



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Jahresbericht 1. Dezember 2009

Pilotanlage Münster (VS) – Universalturbine für Wasserversorgungen

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Wasserkraft
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

stiftung revita, CH-4438 Langenbruck

Auftragnehmer:

stiftung revita
Schwengiweg 12
CH-4438 Langenbruck
www.revita.ch

Autoren:

Bruno Schindelholz, stiftung revita, bruno.schindelholz@revita.ch
Patrick Kamber, stiftung revita, patrick.kamber@revita.ch

BFE-Bereichsleiter: Dr. Michael Moser

BFE-Programmleiter: Dr. Klaus Jorde

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 154190 / 103181

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Als Pilotanlage in Münster (VS) wird eine Universalturbine eingesetzt. Die Universalturbine ist eine modular aufgebaute Peltonturbine für Wasserversorgungen. Sie deckt den Leistungsbereich von 5.5 bis 55 kW ab und ist auch im Gegendruckbereich einsetzbar. Im Rahmen des Projekts Pilotanlage Münster soll der Dauerbetriebsnachweis der Universalturbine für diesen Standort erbracht werden. An diesem Standort wird auch die Turbineninstallation visualisiert und die Möglichkeiten der Universalturbine dargestellt und mit Modellturbinenwagen präsentiert. Zusätzlich werden im Projektrahmen die Gegendruckregelung für verschiedene Betriebsbedingungen sowie die Erstellung und Erhaltung des Druckluftpolsters für den Gegendruckbetrieb entwickelt und untersucht.

Für das Berichtsjahr sind in der Projekteingabe unter Meilensteine 1 die Ziele definiert worden. Sie wurden grösstenteils erreicht oder übertroffen. In 2010 müssen einige Projektziele abgeschlossen werden, hinzukommen zusätzlich neue. Im Überblick:

- Die Visualisierungsunterlagen für den Standort Münster sind in 2009 zu 70 % erarbeitet worden. Bis Ende Mai 2010 müssen noch die ausstehenden Darstellungen erarbeitet sein und bis Mitte Sommer eingerichtet werden. Das Konzept für den Modellturbinenwagen ist erstellt und mit dem Bau wurde begonnen. Der Modellwagen muss Ende Mai zur Visualisierung und zu Versuchszwecken einsatzfähig sein.
- Die Versuchsturbine ist in 2009 mit neu entwickeltem Durchflussregler und passender Leitvorrichtung ausgerüstet worden. Erste Tests sind erfolgt und haben Erfreuliches gezeigt. An den Leitvorrichtungen sind weitere Arbeiten weder geplant noch nötig.
- In 2009 konnte an der FHNW eine Projektbeschreibung bezüglich Luftaustrag (gleich Verlust an Druckluftpolster) als Projektarbeit eingegeben werden. Diese studentische Arbeit muss in 2010 begleitet werden und die Erkenntnisse müssen Ende Jahr vorliegen. Ebenfalls an der FHNW wurde Unterstützung im Bereich Wasserstrahl-Gasverdichter gefunden. Die Untersuchungen müssen 2010 abgeschlossen werden.
- Die Testreihen im Labor betreffend Gegendruckregelung müssen 2010 begonnen und abgeschlossen werden. Erste Versuche im Labor konnten bereits durchgeführt werden und haben vielversprechende Ergebnisse gezeigt. Es sind für das Jahr 2010 bereits Versuche der Gegendruckregelung mit der Modellturbine in Münster geplant.
- Für 2010 sind Versuche des Lufteintrags über die Druckleitung vorgesehen. Die Installationen für den Lufteintrag über die Druckleitung werden am Standort Münster aufgebaut. Die Erkenntnisse müssen bis Ende Jahr erarbeitet sein.

Über das Jahr 2010 hinaus sind im Projektumfang noch weitere Erkenntnisse der Gegendruckregelung aus Feldversuchen in Münster geplant.

Projektziele

Viele Wasserversorgungen für Trinkwasser, Wässerwasser, Berieselungen, Beschneiungsanlagen etc. beinhalten durch die Höhenunterschiede Energiepotenziale, von denen nur ein Teil für die Wasserversorgung genutzt werden kann. Der Rest wird heute meist mit Druckbrecherschächten und Druckreduzierventilen in nicht weiter nutzbare Wärme umgewandelt. Alleine im Trinkwasserbereich ist das Potenzial immens. Rund 40 % des schweizerischen Trinkwasserbedarfs, das sind 400 Millionen Kubikmeter jährlich, werden durch Quelfassungen gewonnen.

Die Universalturbine ist eine universell einsetzbare Turbine, die die ungenutzten Energien in Wasserversorgungen in elektrische Energie umwandelt. Die Turbine basiert auf dem Prinzip der Peltonturbine und deckt dank modularer Bauweise den Bereich von 5.5 bis 55 kW ab. Mit der Universalturbine werden Energiepotenziale auch im Gegendruck- und im kleinen Leistungsbereich effizient und wirtschaftlich genutzt.

In Münster werden aktuell eine Schmutzwasserquelle und eine Trinkwasserquelle auf ein und dieselbe Turbine geleitet. Die Turbine ist jedoch nicht im Stande, das ganze Jahr über die vorhandene Wassermenge abzuturbinieren. Aus diesem Grund wird zukünftig das Wasser der Trinkwasserquelle auf die Pilotanlage geleitet. Durch die Trennung der beiden Quellzuflüsse kann das Wasser bei Bedarf als Notwasserversorgung der Region dienen.

Im Rahmen der Pilotanlage in Münster (VS) gibt es 4 eigentliche Themenschwerpunkte:

- Nachweis der Betriebstauglichkeit im Dauerbetrieb für diesen Standort.
- Untersuchung von verschiedenen Lufteintragsmöglichkeiten, Untersuchung von Wasserstrahl-Gasverdichtern im Speziellen.
- Simulation von Turbinenbetriebe an anderen Standorten und damit einhergehend Untersuchungen betreffend Gegendruckregelung.
- Visualisierungen und Informationen für Fachleute und Interessierte entsprechend Visualisierungskonzept.

Aus diesem Gesamtrahmen heraus sind für das Berichtsjahr in der Projekteingabe unter Meilensteine 1 die Ziele definiert worden. Sie lauten wie folgt:

- Die Visualisierungsunterlagen für den Standort Münster sind erarbeitet.
- Die Versuchsturbine ist mit neuem Durchflussregler und passender Leitvorrichtung ausgerüstet, erste Tests sind erfolgt.
- Die Projektbeschreibungen für die FHNW betreffend Lufteintrag und Luftentzug sind erstellt.
- Das Konzept des Versuchsturbinenwagens ist definiert.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Visualisierung am Standort Münster

Mit der Visualisierung werden 2 Ziele angestrebt. Einerseits sollen die Einsatzmöglichkeiten und die Merkmale der Universalturbine dargestellt werden, und andererseits soll der Betrieb der Turbine am Standort Münster illustriert werden.

Komponenten der Visualisierung

1. Übersicht Gesamtanlage

Die Übersicht über die Gesamtanlage stellt mit einem Höhenprofil die Anlage in Münster dar. Das Anfertigen dieser Übersicht ist noch ausstehend.

2. Pilotanlage Universalturbine

Die Pilotanlage wird mit Schildern und technischen Angaben ergänzt. Die Schilder können erst nach Montage und Inbetriebnahme der Anlage im Frühling angebracht werden.

3. Darstellung und Beschreibung der Funktionsweise

Das Schema der Universalturbine in Fig. 1 beinhaltet alle für die Funktion notwendigen Komponenten. Die einzelnen Komponenten sind über die Legende angeschrieben. Die Sensoren und Aktoren der Niveauregelung oder der Druckregelung sind ebenfalls dargestellt und beschrieben. Das Schema ist auf ein Plakat von der Grösse A0 gedruckt worden. Ein weiteres Plakat mit einer Funktionsbeschreibung der einzelnen Komponenten ist noch in Arbeit.

Funktionsweise Universalturbine

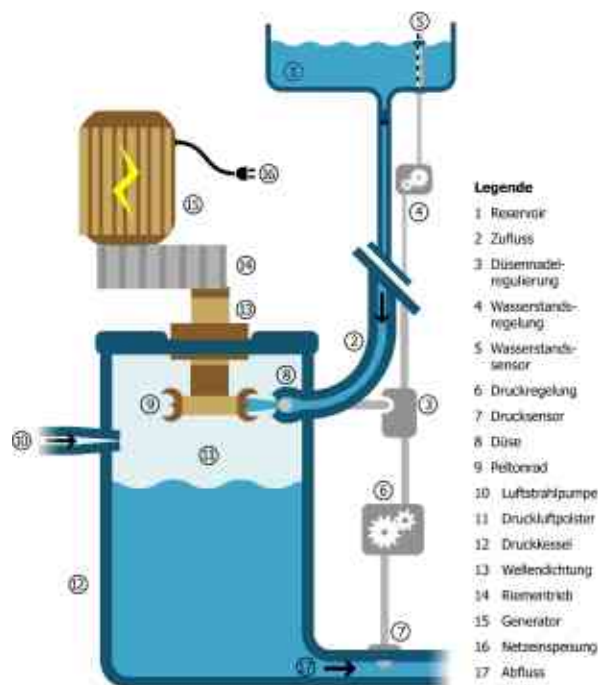


Fig. 1: Funktionsweise der Universalturbine

Anwendungen Universalturbine

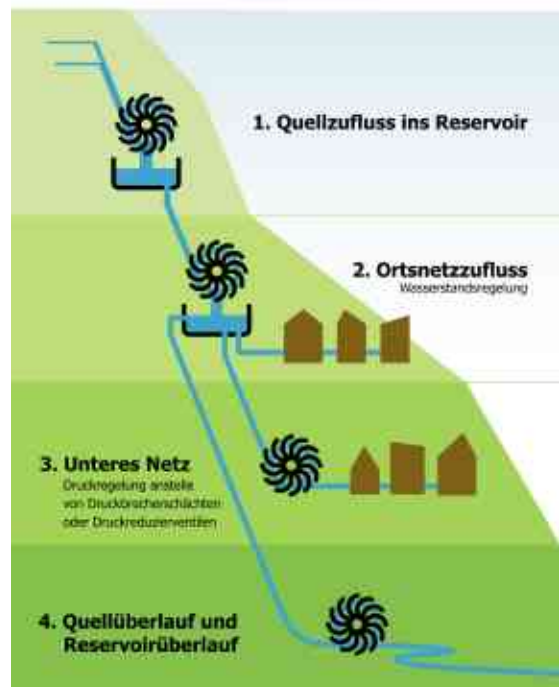


Fig. 2: Anwendungen der Universalturbine

4. Schematische Darstellung verschiedener Anwendungen

Das Abturbinieren von Reservoirzuflüssen und Ortsnetzzuflüssen, das Abturbinieren von Druckreserven in geschlossenen Systemen und das Abturbinieren von Überläufen bilden die Hauptanwendungen der Universalturbine. Die Hauptanwendungen sind in Fig. 2 dargestellt. Dieses Schema ist auf ein Plakat von der Grösse A0 gedruckt worden.

5. Einsatzbereich der Universalturbine

Die Universalturbine gibt es 1- bis 6-düsig und deckt den Leistungsbereich von 5 bis 50 kW ab. Der Einsatzbereich ist zusammen mit den technischen Daten in Fig. 3 dargestellt. Der Einsatzbereich ist auf ein Plakat der Grösse A0 gedruckt worden.

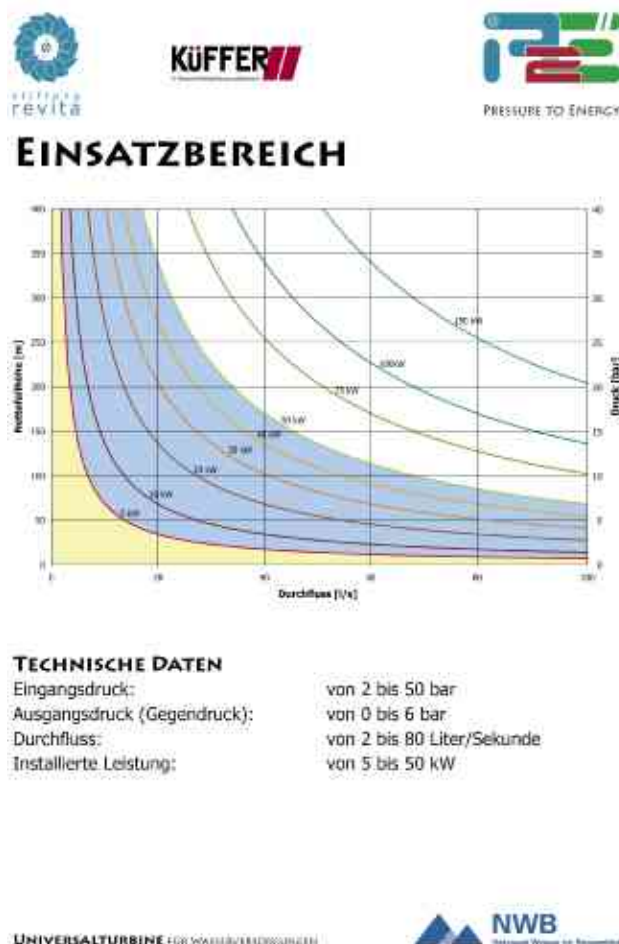


Fig. 3: Einsatzbereich der Universalturbine

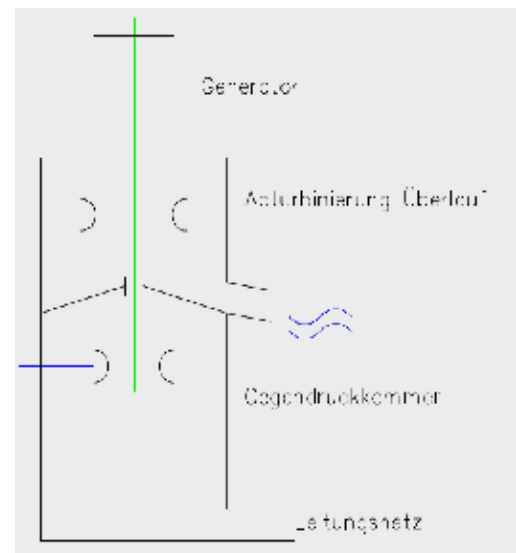


Fig. 4: Schematische Darstellung einer Doppelkammerturbine

6. Forschungsschwerpunkte

Die Forschungsschwerpunkte konzentrieren sich auf die Zweikammerturbine (Fig. 4), die Gegendruckregelung, Luftertrags- und Luftaustragsmöglichkeiten sowie konstruktiven Massnahmen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Universalturbine. Ein entsprechendes Plakat ist zurzeit noch in Arbeit.

7./8. Versuchsturbine / Modellturbine

Die Versuchsturbine wurde technisch wie auch optisch weiterentwickelt. Einzelheiten sind weiter unten unter Konzept Versuchsturbinenwagen beschrieben.

Leitvorrichtung für Versuchsturbine

Vergangene Entwicklungen und Untersuchungen^[1] haben gezeigt, dass die Gegendruckregelungen auf Basis eines Proportionalventils oder eines unterlagerten Positionsreglers nicht befriedigend funktionieren. In beiden Fällen war das Schwingverhalten dieser hydraulischen oder pneumatisch-hydraulischen Systeme nicht genügend.

Da weiterhin nicht an der Notwendigkeit und am grossen Potenzial einer Gegendruckregelung gezweifelt wurde, wurden neue Wege gesucht. Dies hat zur Entwicklung eines mechanischen Düsenantriebes und einer elektronischen Gegendruckregelung geführt. Dazu wurde für die bereits bestehenden Düsen eine Antriebseinheit entwickelt. Fig. 5 zeigt die entsprechende Zusammenstellzeichnung. Die hergestellte Leitvorrichtung ist in Fig. 6 ersichtlich. Sie ist am Turbinenkessel angebaut.

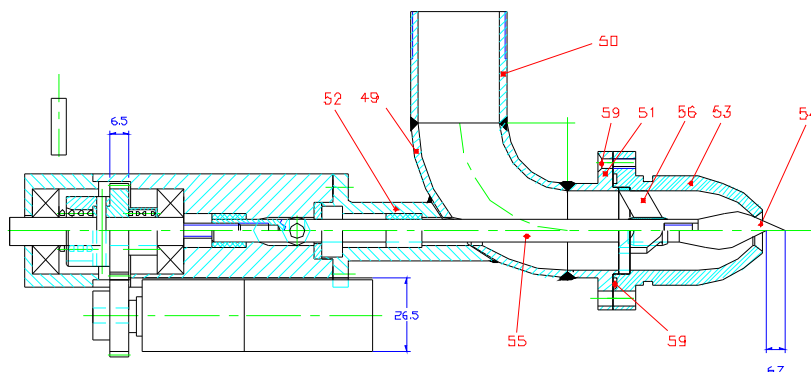


Fig. 5: Zusammenstellzeichnung der neuen Leitvorrichtung



Fig. 6: Die neue Leitvorrichtung am Turbinenkessel

Die Gegendruckregelung wurde mit einer SPS von Crouzet (Fig. 7) aufgebaut. Erste Versuche sind bereits erfolgt und haben ein erfreuliches Regelverhalten gezeigt. Die Beschreibung der Entwicklung der Gegendruckregelung und von ausführlichen Versuchen im Labor wie auch am Standort Münster werden Bestandteil des Jahresberichtes 2010 sein.



Fig. 7: Die Millennium 3 von Crouzet

Projektbeschreibungen für die FHNW bezüglich Lufteintrag, -Austrag

Beim Einsatz der Turbine im Gegendruckbereich wird Luft über das abfließende Wasser ausgetragen. Die Luft ist dabei in Blasenform oder geht vollständig gelöst mit. Dies hat zwei unangenehme Nebeneffekte. Einerseits verringert sich dadurch das Luftpolster im Kessel. Das Luftpolster muss mit einem nicht unbedeutenden energetischen Aufwand wieder ergänzt werden. Andererseits gelangt durch den Luftaustrag unnötige Luft ins Leitungsnetz. Neben möglichen Luftblasen kann die im Wasser gelöste Luft bei weiterem Druckfall ausgasen und ebenfalls Luftblasen bilden. Ansammlungen von Luftblasen ergeben beim Wasserbezug Leitungsschläge und werden als störend empfunden. Feine Luftblasen verursachen in gewissen Wasseraufbereitungsanlagen Fehldiagnosen und sind ebenfalls unerwünscht.

Bei Herrn Dr. Heiniger am Institut für Thermo- und Fluid-Engineering der FHNW ist die Problematik des Luftentzugs auf Interesse gestossen und es konnte eine Projektbeschreibung für Projektarbeiten / Bachelorthesis eingereicht werden. Die Projektbeschreibung befindet sich in Anhang A. Ein Student der FHNW hat sich für dieses Thema als Projektarbeit entschieden, der Projektbeginn ist im März 2010.

Untersuchungen^[2] haben gezeigt, dass bei einer Turbine im Gegendruckbereich betrieben, eine Luftmasse von rund $2.25 \cdot 10^{-5} \text{ kg}_{\text{Luft}}/(\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \text{bar})$ (entspricht der Sättigungsgrenze von Luft in Wasser) ausgetragen wird. Um das Druckluftpolster aufrecht zu erhalten, muss die entsprechende Luftmasse wieder zugeführt werden. Der Einsatz eines Wasserstrahl-Gasverdichters ist eine interessante Methode, weil er wenig anfällig auf Verschleiss ist und weil er sich am Kessel befindet und das Luftpolster somit lokal aufrecht erhalten werden kann. Die Schwierigkeiten im Umgang mit Wasserstrahl-Gasverdichtern ist jedoch deren Auslegung um hohe Wirkungsgrade von 30% und mehr zu erhalten. Tiefe Wirkungsgrade fordern hohe hydraulische Verluste, da das Wasser für die Wasserstrahlverdichter nicht mehr über die Peltondüsen fliesst und sind somit nicht tragbar.

Viel Wissen in der Auslegung von Wasserstrahlverdichtern hat wiederum das Institut Thermo- und Fluid-Engineering der FHNW um Herrn Dr. Heiniger. An seinem Institut wurde die Thematik mit der Präsentation im Anhang B vorgestellt. Herr Dr. Heiniger hat das Auslegen und das gemeinsame Ausmessen nach dem Bau von 2 Wasserstrahlverdichtern zu Assistentenansätzen angeboten.

Konzept Versuchsturbinenwagen

Ein Versuchsturbinenwagen, oder auch Modellturbinenwagen, ist in vielerlei Hinsicht gewinnbringend. Enthält er einen eigenen Wasserkreislauf, dann können mit ihm die Entwicklungsthemen wie Gegendruckregelung, Lufteintrag mittels Wasserstrahl-Gasverdichter und Luftaustrag autonom bearbeitet werden. Er kann aber auch zur Bekanntmachung der Trinkwasserturbinierung, mitsamt Gegendruckturbिनierung an Messen, Ausstellungen und anderen PR Aktionen eingesetzt werden.

Ein Versuchsturbinenwagen ohne eigenen Wasserkreislauf bietet die Möglichkeit, an Standorten wie Münster mit einem enormen Wasserdargebot und einem Zuflussdruck von 22 bar, Versuche unter spezifischen Bedingungen zu fahren. Ausserdem können andere Standorte wie Bondo, an dem 9 bar Gegendruck nötig sind, simuliert werden. Dabei werden optimale Regelparameter der Gegendruckregelung gefunden sowie die Auslegung von Wasserstrahl-Gasverdichtern überprüft.

Das Konzept des Modellwagens, siehe Fig. 8, ermöglicht den autonomen Betrieb mit eigener Wasserversorgung wie auch den Versuchsbetrieb mit Fremdwasser. Dazu wurde die Turbine mit Steuerung auf einem ersten Wagen angeordnet und der Wassertank mit Pumpe auf einem zweiten. Die beiden Wagen sind koppelbar. Die komplette Zeichnung mit Beschriftung der Komponenten befindet sich in Anhang C.

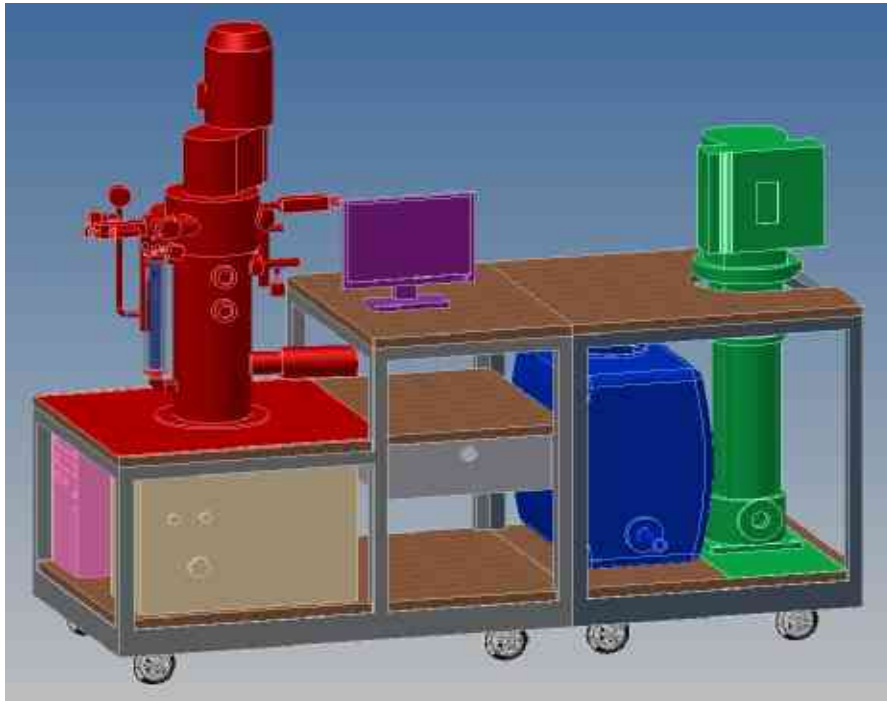


Fig. 8: Konzept Modellwagen

Einige Merkmale des Modells:

- Das Verhältnis der Abmasse der Modellturbine zur Universalturbine ist ein wenig kleiner als 1:2.
- Die Modellturbine ist 2-düsiger ausgerüstet.
- Eine Kamera filmt den Wasserstrahl und das Peltonrad und visualisiert so das Kesselinnenleben.
- Das Modell ist ausgelegt um mit Zuflussdrücke bis 30 bar und Gegendrücke bis 16 bar umgehen zu können.
- Die Steuerung der Turbine übernimmt eine SPS von Crouzet. Die Peripherie wird via LabView bedient.
- Zu- und Abflussströme sowie Zu- und Abflussdrücke werden gemessen und mit einer Vielzahl weiterer Größen visualisiert.
- Zur Sicherheit der Anlage öffnet ein Überströmventil bei Drücken über 16 bar im Abfluss.

Das hydraulische Konzept des Modellturbinenwagens befindet sich in Anhang D.

Nationale Zusammenarbeit

Im Rahmen dieses Projekts ist vorerst nur die Zusammenarbeit mit dem Institut für Thermo- und Fluid-Engineering der FHNW unter Herrn Dr. Heiniger geplant. Eine Projektarbeit während eines Semesters und eine Auftragsarbeit, siehe vorhergehendes Kapitel, sind sicher. Zur Zusammenarbeit in diesem Projekt kann aufgrund des geringen Projektanteils in diesem Jahr noch nichts Charakterisierendes gesagt werden.

Bewertung 2009 und Ausblick 2010

Der Stand der Arbeiten ist in Anbetracht der jungen Projektphase und der definierten Meilensteine als zufriedenstellend zu bewerten und entspricht über weite Strecken dem vorgesehenen Terminplan.

- Die Visualisierung der Pilotanlage in Münster ist in Bezug auf die Plakate zu 70 % erledigt. Der Modellturbinenwagen, der teilweise auch zur Visualisierung zu zählen ist, ist im Entstehen. Die Konzepte sind erstellt, die meisten Komponenten sind im Haus, die Wagen werden zusammengebaut. Bis im Monat Mai muss der Modellwagen für die Visualisierung und für Versuchszwecke einsatzbereit sein. Die Meilensteine 2 in der Projekteingabe sehen eine vollständige Umsetzung der Visualisierung in Münster in 2010 vor. Die Inbetriebnahme der Anlage in Münster wird nicht vor Ende Mai 2010 sein. Bis im Mai müssen die Plakate fertig sein, damit bis Mitte Sommer die Visualisierung eingerichtet werden kann.
- Die Leitvorrichtungen für die Modellturbine sind erstellt und zeigen nach Anpassarbeiten an der Übersetzung volle Funktionstüchtigkeit. In Bezug auf die Leitvorrichtungen sind keine Entwicklungsarbeiten in 2010 mehr geplant.
- Die Zusammenarbeit mit der FHNW konnte in 2009 aufgebaut werden. Sie muss in 2010 durchgeführt und betreut werden. Bis zum Ende des nächsten Jahres müssen die Ergebnisse der FHNW bezüglich Wasserstrahl-Gasverdichter und Luftaustrag vorliegen.

Zu den eben genannten Zielen gesellen sich aus der Projekteingabe folgende weitere:

- Die Testreihen im Labor betreffend Gegendruckregelung sind Ende 2010 abgeschlossen.
Es ist bereits einiges an Entwicklung durchgeführt worden. Die dazugehörigen Versuche im Labor haben vielversprechende Ergebnisse gezeigt. Die Erkenntnisse konnten leider für den vorliegenden Zwischenbericht noch nicht aufgearbeitet werden. Es sind für das Jahr 2010 bereits Versuche der Gegendruckregelung mit der Modellturbine in Münster geplant. Die EWO (zukünftige Eigentümerin der Universalturbine in Münster) hat eine entsprechende Erlaubnis schriftlich erteilt.
- Die Versuche des Lufteintrags über die Druckleitung sind Ende 2010 abgeschlossen. Die Installationen für den Lufteintrag über die Druckleitung werden am Standort Münster aufgebaut. Die Versuche müssen bis Ende Sommer durchgeführt sein. Eine Schriftliche Erlaubnis der EWO liegt vor.

Referenzen

- [1] B. Schindelholz, stiftung revita: **Universell einsetzbare Turbine für Wasserversorgungen (BFE-Projektnummer 102033/152529)**, Schlussbericht 20. März 2009.
- [2] Chr. Gmünder, FHNW: Energienutzung in geschlossenen Wasserversorgungssystemen, Diplomarbeit 1. Dezember 2005

Anhang A: Projektbeschreibung FHNW



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Projektarbeiten / Bachelorthesis

Titel des Projektes

Universalturbine P2E für Wasserversorgungen, Projekt „Luftentzug“

Auftraggeber

Firma: stiftung revita
Name: Kamber
Vorname: Patrick
Funktion: Projektleiter
Strasse: Schwengiweg 12
PLZ / Ort: 4438 Langenbruck
Telefon: 062 387 31 21
Mobile: 076 512 05 23
E-Mail: patrick.kamber@revita.ch

Betreuender Dozent / Assistent: Herr Kurt Heiniger

Themengebiet (in Stichworten):

- ☒ Experimentelle Untersuchung
- ☐ Simulation

-
-
-

Projekt eignet sich für:

- ☐ 5. Semesterprojekt
- ☐ Bachelor-These

Schwierigkeitsgrad:

Kurze Beschreibung des Projekts

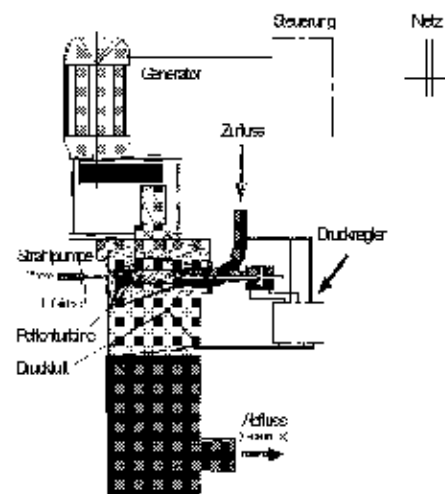
Ausgangslage / Problemstellung:

1 Ausgangslage

Viele Wasserversorgungen für Trinkwasser, Wässerwasser, Berieselungen, Beschneigungsanlagen usw. beinhalten durch die Höhenunterschiede grosse Energiepotenziale, von denen nur ein Teil für die Wasserversorgung genutzt werden kann. Der Rest wird heute mit Hilfe von Druckrechnern in nicht weiter nutzbare Wärme umgewandelt. Die stiftung revita hat zusammen mit Fachhochschulen und Industriepartnern eine universell einsetzbare Turbine für Wasserversorgungen entwickelt. Bisher nicht erschliessbare Energiepotenziale, vor allem im Gegendruckbereich und im kleinen Leistungsbereich, werden damit ökologisch nutzbar.

Systembeschreibung Universalturbine P2E

Die Universalturbine ist im Grunde eine Pelton-turbine, die in einem Druckluftpolster betrieben wird. Das Druckluftpolster im Turbinengehäuse hält das Peltonlaufrad frei von Flüssigkeitsreibung und ermöglicht so den Einsatz im Gegendruckbereich. Druckstösse im Leitungsnetz werden durch das Luftpolster gedämpft und können den Turbinenbetrieb nicht stören. Der Gegenruck im Luftpolster richtet sich nach der Anwendung der Turbine. Er kann von Vakuum bis ca. 16 bar betragen. Eine spezielle Wellendichtung verhindert Luftverluste durch die Wellendurchführung. Eine Strahlpumpe ersetzt die durch das abfliessende Wasser verursachten Luftverluste.



2 Problemstellung

Das Problem bei der Gegendruckturbinierung besteht im Luftaustrag. Durch das abfliessende Wasser werden kleine Luftmengen in Form von Luftblasen sowie in im Wasser gelöster Form ausgetragen und gelangen ins Versorgungsnetz. Dadurch entstehen für die Gegendruckturbinierung die wesentlichen Probleme:

1. Die ausgetragene Luft muss ersetzt werden. Die dazu benötigte Energie reduziert den Wirkungsgrad.
2. Beim Absenken des Drucks im Wasserversorgungsnetz bilden sich Luftblasen und führen zu Druckschlägen beim Verbraucher.
3. Bei der UV-Bestrahlung verändern die Luftblasen im Wasser die Lichtdurchgangigkeit. Die Überwachungssensoren können die Qualität der Bestrahlung nicht mehr eindeutig detektieren.

Ziele / Ergebnisse / Lieferobjekte:

Es sollen Massnahmen gefunden und bewertet werden, mit denen der Luftaustrag durch das abfliessende Wasser verhindert oder möglichst reduziert werden kann, oder aber mit denen die Luft dem Wasser nach der Turbine wieder entzogen werden kann.

Mögliche Fragestellungen:

- Die Luft wird in Blasenform ausgeschwemmt oder im Wasser gelöst ausgetragen. Wie gross sind ihre Anteile?
- Gibt es Methoden, die die Luft im ausfliessenden Wasser direkt messen können oder bleibt nur die indirekte Messung über die Luftzuführung?
- Gibt es Massnahmen, mit denen das Lösen von Luft im Wasser beeinflusst werden kann (Sättigungsgrenze)?
- Oder ein frühzeitiges Ausgasen provoziert werden kann?
- Durch welche Verfahren kann die Luft dem Wasser unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Grenzen wieder entzogen werden.

Bemerkung:

Gelingt es geeignete Verfahren zu finden, die den Luftaustrag reduzieren, können damit der Wirkungsgrad und die Wirtschaftlichkeit der Gegendruckturbinierung entsprechend verbessert werden.

Rahmenbedingungen:

Eine gegendrucktähige Modellturbine ist vorhanden.

Besondere Bemerkungen / Geheimhaltung

Für die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse ist das Einverständnis der *stiftung revita* unbedingt erforderlich.

Studierender:

Anhang B: Präsentation Strahlpumpe für Universalturbine bei FHNW

Seitangstrasse 12 63433 Langenl.ck Tel. +49 (0) 69 387 31 21 E-Mail: info@fhnw.ch



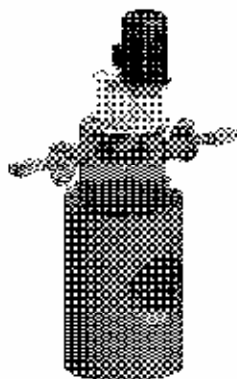
Wasserstrahl-Gasverdichter für die Universalturbine

Kurzvorstellung bei

FHNW - Institut für Energie und Fluid Engineering

2. November 2020

1



Universalturbine für Wasserversorgungen

- Polyturbine
- Universell für den Leistungsbereich von 5 – 55 kW
- 14 – 48 bar, 5 – 80 l/s
- 1 maximal 6 Düsen
- Gegendruckfähig durch Luftpolster

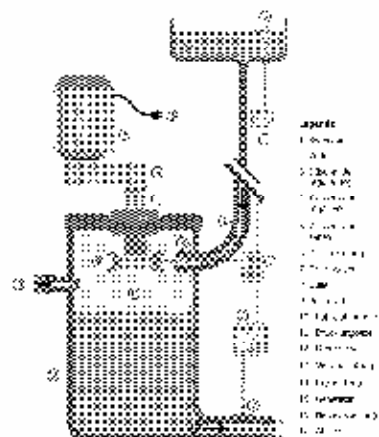
2. November 2020

2

Funktionsweise Universalturbine



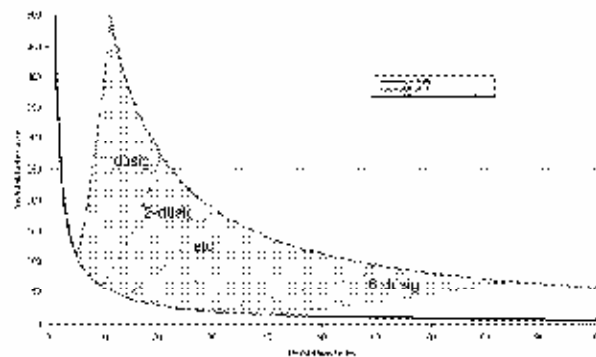
Titel



2. November 2020

3

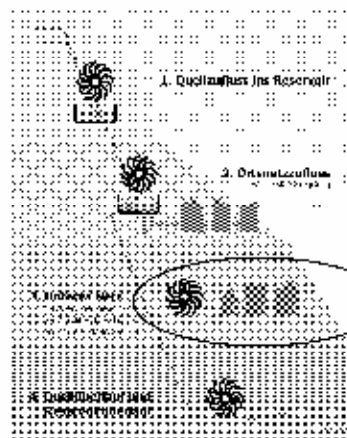
Հարավ-արևելյան ռադիոհաղորդումներ



\$ 4,341.40 \$5,000

1

Anwendungen Universalturbine



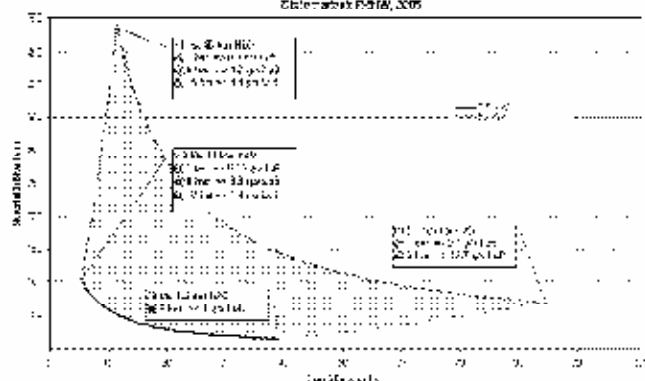
Anforderung für
Gegendruck

- Üblicherweise 7 - 6 bar für Ortsnetze
- 9 bar in besonderen Situationen
- Bis 16 bar bei Beschleunigungsanlagen

\$ 4,284.04 \$6,900

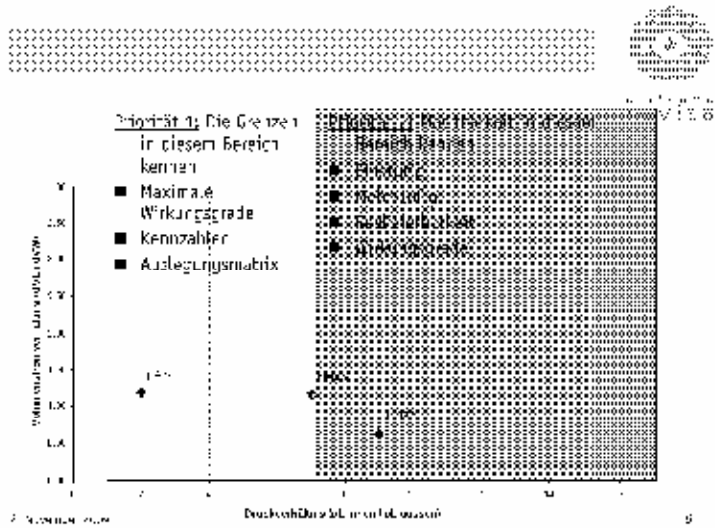
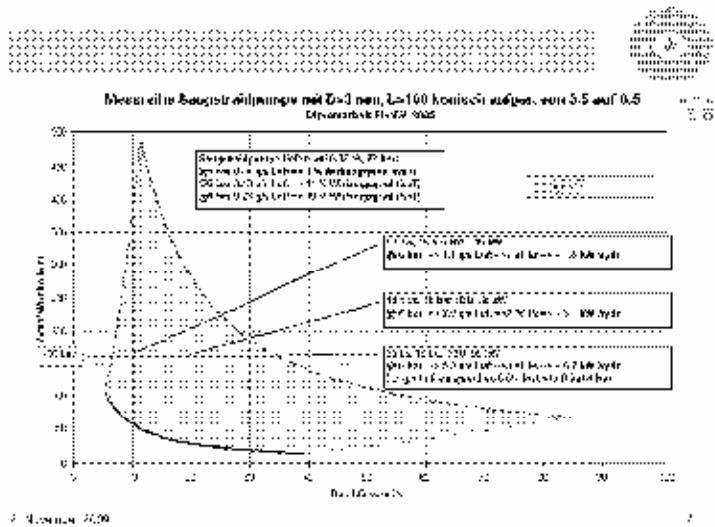
2

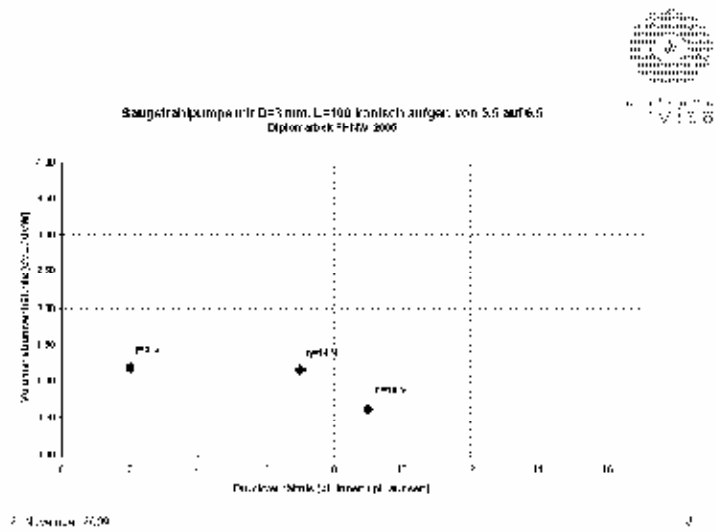
Ausgetragener Luftmassenstrom an Eckpunkten des Kernschilds
Zielerreichung P-918, 2005



\$ 4,500.00 \$5,000

1





Herzlichen Dank für das Interesse!

stiftung revita

Technical drawing of a model turbine rig (Modellturbinenwagen) showing a perspective view and a top view with dimensions.

Dimensions (Top View):

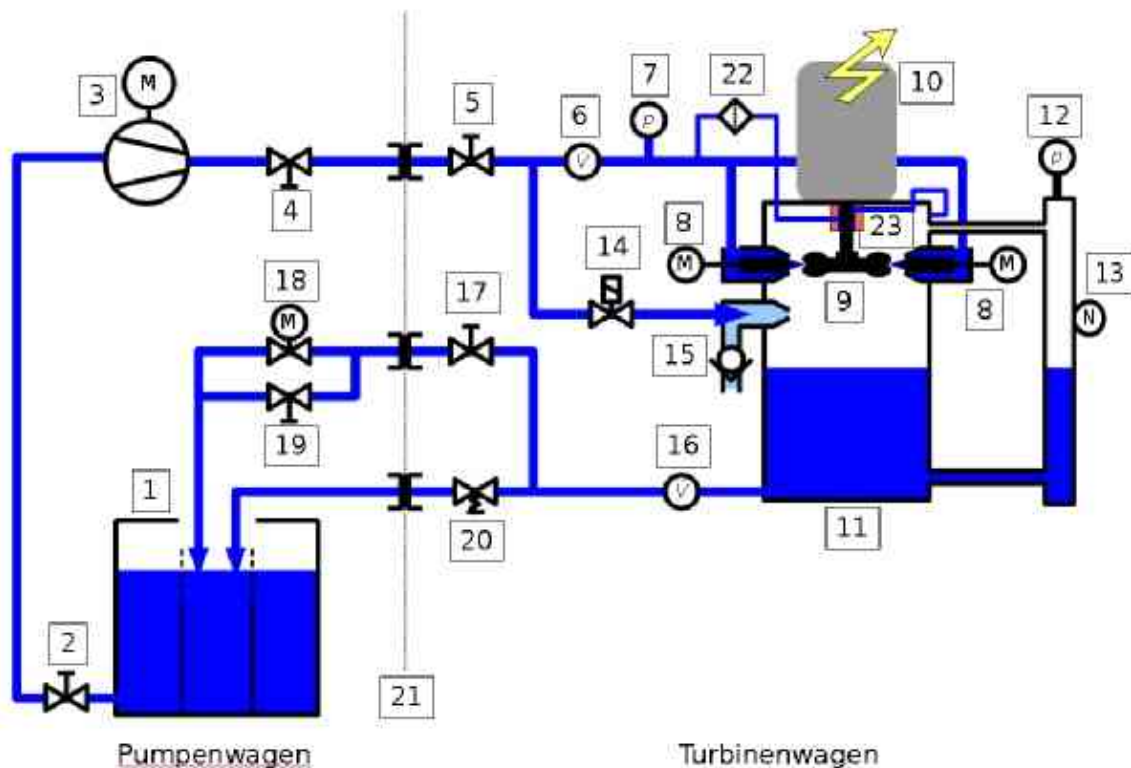
- Overall Width: 1116 mm
- Overall Depth: 660 mm
- Overall Height: 740 mm
- Internal Width: 710 mm
- Internal Depth: 1040 mm
- Internal Height: 1465 mm
- Internal Width (Turbine): 720 mm
- Internal Depth (Turbine): 470 mm
- Internal Height (Turbine): 150 mm
- Internal Width (Pump): 150 mm
- Internal Depth (Pump): 470 mm
- Internal Height (Pump): 150 mm

TEILLEISTE (Parts List):

OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	TITEL
2	1	400515-B0002	Pumpenwagen
2.1	1	400515-B0013	Bestell. Pumpenwagen
2.2	1	400515-K0014	Wassertank EC100
2.3	1	400515-K0015	Pumpe 5.5kW
2.4	2	400515-K0010	Bockrolle B-VPP 125G
2.5	2	400515-K0009	Bockrolle L-VPP 125G
2.6	1	400515-T0016	Tischplatte Turbinenwagen
2.7	1	400515-T0017	Bodenplatte Pumpenwagen
3	1	400515-B0001	Turbinenwagen
3.1	1	400515-B0003	Bestell. Turbinenwagen
3.2	1	400515-B0004	Schaltschrank
3.3	1	400515-B0005	Tischplatte Turbinenwagen
3.4	1	400515-T0005	Blöschirm
3.5	1	400515-K0011	Computer
3.6	1	400515-K0012	Tischplatte Turbine
3.7	1	400515-T0007	Bodenplatte Turbinenwagen
3.8	1	400515-T0008	Bockrolle L-VPP 125G
3.9	2	400515-K0009	Bockrolle B-VPP 125G
3.11	2	400515-K0010	Bockrolle L-VPP 125G
3.12	1	400515-B0018	Schuldlase Modellwagen

Allgemeintoleranzen: DIN 2768 - m

Anhang D: Hydraulikschema Modellturbinenwagen



Legende:

- | | | | |
|----|--|----|--|
| 1 | Wassertank 100l (1 ½" Anschluss) | 13 | Füllstandssensor (Kapazitiv, Sn=15mm) |
| 2 | Kugelhahn 1 ½" (nach Tank) | 14 | Magnetventile (für Strahlpumpen, 50bar, ½" DN12, 33.3l/min bei 1bar, 24VDC) |
| 3 | Kreiselpumpe (5.5kW, 3.6l/s, 16bar) | 15 | 2x Strahlpumpen (für Druckluftkissen, je max. 20l/min, 1.93g(Luft)/s bei 8.5l/s) |
| 4 | Kugelhahn 1 ½" (nach Pumpe) | 16 | Durchflussmesser Paddle-Wheel (Abfluss, 10bar / 25bar) |
| 5 | Kugelhahn 1 ½" (Zulauf Turbinenwagen) | 17 | Kugelventil 2" (Ablauf Turbinenwagen) |
| 6 | Durchflussmessung MID (Druckleitung, 1.5", 40bar, 0.5 - 10l/s) | 18 | Stetiges Regelventil (2", Dp=6bar, PN16, Stellzeit 2s, 3.3l/s bei 1bar) |
| 7 | Druckmessung (Druckleitung, bis 30bar) | 19 | Kugelhahn 2" (statt Regelventil) |
| 8 | Nadeldüse el. (Gegendruck geregelt) | 20 | Überströmventil 1" (16bar, 9.3l/s) |
| 9 | Pelltonrad (Kunststoffschaufeln, Ø145) | 21 | Feuerwehrrkupplungen zwischen Wagen |
| 10 | Generator mit Leistungsmessung und Netzeinspeisung (1,5kW, 400V, 4 Pol, 1500U/min (-> 2 Pol, 3000U/min)) | 22 | Schmutzfänger (für Wasserdichtung, 30bar, Maschenweite 0.18mmsch) |
| 11 | Turbinenkessel (Gegendruck 16bar) | 23 | Wasserdichtung (Eigenbau, einstellbar) |
| 12 | Druckmessung (Gegendruck, bis 16bar) | | |