität von komplexen Turbinensystemen und Massnahmen zum Schutz unserer Fliessgewässer haben nebst weiteren Gründen die kleine Wasserkraft unter 50 kW sukzessive in den Hintergrund gedrängt. Mit Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie im Jahr 2000 wurde die europäische Wasserpolitik neu ausgerichtet. Ziel der EU-WRRL ist es, den «guten Zustand» der Gewässer bis 2015 (bzw. spätestens bis 2027) zu erreichen. Vor allem soll der Lebensraum der Fliessgewässer aufgewertet werden, um die Population von gewässerspezifischen Wasserpflanzen, Kleinlebewesen und Fischen zu erhöhen.

Für die Wasserkraftnutzung ergeben sich aus der EU-WRRL zwei wesentliche Forderungen. Einerseits muss eine Wasserkraftanlage ökologisch durchgängig gestaltet werden, indem beispielsweise eine dem Stand der Technik entsprechende Fischwanderhilfe als Bypassgerinne installiert wird. Andererseits muss die Restwasserabgabe bei einer Wasserkraftanlage mit Ausleitstrecke so weit erhöht werden, dass im ursprünglichen Fliessgewässerabschnitt ein adäquater Lebensraum für Fische und Kleinlebewesen erhalten bleibt. Beide Massnahmen reduzieren das Potenzial von kleinen Wasserkraftanlagen beträchtlich, da vor allem in niederschlagsarmen Perioden das bereits spärlich vorhandene Wasser ungenutzt an der Turbine vorbei geleitet werden muss.

Eine interessante Kleinwasserkraftvariante ohne Restwasserabgabe, die aber trotzdem die Anforderungen der EU-WRRL erfüllt, steht mit dem ökologisch durchgängigen GWVPP (Bild 1) zur Verfügung.

Bild 1 Das kompakte 10-kW-GWVPP mit Asynchrongenerator, Planetengetriebe und Zotlöterer-Turbine in Obergrafendorf, Österreich, produziert jährlich 60 000 kWh.

Praktische Umsetzung

Der wesentliche Bestandteil eines GWVPP ist das Rotationsbecken, das in die Uferböschung des Fliessgewässers eingefügt wird. Auf lange Zu- und Abflusskanäle wird bei einer Anordnung wie in Bild 2 bewusst verzichtet, um die Aufwendungen für den Stahlbetonbau auf ein Minimum zu reduzieren. Das Wasser wird von einem niedrigen Wehr gefasst und seitlich aus dem Fliessgewässer durch einen Grobrechen und ein geöffnetes Einlaufschütz in ein Rotationsbecken geleitet.

Im Rotationsbecken entsteht über der mittigen Abflussöffnung ein Gravitationswasserwirbel, der in seinem Zentrum die Zotlöterer-Turbine – im Folgenden auch einfach Turbine genannt – samt elektrischem Generator antreibt. Unterhalb des Rotationsbeckens fliesst das Wasser wieder zurück in das Fliessgewässer. Fische und Kleinlebewesen können das GWVPP unbeschadet durch die Turbine oder ohne besondere Kraftanstrengung über eine flache Rampe im Aussenbereich des Rotationsbeckens sowohl stromauf- als auch stromabwärts passieren. Im betroffenen Gewässerabschnitt entsteht keine Restwasserstrecke und Hochwasser kann problemlos über das niedrige Wehr und durch den geöffneten Grundablass abgeführt werden.

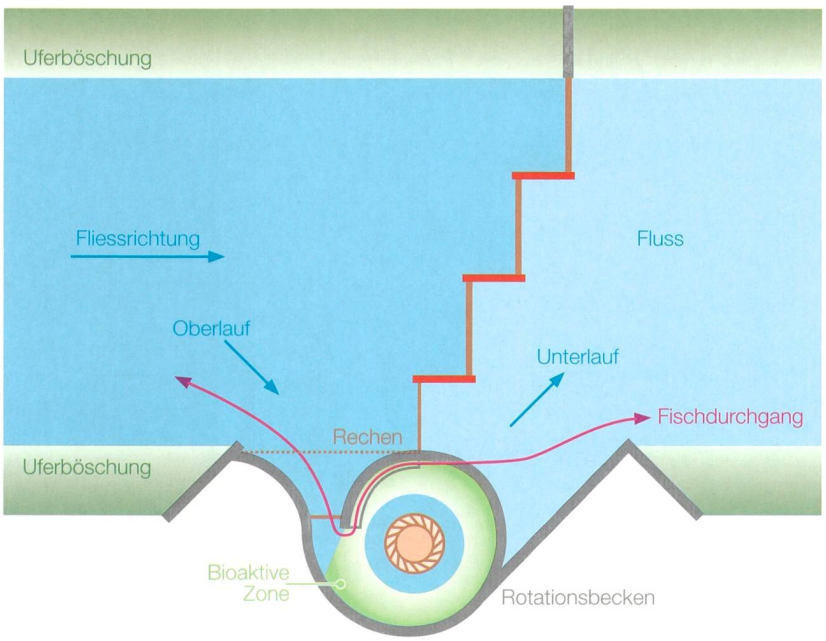

Bild 2 Grundriss eines GWVPP samt niedrigem Wehr.

Hydromechanik

Das GWVPP ist eine hydrodynamische Asynchronmaschine. Für die Erzeugung des Drehfelds wandelt der Gravitationswasserwirbel die potenzielle Energie des Wassers in Rotationsenergie um, und konzentriert diese in seinem Zentrum rund um die Turbine. Solange das ringförmig strömende Zentrum des Wasserwirbels etwas schneller (asynchron mit positiven Schlupf) als die Turbine rotiert, kann die Turbine dem Wasserwirbel Rotationsenergie entziehen, indem sie das Wasser in Richtung Drehachse ablenkt. Im Idealfall verbleibt die gesamte Rotationsenergie an der Turbine.

Elektrische Leistung

Die elektrische Leistung des GWVPP berechnet sich aus der hydraulischen Leistung unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade des Generators, des Getriebes, der Turbine und der Generierung des Drehfeldes samt Wasserverlust über die integrierte Fischrampe.

Für eine Turbine mit 20 Schaufeln bei konstanter Turbinendrehzahl ergibt sich im GWVPP ohne Berücksichtigung von Getriebe- und Generatorwirkungsgrad ein Wirkungsgradverlauf wie in **Bild 3** angeführt.

Der Wirkungsgrad eines GWVPP steigt mit dem Durchmesser des Rotationsbeckens und mit der Schaufelanzahl der Turbine. Andererseits verringert sich die Passierbarkeit für Schwemmgut bei Verkleinerung des Schaufelabstandes. Aus Gründen der ökologischen Durchgängigkeit orientiert sich die lichte Weite des Grobrechens und der Schaufelabstand jedoch an der Breite ausgewachsener grosser Leitfischarten des Fliessgewässers.

Fliesst im Teillastbetrieb des GWVPP weniger Wasser in das Rotationsbecken, verringert sich der Schlupf zwischen dem ringförmig strömenden Zentrum des Gravitationswasserwirbels und der Turbine, wodurch diese weniger Wasser in Richtung mittiger Abflussöffnung ablenkt und sich folglich der Oberwasserspiegel nur geringfügig senkt. Bei einem plötzlichen Lastabwurf reduziert sich die Durchflussmenge durch das GWVPP automatisch. Das GWVPP benötigt daher kein Durchflussregelungssystem und bleibt in seinem hydromechanischen Gesamtkonzept mit niedriger Wehr, Grobrechen, Grundablass, Rotationsbecken und Turbine einfach, robust und wartungsarm.

Generatorkonzept

Über ein standardisiertes Getriebe und einen Asynchrongenerator kann das GWVPP direkt auf der 400-V-Ebene in das öffentliche Stromnetz (Netzparallelbetrieb) einspeisen. Dabei wird die Turbinendrehzahl wie bei einem oberschlächtigen Wasserrad über die Polpaarzahl des Asynchrongenerators und die Getriebeübersetzung festgelegt.

Auch in ein durch Leistungselektronik und Akkumulatoren stabilisiertes 3-phasiges Insel-Wechselstromnetz kann das GWVPP mit einem Asynchrongenerator kostengünstig einspeisen.

Mit Hilfe eines Einlaufschützes vor dem Rotationsbecken ist ein Netzparallelbetrieb mit einer fremderregten Synchronmaschine problemlos möglich bzw. kann mittels eines netzgeführten Wechselrichters auch eine getriebelose, langsam drehende, permanentmagneterregte Synchronmaschine eingesetzt werden.

Ökologische Vorteile

Bei herkömmlichen Wasserkraftanlagen treten beim Übergang von hohem Wasserdruck vor der Turbine (Druckleitung) zu beträchtlichem Wasserunterdruck nach der Turbine (Saugrohr) so grosse Druckunterschiede auf, dass jegliche Lebewesen im Wasser zerbersten.

Im Gegensatz dazu ist das GWVPP auch im Turbinenbereich ein hydraulisch offenes System, wodurch es unmöglich ist, Wasserdruck mit Hilfe einer Wassersäule aufzubauen. Jeder Versuch, das Wasser im Rotationsbecken des GWVPP zurückstauen zu wollen, würde der Entfaltung des Gravitationswasserwirbels entgegenwirken und damit das Drehmoment des Wirbels für den Antrieb der Turbine deutlich reduzieren. Vielmehr strömt das Wasser in Form des Gravitationswasserwirbels auf einer spiralförmigen Bahn, sich

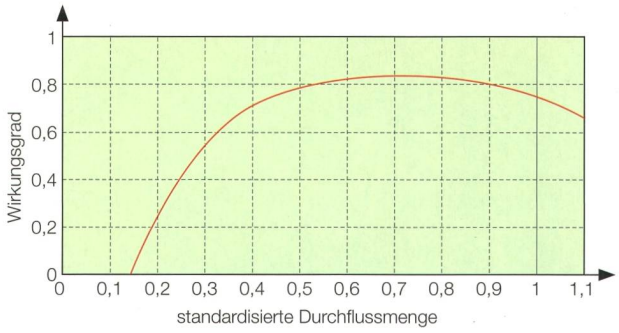

Bild 3 Wirkungsgradverlauf der Zotlöterer-Turbine im GWVPP.

Bild 4 Kleinlebewesen und Fische im Rotationsbecken eines GWVPP.

stetig beschleunigend, in Richtung Wirbelzentrum auf die Turbine zu. Ähnlich wie bei einem Wasserfall zieht sich dabei ein Wasserfaden in Fallrichtung bzw. hier in Strömungsrichtung auseinander. Dazwischen wird Luft in die spiralförmige Wasserströmung eingesogen und durch den Gravitationswasserwirbel stetig an die Innenwand- und Bodenfläche des Rotationsbeckens geführt. Dort siedeln sich in kurzer Zeit je nach Nährstoffgehalt und Temperatur des durchströmenden Wassers gewässerspezifische Wasserpflanzen (u.a. Quellmoose) an. Diese bilden einen gut durchlüfteten Lebensraum für Kleinlebewesen (u.a. Bachflohkrebse, Köcherfliegenlarven) und Fische **(Bild 4)**.

Strömungsgeschwindigkeit

Die Fliessgeschwindigkeit in Wandnähe reduziert sich aufgrund des dichten Pflanzenbewuchses auf 0,1 m/s. In Richtung Wirbelzentrum steigt die tangentiale Komponente der Strömungsgeschwindigkeit (Umfangsgeschwindigkeit) auf über 3,5 m/s. Die radiale Komponente (die Strömungsgeschwindigkeit zur Turbine hin) bleibt jedoch bis zum Eintritt in die Turbine mit nur 0,35 m/s gering, wodurch eine Gefährdung für Fische ausgeschlossen werden kann und auch zerbrechliches Test-Schwemmgut wie eine Glühbirne das GWVPP unbeschadet passieren kann. Zum Vergleich ist die Strömungsgeschwindigkeit im Vertical Slot einer Fischwanderhilfe etwa 3-mal so hoch und liegt damit deutlich über 1 m/s, wodurch ein unbeschadetes Abwärtswandern selbiger Glühbirne meist scheitert. Um auch den Kleinlebewesen und Fischen mit schlechten Schwimmeigenschaften ein problemloses Wandern im dichten Pflanzenbewuchs bei sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten von 0,1 m/s stromauf- und stromabwärts durch das GWVPP zu ermöglichen, gibt es im Aussenbereich des Rotationsbeckens eine flache, mit Wasserpflanzen bewachsene Rampe **(Bild 2)**, die, um den Turbinenwasserverlust auf wenige Liter pro Sekunde zu minimieren, entgegengesetzt der Rotationsrichtung des Gravitationswasserwirbels auf die Sohle des Unterwassers führt.

Damit erfüllt das ökologisch durchgängige GWVPP als Bio-Reaktor zur Generierung von gewässertypischen Kleinlebewesen und Fischen die wesentlichen Ziele der EU-WRRL, und produziert langfristig sauberen Ökostrom ohne Restwasserabgabe.

Wirtschaftlichkeit

Nachdem GWVPPs einen zusätzlichen Lebensraum schaffen, soll ein ökonomischer Vergleich mit der problematischen atomaren Energietechnologie gezogen werden. Die Anfangsinvestition für die Errichtung eines 20-kW-GWVPPs betragen 150 000 Euro, während ein 600-MW-AKW 4000 Mio. Euro kostet. Atomkraftwerke benötigen ausserdem zwingend ein Hochspannungsleitungsnetz. Im Gegensatz dazu kommt das GWVPP meist mit einer kurzen Anschlussleitung zum öffentlichen Stromnetz aus und entlastet dieses auf- grund der kontinuierlichen Stromeinspeisung.

Bei einer durchschnittlichen Betriebsdauer von 7500 h pro Jahr produziert das 600-MW-AKW 4,5 TWh pro Jahr. Ein GWVPP erreicht pro Jahr 6000 äquivalente Volllaststunden und somit ein Jahresarbeitsvermögen von 0,12 GWh.

Da GWVPPs nahe bei den Verbrauchern liegen, können etwa 12 % an Übertragungsverlusten gegenüber Atomkraftwerken eingespart werden. Somit ersetzen 30 000 dezentral gelegene 20-kW-GWVPPs mit Gesamterrichtungskosten von 4950 Mio. Euro ein 600-MW-AKW. Trotz der grossen Anzahl an GWVPPs können diese wegen ihrer geringen Fallhöhe unscheinbar **(Bild 5)** in die bestehende Fliessgewässerlandschaft integriert werden. In Europa gibt es rund 5 Millionen potenzielle Standorte für GWVPPs.

Bilder: Franz Zotlöterer

Bild 5 Ein in die Uferböschung integriertes GWVPP im österreichischen Wimitz.

Bei einer Massenfertigung von GWVPPs werden mindestens 20 % an Kosten eingespart, wodurch die Anfangsinvestitionen für 30 000 GWVPPs und einem AKW durchaus vergleichbar sind.

Nachdem nicht alle GWVPPs gleichzeitig errichtet werden müssen, lassen sich die finanziellen Aufwendungen für die GWVPPs skalieren, während ein unerwarteter Baustopp eines halbfertigen Atomkraftwerks beträchtliche Verluste verursacht.

Ein GWVPP produziert bereits nach wenigen Monaten Bauzeit elektrische Energie und schafft Arbeitsplätze in der Region. Sogar Fischereiverbände können sich bereits mit GWVPPs anfreunden und schätzen diese sanfte Wasserkrafttechnologie.

Im Gegensatz dazu dauert die Errichtung eines Atomkraftwerks etwa 10 Jahre, und mit Widerstand aus der Bevölkerung muss gerechnet werden.

Spätestens beim Rückbau des Atomkraftwerks nach 60 Jahren Betrieb zeigen sich die ökonomischen Vorteile von GWVPPs, die bei entsprechender Wartung für weitere 60 Jahre Ökostrom produzieren.

Während in Zukunft rüstige Rentner ungefährdet den Betrieb von GWVPPs überwachen, und wieder vermehrt Fische aus den Fliessgewässern angeln und kulinarisch verwerten können, müssen von öffentlichen Steuergeldern bezahlte Experten oft mit risikoreichen Einsätzen atomare Endlagerstätten über Jahrhunderte hinweg sichern und betreuen. Bei einer fachgerechten und langfristigen Entsorgung der Altlasten eines Atomkraftwerks – falls diese überhaupt möglich ist – reichen die aktuellen Rückstellungen von Atomkraftwerksbetreibern bei Weitem nicht aus, sondern es fallen langfristig zumindest Kosten in der Höhe der Anfangsinvestitionen eines Atomkraftwerkes an. Setzt die Politik auf regenerative Energien, können diese Gelder sinnvoller eingesetzt werden.

Résumé

Fonctionnement et potentiel des centrales hydroélectriques tourbillonnaires à gravitation

Une production écologique d'énergie électrique dans les ruisseaux et les petits cours d'eau

En tant que petites centrales au fil de l'eau décentralisées pour faibles hauteurs de chute, les GWVPP (Gravitation Water Vortex Power Plants) pourraient très bientôt prendre en charge la production d'électricité de centrales nucléaires anciennes en Europe, et ce, avec un risque écologique et économique minimal. En outre, elles réduisent la charge du réseau électrique existant en injectant continuellement de l'énergie électrique à de nombreux points via des lignes courtes. Un coup d'œil sur leur mode de fonctionnement, leurs avantages écologiques et leur rentabilité. No

Links

- www.zotloeterer.com

Angaben zu den Autoren

Dipl.-Ing. **Franz Zotlöterer** gründete 2004 das Unternehmen Zotlöterer. Er befasst sich mit dezentralen praxisorientierten regenerativen Energiesystemen und ist Erfinder, Patentinhaber und Entwickler des Gravitationswasserwirbelkraftwerks sowie mehrfacher Gewinner des Energy Globe Awards und anderer Auszeichnungen.

Unternehmen Zotlöterer, 3200 Obergrafendorf, Österreich, office@zotloeterer.com

Anzeige