

MACHBARKEITSSTUDIE

INSTALLATION EINER TURBINE IM QUELLGEBIET BLATTENHEID

MÄRZ 2005
VOLKER DÖLITZSCH
LEITER EL. ANLAGEN - WGB

INHALTSVERZEICHNIS

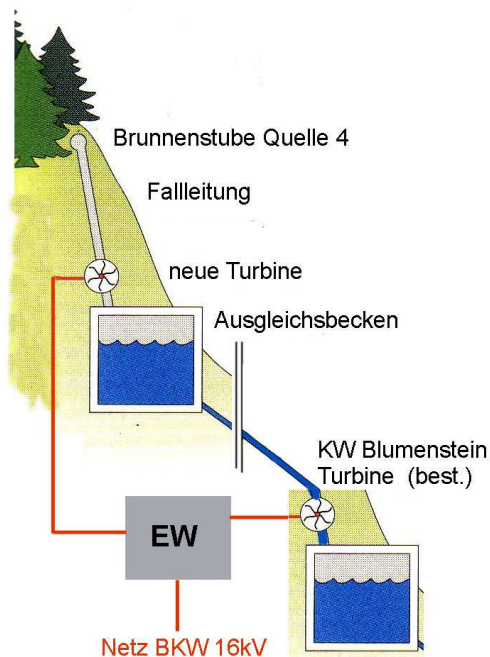
1 ZIELE UND VORGEHEN	3
2 KABEL UND TRAFOS.....	4
2.1 Bestehendes Kabel	4
2.2 Einspeisung bei der Alp Langenegg.....	4
2.3 Ausbau Kabelleitung	4
3 DRUCKLEITUNG / QUELLZUFLUSS	4
3.1 Berechnung Druckabfall.....	4
3.2 Quellzufluss	5
4 TURBINE / STEUERUNG	5
4.1 Peltonturbine VT 1000, 3 Strahl, 27 kW	5
4.2 Peltonturbine VT 1000, 3 Strahl, 40 kW	6
4.3 Weitere Möglichkeiten	7
4.4 Drehzahlvariable Turbine	7
4.4 Steuerung	7
5 WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG	8
6 ZUSAMMENFASSUNG	9

1 ZIELE UND VORGEHEN

Die Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid WGB betreibt bereits ein Trinkwasserkraftwerk und möchte prüfen, ob auch das Restgefälle von der Brunnstube zum Ausgleichsbecken zur Stromproduktion wirtschaftlich nutzbar ist.

Die Quelle 4 (Hauptquelle) wird in einem Stollen gefasst, welcher neu erstellt wurde (parallel zum bestehenden Stollen). Im Jahre 2005 wird dieser Stollen fertiggestellt. Die bestehende Brunnstube der Quelle 4 wird ebenfalls durch einen Neubau ersetzt.

Elektrizität: Die neue Brunnstube Quelle 4 (Steuerung und Entfeuchtung) und der Stollen (Beleuchtung) benötigen ca. 13 kVA Elektrische Leistung. Die vorhandene Installation (7kVA) ist ungenügend.



Um die notwendige Energie bereitzustellen, bietet sich die Turbinierung des Wassers vor dem Ausgleichsbecken an. Die Energie, welche nicht in der Brunnstube oder im Stollen gebraucht wird, kann über ein Hochspannungskabel in das bestehende Kraftwerk Blumenstein übertragen werden und von dort aus in das Netz der BKW eingespeisen werden.

(Hydraulische Situation: → siehe Anhang 1)

Ziel der Machbarkeitsstudie ist es, mögliche Realisierungsvarianten zu erarbeiten und diese einander gegenüberzustellen, wobei die Turbine, Trafo, die Druckleitung und das Strom - Kabel berücksichtigt werden müssen.

2 KABEL UND TRAFOS

Vom Kraftwerk in Blumenstein zum Ausgleichsbecken (Länge = 3000m) besteht ein Kabel (1000V, 3x25/25 Ceander XKT), welches bereits zur Stromversorgung des Druckstollens sowie des Ausgleichsbeckens dient.

Es muss nun geprüft werden, welche Leistung über das bestehende Kabel übertragen werden kann und welche Möglichkeiten zum Ausbau der Übertragungskapazität in Hinblick auf einen möglichen Bau einer Turbine bestehen.

2.1 Bestehendes Kabel

Das bestehende Kabel kann bei der Distanz von 3 km bei einem Spannungsabfall von 10% maximal 31.3 kVA übertragen (→ siehe Anhang 2A).

2.2 Einspeisung bei der Alp Langenegg

Würde die el. Energie bei der Alp Langenegg (Distanz 1 km) in das bestehende Netz der Gemeinde Blumenstein eingespiessen, könnten bei einem Spannungsabfall von 10% maximal 94.1 kVA übertragen (→ siehe Anhang 2B). Hierbei ist eine Vereinbarung mit dem EW Blumenstein über die Mitbenutzung des Kabels notwendig.

2.3 Ausbau Kabelleitung

Um die Übertragungskapazität zu erhöhen gibt es verschiedene Varianten, welche im Anhang 2 mit den Kosten dargestellt sind. Für die Signalübertragung würde bei einem Einzug eines neuen Kabels auch ein Glasfaserkabel zur Datenübertragung mit eingezogen. Die dazu passenden Trafos sind ebenfalls in der Aufstellung berücksichtigt (→ siehe Anhang 2C).

3 DRUCKLEITUNG / QUELLZUFLUSS

Die bestehende Druckleitung von der Brunnenstube Quelle 4 zum Ausgleichsbecken ist ein Kunststoffrohr PE300 und besteht seit 1990. Der Innendurchmesser beträgt 230mm auf einer Länge von 475m. Die letzten 20m sind einem Kunststoffrohr PE400.

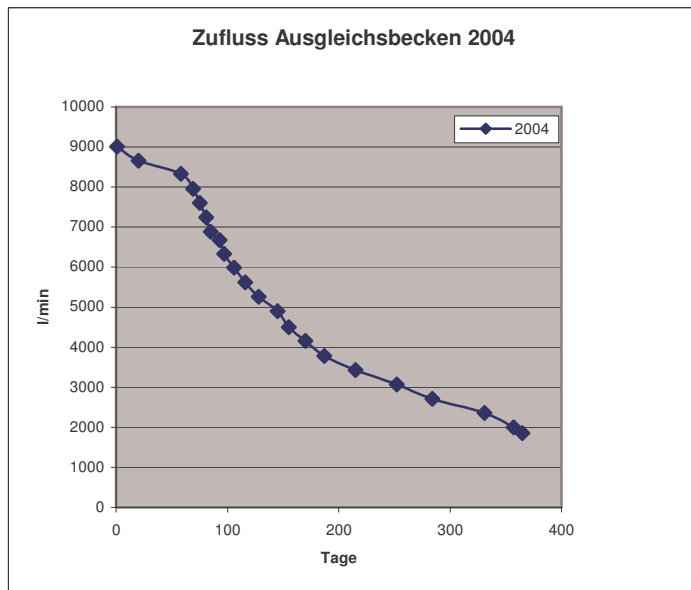
Der Neubau der gesamten Druckleitung mit Kunststoffrohr PE400 würde ca. Fr 290'000.- kosten (Offerte Frutiger AG, Thun im Jan. 2000; → siehe Anhang 3).

3.1 Berechnung Druckabfall

Der Durchmesser der bestehenden Druckleitung ist für eine Turbinen - Anwendung klein und erzeugt bei vollem Wasseranfall grosse Druckverluste. Bei Einem Quellzufluss von 9000 l/min beträgt der Druckverlust 2.26 bar!

3.2 Quellzufluss

Durch das neue Prozessleitsystem konnte der Quellzufluss für das Jahr 2004 genau erfasst werden. Die Werte enthalten jedoch auch Wasser, welches unterhalb der Brunnenstube Quelle 4 gefasst wird, dies muss zur Berechnung der effektiven Wassermenge die der Turbine zur Verfügung stehen würde, in Abzug gebracht werden. Die Ergiebigkeit dieser Quellen wurde auf 20% vom gesamten Quellzufluss geschätzt.



Dargestellt sind daher 80% der Totalen Quellschüttung vom 2004 (entspr. ca. Quelle 4).

Die mittlere Abflussmenge betrug ca. 4750 l/min.

Der minimale Zufluss betrug ca. 1800 l/min,

An ca. 85 Tagen war der Zufluss grösser als 7000 l/min.

Um eine Turbine optimal zu dimensionieren, sind Abflusskurven von mehreren Jahren erforderlich.

4 TURBINE / STEUERUNG

Grundsätzlich soll das Kraftwerk Blumenstein dauernd mit einer Zuflussmenge von max. ca. 9 500 l/min versorgt werden, damit dieses immer voll Ausgelastet werden kann.

Der Betrieb einer konventionellen Pelton oder Durchströmturbine ist wegen der bis fast zur Hälfte zusammenfallenden Nettonutzfallhöhe problematisch. Die Firma Rittmeyer untersuchte zusammen mit den Firmen VA Tech und Sigrist mögliche Varianten.

4.1 Pelton-turbine VT 1000, 3 Strahl, 27 kW

Hier basiert die Auslegung für die Turbinierung auf folgenden Daten:

- Höhe Netto: ca. 60 m
- Wassermenge 1800 - 4000 l/min
- Durchschnittliche Zuflussmenge: 58.3 l/s = 3500 l/min
- Klemmenleistung: 27 kW
- Drehzahl: 620 U/ min.

Pelton-Turbine bestehend aus :

- Laufrad aus Chromstahl,
- Gehäuse aus Alu gegossen
- 3 Einlaufkrümmer

- 3 Nadelantriebe
- Asychrongenerator 34 kVA

Sobald die Wassermenge 4000 l/min überschreitet wird die Turbine abgestellt und jede Wassermenge die zwischen 4000 bis 15 000 l/min liegt wird über den Bypass in die Sammelbrunnstube beim Ausgleichsbecken eingeleitet.

Vorteilhaft erweist sich bei dieser Lösung, dass die produzierte Energie über das bestehende Kabel zum KW Blumenstein übertragen werden kann. Nachteilig ist, dass nur an ca. 180 Tagen die Turbine betrieben werden kann.

4.2 Peltonturbine VT 1000, 3 Strahl, 40 kW

Die Auslegung für die Turbinierung basiert auf folgenden Eckdaten:

Wassermenge	1'800 – 7'000 l/min
Durchschnittliche Zuflussmenge:	4'750 l/min
Klemmenleistung:	40 kW
Nutzgefälle:	61 m, Länge ca. 500 m, Netto ca. 42m
Bestehende Druckleitung:	Kunststoffrohr PE 280, ND 16, Innendurchmesser beträgt ca. 230 mm

Pelton-Turbine bestehend aus :

- Laufrad aus Chromstahl,
- Gehäuse aus Alu gegossen
- 3 Einlaufkrümmer
- 3 Nadelantriebe
- Asychrongenerator 50 kVA

Es soll eine Wassermenge von max. 10 000 l/min turbinert werden. Beträgt die Schüttung mehr als 10 000 l/min, erfolgt der Überlauf in der Brunnstube Nr. 4 (Auslegung max. 15 000 l/min).

Die Überprüfung ergab, dass ab ca. 7'000 l/min Wasserzufluss der Druckverlust in der Leitung stärker zunimmt als die Wassermenge. Das heisst, dass über ca. 7'000 l/min. die Turbinenleistung bei steigendem Wasserfluss abnimmt.

Nach der Druckverlustrechnung ergibt sich bei einer Wassermenge von 6 900 l/min eine Nettofallhöhe von 42m und eine Turbinenleistung von 40 kW. Da für dieses Projekt der Druckverlust ein entscheidender Wert ist, müsste für die weitere Planung am besten eine Messung durchgeführt werden.

Möglich ist die Turbine im Bereich 1'800 – 7'200 l/min zu betreiben und bei grösseren Wassermengen die Maschine abzustellen. Jede Wassermenge, die zwischen ca. 7'200 bis 10'000 l/min liegt, wird über den Bypass in die Sammelbrunnstube beim Ausgleichs-Becken eingeleitet. Die Anlage könnte jedoch auch so ausgelegt werden, dass wenn zu einem späteren Zeitpunkt allenfalls die Leitung vergrössert wird, das Schluckvermögen der Turbine erhöht werden kann.

Nachteilig ist bei dieser Variante, dass die produzierte Leistung von 40 kW nicht über die bestehende Kabelleitung übertragen werden kann (max. 31 kVA). Die Turbine kann wegen des Druckverlustes in der Druckleitung an maximal 260 Tagen in Jahr betrieben werden.

4.3 Weitere Möglichkeiten

Bei einem Neubau der Druckleitung mit grösserem Durchmesser kann man eine Turbine installieren, die das ganze Jahr betrieben werden kann und somit optimal ausgelegt werden kann. Die Klemmenleistung würde ca. 60kW sein.

4.4 Drehzahlvariable Turbine

Im weiteren besteht die Möglichkeit eines Einsatzes einer drehzahlvariablen Turbine, wie sie in grossen Windkraftwerken zum Einsatz kommt.

Gemäss Recherche (*) gibt es erst eine Anlage, die diese Technik verwendet. Diese wird jedoch als Forschungsprojekt einer Fachhochschule im Wallis betrieben. Nachteilig ist bei dieser Variante, dass ein Frequenzumformer zum Einsatz kommt, welcher konstante Verluste im Bereich von 3 – 5 % erzeugt. Die Lebensdauer eines Frequenzumformers dürfte bei 10 bis max. 15 Jahren liegen. Fraglich ist, ob man in der Schweiz einen Hersteller für diese Art Turbine findet. Diese Variante ist zu komplex, um sie hier abschliessend beurteilen zu können und müsste in einer weitergehenden Studie genauer überprüft werden.

(*) B. Kobel (Ryser Ing.) und Hr. Leutwiler (Itenco AG).

4.4 Steuerung

Die Steuerung muss folgende Kenndaten aufweisen

- Drehstrom – Asynchrongenerator, 50 Hz, 400 Volt, Schutzart IP54
- Freier Unterwasserspiegel
- Turbinenabschlussorgan
- Blindstromkompensation
- Automatisches Anfahren
- Parallelschaltung mit dem Netz
- Automatische Lastanpassung entspr. Quellschüttung
- Möglichkeit zur Manuellen Laststeuerung
- Automatisches zurückfahren und Trennen vom Netz
- Möglichkeit zum Manuellen Anfahren, parallelschalten und Be-/Entlasten, vom Netz trennen und Abstellen
- Fernbedienung (Ein/Ausschaltung, Störquittierung)
- Stromzähler
- Sämtliche Rohre und Armaturen aus rostfreiem Stahl

5 WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse werden nachstehende Varianten auf Ihre Wirtschaftlichkeit hin überprüft. Weitere Varianten sind aber durchaus möglich.

Variante 1 → siehe Anhang 4A

Um genug Energie für die neue Brunnenstube bereitzustellen, muss einzig der Transformator im Kraftwerk ersetzt werden. Das bestehende 1000-V Kabel kann bis zu 31kVA übertragen. Bei dieser Variante fallen die kleinsten Investitionen an.

Variante 2 → siehe Anhang 4B

Bei installation einer 30kW Turbine muss an ca. 160 Tagen die Turbine abgeschaltet werden, da die anfallende Wassermenge zu gross ist. Das bestehende 1000V-Kabel kann weiterhin genutzt werden.

Variante 3 → siehe Anhang 4C

Bei Installation einer 40kW Turbine muss an ca. 85 Tagen die Turbine abgeschaltet werden, da die anfallende Wassermenge zu gross ist. Das bestehende 1000V-Kabel muss durch ein 2. Kabel ergänzt werden.

Variante 4 → siehe Anhang 4D

Diese Variante entspricht der Variante 3, mit dem Unterschied dass man bei der Alp Langenegg in das Netz der Netzulg einspeist. Dadurch muss kein zusätzliches Kabel installiert werden.

Variante 5 → siehe Anhang 4E

Hier wird die Druckleitung durch eine Neue ersetzt. Dadurch kann eine 60kW Turbine das ganze Jahr laufen und am meisten Energie produzieren. Bei der Alp Langenegg wird hier auch in das Netz der Netzulg einspeist.

Variante	1	2	3	4	5
	KEINE TURBINE	Turbine 30kW	Turbine 40kW 2. Kabel	Turbine 40kW Kabel Langenegg	Turbine 60kW Druckleitung Kabel Langenegg
Invenstitionen Fr.	25'400	315'000	514'000	450'000	769'000
Max. Turbinen Leistung kW	0	27	40	40	60
Prod. Energie kWh	-8'760	120'684	197'316	197'316	291'617
Betriebskosten Fr.	2'597	20'305	29'770	27'530	39'195
Gestehungskosten Rp/kWh	n.a.	16.83	15.09	13.95	13.44
Gewinn/Kosten p.a. Fr.	-3'911	-3'702	-2'183	57	3'234

6 ZUSAMMENFASSUNG

Die Machbarkeitsstudie hat gezeigt, dass ein Einsatz einer Pelton - Turbine beim Ausgleichsbecken prinzipiell möglich und sinnvoll ist. Durch die vorgegebenen Installationen gestaltet sich die Umsetzung jedoch als kostenintensiv.

Das Hauptproblem bildet die Druckleitung, welche einen zu grossen Druckabfall bei der geforderten Durchflussmenge aufweist. Ein Neubau derselben ist kostspielig und müsste nahezu ganz auf das Projekt belastet werden, da die bestehende Druckleitung erst 15 Jahre alt ist. Wird die Druckleitung nicht ersetzt, kann eine Turbine nicht das ganze Jahr über betrieben werden.

Das zweite Problem ist das 1000V-Kabel. Möchte man das ganze Potenzial der Wasserkraft nutzen, muss das Kabel verstärkt werden. Eine Alternative bildet die Einspeisung bei der Alp Langenegg. Dies setzt die Bereitschaft des EW Blumensteins voraus. Bei dieser Lösung verliert man aber die Kontrolle über das Kabel und muss eventuell mit mehr Unterbrüchen oder Störungen rechnen. Im weiteren muss auch die Vergütung mit dem EW Blumenstein geregelt werden.

Wirtschaftlich sinnvoll erscheint nur die Variante 5, bei der die Druckleitung ersetzt wird. Allerdings sind hier Investitionen hoch und die Gestehungskosten mit 13.44 Rp / kWh nur knapp unter der Rentabilitätsgrenze, wodurch der jährliche Gewinn klein ausfällt. Zu prüfen ist, ob der Kanton Bern (WEA) dieses Projekt subventioniert, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Anlage gesteigert werden kann.

Die unter Punkt 4.4 beschriebene Variante einer drehzahlvariablen Turbine könnte auch weiterverfolgt werden. Dafür sind aber umfangreichere Abklärungen notwendig.

Um für den Neubau der Brunnenstube Quelle 4 sofort genügend Energie bereitzustellen, muss schon aus zeitlichen Gründen die Variante 1 (Neuer Trafo im KW Blumenstein) berücksichtigt werden.

Abschliessend möchte ich mich bei allen beteiligten Personen für die gute Unterstützung und Zusammenarbeit bedanken.