

# **Turbinieren der Gemeindewasser ( durch die Gemeinde oder eine Gruppe von Gemeinden )**

**Standardpflichtenheft -- Allgemeines Bauprojekt**

**TECHNISCHE  
BESCHREIBUNG**

---

## ***Inhalt***

- 1** EINLEITUNG
- 2** SITUATION
- 3** HYDRAULISCHE DATEN
- 4** DATEN ZU TURBINE & GENERATOR
- 5** FUNKTIONSPRINZIP
- 6** WASSERKRAFT
- 7** ROHRLEITUNGEN
- 8** BETRIEBSGEBÄUDE
- 9** BAUARBEITEN
- 10** KOSTENBERECHNUNG
- 11** KONDITIONEN ENERGIE-ABNAHME UND -VERKAUF
- 12** ANHANG ERGÄNZENDE DOKUMENTATION

## 1 EINLEITUNG

Das vorliegende *Standardpflichtenheft* ist eine Ergänzung zum Dokument: *Studie über das Nutzungspotenzial der Gemeindewasser zur Energiegewinnung*, Dokument [1].

Das Standardpflichtenheft zu einem Allgemeinen Kleinwasserkraftwerk – Projekt (KWKW) soll die interessierten Gemeinden unterstützen in den Bemühungen, den einschlägigen Ingenieurbureaux ein Pflichtenheft zu unterbreiten, welches wiederum klar die zu untersuchenden Kriterien definiert. Zu guter Letzt soll ein baureifes Projekt entstehen, ausgestattet mit allen notwendigen Kantonalen und Kommunalen Bewilligungen zum Turbinieren der Gemeindewasser. Das kantonale Departement für Gesundheit, Sozialwesen und Energie – DSSE mit seiner Dienststelle für Wasserkraft ist federführend im Bewilligungs-Prozedere.

Es wird wiederholt darauf hingewiesen, dass vor allem ermuntert werden soll, die Gemeindewassernetze zur elektrischen Energiegewinnung zu nutzen. Es sind dies im speziellen

- ? das Turbinieren der Trinkwasser
- ? das Turbinieren der Abwasser
- ? das Turbinieren der Klarwasser (Wässerwasser)

## 2 SITUATION

Aus der *Studie [1]* geht hervor, dass einzelne Turbinen-Standorte sehr rentabel sein können und andere wiederum weniger. Die ausgewählten Standorte sind im entsprechenden Kartenblatt 1:25'000 einzutragen, mit ihren Koordinaten, zum Beispiel 559 180 / 119 980 sowie der Höhe ü.M.

Die Auswahlkriterien für interessante Turbinen-Standorte können sein - ausser dem Selbstkosten kWh-Preis - die Anzahl Stromverbraucher, die Anzahl Wasserreservoirs in Nähe der Wohnzonen und natürlich die Wasserfallhöhen zwischen den Wasserfassungen, den Reservoirs, der ARA sowie den Verbrauchern.

## 3 HYDRAULISCHE DATEN

- ? Max Durchflussmenge l/sec
- ? Verfügbare mittlere Durchflussmenge l/sec permanent
- ? Nettogefälle m Höhendifferenz zwischen Wasserpegel Oberlauf und Unterlauf
- ? Montagehöhe der Turbine m.ü.M.

Die Durchflussdaten sind äusserst wichtig für die Festlegung des weiteren Projektes; sie sind allerdings in der Regel schwierig zu erfassen. Behilflich könnte dabei das nachfolgend skizzierte Vorgehen sein :

es wird eine maximale Durchflussmenge  $Q_{\max}$  in Liter / Sekunde während der Sommermonate und eine minimale Durchflussmenge  $Q_{\min}$  während der Winterzeit ermittelt.

Eine mittlere Durchflussmenge  $Q_m$  resultiert aus der Beziehung 
$$Q_m = \frac{4 * Q_{\max} + 8 * Q_{\min}}{12}$$

Exakte Messwerte erhält man mit Hilfe einer sogenannten *Wasserabflussrinne*, wie im Sonderdruck *INFOENERGIE – PCH Suisse romande [2]* beschrieben.

Die maximale Durchflussmenge  $Q_{\max}$  in l/sec bestimmt die maximale Turbinierleistung in Kilowatt (kW).

In spezifischen Touristenregionen, in welchen die Bewohnerzahl erfahrungsgemäss je nach Saison starken Schwankungen unterworfen ist, sollte man zusätzliche Durchfluss-Messungen vornehmen und zwar in den Monaten Dezember, Januar, Februar, Juli und August. Die Rest-Durchfluss - oder Abflussmenge, unmittelbar im Anschluss an einen konzentrierten Wasserverbraucher-Perimeter muss ebenfalls gesondert ermittelt werden.

#### 4 DATEN ZU TURBINE & GENERATOR

- ? Hersteller
- ? Turbine Konstruktions-Typ und Durchmesser
- ? Anordnung vertikal oder horizontal
- ? Nenndrehzahl t/min
- ? Wirkungsgrad der Turbine %
- ? Generator asynchron ...Volt ...kW
- ? Max. Leistung an den Klemmen ...kW bei Q = ... l/sec
- ? Wirkungsgrad des Generators %
- ? Cos f an den Ausgangsklemmen des el. Verteilschranks ...
- ? Parallel-Anschluss an das bestehende Elektro-Verteilnetz
- ? Energie-Faktor ...kWh / m<sup>3</sup>
- ? Ein einwandfreies Auswuchten der umdrehenden Massen soll einen geräuschlosen Betrieb gewährleisten

Die **Turbine** ist in der Regel vom Typ PELTON , zweistrahlig, mit einem fixen Strahl-Injektor sowie einem beweglichen.

Turbinen vom Typ FRANCIS kommen ebenfalls in Betracht, wie auch die montagefreundliche Durchströmturbine von OSSBERGER DE mit sehr gutem Wirkungsgrad.

Zum bauseitigen Aufwand gehört ebenfalls ein **By-pass** mit "Energie-Vernichtungselementen".

**Elektrische Schalt- und Steuerschränke** enthalten sämtliche erforderlichen Sekundär-Ausrüstungen wie Steuerung, Regelung, Schutz und Überwachung der Anlage und werden im Werk verkabelt, getestet auf Spannungsfestigkeit und auf Funktionen geprüft, wie vorgeschrieben in den einschlägigen Normen sowie den Vorschriften des Eidg. Starkstrominspektorates.

Elektrische Schalt- und Steuerschränke sind vorgesehen für

- ? die Steuerung und Regelung der Anlage
- ? die Messung und Anzeige der elektromechanischen und hydraulischen Werte
- ? den elektrischen NS-Hauptschalter mit Stromwandler
- ? das Alarm-Dispositif
- ? die Befehls- und Analoganzeige der
  - automatischen oder manuellen Parallel-Inbetriebsetzung der Anlage
  - cosf - Werte
  - automatischen Wiedereinschaltung
  - Einstellung der Strahl-Injektoren

- Bypass-Öffnung im Fall der Abschaltung der Maschine
- Messapparate wie Voltmeter, Wattmeter, Frequenzmesser, Cos φ - Meter, Synchronoskop, Drehzahlmesser etc.
- Not-Ausschaltung
- Batterie mit Ladegerät zur Notversorgung aller wichtigen Befehls- und Messdaten bei Netzausfall.

Diese Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit...

## 5 FUNKTIONSPRINZIP

Regulierung der Durchflussmenge aufgrund von Soll-Daten aus dem Druck- und Quellenreservoir.

Die gesamte elektro-hydraulische Anlage ist konzipiert für einen vollständig automatischen Betrieb, ohne permanente Aufsicht.

Bei Auftreten von Störungen jeglicher Art soll die Anlage automatisch ausser Betrieb gehen und der Durchfluss-Wasserstrom um- oder abgeleitet werden.

Sollten Störungsmelder jedoch auf Seite des Verbrauchernetzes ansprechen - oder bei Wassermangel - wird die Turbo-Generatoranlage nach der Netztrennung automatisch wieder hochgefahren, sobald die "ausser" aufgetretene Störung behoben ist.

Bei allen anderen Betriebsstörungen bedarf es einer Intervention des Betriebspersonnals um die Generatorenanlage nach Ausserbetriebsetzung wieder hochzufahren und ans Netz zu schalten.

Störungsmeldungen, auch etwelche die lediglich Anzeigen aber nicht Abschalten der Anlage befehlen, bleiben erhalten bis sie vom Betriebspersonal quittiert werden.

## 6 WASSERKRAFT

In der Evaluationsphase sind interessante Turbinenstandorte ausgewählt worden, vgl.

*Dokument [1]*, mit den Varianten

Turbinieren der Trinkwasser und/oder

Turbinieren der Abwasser vor oder nach einer ARA und/oder

Turbinieren der Klarwasser (Wässerwasser)

In den Kap. 2.2 ... 2.4 der erwähnten *Studie [1]* sind die Turbinenstandorte klassiert nach dem Gesteinpreis der produzierten Kilowattstunde kWh.

Für die Weiterentwicklung des Projektes ist es wichtig zu wissen, ob diese Wasser bereits gefasst sind oder nicht. Eventuell ist nämlich ein zusätzliches Sammel-Reservoir oder Kammer von Nutzen.

Sollte das Trinkwassernetz als Turbinier-Wasser eingesetzt werden, muss zwingend vor= gegeben sein, dass die Turbine auf keinen Fall die Trinkwasserqualitäten beeinträchtigen darf. Das Rad, Turbinengehäuse sowie alle anderen Elemente, welche mit dem Trinkwasser in Kontakt stehen, müssen zwingend die einschlägigen Vorschriften über die Materialzusammensetzung für Behälter für Lebensmittel einhalten. Vorgegeben sind unter anderem, dass dem verwendeten INOX-Stahl 2% Molybdän zugemischt werden. Dies um allfällige Korrosionserscheinungen zu verhindern. Die Trinkwasserqualität muss dauernd die chemischen und mikrobiologischen Werte der Eidg. Lebensmittelverordnung einhalten.

Die Achsenlager sind im Werk auf Generatorlebensdauer geschmiert, und es sind Labyrinth-Doppeldichtungen vorzusehen zwischen Turbinengehäuse und Generator.

## 7 ROHRLEITUNGEN

Die Druckleitung zwischen Reservoir und Turbinenstandort muss in Durchmesser und Wanddicke für Wasserdurchflussmenge und statischen Druck dimensioniert sein. Mit Normdurchmesser von etwa 200 mm ist sie in der Regel aus Hart-Polyäthylen oder Duktiguss gefertigt.

Adäquate Messgeräte und Instrumente sind in den netzweit gelegenen Reservoirs und Kammern zusätzlich vorzusehen.

Um Druckverluste der Leitung abzuschätzen, kann mit einer Rauheit der Oberfläche von 0,05 mm gerechnet werden. Sie entspricht in etwa einer Guss-Leitung nach mehreren Jahren Betrieb.

Bei Neubau einer Druckleitung kann mit der Druckverminderung von 10% des Druckgefälles als grosszügiger Maxiwert gerechnet werden.

## 8 BETRIEBSGEBÄUDE

Die Turbinengruppe wird installiert in einem bestehenden Lokal oder kleinen Betriebsgebäude, aus Mauerwerk oder vorgefertigten Betonelementen im Style einer Transformatorstation. Es soll einen Maschinenraum mit Wassereinlauf und Ablaufkanal, einen Raum für die Schalt- und Messschränke, WC und Garderobe sowie ein Lokal für Werkzeug und Geräte aufweisen.

Obwohl die Generator-Turbinenanlage möglichst geräuschlos arbeiten soll und auch entsprechend spezifiziert wird, ist es von Vorteil, das Betriebslokal oder -Gebäude mit schallisolierten (Steinwolle) Mauern zu erstellen oder umzubauen. Eine Steinwollenisolation kann bei Umbauten auch nachträglich unter Verputz eingebracht werden. Ebenfalls auf die Notwendigkeit von schallisolierter Eingangstüre und Fenster sei hingewiesen.

## 9 BAUARBEITEN

Es sind dies zur Hauptsache die Verlegung von Rohrleitungen, der Bau von Druckreservoirs, Sammel- und Druckkammern.

Bezüglich der Kosten zur Verlegung von Rohrleitungen, variieren diese sehr beträchtlich je nach örtlichen Gegebenheiten. In sogenannt leichtem Terrain mit wenig Gefälle und mühelosem Zugang kann summarisch mit Kosten für Beschaffung und Verlegung von ungefähr dem zweifachen des Rohr-Kaufpreises gerechnet werden. Bei schwierigem Gelände, mit ausgeprägter Neigung, steinig oder felsig und schwer zugänglich, können diese Kosten mit ungefähr dem dreifachen des Ankaufpreises für die Rohre budgetiert werden.

## 10 KOSTENBERECHNUNG

### 10.1 Baukosten

In der *Studie [1]* sind wirtschaftlich interessante Turbinenstandorte vor-selektioniert worden. In einer zweiten Phase sollen nun die tatsächlichen Kosten des KWKW-Projektes veranschlagt werden. Es sind dies

? Bau eines Betriebslokals / -Gebäude	Lieferung & Bauarbeiten
? Rohrleitungen, Reservoirs, Kammern	Lieferung & Bauarbeiten
? Maschinengruppe Turbo-Generator	Lieferung, Montage, Inbetriebsetzung
? Elektrische Steuer- und Überwachungsschränke	Lieferung, Montage, Inbetriebsetzung
? Fernwirksteuerung	Lieferung, Montage, Inbetriebsetzung
? Anschlussarbeiten an das örtliche Verteilnetz	Lieferung & Montage
? Kosten für Administration und Technik	
? Unvorhergesehenes	

## 10.2 Betrieb & Unterhalt

Dieser Aufwand beziffert die *Jahreskosten* der Versicherungsprämien und Unterhaltskosten der Turbinenanlage. Als Unterhaltsaufwand werden vor allem die Arbeitsstunden des zuständigen Betriebspersonals sowie Reinigungsmaterial und Reserveteile aller Art zu Buche schlagen.

## 10.3 Jahreskosten

- A Investition und Finanzierungskosten  
Amortisationsdauer      Baustrukturen                      25 Jahre  
   Elektromechanik                      15 Jahre  
Zinssatz 4%
- B Betrieb und Unterhalt
- C Gebühren, Steuern, Administration
- D Der Gestehungs-Selbstkostenpreis der produzierten elektrischen Energie ermittelt sich aus der Addition der einzelnen Jahreskosten  $A+B+C$  dividiert durch die voraussichtlich produzierte Anzahl Kilowattstunden pro Jahr, d.h. kWh / a .

## 11 KUNDEN ENERGIE-ABNAHME UND -VERKAUF

Die erzeugte Elektroenergie soll vollumfänglich von der regionalen Elektrizitäts-Versorgungsgesellschaft übernommen werden.

Ein einschlägiger Vertrag regelt die Lieferbedingungen wie die geforderten Eigenschaften und technischen Werte des Produktes, die Verkaufsbedingungen, die Liefer-, Mess- und Übernahmestelle, die Benennung der Eigentümer, die Verantwortung über Betrieb und Unterhalt der Anlage, und weitere Konventionen. Das Vertragswerk ist zwischen Gemeinde und Regionaler Elektrizitätsgesellschaft in gegenseitiger Vereinbarung sowie auch Interesse zu erstellen.

Ein Verkaufspreis von 15 Rp. / kWh wird empfohlen.

---

## 12 ANHANG ERGÄNZENDE DOKUMENTATION

**[1] Studie über das Nutzungspotenzial der Gemeindewasser zur Energiegewinnung**

(pro Gemeinde oder Gemeindengruppe)  
Standardpflichtenheft

dat. 2.11. 2004

**[2] Sonderdruck l'INFOÉNERGIE --- PCH suisse romande mit dem Titel**

***Comment évaluer la faisabilité financière d'une petite centrale hydraulique ?***