

Schlussbericht vom November 2005

Trinkwasserkraftwerk Deisch Grengiols VS

Konzessionsprojekt



Projekt Nr. 101'333, Verfügung Nr. 151'588
Ausgearbeitet durch: Ryser Ingenieure AG, Engestrasse 9, 3000 Bern 9

Verfasser: Bernhard Hiller

Im Auftrag des
Bundesamtes für Energie



Programm Kleinwasserkraftwerke



Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

Ryser Ingenieure AG, Engestrasse 9, 3000 Bern 9

Autor:

Bernhard Hiller, dipl. Kulturingenieur ETHZ

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Energie und Umwelt“ des Bundesamts für Energie BFE erstellt.
Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	5
Abstract.....	5
1 EINLEITUNG	6
2 Grundlagen und Randbedingungen.....	7
2.1 Dokumente.....	7
2.2 Martisbergquellen.....	7
2.3 Verteilschacht Martisberg (1340 m ü.M.).....	7
2.4 Ableitung Verteilschacht – Deisch – Grengiols.....	8
2.5 Reservoir Grengiols	8
2.6 Eigentumsverhältnisse.....	8
3 Projekt	9
3.1 Konzept.....	9
3.2 Anlagen Martisbergquellen	10
3.3 Verteilschacht Martisberg.....	10
3.4 Turbinenhaus	10
3.4.1 Baumeisterarbeiten.....	10
3.4.2 Turbinen inkl. Verrohrung und Armaturen.....	11
3.4.3 Elektrische Installationen	11
3.4.4 Sanitärleitung Lüftung Entfeuchter.....	12
3.4.5 Metallbau, Geländer, Mobiliar	12
3.5 Leitungsbau.....	12
3.5.1 Generell.....	12
3.5.2 Grab- und Rohrlegearbeiten Anschluss Turbinenhaus.....	12
3.5.3 Grab- und Rohrlegearbeiten vom Turbinenhaus bis zum Verteilnetz Deisch.....	13
3.5.4 Elektroanschluss	13
3.5.5 Entleerungsleitung Turbinenhaus	13
3.5.6 Kulturausfall Leitungsbau.....	13
3.6 Steuerung.....	13
4 Kostenvoranschlag.....	14
5 Projektablauf	14
6 Submission.....	14
7 Quellschüttungen, Einlage in Spezialfinanzierung, Stromproduktion und Gestehungskosten.....	15
7.1 Quellschüttungen	15
7.2 Berechnung Einlage in Spezialfinanzierung	15
7.3 Betriebskosten	16
7.4 Stromproduktion.....	16
7.5 Gestehungskosten	16
8 Vorteile eines Trinkwasserkraftwerkes.....	17
9 Schlussbemerkungen.....	17

ANHANG

- Anhang 1: Berechnung Stromproduktion Gegendruckturbine
- Anhang 2: Berechnung Stromproduktion Turbine 2
- Anhang 3: Kostenvoranschlag

BEILAGEN

- Plan 5068/01.01 Situation 1 : 3'000
- Plan 5068/01.02 Turbinenhaus, Grundriss und Schnitte 1 : 20

Zusammenfassung

Das Trinkwasserkraftwerk Deisch, Grenchiols nutzt das Höhenpotential der Martisbergquellen. In einem Turbinenhaus in Deisch soll mit einer Peltonturbine mit Gegendruck das Höhenpotential ($\Delta H = 115 \text{ m}$) zwischen dem Verteilschacht Martisberg und dem Reservoir Grenchiols genutzt werden. Der Standort des Turbinenhauses liegt 220 m tiefer als das Reservoir Grenchiols. Somit funktioniert eine normale Peltonturbine nicht mehr. Mit einer speziellen Peltonturbine mit Gegendruck mit einer elektrischen Nennleistung von 20 kW soll aber dieses Potential trotzdem genutzt werden. Die Entwicklung dieser Turbine wird durch den Swiss Mountain Water Award 2005 unterstützt.

Wenn beim Reservoir Grenchiols kein Wasser benötigt wird, wird das Wasser nach der Gegendruckturbine mit einer zweiten Turbine abturbiniert. Steht dort noch zusätzliches Wasser zur Verfügung (von der Milibachquelle) kann auch dieses genutzt werden.

Leistungen der Turbinen:

- | | | |
|---------------------|-------|-----------------|
| • Gegendruckturbine | 20 kW | 50'000 kWh / a |
| • Turbine 2 | 40 kW | 190'000 kWh / a |

Die Investitionen betragen Fr 750'000.-, der Gestehungspreis Rp. 15.3 / kWh.

Das vorliegende Konzessionsprojekt beschreibt die heutige Wasserversorgung, die notwendigen Ausbauten, die daraus entstehenden Kosten und die zu erwartende Stromproduktion.

Mit diesem Trinkwasserkraftwerk kann Energie sinnvoll und umweltschonend aber auch wirtschaftlich interessant produziert werden und so einen ökologischen Beitrag zur heutigen Energieproduktion geleistet werden.

Abstract

The drinking water power station Deisch of the village of Grenchiols uses the potential of the springs of Martisberg: In the turbine house in Deisch the potential ($\Delta H = 115 \text{ m}$) between the distribution chamber Martisberg and the reservoir Grenchiols can be used with a pelton turbine with a back-pressure-system. The location of the turbine house is appropriate 220 m below the reservoir Grenchiols. In such circumstances a pelton turbine does not function any longer. With a special pelton turbine with a back-pressure-system however this potential can be taken advantage nevertheless. The development of this turbine is supported by the Swiss Mountain Water Award 2005.

If no water in the reservoir Grenchiols is needed, the all water from Martisberg is turbined after the back-pressure turbine with a second turbine. If there is additional water available (springs of Milibach), also this water can be used.

Output of the turbines:

- | | | |
|-------------------------|-------|-----------------|
| • back-pressure turbine | 20 kW | 50'000 kWh / y |
| • turbine 2 | 40 kW | 190'000 kWh / y |

The investments amounts Fr 750'000. The production cost is Rp. 15.3 / kWh.

The present concession project describes the existing water supply, the project elements, the costs and the current production which can be expected.

With this drinking water power station energy can be produced useful, environmental-safe, economically interesting and can contribut an ecological involvement for the today's power production.

1 EINLEITUNG

Die Wasserversorgung Grenchiols, der gleichnamigen Gemeinde besitzt mit den Martisbergquellen ein Potential zur Stromerzeugung, das bei Deisch mit einer Peltonturbine genutzt werden kann.

Die Martisbergquellen liegen auf der Nordseite der Rhone. Die Ableitung quert die Rhone mit einem Düker und speist das Reservoir sowie das Versorgungsnetz Grenchiols auf der Südseite der Rhone. Die Energieproduktion ist an einem optimalen Standort (Zufahrt und Stromanschluss) auf der Nordseite der Rhone vorgesehen. Das Wasser quert anschliessend die Rhone und steigt noch 220 m (vom Turbinenhaus) bis zum Reservoir.

Gegeben durch die Disposition der Anlage ist eine Peltonturbine mit Gegendruck für die Ausnutzung des Wassers, das nach Grenchiols fliesst, sowie eine normale Peltonturbine für die Abturbiniierung, vorgesehen.

Um diese innovative Idee der Gegendruckturbine auszutesten und zur Marktreife zu bringen, gewann die Stiftung Revita den Swiss Mountain Water Award 2005 vom Kompetenznetzwerk Wasser im Berggebiet. Die Stiftung Revita entwickelt zusammen mit der Firma Blue-Water-Power GmbH, Bern diese Gegendruckturbine für den Einsatz in Deisch.

Auftraggeber für dieses Bauprojekt ist die Gemeinde Grenchiols.

2 Grundlagen und Randbedingungen

2.1 Dokumente

- Bericht 10. Juni 2005
Grobanalyse, Trinkwasserkraftwerk Deisch, Grenchiols
erarbeitet durch Ryser Ingenieure AG, Bern
unterstützt von Energie in Infrastrukturanlagen und dem Programm Kleinwasserkraftwerke
(die Koordination liegt bei Energie in Infrastrukturanlagen mit Finanzierung durch das
Programm Kleinwasserkraftwerke).
- diverse Planunterlagen der Wasserversorgung Grenchiols

2.2 Martisbergquellen

Die gesamte Anlage wurde 1968 erstellt.

Die Martisbergquellen (auch Baderquellen genannt) befinden sich zirka 2 km nördlich von Grenchiols, auf der nördlichen Rhoneseite. Sie bestehen aus drei Fassungen und zwei Brunnstuben.

Die Brunnstube 1 mit den Fassungen 1 und 2 liegt auf einer Höhe von 1570 m ü.M.. Das Wasser wird mit einem Plastikrohr in die Brunnstube 2 mit der Fassung 3 (1360 m ü.M.) eingeleitet. Die Fassung 1 ist zurzeit überschüttet und das Wasser wird aus diesem Grund verworfen. Zurzeit wird somit nur das Wasser der Fassung 3 genutzt. Das Einzugsgebiet besteht aus Wald.

Die gesamte Quellschüttung schwankt gemäss Aussagen des Brunnenmeisters zwischen 3.5 und 22 l/s, das Mittel wird mit 13.5 l/s angenommen.

Die Ableitung der Brunnstube 2 ist ein PVC-Rohr DN 150 mm, das über einen Düker (längs der Forststrasse) den Verteilschacht (1340 m ü.M.) speist.

2.3 Verteilschacht Martisberg (1340 m ü.M.)

Das Wasser der Martisbergquellen fliesst über ein Schwimmerventil in das Becken mit einem Inhalt von 3 m³. Vom Becken wird die Gussleitung (Wasserversorgung und Wässerwasser für Deisch) direkt versorgt. Die Stahlleitung (nach Reservoir Grenchiols) nimmt das Überlaufwasser.

Der Schacht verfügt über einen Zugang seitwärts mit einer Türe.

2.4 Ableitung Verteilschacht – Deisch – Grengiols

Vom Verteilschacht führen 2 Rohre:

Eine Gussleitung DN 100 mm speist über 2 Druckbrecherschächte mit Schwimmerventilen die Liegenschaften mit Trinkwasser und die Felder von Deisch mit Wässerwasser. Mit den Ventilen wird nur das benötigte Wasser bezogen. Für die Verteilung dienen diverse Stichleitungen.

Eine Stahlleitung DN 100 mm liegt parallel zur Gussleitung und quert in Unter Deisch die Staatsstrasse und die Bahn, geht hinunter zur Rhone, quert diese und steigt nach Bächerhäus und von dort mit einer PVC-Leitung DN 100 mm zum Reservoir Grengiols (1180 m ü.M.). Die Stahlleitung ist geschweisst.

In Unter Deisch besteht ein Schacht mit einem Druckreduzierventil, wo Wasser von der Stahlleitung in das Versorgungsnetz von Deisch (Gussleitung) eingespiesen werden kann.

Die bestehende Leitung wird schon heute als Druckleitung genutzt. Die Teilstrecken mit DN 100 mm sind knapp. Eine Erweiterung der Leitung auf DN 150 mm wäre wünschenswert, ist aber in diesem Bauprojekt nicht vorgesehen. Mit einer gröberen Leitung würde der Leitungswiderstand kleiner und es könnte mehr Wasser abgeleitet werden. Somit könnte mehr Elektrizität produziert werden.

2.5 Reservoir Grengiols

Das Reservoir mit einem runden Becken mit 500 m³ Inhalt und vorgelagertem Schieberhaus wird durch die Martisberg- und die Milibachquellen gespiesen. Erstere fliessen in den Einlaufbehälter im Schieberhaus, letztere fliessen mit einem Schwimmerventil gesteuert direkt in das Wasserbecken.

Das Reservoir versorgt das Dorf Grengiols über eine Stahlleitung DN 150 mm. Eine Löschreserve ist mit einem Handschieber ausgeschieden.

Das Reservoir verfügt über keine Stromversorgung und hat keine Steuerverbindung.

2.6 Eigentumsverhältnisse

Die Wasserrechte gehören der Gemeinde, ebenso die Parzellen der benutzten Bauten. Für das Turbinenhaus muss das Grundstück noch erworben werden.

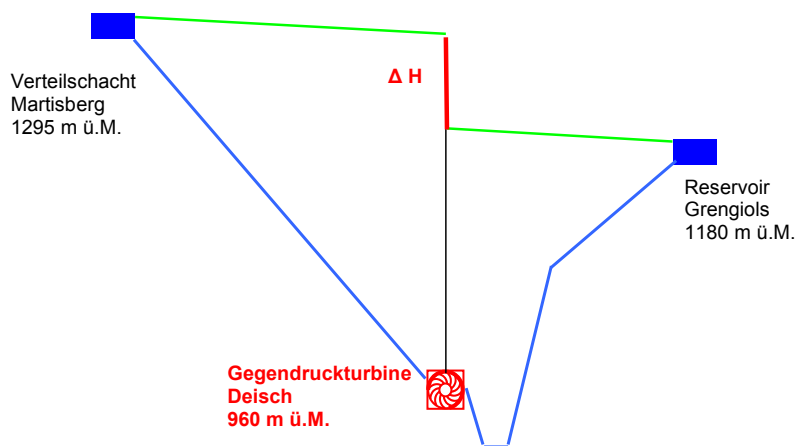
Es ist noch nicht bestimmt, ob die Gemeinde als Trägerschaft für das Trinkwasserkraftwerk auftritt, oder das Elektrizitätswerk Brig-Naters, oder beide zusammen.

3 Projekt

3.1 Konzept

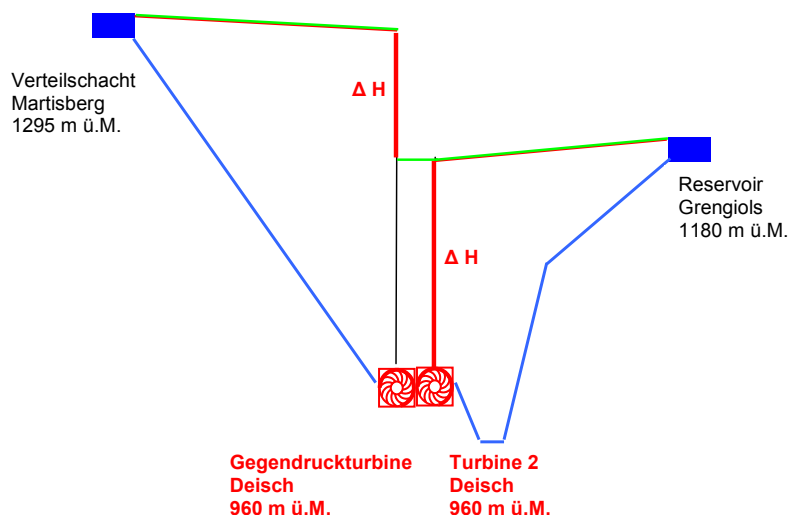
Das Wasser der Martisbergquellen wird unterhalb von Unter Deisch turbiniert. Das Wasser treibt eine Gegendruckturbine in einem Druckbehälter an. Anschliessend hat das Wasser weiterhin einen Druck, sodass es noch ins Reservoir Grenchiols gelangen kann. Über ein Druckreduzierventil wird der Weiler Deisch mit Trinkwasser und das Gebiet von Deisch mit Wässerwasser versorgt. Somit wird die Gussableitung nur noch für Notfälle genutzt:

Energienutzung Gegendruckturbine:



Wird in Grenchiols kein Wasser benötigt (genügend Einlauf von der Milibachquelle), so wird mit einer zweiten Turbine das nach der Gegendruckturbine zur Verfügung stehende Wasser abturbiniert. Es fliesst anschliessend über eine Entleerungsleitung zum Rotteschlag bei der Staatsstrasse. Wenn in Grenchiols Überschusswasser zur Verfügung steht, wird auch dieses mit der zweiten Turbine genutzt:

Energienutzung Gegendruckturbine und Turbine 2:



3.2 Anlagen Martisbergquellen

An diesen Anlagen sind keine Änderungen für die Energienutzung notwendig. Es wäre aber sinnvoll, die verschüttete Quellefassung 1 und 2 freizulegen, so dass auch diese Wassermenge energetisch genutzt werden kann.

3.3 Verteilschacht Martisberg

Die bestehende Sammelbrunnstube wird weiter genutzt. Für den Turbinenbetrieb ist eine Wasserstandsmessung einzubauen. Für die Verbindung ist eine Funkverbindung und eine Stromversorgung mit einer 24 V Batterie, gespeisen mit einer Mikroturbine, vorgesehen.

Der Abgang für die Stahlleitung ist tiefer zu legen, sodass das operative Volumen des Schachtes vergrößert werden kann.

Dieser Schacht dient als Wasserschloss für die Turbinierung.

3.4 Turbinenhaus

Die beiden Turbinen, die notwendigen Installationen sowie der Steuerschrank sind in einem zu erstellenden Turbinenhaus vorgesehen.

Dieses Turbinenhaus ist neben dem Ferienhaus unterhalb von Unter Deisch geplant.

3.4.1 Baumeisterarbeiten

- Ortbeton-Konstruktion mit Innenabmessungen von $L \times B \times H = 4.8 \times 2.6 \times 2.6$ m.
- Die beiden Turbinen kommen an die rechte Wand zu stehen. Der Steuerschrank sowie ein Werkbank kommen an die linke Wand.
- Generell werden die Beton-Bauteile mit 20 cm Stärke erstellt.
- Das Turbinenhaus wird möglichst erdüberdeckt und somit nur teilweise sichtbar. So werden die Stirnseite mit der Eingangstüre sowie der vorderste Teil der beiden Seiten sichtbar bleiben.
- Vorgesehen ist, im Innern des Turbinenhauses eine 5 cm starke Dämmplatte (Schall- und Schwitzwasser-Isolation) anzubringen. Ob diese Dämmplatte jedoch notwendig wird, soll der Betrieb zeigen. Daher ist das Ausführungsprojekt so zu gestalten, dass ein nachträgliches Anbringen einer geeigneten Platte möglich ist.
- Die Entwässerungen des Turbinenhauses erfolgt über den Kontrollschacht vor der Eingangstüre. Sämtliche Entwässerungsleitungen sind aus HDPE-Steckmuffenrohren geplant, welche durch den Baumeister verlegt werden.
- Für den Schaltschrank wird ein 10 cm hoher Sockel aus Kalksandsteinen erstellt.
- Die Decke wird mit einem Sattelgefälle längs ausgeführt.
- Sämtliche Rohrdurchführungen durch den Beton werden mit einem Mastix-Band abgedichtet.

- Die Arbeitsfugen Boden/Wand und Wand/Decke werden ebenfalls mit einem Mastix-Band ausgeführt.
- Die Fugen Boden/Wand sowie Wand/Decke, welche erdüberdeckt sind, werden aussen zusätzlich mit einem Kombiflex-Band abgeklebt.
- Zur Sicherstellung der Entwässerung der Gebäude-Aussenseite ist eine Sickerleitung inkl. Sickerpackung mit Vlies vorgesehen. Die Sickerleitung wird an den Kontrollschacht angeschlossen.
- Die Rohrdurchführungen in das Turbinenhaus ab der Druckleitung sind in die Schalung zu verlegen und direkt einzubetonieren.
- Das Aushubmaterial wird für die Hinterfüllung des Turbinenhauses und die Modellierung des Geländes verwendet.
- Es wird angenommen, dass die bestehende Zufahrtsstrasse weiter verwendet werden kann. Diese muss nach Abschluss der Arbeiten instand gestellt werden. Ebenso ist mit einem Einkauf zu rechnen.
- Der Vorplatz des Turbinenhauses wird ausgekoffert (frostsicheres, gut tragfähiges Material), damit dieser im Endausbau als Abstellplatz dienen kann.

3.4.2 Turbinen inkl. Verrohrung und Armaturen

- Siehe auch Pläne Nr. 5068/01.02 Grundriss und Schnitte 1 : 20.
- Für die Lieferung der beiden Turbinen wurden Richtofferten von der Firma Blue-Water-Power GmbH, Bern eingeholt.
- Gegendruckturbine: 1-düsige vertikale Pelton-turbine mit Druckbehälter, ausgelegt für 22 l/s, mit einer Leistung von max. 20 kW, bei 1'500 U/min.
- Die Gegendruckturbine verfügt über einen Bypass (Schieber mit 24-V-Antrieb, DN 50 mm und Blende) ausgerüstet, damit bei Ausfall oder Revision der Turbine das anfallende Quellwasser trotzdem weitergeleitet werden kann.
- Turbine 2: 1-düsige horizontale Pelton-turbine ausgelegt für 40 kW, bei 1'500 U/min. Für die Turbine 2 ist kein Bypass vorgesehen.
- Der Lieferumfang Blue-Water-Power GmbH umfasst:
- Turbinen mit Generator (Asynchron)
- Schaltschrank
- In den Kosten sind ebenfalls Montage und Inbetriebsetzung eingeschlossen.

3.4.3 Elektrische Installationen

- Licht-Steckdosen (400 V), Erdung sowie Verdrahtung Turbine-Schaltschrank-Stromrück-speisung.

3.4.4 Sanitärleitung Lüftung Entfeuchter

- Verrohrung im Turbinenhaus mit Chromstahl-Leitungen, Armaturen und Ventilen.
- Schlauch auf Schlauchsattel für die Reinigung
- Um einen Hitzestau im Turbinenhaus zu vermeiden, wird ein Rohrventilator eingebaut, der automatisch bei einer vorgegebenen Temperatur in Betrieb geht. Auf einen Adsorptions-Luftentfeuchter wird vorläufig verzichtet.

3.4.5 Metallbau, Geländer, Mobiliar

- Einflügelige nach aussen öffnende isolierte Türe aus Chromstahl. Grösse $h \times b = 200 \times 100$ cm. Die Türe ist einbruchsicher (System Tri-Bloc) herzustellen.
- Transporthacken an der Decke für Montage und Demontage der Turbine.
- Geländer auf dem Dach als Absturzsicherung.
- Werkbank und Werkzeug, um die Wartung der Turbine vor Ort durchführen zu können. So kann bei Revisionen oder Reparaturen die Turbine schneller in Betrieb genommen werden.

3.5 Leitungsbau

3.5.1 Generell

- Die Trinkwasserleitungen werden aus Gussrohren, innen und aussen zementmörtelbeschichtet mit Schubsicherungen in jeder Verbindung, vom Rohrleger, in Zusammenarbeit mit dem Baumeister, verlegt. Mit diesem Rohr kann anstehendes Material zur Wiedereinfüllung des Grabens verwendet werden. Die Trinkwasserleitung ist min. 1.30 m zu überdecken, was eine Grabentiefe bis zu 1.60 m erfordert. Allfällig notwendige Betonriegel werden vor Ort angeordnet.
- Entleerungsleitungen sind mit einem HDPE-Steckmuffenrohr vorgesehen und werden vom Baumeister verlegt. Für Bettung und Umhüllung muss feines, rundes Material vorhanden sein. Dieses muss je nach vorhandenem Aushubmaterial angeführt werden. Schubsicherungen (Betonriegel) werden vor Ort festgelegt. Die Leitung wird auf einem Planum von 80 cm Tiefe verlegt.
- Die Kabelschutzrohre sind generell auf ca. 80 cm Tiefe, auf eine separate Planie, zu verlegen und mit Sand (oder gleichwertigen) Material zu umhüllen. Schubsicherungen (Betonriegel) und Kabelzugschächte werden vor Ort festgelegt.
- Alle Leitungen sind mit Warnbändern zu versehen.

3.5.2 Grab- und Rohrlegearbeiten Anschluss Turbinenhaus

- Druckleitung mit Innendurchmesser von 100 mm. Linienführung gemäss Standort Turbinenhaus und bestehende Druckleitung. Es wird mit wenigen Metern Länge gerechnet.
- Die Leitung wird mit einem Rohr K9 (Druckstufe 40 bar) erstellt.

3.5.3 Grab- und Rohrlegearbeiten vom Turbinenhaus bis zum Verteilnetz Deisch

- Druckleitung mit Innendurchmesser von 100 mm. Linienführung gemäss parallel der bestehenden Druckleitung. Die Länge beträgt 60 m.
- Die Leitung wird mit einem Rohr K9 (Druckstufe 40 bar) erstellt.

3.5.4 Elektroanschluss

- Gemäss EWBK kann das Turbinenhaus an das Nachbarhaus angeschlossen werden. Es wird mit einer Länge von 30 m gerechnet für Kabelschutzrohr und Kabel.

3.5.5 Entleerungsleitung Turbinenhaus

- Der Entleerungsschacht vor dem Turbinenhaus wird mit einem HDPE-Steckmuffenrohr DN 200 entwässert. Die Leitung führt längs der Zufahrtsstrasse, quert die Kantonsstrasse, folgt dieser bis zum Rotteschlag, wo das Wasser abgegeben wird. Die Länge beträgt 120 m. Das oberste Rohr wird mit einem Durchmesser DN 250 mm ausgeführt.

3.5.6 Kulturausfall Leitungsbau

- Allfällige Rodungsarbeiten und Entschädigungen für Kulturausfall im Zusammenhang mit den Leitungsbauten.

3.6 Steuerung

- Die vor Ort Steuerung der Turbinen ist im Lieferumfang der Firma Blue-Water-Power GmbH eingerechnet. In diesem Kapitel geht es um die Verbindung zwischen den einzelnen Anlageorten sowie der Alarmierung.
- Die Verbindung zwischen dem Verteilschacht Martisberg, dem Turbinenhaus sowie dem Reservoir Grengiols ist mit Funk vorgesehen. Da die ersten beiden Anlageorte eine schlechte direkte Verbindung haben, wird beim Reservoir Grengiols eine Transitstation eingerichtet.
- Um die zu nutzenden Wassermengen messen zu können, sind im Turbinenhaus drei induktive Wassermesser vorgesehen.
- Für den Bypass der Gegendruckturbine ist eine Motorklappe vorgesehen
- Die Alarmierung allfälliger Unregelmässigkeiten wird via GSM-Netz fernübertragen. Die wichtigsten Daten können auf einem Computer abgerufen werden.

4 Kostenvoranschlag

Die Baukosten sind aufgrund Richtofferten, Erfahrungswerten und Schätzungen zusammengestellt worden.

Die Gesamtkosten betragen **Fr. 750'000.-** inklusive Mehrwertsteuer gemäss detailliertem Kostenvoranschlag im Anhang.

Die Mehrkosten gegenüber der Grobanalyse basieren aufgrund der zweiten Turbine, dem grösseren Turbinenhaus und den umfangreicheren Ausrüstungen und Ausbauten. Demgegenüber steht aber eine Mehrproduktion von elektrischer Energie.

Die Kosten haben eine Genauigkeit von $\pm 10\%$. Sie beruhen auf der Preisbasis Herbst 2005.

In den obigen Beträgen sind die Mehrwertsteuer von 7.6 % und ein Betrag von ca. 6.3 % für Unvorhergesehenes eingerechnet.

5 Projektablauf

Ein möglicher Zeitplan für den Projektablauf könnte wie folgt aussehen:

- | | |
|---|----------------------|
| • Projekt und Kreditgenehmigung | Dezember 2005 |
| • Konzession, Baubewilligung und Submission | Winter/Frühjahr 2006 |
| • Realisation | Sommer 2006 |
| • Inbetriebnahme | Herbst 2006 |

6 Submission

Die grossen Kosten fallen durch die Turbinen, Generatoren und Schaltschrank an. Da die Turbinen in einem Forschungsprojekt eingebunden sind, ist dort der Lieferant vorgegeben.

Für die restlichen Arbeiten empfehlen wir das Einladungsverfahren. Für kleinere Arbeiten ist sogar die direkte Vergabe mit Ausführung in Regie sinnvoll.

Für das Einladungsverfahren empfehlen wir, nur Unternehmer einzuladen, bei welchen die Bauherrschaft das Vertrauen für eine gute Ausführung hat. So können die Vergabekriterien, welche auch in diesem Verfahren aufgestellt und bekanntgegeben werden müssen, auf den Preis reduziert werden.

7 Quellschüttungen, Einlage in Spezialfinanzierung, Stromproduktion und Gesteungskosten

7.1 Quellschüttungen

Von den Quellschüttungen bestehen von der Martisbergquellen Beobachtungen vom Brunnenmeister. Von der Milibachquellen bestehen vereinzelte Aufzeichnungen.

Leider bestehen in der Wasserversorgung keine Wassermesser, die die Menge kontinuierlich messen.

Auf Basis dieser Unterlagen ermittelten wir die Stromproduktion. Siehe auch Anhang 2 und 4.

7.2 Berechnung Einlage in Spezialfinanzierung

Auf der Basis des Kostenvoranschlages lässt sich folgende Einlage berechnen:

Nr.	Anlageteil	Kosten- voran- schlag	Lebens- dauer	Erneuer- ungs- rate	Einlage in Spezial- finanzierung
		Fr.	Jahre		Fr./J
1	Vorbereitungsarbeiten	33'000	50	2%	660
3	Verteilschacht Martisberg	8'000	50	2%	160
4	Turbinehaus ohne Turbinen	164'000	50	2%	3'280
4	Turbinen, Generatoren, Steuerung	230'000	25	4%	9'200
5	Reservoir Grenchiols	10'000	50	2%	200
6	Fernwirkanlage	72'000	25	4%	2'880
7	Leitungsbau	63'000	50	2%	1'260
8	Unvorhergesehenes	47'000	50	2%	940
9	Projektbearbeitung und Bauleitung	123'000	50	2%	2'460
	Total	750'000			21'040

Die Lebensdauer entspricht den Empfehlungen des Bundesamtes für Energie.

7.3 Betriebskosten

Einlage in Spezialfinanzierung (Amortisation)	Fr.	21'040
Verzinsung Fremdkapital (3 % Zins)	Fr.	11'250
Betrieb, Unterhalt, Verwaltung (pauschal)	Fr.	4'000
Versicherungen	Fr.	500
Steuern, Wasserzins	Fr.	keine
Total	Fr.	36'790

Je nachdem, wie das Fremdkapital verzinst werden muss, kann bei den Betriebskosten gespart werden. Es lohnt sich Abklärungen für ein zinsfreies Darlehen voranzutreiben. Ebenfalls wertvoll sind Abklärungen für Darlehen mit tiefem Zins. Wir denken da an die Alternative Bank Olten. Auch ein Contracting wäre denkbar. Diese Verzinsung des Fremdkapitals beeinflussen die Gestehungskosten massgeblich!

7.4 Stromproduktion

Auf Basis der erhaltenen Unterlagen über die Quellschüttungen haben wir die Stromproduktion wie folgt errechnet:

	Winter	Sommer	Total
Gegendruckturbine (10 % Verlust durch Lufteintrag)			50'000 kW/a
Turbine 2 (Abturbinierung)			<u>190'000 kW/a</u>
Total			240'000 kW/a

Mit diesem Strom ist es möglich 62 Normhaushalte mit elektrischer Energie zu versorgen.

7.5 Gestehungskosten

Aus obgenannten Berechnungen ergibt sich ein Gestehungspreis von **Rp. 15.3 / kWh**.

Die produzierte Energie ist hochwertiger erneuerbarer Strom, der von den Elektrizitätswerken mit 15 Rp./kWh vergütet wird.

Je nach Abnehmer (Ökostrombörse), kann Ökostrom bis 8 Rp./kWh teurer vermarktet werden.

8 Vorteile eines Trinkwasserkraftwerkes

- Ein Trinkwasserkraftwerk produziert nachhaltige und erneuerbare Energie. Es ist die wirtschaftlichste und umweltschonendste Art elektrischen Strom zu erzeugen.
- Ein Trinkwasserkraftwerk hat eine lange Lebensdauer und niedere Unterhaltskosten.
- Pelton-Turbinen haben einen sehr guten Wirkungsgrad.
- Die genutzten Anlagen dienen auch der Wasserversorgung.
- Das Wasser muss nicht aus einem Vorfluter entnommen werden.

9 Schlussbemerkungen

Mit dem vorliegenden Bauprojekt sind nach Ansicht des Projektverfassers nun alle Abklärungen, Vorarbeiten und Grundlagen erarbeitet, damit der Auftraggeber über das weitere Vorgehen entscheiden kann.

Der Projektverfasser hofft, dass diese innovative Anlage schon bald zum Wohle der Bevölkerung von Grenchiols in Produktion gehen kann.

Der Verfasser ist überzeugt, dass mit den vorgeschlagenen Dispositionen Energie sinnvoll und umweltschonend aber auch wirtschaftlich interessant produziert und so einen ökologischen Beitrag zur heutigen Energieproduktion geleistet werden kann.

Bern, 30. November 2005 Hi/bs

Sachbearbeiter: Bernhard Hiller

Der Projektverfasser:

RYSER Ingenieure AG, Bern

L:\Windaten\5068-01\16-Bauprojekt\Bericht 3.Doc

Bundesamt für Energie BFE

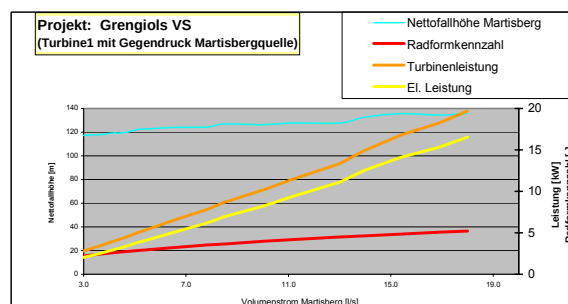
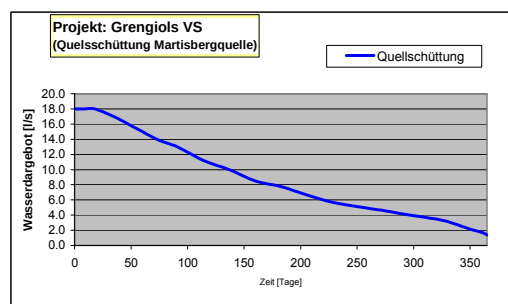
Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Berechnung Stromproduktion Gegendruckturbine:

Durch die Reibungsverluste in der Leitung vom Reservoir Grenchgols zur Turbine T1 reduziert sich der Gegendruck um diese Reibungsverluste. Um den gleichen Betrag steigt die Nettofallhöhe für die Gegendruckturbine.

Projekt: Grenchgols VS Gegendruckturbine T1 Martisberg (Gegendruck variabel)																				
Wasserdargebot Druckleitung Nettofallhöhe									Peltonturbine T1				Generator							
Höhe Sammelnschacht		1295		m					Laufrad ø 305 mm Wirkungsgrad 0.82 - Laufzahl 0.48 -				Nennleistung 20 kW Drehzahl 1550 min ⁻¹							
Höhe Reservoir Grenchgols		1180		m																
Bruttofallhöhe		115		m																
Dichte von Wasser		1000		Kg/m³																
Dyn. Zähigkeit von Wasser		0.0013		Ns/m²																
Leitungsabschnitte		1	2	3	Total	Total	Hydraulische Nettoleistung				Drehzahl	Radformkennzahl	Düsenzahl	Turbinenleistung	Lastbereich	Wirkungsgrad	Abgabeleistung el.	Ertrag		
Leitungslänge [m]		236.2	204.2	613.4	1054															
Aussen ø [mm]		112	112	112																
Wandstärke [mm]		6	6	6																
Innen ø [mm]		100	100	100																
Tage		Quelle			Verlusthöhe															
Martisberg		Verbrauch Deich Befestigung			Total			Martisbergleitung			Verlusthöhe Millibach			Hn Martisberg						
d	l/s	l/s	l/s	l/s	m	m	m	kW	min ⁻¹	-	-	kW	%	-	kW	kWh				
1	22.0	4.0	18.0	10.09	8.73	26.21	-65.98	135.94	24.00	1552	5.2	1	19.68	98.4	0.84	16.53	396.8			
3	22.0	4.0	18.0	10.09	8.73	26.21	-65.98	135.94	24.00	1552	5.2	1	19.68	98.4	0.84	16.53	793.6			
6	22.0	4.0	18.0	10.09	8.73	26.21	-65.98	135.94	24.00	1552	5.2	1	19.68	98.4	0.84	16.53	1190.5			
9	22.0	4.0	18.0	10.09	8.73	26.21	-65.98	135.94	24.00	1552	5.2	1	19.68	98.4	0.84	16.53	1190.5			
18	22.0	4.0	18.0	10.09	8.73	26.21	-65.98	135.94	24.00	1552	5.2	1	19.68	98.4	0.84	16.53	3571.4			
36	20.8	3.9	16.9	9.01	7.79	23.40	-59.52	134.32	22.27	1543	5.1	1	18.26	91.3	0.84	15.34	6626.4			
55	19.2	3.8	15.4	7.62	6.59	19.80	-54.58	135.57	20.48	1550	4.8	1	16.79	84.0	0.84	14.11	6432.8			
73	17.7	3.7	14.0	6.42	5.55	16.68	-46.39	132.73	18.23	1534	4.6	1	14.95	74.7	0.84	12.56	5424.4			
91	16.6	3.6	13.0	5.62	4.86	14.60	-37.77	127.69	16.28	1504	4.5	1	13.35	66.8	0.83	11.08	4787.7			
114	14.7	3.5	11.2	4.30	3.72	11.18	-31.83	127.63	14.02	1504	4.2	1	11.50	57.5	0.82	9.43	5204.9			
137	13.4	3.4	10.0	3.49	3.02	9.06	-26.79	126.22	12.38	1496	4.0	1	10.15	50.8	0.81	8.22	4539.8			
160	11.8	3.3	8.5	2.63	2.27	6.82	-23.62	126.90	10.58	1500	3.7	1	8.68	43.4	0.80	6.94	3831.7			
182	11.0	3.2	7.8	2.26	1.95	5.87	-19.34	124.26	9.51	1484	3.5	1	7.80	39.0	0.79	6.16	3252.2			
205	9.8	3.1	6.7	1.73	1.50	4.50	-16.81	124.09	8.16	1483	3.3	1	6.69	33.4	0.78	5.22	2879.5			
228	8.7	3.0	5.7	1.31	1.13	3.39	-13.79	122.97	6.88	1476	3.0	1	5.64	28.2	0.77	4.34	2396.5			
251	8.0	2.9	5.1	1.07	0.93	2.79	-11.92	122.12	6.11	1471	2.9	1	5.01	25.1	0.76	3.81	2101.9			
274	7.4	2.8	4.6	0.90	0.78	2.33	-8.53	119.53	5.39	1456	2.7	1	4.42	22.1	0.75	3.32	1831.1			
292	6.8	2.7	4.1	0.73	0.63	1.90	-7.51	119.24	4.80	1454	2.6	1	3.93	19.7	0.74	2.91	1257.2			
310	6.3	2.6	3.7	0.61	0.53	1.59	-5.64	117.91	4.28	1446	2.5	1	3.51	17.5	0.73	2.56	1106.7			
329	5.7	2.5	3.2	0.48	0.41	1.23	-4.59	117.47	3.69	1443	2.3	1	3.02	15.1	0.72	2.18	992.8			
347	4.7	2.4	2.3	0.27	0.23	0.69	-2.94	116.75	2.63	1439	1.9	1	2.16	10.8	0.71	1.53	662.5			
356	4.2	2.3	1.9	0.19	0.17	0.50	-2.31	116.46	2.17	1437	1.8	1	1.78	8.9	0.70	1.25	269.1			
362	3.8	2.2	1.6	0.14	0.12	0.37	-1.88	116.25	1.82	1435	1.6	1	1.50	7.5	0.69	1.03	148.7			
365	3.5	2.1	1.4	0.11	0.10	0.29	-1.61	116.11	1.59	1435	1.5	1	1.31	6.5	0.68	0.89	64.0			
Jahresenergieertrag [kWh] Martisbergquelle T1 Gegendruckkompensiert																	60952.9			
Jahresenergieertrag [kWh] Millibachquelle T2																	192439.5			
Gesamtertrag [kWh] T1 + T2																	253392.4			



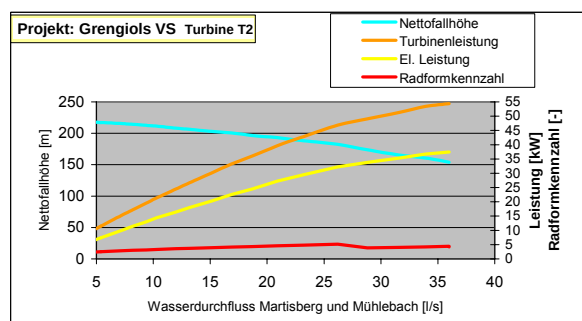
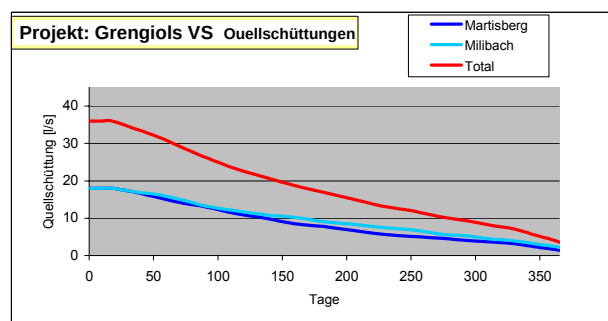
Wirkungsgradeinbusse durch Abweichung zur optimalen Drehzahl

Turbine T1 Martisberg

Nennendrehzahl	n	1550 min ⁻¹												
Obere Drehzahl	n _o	1552 min ⁻¹	Abweichung	0.1 %										
Untere Drehzahl	n _u	1435 min ⁻¹	Abweichung	-7.4 %										
Strahlgeschwindigkeit maximal	C _{1u}	51.64 m/s												
Strahlgeschwindigkeit minimal	C _{1o}	47.73 m/s												
Umfangsgeschwindigkeit	u	24.75 m/s												
Wasseraustrittsgeschwindigkeit	C _{2u}	2.138 m/s	(Abflussgeschwindigkeit aus der Schaufel)											
Wasseraustrittsgeschwindigkeit	C _{2o}	-1.776 m/s	(Abflussgeschwindigkeit aus der Schaufel)											
Wirkungsgrad	η _o	0.998 -	99.83 %									Leistungsverlust	0.17 %	
Wirkungsgrad	η _u	0.999 -	99.86 %									Leistungsverlust	0.14 %	

Berechnung Stromproduktion Turbine 2:

Projekt: Grengiols VS Turbine T2 Martisberg und Milibach (Abturbinierung)																									
Druckleitung Nettofallhöhe												Peltonturbine T2				Generator									
Höhe Reservoir Grengiols										1180 m		Laufrad ø 370 mm Wirkungsgrad 0.82 - Laufzahl 0.48 -				Nennleistung 45 kW Drehzahl 1550 min ⁻¹									
Höhe Turbinenstandort										960 m															
Bruttofallhöhe										220 m															
Dichte von Wasser										1000 Kg/m³															
Dyn. Zähigkeit von Wasser										0.001 Ns/m²															
Leitungsabschnitt						1	2	3	4	5	Total	Verlusthöhe total	Nettofallhöhe	Hydraulische Nettoleistung	Drehzahl	Radformkennzahl	Düsenzahl	Turbinenleistung	Lastbereich	Wirkungsgrad	Abgabeleistung el.	Ertrag			
Leitungslänge [m]						269	919.5	90.0	258.3	7	1544														
Aussen ø [mm]						112	112	110	110	110															
Wandstärke [mm]						6	6	5	5	5															
Innen ø [mm]						100	100	100	100	100															
Tag						Quellen						Verusthöhen													
						Nur Verlusthöhen Quelle Milibach																			
d	Martisberg T2	Milibachquelle	Verbr. Grengiols	Milibach T2	Total Turbinierung	m					m	Hn [m]	kW	min ⁻¹	-	-	kW	%	-	kW	kWh				
1	18.0	22.0	4.0	18.0	36.0	11.50	39.30	3.85	11.04	0.30	65.98	154.02	54.39	1362	4.2	2	44.60	99.1	0.84	37.47	899				
3	18.0	22.0	4.0	18.0	36.0	11.50	39.30	3.85	11.04	0.30	65.98	154.02	54.39	1362	4.4	2	44.60	99.1	0.84	37.47	1798				
6	18.0	22.0	4.0	18.0	36.0	11.50	39.30	3.85	11.04	0.30	65.98	154.02	54.39	1362	4.4	2	44.60	99.1	0.84	37.47	2698				
9	18.0	22.0	4.0	18.0	36.0	11.50	39.30	3.85	11.04	0.30	65.98	154.02	54.39	1362	4.4	2	44.60	99.1	0.84	37.47	2698				
18	18.0	22.0	4.0	18.0	36.0	11.50	39.30	3.85	11.04	0.30	65.98	154.02	54.39	1362	4.4	2	44.60	99.1	0.84	37.47	8093				
36	16.9	21.0	4.0	17.0	33.9	10.37	35.45	3.47	9.96	0.27	59.52	160.48	53.37	1390	4.2	2	43.76	97.2	0.84	36.76	15880				
55	15.4	20.2	4.0	16.2	31.6	9.51	32.51	3.18	9.13	0.25	54.58	165.42	51.28	1412	4.1	2	42.05	93.4	0.84	35.32	16107				
73	14.0	18.7	3.9	14.8	28.8	8.08	27.63	2.70	7.76	0.21	46.39	173.61	49.05	1446	3.9	2	40.22	89.4	0.84	33.79	14595				
91	13.0	17.0	3.8	13.2	26.2	6.58	22.50	2.20	6.32	0.17	37.77	182.23	46.84	1481	5.2	1	38.41	85.3	0.84	32.26	13937				
114	11.2	15.7	3.7	12.0	23.2	5.55	18.96	1.86	5.33	0.14	31.83	188.17	42.83	1505	4.9	1	35.12	78.0	0.84	29.50	16283				
137	10.0	14.5	3.6	10.9	20.9	4.67	15.96	1.56	4.48	0.12	26.79	193.21	39.61	1525	4.6	1	32.48	72.2	0.84	27.29	15062				
160	8.5	13.7	3.5	10.2	18.7	4.12	14.07	1.38	3.95	0.11	23.62	196.38	36.03	1538	4.4	1	29.54	65.6	0.83	24.52	13534				
182	7.8	12.5	3.4	9.1	16.9	3.37	11.52	1.13	3.24	0.09	19.34	200.66	33.27	1555	4.2	1	27.28	60.6	0.83	22.64	11955				
205	6.7	11.7	3.3	8.4	15.1	2.93	10.02	0.98	2.81	0.08	16.81	203.19	30.10	1564	3.9	1	24.68	54.8	0.82	20.24	11171				
228	5.7	10.7	3.2	7.5	13.2	2.40	8.21	0.80	2.31	0.06	13.79	206.21	26.70	1576	3.7	1	21.90	48.7	0.82	17.95	9911				
251	5.1	10.0	3.1	6.9	12.0	2.08	7.10	0.69	1.99	0.05	11.92	208.08	24.50	1583	3.6	1	20.09	44.6	0.82	16.47	9092				
274	4.6	8.7	3.0	5.7	10.3	1.49	5.08	0.50	1.43	0.04	8.53	211.47	21.37	1596	3.3	1	17.52	38.9	0.82	14.37	7931				
292	4.1	8.2	2.9	5.3	9.4	1.31	4.47	0.44	1.26	0.03	7.51	212.49	19.59	1600	3.2	1	16.07	35.7	0.81	13.01	5622				
310	3.7	7.3	2.8	4.5	8.2	0.98	3.36	0.33	0.94	0.03	5.64	214.36	17.24	1607	3.0	1	14.14	31.4	0.81	11.45	4948				
329	3.2	6.7	2.7	4.0	7.2	0.80	2.73	0.27	0.77	0.02	4.59	215.41	15.21	1611	2.9	1	12.48	27.7	0.80	9.98	4551				
347	2.3	5.7	2.6	3.1	5.4	0.51	1.75	0.17	0.49	0.01	2.94	217.06	11.50	1617	2.6	1	9.43	21.0	0.79	7.45	3218				
356	1.9	5.2	2.5	2.7	4.6	0.40	1.37	0.13	0.39	0.01	2.31	217.69	9.82	1619	2.4	1	8.06	17.9	0.78	6.28	1357				
362	1.6	4.8	2.4	2.4	4.0	0.33	1.12	0.11	0.31	0.01	1.88	218.12	8.56	1621	2.3	1	7.02	15.6	0.75	5.26	758				
365	1.4	4.5	2.3	2.2	3.6	0.28	0.96	0.09	0.27	0.01	1.61	218.39	7.71	1622	2.2	1	6.32	14.1	0.75	4.74	342				
Jahresenergieertrag kWh																					19244				



Wirkungsgradeinbuße durch Abweichung zur optimalen Drehzahl

Turbine T1

Nennndrehzahl	n	1550 min ⁻¹		
Obere Drehzahl	n _o	1622 min ⁻¹	Drehzahlabweichung	4.6 %
Untere Drehzahl	n _u	1362 min ⁻¹	Drehzahlabweichung	-12.1 %
Strahlgeschwindigkeit maximal	C _{1u}	65.46 m/s		
Strahlgeschwindigkeit minimal	C _{1o}	54.97 m/s		
Umfangsgeschwindigkeit	u	30.03 m/s		
Wasseraustrittsgeschwindigkeit	C _{2u}	5.401 m/s	(Abflussgeschwindigkeit aus der Schaufel)	
Wasseraustrittsgeschwindigkeit	C _{2o}	-5.085 m/s	(Abflussgeschwindigkeit aus der Schaufel)	
Wirkungsgrad	η _o	0.993 -		Leistungsverlust 0.68 %
Wirkungsgrad	η _u	0.991 -		Leistungsverlust 0.86 %

Kostenvoranschlag

Bauvorhaben	Wasserversorgung Grengiols Trinkwasserkraftwerk Deisch	Projekt-ID	5068/01
		KV-ID	001
		Datum	25.11.2005
		Referenz	hi
Bauherrschaft	Gemeinde Grengiols Gemeindeverwaltung 3993 Grengiols	Tel.	027 927 10 48
		Fax	027 927 48 13
Bauleitung	Ryser Ingenieure AG Engestrasse 9 3000 Bern 9	Tel.	031 560 03 03
		Fax	031 560 03 04
		MWSt-Nr.	249 676

KAG-Nr.	Bezeichnung	Betrag
---------	-------------	--------

Gesamttotal		Fr.	750'000.00
1	Vorbereitungsarbeiten	Fr.	33'000.00
2	Verteilschacht Martisberg	Fr.	8'000.00
3	Turbinenhaus Deisch	Fr.	394'000.00
4	Reservoir Grengiols	Fr.	10'000.00
5	Fernwirkanlage	Fr.	72'000.00
6	Leitungsbau	Fr.	63'000.00
8	Unvorhergesehenes	Fr.	47'000.00
9	Baunebenkosten	Fr.	123'000.00

KAG-Nr. Total	KAG-Nr. Buchung	Bemerkungen / Detailbeschreibung	KV-Betrag	Total	Promille
Gesamttotal				750'000.00	1'000
1	Vorbereitungsarbeiten			33'000.00	44
	11	Bauprojekt	13'000.00		17
	13	Erwerb von Grundeigentum	10'000.00		13
	14	Einkauf Strasse	10'000.00		13
2	Verteilschacht Martisberg			8'000.00	11
	21	Anpassungen	8'000.00		11
3	Turbinenhaus Deisch			394'000.00	525
	31	Sicherheitsausrüstung	2'500.00		3
	32	Bauarbeiten	65'000.00		87
	33	Zufahrtsstrasse	5'000.00		7
	34	Elektroinstallationen	8'000.00		11
	35	Sanitäranlagen und Lüftung	46'000.00		61
	36	Turbine, Generator und Schaltschrank	234'500.00		313
	37	Elektroanschluss	18'000.00		24
	38	Metallbauarbeiten	10'000.00		13
	39	Malerarbeiten	5'000.00		7
4	Reservoir Grengiols			10'000.00	13
	41	Anpassungen	10'000.00		13
5	Fernwirkanlage			72'000.00	96
	5	Fernwirkanlage	72'000.00		96
6	Leitungsbau			63'000.00	84
	62	Grabarbeiten	15'000.00		20
	64	Rohrlegearbeiten	12'000.00		16
	65	Entleerungsleitung	35'000.00		47
	68	Kulturausfall	1'000.00		1
8	Unvorhergesehenes			47'000.00	63
	8	Unvorhergesehenes	47'000.00		63
9	Baunebenkosten			123'000.00	164
	91	Bewilligungen, Gebühren	3'000.00		4
	92	Reprospesen	4'000.00		5

KAG-Nr.	Total				
	KAG-Nr.	Buchung			
		Bemerkungen / Detailbeschrieb	KV-Betrag	Total	Promille
	93	Versicherungen	11'000.00		15
	94	Entschädigungen	2'000.00		3
	97	Statiker	4'000.00		5
	98	Spezialisten	4'000.00		5
	99	Ingenieurhonorar	95'000.00		127