



# TRINKWASSERKRAFTWERK MÜHLACKER WELSCHENROHR (SO) PROGRAMM KLEINWASSERKRAFTWERKE

## Vorstudie

Ausgearbeitet durch

**Bruno Schindelholz, *stiftung revita***

Schwengistrasse 12, 4438 Langenbruck, [bruno.schindelholz@revita.ch](mailto:bruno.schindelholz@revita.ch), [www.revita.ch](http://www.revita.ch)

**Peter Spescha, *stiftung revita***

Schwengistrasse 12, 4438 Langenbruck, [peter.spescha@revita.ch](mailto:peter.spescha@revita.ch), [www.revita.ch](http://www.revita.ch)



## **Impressum**

Datum: 30.06.2006

### **Unterstützt vom Bundesamt für Energie**

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

BFE-Bereichsleiter: [bruno.guggisberg@bfe.admin.ch](mailto:bruno.guggisberg@bfe.admin.ch)

Projektnummer: 101334

**Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.**



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	5
Abstract .....	5
Einleitung .....	6
Ausgangslage .....	6
Dokumente .....	6
Wasserversorgung Welschenrohr .....	7
Quellzuflüsse zur Filteranlage Bärenacker .....	7
Transportleitung .....	8
Grundwasserpumpwerk Schürematt .....	8
Grundwasserpumpwerk Mühlacker .....	8
Reservoir Gänsbrunnen .....	8
Eigentumsverhältnisse .....	8
Wasserdargebot .....	9
Überschusswasser Reservoir Bärenacker .....	9
Energiepotential mit erhöhter Einspeisung von Gänsbrunnen .....	9
Sommer-Winter .....	10
Extremwerte .....	10
Nutzungspotentiale für die Wärmepumpe .....	10
Überschusswasser Reservoir Bärenacker .....	11
Minimale Überschussmengen .....	11
Fazit .....	11
Dorfquellenwasser .....	12
Grundwasser .....	12
Rechtliche Situation .....	12
Gebühren, Entnahme von Grundwasser (Jahreskosten) .....	12
Fazit .....	12
Konzept .....	13
Trinkwasserkraftwerk Mühlacker .....	13
Dorfquellen .....	13
Einspeisung Gänsbrunnen .....	13
Einbindung der Wärmepumpen .....	14
Projekt .....	15
Anpassungen in der Filteranlage Bärenacker .....	15
Turbinenbetrieb .....	15
Pumpenbetrieb .....	15
Leitungen zum Turbinenstandort .....	15
Druckleitung Bärenacker .....	15
Turbinenstandort .....	16



Standort 1 (nördlich der Dünnern) .....	16
Standort 2 (südlich der Dünnern).....	17
Standort 3 (Verdampferraum im Mehrzweckgebäude).....	17
Standort 4 (Pumpwerk Schürematt) .....	17
Fazit .....	17
Anpassungen beim Turbinenstandort.....	18
Ablaufleitung .....	18
Elektrische Leitungen.....	18
Turbinenanlage.....	19
Turbine .....	19
Generator .....	19
Steuerung.....	19
Wirtschaftliche Machbarkeit .....	20
Gestehungskosten der Wasserkraftnutzung .....	20
Kostenzusammenstellung .....	20
Erläuterungen zu DEN Gestehungskosten.....	20
Rüchspeisetarif .....	20
Wirtschaftliche Überlegungen zur Wärmepumpeneinbindung .....	20
Sparpotential energetisch .....	20
Sparpotential finanziell.....	21
Rechtliche Machbarkeit.....	21
Eigentumsverhältnisse.....	21
Kantonale Auflagen .....	21
Abklärungen Grundwassernutzung .....	21
Weiteres Vorgehen.....	21
Schlussbetrachtungen.....	22



## Zusammenfassung

Die Wasserversorgung von Welschenrohr besitzt mit dem Überschusswasser im Reservoir Bärenacker und der Fallhöhe zum Grundwasserpumpwerk Mühlacker ein Energiepotential, das gleich zweifach wirtschaftlich genutzt werden kann. Mit einer Pelton Turbine soll einerseits ökologisch Strom produziert werden, andererseits kann das Wasser als Wärmelieferant für die Wärmepumpenanlagen im Mehrzweckgebäude dienen.

Die wichtigsten Daten:



Die neu erstellte Transportleitung zwischen dem Grundwasserpumpwerk Mühlacker und dem Reservoir Bärenacker wird nur an wenigen Tagen im Jahr für die Wasserversorgung benötigt. Die restliche Zeit steht sie als Druckleitung für die Turbinierung zur Verfügung. Die Investitionen werden dadurch und durch die grösstenteils bereits vorhandenen Infrastrukturanlagen auf ein wirtschaftliches Mass reduziert.



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

## Abstract

The Welschenrohr water supply system includes the surplus water in the Bärenacker reservoir and the head of the Mühlacker groundwater pump - an energy potential that can be of a double economic use. Not only can a Pelton turbine be used to produce green electricity, but the water can also be used as a heat supply for the heat pump in the multi-purpose building.

The most important data:



The new transport pipe between the Mühlacker ground water pump and the Bärenacker reservoir is only needed for the water supply during a few days a year. During the rest of the time, it is available as a penstock for the turbines. Because of this and because a large part of the infrastructure already exists, investment is reduced to an economic level.



This concession project describes today's water supply, the necessary development, the resulting costs and the anticipated electricity production.



## **Einleitung**

Die Wasserversorgung von Welschenrohr besitzt mit dem Überschusswasser im Reservoir Bärenacker ein Energiepotential, das wirtschaftlich genutzt werden kann.

Die neu erstellte Transportleitung zwischen dem Grundwasserpumpwerk Mühlacker und dem Reservoir Bärenacker wird nur an wenigen Tagen im Jahr für die Wasserversorgung benötigt. Nur in sehr trockenen Zeiten und bei sehr starken Niederschlägen wird Grundwasser von den beiden Grundwasserbrunnen Mühlacker und Schürematt und von den Dorfquellen zur Aufbereitung in die Filteranlage Bärenacker gepumpt. Die restliche Zeit bleiben diese Anlagen ungenutzt.

Mit einer Pelton Turbine, und der Transportleitung lässt sich der Überlauf vom Reservoir Bärenacker und der Verwurf der Gräbliquelle ohne grossen Investitionsaufwand energetisch nutzen. Das Abwasser der Turbine kann zusätzlich als Wärmelieferant für die Wärmepumpenanlagen im Mehrzweckgebäude genutzt werden.

Durch Erhöhung des Wasserbezugs von Gänsbrunnen kann der Turbinenertrag gesteigert, die Nutzungsdauer der Wärmepumpe erhöht und der Unterhaltsaufwand gesenkt werden.

## **Ausgangslage**

### **DOKUMENTE**

- 1) Bericht:
- 2) Betriebsoptimierung Wasserversorgung Welschenrohr /SO Feinanalyse September 2004
- 3) Planungsunterlagen BSB+Partner, Oensingen
- 4) diverse Planungsunterlagen der Wasserversorgung Welschenrohr
- 5) Wasserstatistik der Wasserversorgung Welschenrohr



## WASSERVERSORGUNG WELSCHENROHR

Die Quellen vom Duftbrunnen, vom Gräbli und von der Stollenquelle in Gänsbrunnen liefern ungefähr dreimal soviel Wasser, wie die Wasserversorgung von Welschenrohr benötigt. Das Überschusswasser wird heute ungenutzt über eine Ablaufleitung dem rund 81 m tiefer gelegenen Bach zugeführt. Sämtliches Trinkwasser für Welschenrohr wird in den beiden Filteranlagen Bärenacker und Gänsbrunnen aufbereitet. Das Wasser der Dorfquellen und der beiden Bohrlochbrunnen Schürematt und Mühlacker können im Bedarfsfall über die Transportleitung zur Filteranlage hoch gepumpt werden. Dies ist nur an wenigen Tagen im Jahr, bei extremer Trockenheit und bei starken Niederschlägen der Fall.

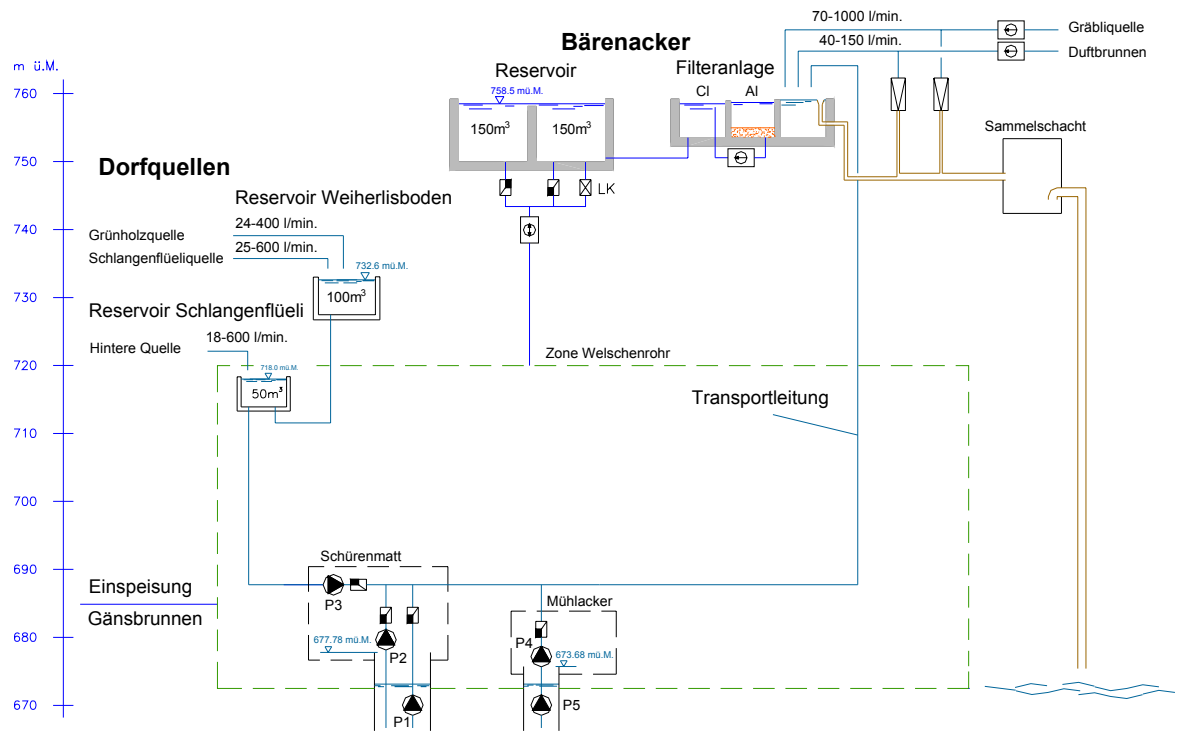


Abbildung 1: Schema Übersicht bestehende Wasserversorgung Welschenrohr

## QUELLZUFLÜSSE ZUR FILTERANLAGE BÄRENACKER

Das Quellwasser vom Duftbrunnen und zum Teil vom Gräbli wird in der Filteranlage Bärenacker für die Wasserversorgung aufbereitet. Der Duftbrunnen kann vollumfänglich der Filteranlage zugeführt werden. Die Quellschüttung und die Wasserqualität der Gräbliquelle variiert stark mit der Niederschlagsmenge. Sie wird auf Trübung hin überwacht und nur nach Bedarf der Filteranlage zugeführt. Bei starker Trübung wird die Gräbliquelle komplett verworfen und das notwendige Wasser vom Grundwasserpumpwerk Schürematt hoch gepumpt oder von Gänsbrunnen her eingespeist. Die durchschnittliche Quellschüttung der Gräbliquelle alleine liefert mehr als doppelt so viel Wasser, wie Welschenrohr für die Versorgung benötigt.



## **TRANSPORTLEITUNG**

Die im Jahr 2005 neu erstellte Transportleitung L=578m, PE 160/141, S8, 10 bar wurde bereits für den Turbinenbetrieb ausgelegt. Sie führt von der Filteranlage im Reservoir Bärenacker bis ca. 35 m vor das Grundwasserpumpwerk Mühlacker. Das letzte Teilstück (35m) wurde früher erstellt.

## **GRUNDWASSERPUMPWERK SCHÜREMATT**

Das Grundwasserpumpwerk Schürematt wurde 1948 erstellt und besteht aus einem zweistöckigen Gebäude. Mit der Unterwasserpumpe P1 und- oder der Bohrlochpumpe P2 kann Wasser über die Transportleitung zur Aufbereitung in die Filteranlage Bärenacker gepumpt werden.

Das Wasser der Dorfquellen Weiherlisboden, Schlangenflüeli und Hintere Quelle wird nicht mehr direkt der Wasserversorgung zugeführt. Über eine separate Leitung gelangt das Wasser in das Grundwasserpumpwerk Schürematt und kann mit der Dorfquellenpumpe P3, einzeln oder zusammen mit dem Grundwasser Schürematt ebenfalls über die neue Transportleitung zur Aufbereitung in die Filteranlage Bärenacker gepumpt werden.

## **GRUNDWASSERPUMPWERK MÜHLACKER**

Das Grundwasserpumpwerk Mühlacker besteht aus einem Bodenschacht (Ø 2m) mit Deckeneinstieg. Die Unterwasserpumpe P5 und die Bohrlochpumpe P4 in Serie geschaltet ermöglichen die Wasserförderung zur Filteranlage Bärenacker. Das Grundwasserpumpwerk ist über Signalleitungen mit dem Reservoir Bärenacker verbunden. Aufgrund der engen Platzverhältnisse kommt dieses Grundwasserpumpwerk nicht als Turbinenstandort in Frage.

## **RESERVOIR GÄNSBRUNNEN**

Die automatische Filteranlage und das Wasserreservoir in Gänsbrunnen werden von der Stollenquelle versorgt. Die Quellschüttung variiert zwischen 130 l/min und 700 l/min. Anhand der vorliegenden Aufzeichnungen sinkt die Quellschüttung nur bei extremer Trockenheit unter 300 l/min so, dass die Filteranlage fast immer mit voller Leistung (300 l/min) betrieben werden könnte. Welschenrohr bezieht im Schnitt 42 l/min und Gänsbrunnen hat ein Bezugsrecht von 35 l/min. Der Bezug für Welschenrohr kann somit theoretisch auf ca. 265 l/min erhöht werden. Dadurch reduziert sich der Unterhalt für die manuell gewartete Filteranlage Bärenacker und die nutzbare Wassermenge für Turbine und Wärmepumpe wird erhöht.

## **Eigentumsverhältnisse**

Die Stollenquelle ist Eigentum der Einwohnergemeinde Welschenrohr. Die Filteranlage das Reservoir und der Betrieb obliegen der Einwohnergemeinde Gänsbrunnen.





## WASSERDARGBOT

### Überschusswasser Reservoir Bärenacker

Das Überschusswasser im Reservoir Bärenacker ergibt sich aus der Differenz der Quellzuflüsse und dem Bedarf der Wasserversorgung und stellt das nutzbare Energiepotential für Turbine und Wärmepumpen dar. Der Bedarf der Wasserversorgung kann vermehrt durch die Einspeisung von Gänsbrunnen gedeckt werden, dadurch erhöht sich entsprechend das Überschusswasser.

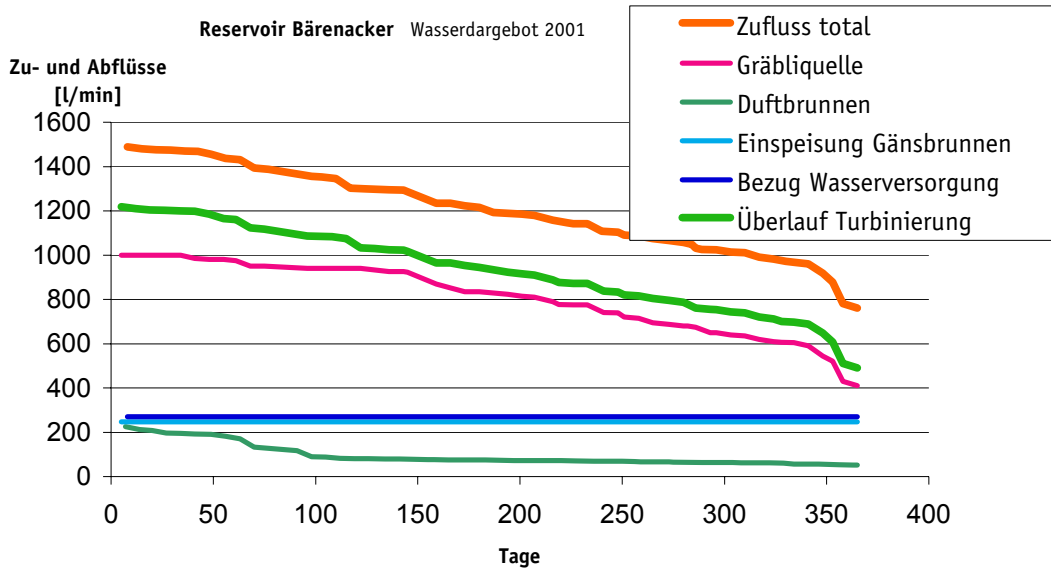


Abbildung 2: Diagramm Zu- und Abflusstistik, Dauerlinie 2001

### Energiepotential mit erhöhter Einspeisung von Gänsbrunnen

Mit erhöhter Einspeisung von Gänsbrunnen beträgt die durchschnittlich turbinierbare Wassermenge rund 385'000 m<sup>3</sup>/pro Jahr. Zusammen mit dem Bruttogefälle von ca. 81.5 m und dem Gesamtwirkungsgrad von ca. 70% ergibt dies ein nutzbares Energiepotential von ca. 59'000 kWh pro Jahr.

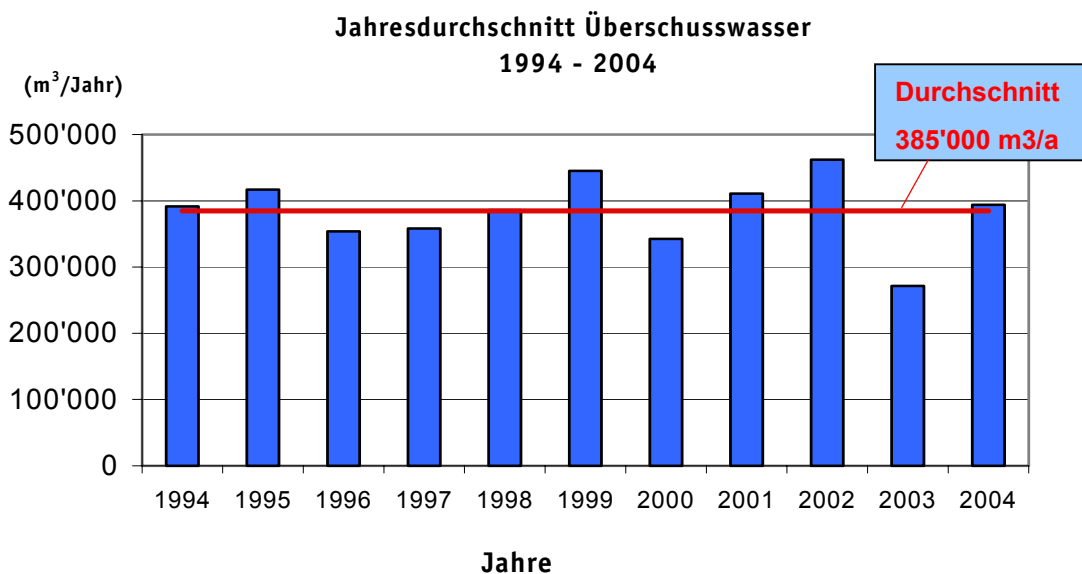


Abbildung 3: Diagramm Überschusswasser Jahresdurchschnitt 1994 – 2004



## ZEITLICHE UNTERSCHIEDE

### Sommer-Winter

Das durchschnittlich nutzbare Überschusswasser im Winterhalbjahr liegt bei 35'000 m<sup>3</sup>/Monat. Im Sommerhalbjahr reduziert sich dieser Wert auf 29'000 m<sup>3</sup>/Monat.

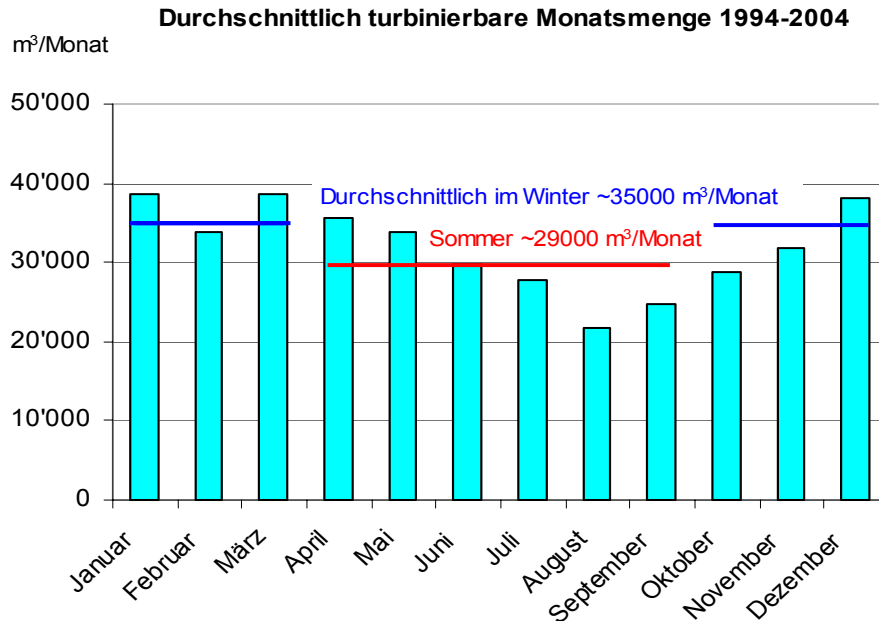


Abbildung 4: Diagramm Überschusswasser Monatsdurchschnitt 1994 – 2004

### Extremwerte

Der Spitzenwert 1994-2004 wurde im April 1999 mit 49400 m<sup>3</sup> und der Minimalwert im August 2003 mit 5026 m<sup>3</sup> aufgezeichnet.

## NUTZUNGSPOTENTIALE FÜR DIE WÄRMEPUMPE

Das Überschusswasser vom Reservoir Bärenacker kann nach der Turbinierung zusätzlich als Wärmelieferant für die Wärmepumpe genutzt werden.

Zusätzlich stehen noch weitere Wärmequellen zur Verfügung

- Dorfquellenwasser
- Grundwasser (Mühlacker Schürematt)
- Dünnern, Schafbach
- Hauptabwasserleitung

Im Rahmen dieser Arbeit wird nur das Potential vom Überschusswasser Bärenacker, das Dorfquellenwasser und das Grundwasser genauer untersucht.

Für die Nutzung mit der Wärmepumpe stellt sich die Frage nach der zeitlichen Verfügbarkeit der Wärmequellen. Wir gehen davon aus, dass die Wärmepumpen vor allem nachts, im Niedertarif betrieben werden.



## Überschusswasser Reservoir Bärenacker

Die durchschnittlich verfügbare Jahresmenge wurde bereits in Abbildung 3 aufgezeigt. Nutzbar davon ist die in den Wintermonaten und nachts anfallende Wassermenge.

In Abbildung 4 ist das durchschnittlich, monatliche Überschusswasser 1994 – 2004 dargestellt. In den Wintermonaten stehen im mehrjährigen Durchschnitt rund 800 l/min zur Verfügung. In extrem trockenen Monaten kann sich der Monatsdurchschnitt jedoch auf 347 l/min reduzieren.

### Durchschnittliches Überschusswasser 1994 - 2004

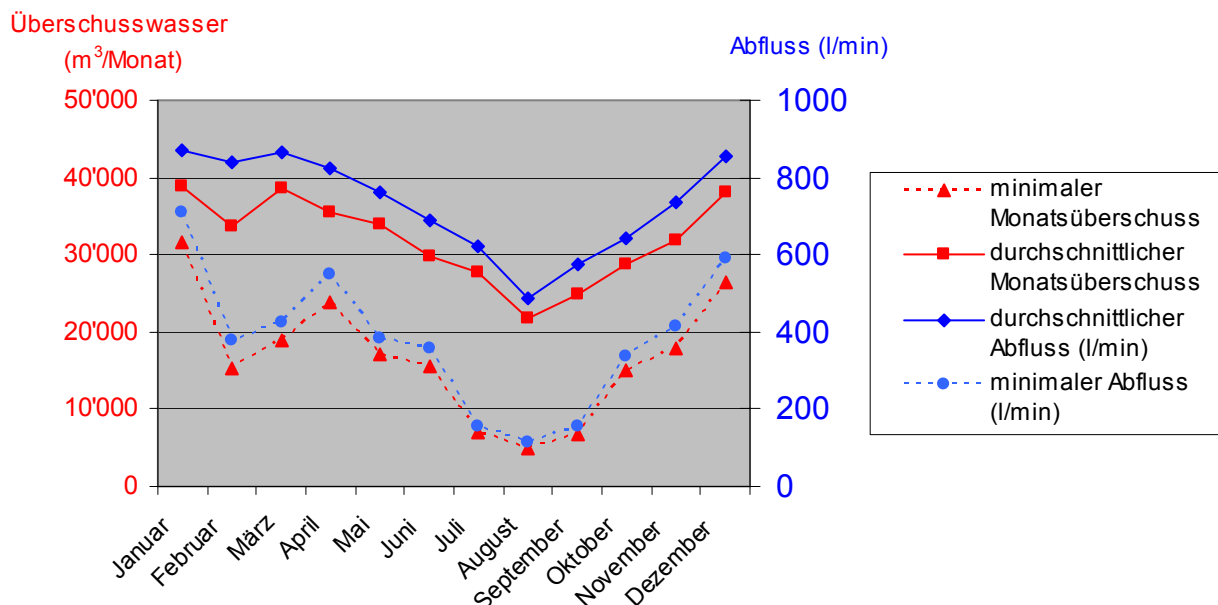


Abbildung 5: Diagramm durchschnittlich, monatliches Überschusswasser 1994 – 2004

### Minimale Überschussmengen

In den Wintermonaten 1994-2004 wurden folgende minimale monatliche Überschussmengen aufgezeichnet.

Oktober	2000	15123 m <sup>3</sup>	(338 l/min)	Januar	2002	31672 m <sup>3</sup>	(709 l/min)
November	1997	17964 m <sup>3</sup>	(295 l/min)	Februar	1996	15225 m <sup>3</sup>	(377 l/min)
Dezember	1995	26378 m <sup>3</sup>	(590 l/min)	März	1998	18922 m <sup>3</sup>	(423 l/min)

Die minimalen Tagesdurchschnitte liegen noch etwas tiefer.

Z.B. am 2. Oktober 2000 Tagesdurchschnitt 222 l/min

### Fazit

Trotz des relativ grossen durchschnittlich, monatlichen Überschusswassers von 800 l/min in den Wintermonaten wird an einzelnen Tagen wenig Wasser für die Turbine und die Wärmepumpe zur Verfügung stehen. Beim Heizungskonzept ist diesem Umstand unbedingt Rechnung zutragen.

### Tagesschwankungen

Durch die Tagesschwankungen im Wasserverbrauch steht nachts grundsätzlich etwas mehr Wasser für die Wärmepumpe zur Verfügung. Der Wasserverbrauch von Welschenrohr reduziert sich in der Nacht bis auf ca. 170 l/min. Ausgehend vom Durchschnittsverbrauch von 270 l/min stehen somit nachts zur Niedertarifzeit ca. 100 l/min mehr zur Verfügung.



## Dorfquellenwasser

Das Wasser der Dorfquellen wird in den beiden Reservoirs Weiherlisboden 100 m<sup>3</sup> und Schlangenflüeli 50 m<sup>3</sup> gesammelt. Für die Wasserversorgung sind diese beiden Reservoirs heute nicht mehr von Bedeutung. Für die Versorgung der Wärmepumpen und auch für die Turbinierung könnten sie jedoch den Tageszufluss speichern und bei Bedarf der Turbine und den Wärmepumpen zur Verfügung stellen. Um Angaben über das Nutzungspotential machen zu können müssten zuerst die Quelldaten erfasst werden.

## Grundwasser

Das Grundwasser kann entweder vom Grundwasserpumpwerk "Schürematt" bezogen, zur Wärmepumpe geführt, abgekühlt und über das Grundwasserpumpwerk "Mühlacker" wieder versickert oder der Dünnern zugeführt werden. Die Infrastrukturanlagen wie Pumpen und Leitungen sind weitgehend vorhanden. Pumpversuche haben gezeigt, dass 200 bis 300 l/min über lange Zeit bezogen werden können. Die Versickerungsleistung vom Grundwasserbrunnen "Mühlacker" müsste mit einem Versuch ermittelt werden.

## Rechtliche Situation

Für die Entnahme und Rückführung von Grundwasser zu Heizzwecken ist eine kantonale Bewilligung erforderlich. Dazu ist ein Nutzungsgesuch beim Kanton einzureichen. Gemäss Angaben der zuständigen kantonalen Fachstelle darf wiederversickertes Grundwasser nicht mehr für die Wasserversorgung genutzt werden. Dies bedeutet, dass der Grundwasserbrunnen "Mühlacker" entweder für die Wasserversorgung oder für die Versickerung, genutzt werden kann, nicht aber für beides.

## Gebühren, Entnahme von Grundwasser (Jahreskosten)

Kategorie C:

Nutzung für industrielle und gewerbliche Zwecke, Wasserabgabe in die Dünnern.

- |  |       |     |
|--|-------|-----|
| • Wasserrechtszins, pro Minutenliter       | 4.-   | Fr. |
| • Wasserverbrauchszins, pro m <sup>3</sup> | 0.02  | Fr. |
| mindestens                                 | 400.- | Fr. |

Kategorie D:

Nutzung für Wärmepumpe (heizen oder kühlen) bei Wiederversickerung im Bohrloch "Mühlacker".

- |  |       |     |
|--|-------|-----|
| • Wasserrechtszins, pro Minutenliter       | 1.-   | Fr. |
| • Wasserverbrauchszins, pro m <sup>3</sup> | 0.005 | Fr. |
| mindestens                                 | 300.- | Fr. |

## Fazit

Mit dem vorhandenen Überschusswasser vom Reservoir Bärenacker und bei erhöhter Einspeisung von Gänsbunnen kann den Wärmepumpen in den Wintermonaten nachts meistens 800 l/min für die Wärmegegewinnung zur Verfügung gestellt werden.

Diese Aufzeichnungen und Berechnungen basieren auf Monatsangaben. Es kann nicht garantiert werden, dass diese Werte bei extremer Trockenheit täglich erreicht werden.

Genügt das Quellwasser für die Versorgung der Wärmepumpe nicht, könnten 200- 300 l/min Grundwasser unter Einhaltung der kantonalen Auflagen bereitgestellt werden.



## Konzept

### TRINKWASSERKRAFTWERK MÜHLACKER

Der Überlauf vom Reservoir Bärenacker und der Verwurf der Gräbli- und Duftbrunnenquelle werden heute in einem Sammelschacht ausserhalb vom Reservoir gesammelt und über eine Freispiegelleitung dem Bach, der zugeführt. Dieses Wasser soll neu, über die Transportleitung einer ca. 81 m tiefer gelegenen Turbine zugeführt und für die ökologische Stromproduktion genutzt werden. Das Abwasser der Turbine soll als Wärmelieferant für die Wärmepumpen genutzt werden.

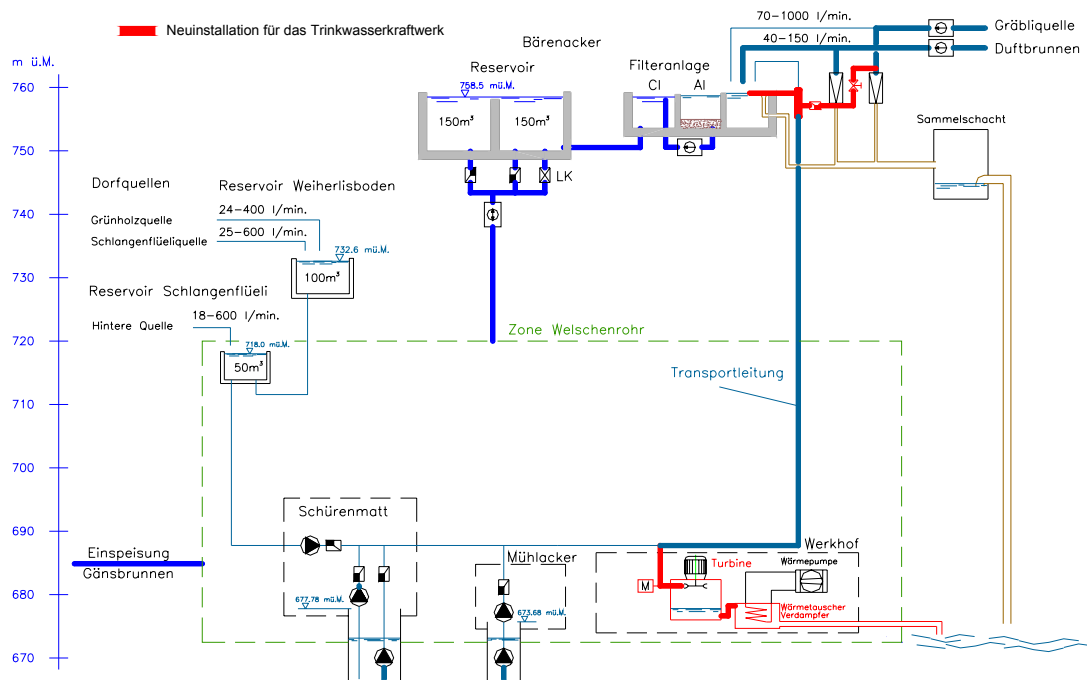


Abbildung 6: Schema Wasserversorgung, Einbindung von Turbine und Wärmepumpe

### DORFQUELLEN

Die Dorfquellen können aufgrund des kleinen Leitungsquerschnitts nicht wirtschaftlich für die Stromproduktion genutzt werden.

Für die Versorgung der Wärmepumpe schlagen wir trotzdem vor, vom Grundwasserpumpwerk Mühlacker zum Verdampfer zwei zusätzliche Leitungen einzubauen. Damit besteht die Möglichkeit das Dorfquellenwasser oder das Grundwasser vom Bohrloch Mühlacker als Wärmelieferant zu nutzen.

### EINSPEISUNG GÄNSBRUNNEN

Die Einspeisung von Gänsbrunnen soll wesentlich erhöht werden. Die Aufbereitungskosten mit der automatischen Filteranlage in Gänsbrunnen sind aufgrund der Lohnkosten kleiner wie mit der manuell betriebenen Filteranlage "Bärenacker" in Welschenrohr. Zudem wird der Ertrag bei Turbine und Wärmepumpe erhöht. Die Einspeisung soll nur soweit erhöht werden, dass kein aufbereitetes Wasser dem Verwurf zugeführt wird und die Versorgung der höher gelegenen Kunden noch gewährleistet ist. Abklärungen diesbezüglich sollten unbedingt vor Ausführungsbeginn gemacht werden.



## **EINBINDUNG DER WÄRMEPUMPEN**

Für die vier bivalent betriebenen Luft-Wasser Wärmepumpen im Mehrzweckgebäude wird zur Zeit, aufgrund technischer Probleme, ein Sanierungskonzept erarbeitet. Eine erste Analyse zeigt, dass die Betriebstemperaturen der Wärmepumpen aufgrund der hydraulischen Einbindung in die Heizungsanlage viel zu hoch sind. Die Kompressoren erreichen eine Lebensdauer von nur wenigen tausend Betriebsstunden.

Die Entnahme von Wärme aus der Luft ist generell problematisch. Einerseits vereisen die Wärmetauscherflächen an den Verdampfern und müssen ab und zu wieder beheizt werden, andererseits nimmt die Leistungsziffer mit sinkender Lufttemperatur ab. Je tiefer die Lufttemperatur desto mehr wird die Wärmepumpe zur Elektroheizung. Dies ist der Grund für den bivalenten Betrieb.

Das Abwasser der Turbine hat auch bei sehr tiefen Lufttemperaturen immer noch eine Temperatur von ca. 8°C und kann problemlos um ca. 3-4°C abgekühlt werden. Sofern genügend Wasser vorhanden ist, kann damit die Wärmepumpe monovalent betrieben werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Wasserdargebotsdaten erarbeitet und für weitergehende Untersuchungen betreffend Wärmepumpeneinbindung zur Verfügung gestellt.



## Projekt

### ANPASSUNGEN IN DER FILTERANLAGE BÄRENACKER

Der Verwurf der Gräbliquelle und der Überlauf vom Reservoir und der Filteranlage sollen neu über die Transportleitung der Turbine zugeführt werden. Die dazu notwendigen Änderungen sind im nachfolgenden Schema eingezeichnet.

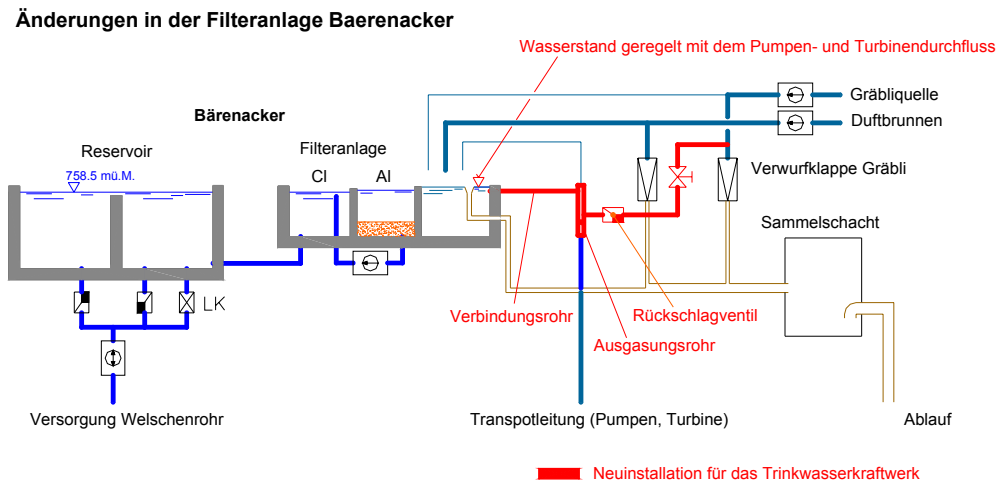


Abbildung 7: Schema Änderungen in der Filteranlage Bärenacker

### Turbinenbetrieb

Das Wasser der Gräbliquelle wird aufgrund seiner Trübung nur in zweiter Priorität und nur nach Bedarf der Wasseraufbereitung zugeführt. Der Rest gelangt neu über das Ausgasungsrohr direkt in die Transportleitung. Überschüssiges Wasser im Einlaufbecken wird über das Verbindungsrohr ebenfalls der Transportleitung zugeführt. Der Wasserstand im Einlaufbecken wird mit dem Turbinendurchfluss geregelt. Im Störfall schliesst das Ventil der Turbine und der Zufluss wird geregelt wie bis anhin. Bei einem Rohrbruch in der Transportleitung kann mit einem Handschieber das Abfließen des Gräbliquellenwassers verhindert werden.

### Pumpenbetrieb

Der Pumpenbetrieb ist erforderlich in Trockenperioden, wenn die Quellschüttung von Duftbrunnen, Gräbliquelle und Stollenquelle (Gänsbrunnen) nicht mehr für die Wasserversorgung ausreicht. In diesem Fall nehmen anstelle der Turbine ein- oder mehrere Pumpen den Betrieb auf und versorgen die Filteranlage mit Grundwasser oder mit dem Dorfquellenwasser. Eine Leitungsumstellung ist nicht erforderlich. Die Verwurfklappe Gräbli und das Ventil der Turbine bleiben geschlossen.

Starke Niederschläge verursachen meist eine starke Trübung der Gräbliquelle. Die Aufbereitung wird sehr aufwendig. In diesem Fall wird die Gräbliquelle verworfen und nach Bedarf Grundwasser gepumpt. Die Verwurfklappe Gräbli wird geöffnet. Das Rückschlagventil verhindert das Abfließen des gepumpten Wassers durch den Gräbliverwurf.

## LEITUNGEN ZUM TURBINENSTANDORT

### Druckleitung Bärenacker

Wie bereits erwähnt wurde die Transportleitung bis ca. 35 m vor das Grundwasserpumpwerk Mühlacker neu erstellt. Das letzte Teilstück zum Grundwasserpumpwerk Mühlacker weist einen reduzierten Querschnitt auf (PE 110/90). Dieses Teilstück verursacht aufgrund seines engen Querschnittes eine Minderleistung von ca. 0.5 kW<sub>el</sub> oder einen jährlichen Energieverlust von ca. 1800 kWh (270.- Fr/a).

Um diesen Engpass zu beheben, soll die Druckleitung ab der neu erstellten Transportleitung bis zur Turbine neu erstellt werden.





## TURBINENSTANDORT

Der Turbinenstandort hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Mehrere Standorte werden deshalb genauer untersucht und auch im Zusammenhang mit der Wärmepumpen-anbindung einander gegenübergestellt.

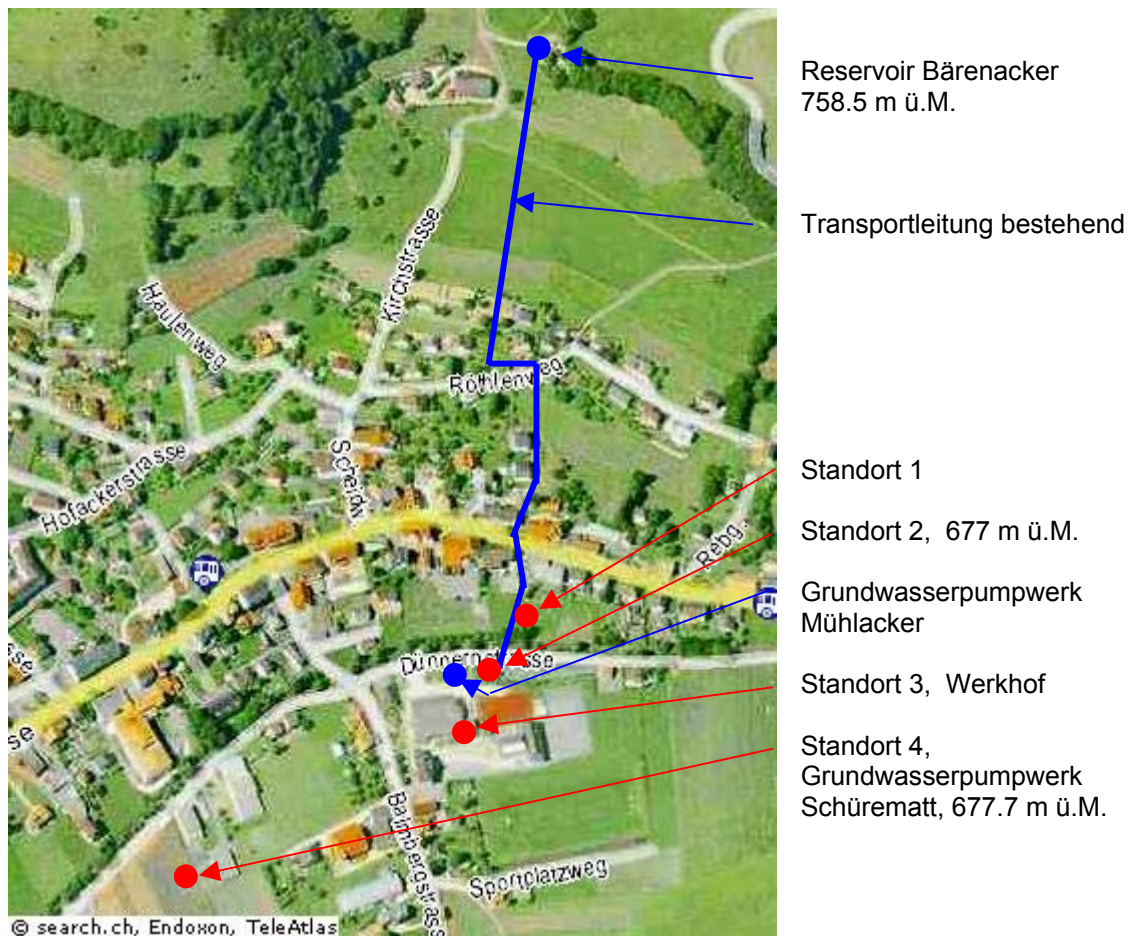


Abbildung 8: Kartenausschnitt von Welschenrohr (Transportleitung, mögliche Turbinenstandorte)

### Standort 1 (nördlich der Dünnern)

Dieser Standort ist energetisch gesehen der ideale Standort. Er hat aufgrund der Fallhöhe und der Rohrreibungsverluste den grössten Energieertrag.

Vorteile:

- Energetisch optimal
- Die Leitungsanschlüsse für Wasser, Abwasser, Strom und Signalkabel können problemlos realisiert werden

Nachteile:

- Das unterirdische Turbinenhaus muss neu erstellt werden
- Eine Zufahrtsstrasse ist nicht vorhanden
- Der Standort liegt ausserhalb der Bauzone
- Das Grundstück ist Privateigentum
- Die Leitungen für die Wärmepumpeneinbindung müssten zusätzlich erstellt werden

Aufgrund dieser gravierenden Nachteile wird dieser Standort nicht weiter untersucht.





### **Standort 2 (südlich der Dünnern)**

Die energetischen Verluste gegenüber dem Standort 1 sind relativ gering.

#### Vorteile

- Der Standort 2 liegt energetisch gesehen günstig
- Die Leitungsanschlüsse für Wasser, Abwasser, Strom und Signalkabel können mit vernünftigen Aufwand realisiert werden
- Das Grundstück ist Eigentum der Einwohnergemeinde
- Die Zufahrtsstrasse ist vorhanden

#### Nachteile

- Das unterirdische Turbinenhaus muss neu erstellt werden
- Der Standort liegt im Grenzbereich zwischen den Schutzzone S1 und S2b und braucht somit eine spezielle Baubewilligung
- Die Leitungen für die Wärmepumpeneinbindung müssten zusätzlich erstellt werden

### **Standort 3 (Verdampferraum im Mehrzweckgebäude)**

Für die Einbindung der Wärmepumpe ist dieser Standort ideal. Die energetischen Verluste sind bescheiden.

#### Vorteile

- Das Turbinenhaus muss nicht erstellt werden
- Das Gebäude ist Eigentum der Einwohnergemeinde
- Die Zufahrtsstrasse ist vorhanden
- Der Zugang für Unterhalt und Überwachung ist ideal

#### Nachteile

- Die Leitungsanschlüsse für Wasser, Abwasser und Signalkabel müssen auf einer Länge von ca. 75 m neu erstellt werden

### **Standort 4 (Pumpwerk Schürematt)**

#### Vorteile

- Das Turbinenhaus ist vorhanden
- Das Gebäude ist Eigentum der Einwohnergemeinde
- Die Zufahrtsstrasse ist teilweise vorhanden
- Der Zugang für Unterhalt und Überwachung ist geeignet

#### Nachteile

- Die Abwasserleitung muss auf einer Länge von ca. 80 m neu erstellt werden
- Ein ca. 350 m langer Druckrohranteil weist einen kleineren Querschnitt auf (PE 110/90) dadurch geht fast 1/3 des Ertrags verloren
- Die Einbindung der Wärmepumpe ist nicht denkbar.

Aufgrund dieser gravierenden Nachteile wird dieser Standort nicht weiter untersucht.

### **Fazit**

Bei Einbindung der Wärmepumpe erachten wir den Standort 3 als ideal. Die Leitungen können für Turbine und Wärmepumpe genutzt werden. Ohne Wärmepumpeneinbindung ist der Standort 2 vorzuziehen.



## ANPASSUNGEN BEIM TURBINENSTANDORT

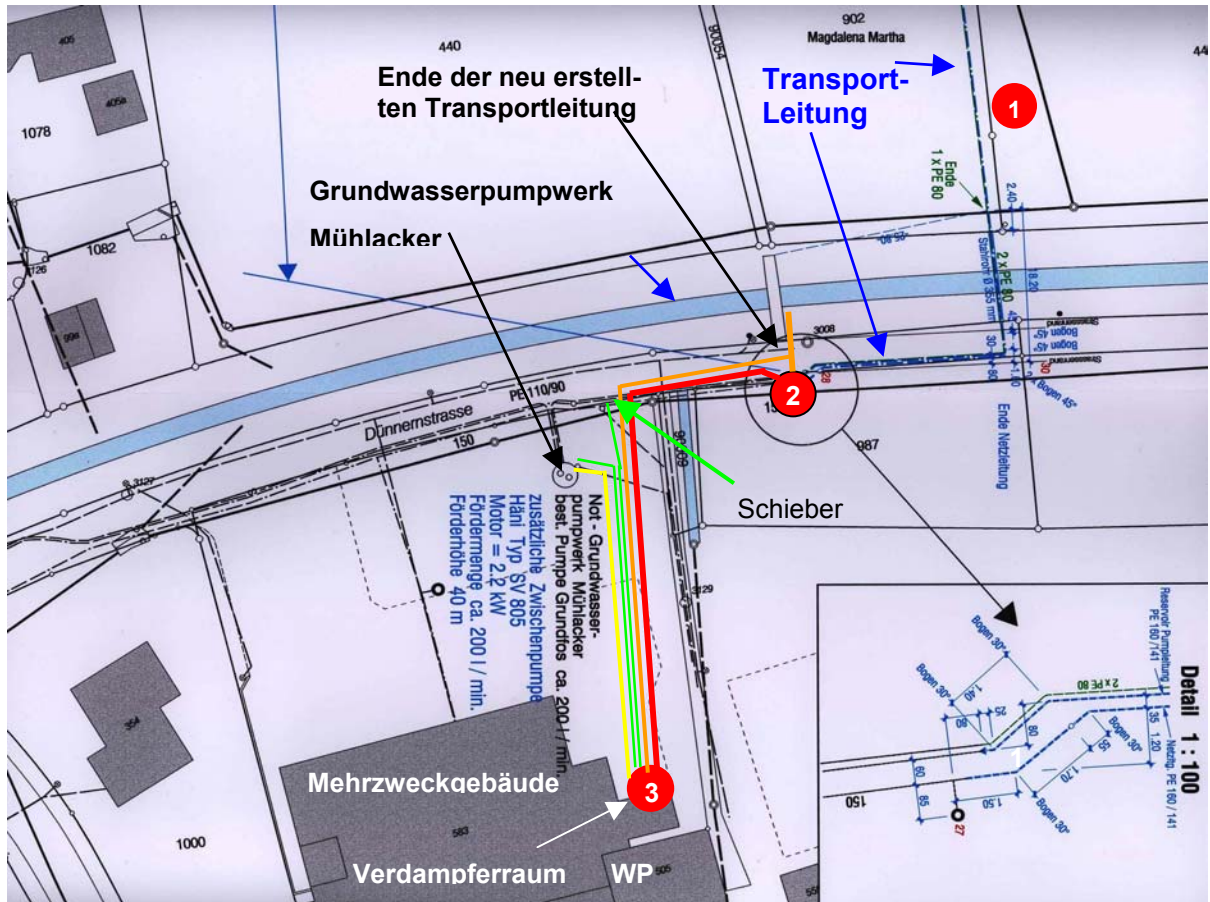


Abbildung 9 Planausschnitt Turbinenstandorte 1, 2 und 3, Leitungsführung.

Legende:

- Neu zu erstellende Druckleitung für den Standort 3
- Neu zu erstellende Ablaufleitung
- Signalleitung neu
- Zusatzleitungen zur Nutzung der Dorfquellen und Grundwasserbrunnen

### Ablaufleitung

Die bestehenden Ablaufleitungen weisen für die Turbinierung zu kleine Querschnitte auf. Vom Turbinenstandort zur Dünnern muss die Leitung neu verlegt werden. Die Abflussmenge beträgt maximal 1500 l/min. Bei einem Gefälle von 1% schlagen wir ein Abflussrohr (PVC  $\varnothing$  180 mm) vor.

### Elektrische Leitungen

Eine Signalleitung für die Wasserstandsübertragung vom Reservoir "Bärenacker" zum Grundwasserpumpwerk "Mühlacker" ist vorhanden. Zum Turbinenstandort 3 (Verdampferraum) müssen die Leitungen neu verlegt werden. Für den Standort 2 (südlich der Dünnern) sind die Schutzrohre bereits vorhanden. Die Leitungen bis zum Mühlacker können eingezogen werden.



## TURBINENANLAGE

Bei Einbindung der Wärmepumpe muss das Abwasser der Turbine, für die Durchströmung vom Wärmetauscher, einen Gegendruck aufweisen. Mit der neu entwickelten Pelton- Gegendruckturbine besteht diese Möglichkeit.

Wir schlagen vor eine solche Turbine einzubauen. Genaue Berechnungen im Anhang 1a und 2a.

Die wichtigsten technische Daten:

### Turbine

- Leistung 11 kW
- Düsenzahl 2 Stück
- Gegendruck maximal 1 bar

Diese Turbine ist an beiden Standorten einsetzbar.

### Generator

- Generator Typ asynchron
- Drehzahl 1030 U/min
- Baugrösse 180 L6
- Spannung 3x 400 V
- Leistung 14 kVA

### Steuerung

Netzparallel-Schaltanlage NPA mit Turbinensteuerung zu 2-düsiger Pelton Turbine und Wasserstandsregelung. Eingebaut in Stahlblechschrank.



## Wirtschaftliche Machbarkeit

Die wirtschaftliche Machbarkeit soll für beide Turbinenstandorte aufgezeigt werden.

### GESTEHUNGSKOSTEN DER WASSERKRAFTNUTZUNG

Die Gestehungskosten sind im Anhang 1c und 2c detailliert aufgeführt.

#### Kostenzusammenstellung

##### *Turbinenstandort 2*

Investitionen	110'600.-	Fr.
Jahreskosten		
• Kapital	5'682.-	Fr/a
• Unterhalt	3'000.-	Fr/a
Gestehungskosten	0.150	Fr./kWh

##### *Turbinenstandort 3*

Gesamtinvestitionen	128'200.-	Fr.
Anteil Wärmepumpenprojekt	-20'000.-	Fr.
Investitionsanteil Trinkwasserkraftwerk	108'200.-	Fr.
Jahreskosten		
• Kapital	5'559.-	Fr/a
• Unterhalt	3'000.-	Fr/a
Gestehungskosten mit Wärmepumpeneinbindung	0.148	Fr./kWh
Gestehungskosten ohne Wärmepumpeneinbindung	0.168	Fr./kWh

### ERLÄUTERUNGEN ZU DEN GESTEHUNGSKOSTEN

Beim Turbinenstandort 3 wurde die Hälfte der Rohrleitungskosten von 20'000.- Fr. dem Wärmepumpenprojekt zugeschrieben.

### RÜCKSPEISETARIF

Der Gesetzlich garantierte Rückspeisetarif beträgt zur Zeit 0.15 Fr./kWh. Es besteht die Möglichkeit für Ökostromlieferungen einen etwas höheren Tarif zu erhalten. Im Gegenzug müssten dann die Zertifizierungskosten übernommen werden.

### WIRTSCHAFTLICHE ÜBERLEGUNGEN ZUR WÄRMEPUMPENEINBINDUNG

Der Umbau zu Wasser-Wasser Wärmepumpen ermöglicht den ganzjährigen Betrieb. Die Betriebsdauer und die Effizienz der Anlage erhöht sich wesentlich. Mit einem entsprechenden Wärmespeicher können die Betriebszeiten in die Niedertarifzeit verlegt werden.

### Sparpotential energetisch

Mit einer angenommenen durchschnittlich verfügbaren Wassermenge von 600 l/min und einer Temperaturabsenkung um 4°C kann eine Heizleistung von 167 kW zur Verfügung gestellt werden. Rechnen wir die elektrische Antriebsleistung von 110 kW bei einer Leistungsziffer von 2.5 dazu, ergibt dies eine Heizleistung von 277 kW.

In vier Wintermonaten kann die Wärmepumpe in Niedertarifzeiten ca. 1000 Betriebsstunden erreichen. Somit können ca. 277'000 kWh Wärmeenergie (entsprechend 24'300 kg Heizöl) mit dem Überschusswasser zur Verfügung gestellt werden.



## **Sparpotential finanziell**

Zum Antreiben der Wärmepumpe müssen 110'000 kWh elektrische Energie zu 0.11 Fr/kWh eingekauft werden. Dies verursacht Energiekosten von 12'100.- Fr. pro Jahr. Das substituierte Heizöl von 24'300 kg zu 0.70 Fr/kg würde pro Jahr 17'000.- Fr kosten. Somit können Jährlich 4'900.- Fr. Energiekosten eingespart werden. Diese jährlichen Einsparungen rechtfertigt den Umbau zur Wasser-Wasser Wärmepumpe mit einem Investitionsbetrag von rund 58'000.- Fr., bei einem Zins von 3% und einer Abschreibungsdauer von 15 Jahren.

Diese überschlägige Kostenrechnung zeigt das Sparpotential im groben Rahmen. Weitergehende Abklärungen sind nicht Gegenstand dieses Vorprojekts.

## **Rechtliche Machbarkeit**

### **EIGENTUMSVERHÄLTNISSE**

Eigentümerin der Grundstücke mit den beiden Turbinenstandorten 2 und 3 ist die Einwohnergemeinde Welschenrohr. Dasselbe gilt für die Grundstücke mit den neu zu erstellenden Leitungen.

### **KANTONALE AUFLAGEN**

Einschränkungen bestehen betreffend der Grundwasserschutzzonen S1 und S2b. Gemäss Angabe der kantonalen Behörden ist für den Einbau ins Grundwasser (Schutzzone S2b) eine Ausnahmegewilligung erforderlich. Für die Schutzzone S1 kann keine Bewilligung erteilt werden. Da es sich bei den vorgesehenen Bauten in der Schutzzone S1 lediglich um die Erweiterung bereits bestehender Grund- und Quellwasserleitungen handelt, sehen wir durchaus Chancen für eine Realisierung. Sobald der Standort festgelegt ist können die entsprechenden Bewilligungen eingeholt werden.

### **ABKLÄRUNGEN GRUNDWASSERNUTZUNG**

Die Grundwassernutzung zur Wärmegewinnung ist gemäss Angabe der kantonalen Behörden gebührenpflichtig und bedarf einer Entnahmekonzession. Die Chancen eine Konzession zu erhalten sind durchaus gegeben. Bei Wiederversickerung im Grundwasserbrunnen "Mühlacker" dürfte dieser nicht mehr für die Wasserversorgung genutzt werden.

## **Weiteres Vorgehen**

Für das weitere Vorgehen ist ein Grundsatzentscheid über die doppelte Nutzung des Überschusswassers mit Turbine und Wärmepumpe notwendig. Werden die bestehenden Luft-Wasser Wärmepumpen umgebaut zu Wasser-Wasser Wärmepumpen, bietet der Standort 3 ideale Verhältnisse zur Einbindung der Wärmepumpe. Die Ausführungsplanung müsste in diesem Fall für beide Projekte koordiniert erfolgen.

Wird das Überschusswasser nicht für die Heizungsanlage genutzt, ist der Turbinenstandort 2 kostengünstiger.



## Schlussbetrachtungen

Mit dem vorliegenden Vorprojekt sind nach Ansicht des Projektverfassers alle Abklärungen, Vorarbeiten und Grundlagen betreffend dem Trinkwasserkraftwerk für die weitere Entscheidungsfindung erarbeitet.

Für den Entscheid zur Einbindung der Wärmepumpe bedarf es weiterer Abklärungen. Diese werden teilweise im Rahmen der Schadensanalyse betreffend der Wärmepumpen bereits erarbeitet. Die weitergehenden Abklärungen zum Umbau der Wärmepumpenanlage sind noch hängig.

Die Mehrfachnutzung in der Anlagekombination Wasserversorgung, ökologische Stromproduktion und Wärmenutzung kann einen kleinen Teil zur Lösung unserer Umwelt- und Energieprobleme beitragen.

Der Projektverfasser hofft, dass diese innovative Anlage schon bald realisiert wird und auf ökologische Art, Strom und Wärme produziert werden kann.

Langenbruck, im März 2006

Sachbearbeiter: Bruno Schindelholz

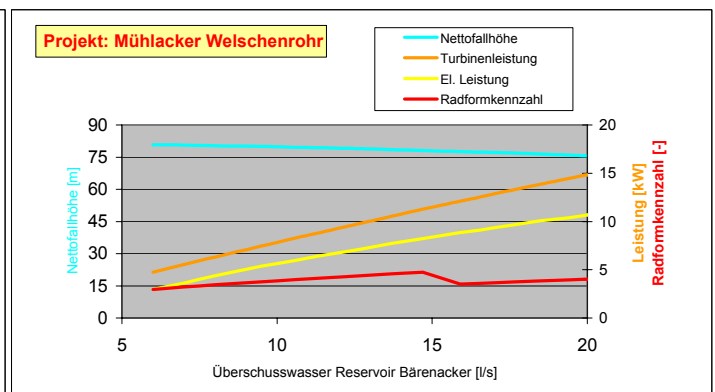
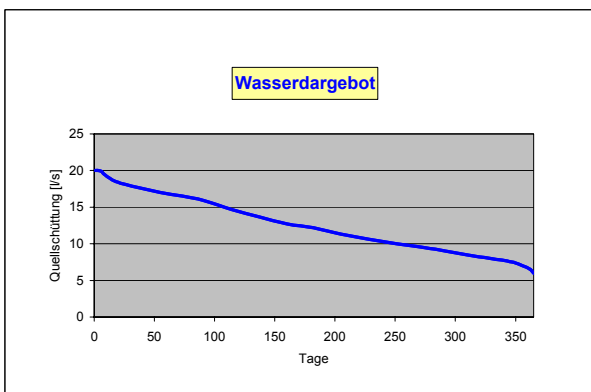
Der Projektverfasser:

*stiftung revita*, Langenbruck



Anhang 1a Berechnung der Stromproduktion

Projekt: <b>Trinkwasserkraftwerk Mühlacker Welschenrohr Standort 2</b> (südlich der Dünnern)																																				
Quellen					Druckleitung					Gegendruckturbine					Generator																					
Reservoir Bärenacker		758.5 m ü.M.			Leitungsabschnitte					Leitungslänge Total		Laufrad ø		345 mm			Nennleistung		11 kW																	
Höhe Turbinenstandort		675 m ü.M.			1 2 3 4 5					590 m		Wirkungsgrad		0.8 -			Drehzahl		1030 min <sup>-1</sup>																	
Höhe Wärmetauscher W		677 m ü.M.			590 0 0 0 0					Leitungslängen		Lufteintrag		0.48 -			Baugrösse		180																	
Bruttofallhöhe		81.5 m			160 160 160 110 110					Aussen ø		Sättigungskonstante		3E-05 kg <sub>Luft</sub> /(kg <sub>H2O</sub> *bar)																						
Gegendruck		0.20 bar			9.5 9.5 9.5 5 5					Wandstärke		(Lufteintragskonstante)																								
Dichte von Wasser		1000 Kg/m <sup>3</sup>			141 141 141 100 100					Innen ø		Wirkungsgrad Luftpfeintrag		1 -																						
Dyn. Zähigkeit Wasser		0.0013 Ns/m <sup>2</sup>																																		
Tage		Quellschüttungen				Verlusthöhen					Nettofallhöhe		Hydr. Nettoleistung		Drehzahl		Radformkennzahl		Anz. Düsen		Turbinenleistung		erf. Luftpfeintrag		Luftpfeintragleistung (isotherm)		Turbinenleistung mit Gegendruck		Lastebereich		Wirkungsgrad		Leistung el.		Ertrag el.	
d	l/s	l/s	l/min	m <sup>3</sup>	l/s	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4	Abschnitt 5	Total	Hn [m]	kW	min <sup>-1</sup>	-	-	kW	kg/s	kW	kW	%	-	kW	kWh												
1	20.0	0	1200	1728.0	20.0	5.86	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86	75.64	14.84	1024	4.0	2	11.87	1E-04	0.01	11.86	107.9	0.90	10.67	256												
3	20.0	0	1200	3456.0	20.0	5.86	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86	75.64	14.84	1024	4.0	2	11.87	1E-04	0.01	11.86	107.9	0.90	10.67	512												
6	19.9	0	1194	5158.1	19.9	5.81	0.00	0.00	0.00	0.00	5.81	75.69	14.78	1024	4.0	2	11.82	0.00010	0.01	11.81	107.5	0.90	10.63	765												
9	19.4	0	1164	5028.5	19.4	5.55	0.00	0.00	0.00	0.00	5.55	75.95	14.45	1026	3.9	2	11.56	0.00010	0.01	11.55	105.1	0.90	10.40	749												
18	18.5	0	1110	14385.6	18.5	5.09	0.00	0.00	0.00	0.00	5.09	76.41	13.87	1029	3.8	2	11.09	0.00009	0.01	11.08	100.8	0.91	10.08	2178												
36	17.7	0	1062	27527.0	17.7	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00	4.71	76.79	13.33	1031	3.7	2	10.67	0.00009	0.01	10.66	97.0	0.91	9.69	4184												
55	17.0	0	1020	27907.2	17.0	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	4.38	77.12	12.86	1034	3.6	2	10.29	0.00008	0.01	10.28	93.5	0.91	9.34	4260												
73	16.5	0	990	25660.8	16.5	4.15	0.00	0.00	0.00	0.00	4.15	77.35	12.52	1035	3.6	2	10.02	0.00008	0.01	10.01	91.1	0.91	9.10	3929												
91	15.9	0	954	24727.7	15.9	3.88	0.00	0.00	0.00	0.00	3.88	77.62	12.11	1037	3.5	2	9.69	0.00008	0.01	9.68	88.0	0.92	8.85	3824												
114	14.7	0	882	29211.8	14.7	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	3.37	78.13	11.27	1040	4.8	1	9.01	0.00007	0.01	9.00	81.9	0.92	8.24	4548												
137	13.7	0	822	27224.6	13.7	2.96	0.00	0.00	0.00	0.00	2.96	78.54	10.56	1043	4.6	1	8.44	0.00007	0.01	8.44	76.8	0.92	7.72	4261												
160	12.7	0	762	25237.4	12.7	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	2.59	78.91	9.83	1046	4.4	1	7.86	0.00006	0.01	7.86	71.5	0.91	7.14	3942												
182	12.2	0	732	23189.8	12.2	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	79.09	9.47	1047	4.3	1	7.57	0.00006	0.01	7.56	68.8	0.91	6.88	3630												
205	11.3	0	678	22455.4	11.3	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	79.39	8.80	1049	4.1	1	7.04	0.00006	0.01	7.03	64.0	0.91	6.39	3529												
228	10.6	0	636	21064.3	10.6	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	79.61	8.28	1050	4.0	1	6.62	0.00005	0.01	6.62	60.2	0.90	5.95	3287												
251	10.0	0	600	19872.0	10.0	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	79.80	7.83	1051	3.9	1	6.26	0.00005	0.01	6.26	56.9	0.90	5.63	3108												
274	9.5	0	570	18878.4	9.5	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56	79.94	7.45	1052	3.8	1	5.96	0.00005	0.01	5.95	54.2	0.90	5.36	2958												
292	9.0	0	540	13996.8	9.0	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	80.08	7.07	1053	3.7	1	5.66	0.00004	0.01	5.65	51.4	0.89	5.03	2172												
310	8.5	0	510	13219.2	8.5	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	80.22	6.69	1054	3.5	1	5.35	0.00004	0.01	5.35	48.6	0.88	4.70	2032												
329	8.0	0	480	13132.8	8.0	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	80.35	6.31	1055	3.4	1	5.04	0.00004	0.01	5.04	45.9	0.87	4.38	1999												
347	7.5	0	450	11664.0	7.5	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	80.47	5.92	1056	3.3	1	4.74	0.00004	0.00	4.73	43.1	0.85	4.02	1737												
356	7.0	0	420	5443.2	7.0	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	80.59	5.53	1057	3.2	1	4.43	0.00003	0.00	4.42	40.2	0.82	3.63	783												
362	6.5	0	390	3369.6	6.5	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	80.70	5.15	1057	3.1	1	4.12	0.00003	0.00	4.11	37.4	0.80	3.29	474												
365	6.0	0	360	1555.2	6.0	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	80.80	4.76	1058	3.0	1	3.80	0.00003	0.00	3.80	34.6	0.78	2.96	213												
<b>Jahresabfluss</b>		<b>385093 m3</b>										<b>Jahresenergieertrag kWh</b>												<b>59333</b>												



## Anhang 1b Kostenzusammenstellung Standort 2

Bauvorhaben	<b>Wasserversorgung Welschenrohr Trinkwasserkraftwerk Mühlacker</b>	Projekt-Nr.	101334
		Verfügung Nr.	151589
		Datum	28.02.2006
		Referenz	bsch
Bauherrschaft	Gemeinde Welschenrohr Gemeindeverwaltung Hauptstrasse 550 4716 Welschenrohr	Tel.	032 639 50 50
		Fax	032 639 50 50
Bauleitung	<i>stiftung revita</i> Schwengistasse 12 4438 Langenbruck	Tel.	062 387 31 34
		Fax	062 390 16 40
		MWST-Nr.	592 294

Bezeichnung		Betrag
<b>Gesamttotal</b>		<b>110'600.00</b>
1	<b>Vorbereitungsarbeiten</b>	<b>15'000.00</b>
2	<b>Umbau Filteranlage Bärenacker</b>	<b>7'800.00</b>
3	<b>Turbinenschacht</b>	<b>26'000.00</b>
4	<b>Leitungsbau</b>	<b>6'000.00</b>
5	<b>Turbinenanlage</b>	<b>38'200.00</b>
6	<b>Baunebenkosten</b>	<b>1'700.00</b>
7	<b>Ingenieurkosten</b>	<b>11'200.00</b>
8	<b>Unvorhergesehenes</b>	<b>4'700.00</b>





## Anhang 1c Kostenzusammenstellung Standort 2 (südlich der Dünner)

Bauvorhaben	<b>Wasserversorgung Welschenrohr</b> <b>Trinkwasserkraftwerk Mühlacker</b>	Projekt-Nr.	101334
		Verfügung Nr.	151589
		Datum	28.02.2006
		Referenz	bsch
Bauherrschaft	Gemeinde Welschenrohr Gemeindeverwaltung Hauptstrasse 550 4716 Welschenrohr	Tel.	032 639 50 50
		Fax	032 639 50 50
Bauleitung	stiftung revita Schwengistasse 12 4438 Langenbruck	Tel.	062 387 31 34
		Fax	062 390 16 40
		MWST-Nr.	592 294

### Gesamttotal

Bezeichnung		Betrag	<b>110'600.00</b>
<b>1</b>	<b>1 Vorbereitungsarbeiten</b>		<b>15'000.00</b>
	11 Bauprojekt	8000.00	
	12 Anteil Transportleitung	7000.00	
<b>2</b>	<b>2 Umbau Filteranlage Bärenacker</b>		<b>7'800.00</b>
	21 Ausgasungsrohr	800.00	
	22 Verbindungsrohr Verwurf	1'500.00	
	23 Rückschlagklappe	1'500.00	
	24 Handschieber	1'500.00	
	25 Verbindungsrohr Einlauf	500.00	
	26 Wasserstandssensor Montage, Verdrahtung	2'000.00	
<b>3</b>	<b>3 Turbinenschacht</b>		<b>26'000.00</b>
	31 Turbinenschacht	20'000.00	
	32 Signalleitung (Kabeleinzug)	2'000.00	
	33 Abwasserleitung Werkhof- Dünner (ohne Grabarbeiten)	4'000.00	
<b>3</b>	<b>4 Leitungsbau</b>		<b>6'000.00</b>
	41 Anschlussleitung zur Transportleitung	1'000.00	
	42 Signalleitung (Kabeleinzug)	2'000.00	
	43 Abwasserleitung Turbinenschacht Dünner	3'000.00	
<b>4</b>	<b>4 Turbinenanlage</b>		<b>38'200.00</b>
	42 Turbine und Leitapparate	18'000.00	
	43 Generator (11 kW)	3'000.00	
	44 Schaltanlage	9'000.00	
	45 Drucktransmitter	1'200.00	
	46 Elektroanschluss	5'000.00	
	47 Inbetriebnahme	2'000.00	
<b>5</b>	<b>5 Baunebenkosten</b>		<b>1'700.00</b>
	51 Bewilligungen, Gebühren	200.00	
	52 Versicherungen	500.00	
	53 Entschädigungen	1'000.00	
<b>6</b>	<b>6 Ingenieurhonorar</b>		<b>11'200.00</b>
	64 Ingenieurhonorar	11'200.00	
<b>6</b>	<b>7 Unvorhergesehenes</b>		<b>4'700.00</b>
	71 Risiko und Unvorhergesehenes	4'700.00	



## Anhang 1d

### Gestehungskosten der Wasserkraftnutzung Wasserversorgung Welschenrohr, TWK Mühlacker

**Standort 2**

stiftung revita

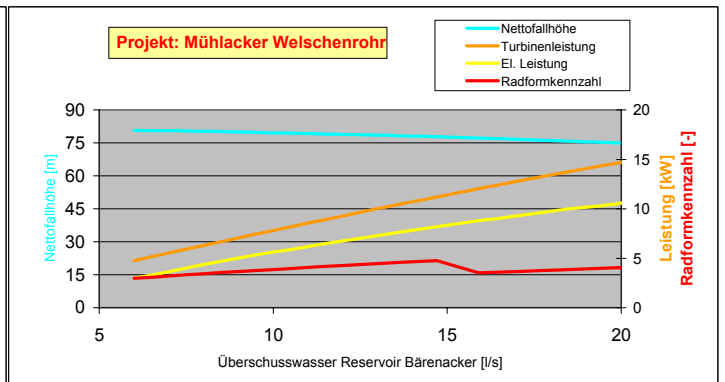
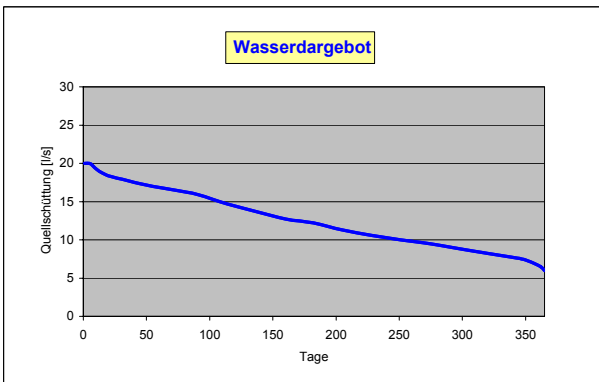
29.06.06

	Lebensdauer der Anlageteile in Jahren	Annuitätsfaktor	Annuität = Jahreskosten [CHF/a]	totale Kosten [CHF]	
allgemein gültiger Zins:		3 %			
<b>ERSTELLUNGSKOSTEN in CHF</b>					
1	Vorbereitungsarbeiten	30	0.0510	765	15'000
2	Umbau Filteranlage Bärenacker	30	0.0510	398	7'800
3	Turbinenschacht	30	0.0510	1'327	26'000
3	Leitungsbau	30	0.0510	306	6'000
4	Turbinenanlage	25	0.0574	2'194	38'200
<b>Total Erstellungskosten</b>				<b>93'000</b>	
durchschnittlicher Annuitätsfaktor		0.0537			
5	Baunebenkosten		91	1'700	
Projektmanagement und Ingenieurkosten		12% der Erstellungskosten	601	11'200	
Risiko und Unvorhergesehenes		5% der Erstellungskosten	252	4'700	
<b>Gesamttotal</b>				<b>110'600</b>	
Beiträge aus öffentlicher und privater Hand (Kanton)			252	4'700	
<b>Nettoaufwand (exkl. Mwst)</b>				<b>105'900</b>	
jährliche Kosten					
Unterhalt Personal, Versicherung, Reparaturen			2'000		
Unterhalt Material			1'000		
<b>Total Jahreskosten</b>			<b>8'682</b>		
<b>Stromproduktion [kWh/a]</b>				<b>58'000</b>	
<b>Stromgestehungskosten [CHF/kWh]</b>				<b>0.150</b>	
<b>ERTRAG I</b>					
Stromverkauf Wasserstrom		0.16 CHF/kWh	9'280		
<b>Gewinn</b>			<b>598</b>		
<b>ERTRAG II</b>					
Stromverkauf Naturstrom/Ökostrom		0.23 CHF/kWh	13'340		
<b>Gewinn</b>			<b>4'658</b>		



Anhang 2a Berechnung der Stromproduktion

Projekt: Trinkwasserkraftwerk Mühlacker Welschenrohr Standort 3 (Werkhof)																																																																																																				
Quellen						Druckleitung						Gegendruckturbine						Generator																																																																																		
Reservoir Bärenacker 758.5 m ü.M.						Leitungsabschnitte					Leitungslänge Total					Laufzeit						Nennleistung 11 kW																																																																														
Höhe Turbinenstandort 675 m ü.M.						1	2	3	4	5	665 m					Wirkungsgrad 0.8 -						Drehzahl 1030 min <sup>-1</sup>																																																																														
Höhe Wärmetauscher WF 677 m ü.M.						590	40	35	0	0	Leitungslängen m					Luft eintrag						Baugrösse 180																																																																														
Bruttofallhöhe 81.5 m						160	160	160	110	110	Aussen ø mm					Sättigungskonstante 3E-05 kg <sub>Luft</sub> /(kg <sub>H2O</sub> *bar)																																																																																				
Gegendruck 0.20 bar						9.5	9.5	9.5	5	5	Wandstärke mm					Wirkungsgrad Luft eintrag 1 -																																																																																				
Dichte von Wasser 1000 Kg/m <sup>3</sup>						141	141	141	100	100	Innen ø mm																																																																																									
Dyn. Zähigkeit Wasser 0.0013 Ns/m <sup>2</sup>																																																																																																				
Tage						Verlusthöhen																																																																																														
Quellschüttungen						Abschnitt 1					Abschnitt 2					Abschnitt 3					Abschnitt 4					Abschnitt 5					Total					Nettofallhöhe					Hydr. Nettoleistung					Drehzahl					Radformkennzahl					Anz. Düsen					Turbineleistung					erf. Luft eintrag					Luft eintragsleistung (isotherm)					Turbineleistung mit Gegendruck					Lastbereich					Wirkungsgrad					Leistung el.					Ertrag el.				
Überlauf Reservoir Bärenacker	Überlauf Reservoir Bärenacker	Abflussmenge	Total Turbinierung	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4	Abschnitt 5	Total	Nettofallhöhe	Hydr. Nettoleistung	Drehzahl	Radformkennzahl	Anz. Düsen	Turbineleistung	erf. Luft eintrag	Luft eintragsleistung (isotherm)	Turbineleistung mit Gegendruck	Lastbereich	Wirkungsgrad	Leistung el.	Ertrag el.																																																																														
d	l/s	l/min	m <sup>3</sup>	m	m	m	m	m	m	Hn [m]	kW	min <sup>-1</sup>	-	-	kW	kg/s	kW	kW	%	-	kW	kWh																																																																														
1	20.0	0	1200	1728.0	20.0	5.86	0.40	0.35	0.0	0.0	6.60	74.90	14.69	1019	4.0	2	11.76	1E-04	0.01	11.74	106.9	0.90	10.57	254																																																																												
3	20.0	0	1200	3456.0	20.0	5.86	0.40	0.35	0.0	0.0	6.60	74.90	14.69	1019	4.0	2	11.76	1E-04	0.01	11.74	106.9	0.90	10.57	507																																																																												
6	19.9	0	1194	5158.1	19.9	5.81	0.39	0.34	0.0	0.0	6.55	74.95	14.63	1019	4.0	2	11.71	0.00010	0.01	11.69	106.4	0.90	10.52	758																																																																												
9	19.4	0	1164	5028.5	19.4	5.55	0.38	0.33	0.0	0.0	6.25	75.25	14.32	1021	4.0	2	11.46	0.00010	0.01	11.44	104.1	0.90	10.30	742																																																																												
18	18.5	0	1110	14385.6	18.5	5.09	0.35	0.30	0.0	0.0	5.74	75.76	13.75	1024	3.9	2	11.00	0.00009	0.01	10.99	100.0	0.91	10.00	2160																																																																												
36	17.7	0	1062	27527.0	17.7	4.71	0.32	0.28	0.0	0.0	5.30	76.20	13.23	1027	3.8	2	10.58	0.00009	0.01	10.57	96.2	0.91	9.61	4152																																																																												
55	17.0	0	1020	27907.2	17.0	4.38	0.30	0.26	0.0	0.0	4.93	76.57	12.77	1030	3.7	2	10.22	0.00008	0.01	10.20	92.9	0.91	9.28	4230																																																																												
73	16.5	0	990	25660.8	16.5	4.15	0.28	0.25	0.0	0.0	4.68	76.82	12.44	1032	3.6	2	9.95	0.00008	0.01	9.94	90.4	0.91	9.03	3902																																																																												
91	15.9	0	954	24727.7	15.9	3.88	0.26	0.23	0.0	0.0	4.38	77.12	12.03	1034	3.5	2	9.62	0.00008	0.01	9.61	87.5	0.92	8.80	3800																																																																												
114	14.7	0	882	29211.8	14.7	3.37	0.23	0.20	0.0	0.0	3.80	77.70	11.20	1037	4.8	1	8.96	0.00007	0.01	8.95	81.5	0.92	8.19	4523																																																																												
137	13.7	0	822	27224.6	13.7	2.96	0.20	0.18	0.0	0.0	3.33	78.17	10.51	1041	4.6	1	8.40	0.00007	0.01	8.40	76.4	0.92	7.68	4240																																																																												
160	12.7	0	762	25237.4	12.7	2.59	0.18	0.15	0.0	0.0	2.92	78.58	9.79	1043	4.4	1	7.83	0.00006	0.01	7.82	71.2	0.91	7.11	3926																																																																												
182	12.2	0	732	23189.8	12.2	2.41	0.16	0.14	0.0	0.0	2.72	78.78	9.43	1045	4.3	1	7.54	0.00006	0.01	7.53	68.6	0.91	6.85	3616																																																																												
205	11.3	0	678	22455.4	11.3	2.11	0.14	0.13	0.0	0.0	2.38	79.12	8.77	1047	4.1	1	7.02	0.00006	0.01	7.01	63.8	0.91	6.37	3517																																																																												
228	10.6	0	636	21064.3	10.6	1.89	0.13	0.11	0.0	0.0	2.13	79.37	8.25	1049	4.0	1	6.60	0.00005	0.01	6.60	60.0	0.90	5.94	3277																																																																												
251	10.0	0	600	19872.0	10.0	1.70	0.12	0.10	0.0	0.0	1.92	79.58	7.81	1050	3.9	1	6.25	0.00005	0.01	6.24	56.8	0.90	5.61	3099																																																																												
274	9.5	0	570	18878.4	9.5	1.56	0.11	0.09	0.0	0.0	1.76	79.74	7.43	1051	3.8	1	5.95	0.00005	0.01	5.94	54.0	0.90	5.35	2951																																																																												
292	9.0	0	540	13996.8	9.0	1.42	0.10	0.08	0.0	0.0	1.60	79.90	7.05	1052	3.7	1	5.64	0.00004	0.01	5.64	51.3	0.89	5.02	2168																																																																												
310	8.5	0	510	13219.2	8.5	1.28	0.09	0.08	0.0	0.0	1.45	80.05	6.68	1053	3.5	1	5.34	0.00004	0.01	5.33	48.5	0.88	4.69	2028																																																																												
329	8.0	0	480	13132.8	8.0	1.15	0.08	0.07	0.0	0.0	1.30	80.20	6.29	1054	3.4	1	5.04	0.00004	0.01	5.03	45.8	0.87	4.38	1996																																																																												
347	7.5	0	450	11664.0	7.5	1.03	0.07	0.06	0.0	0.0	1.16	80.34	5.91	1055	3.3	1	4.73	0.00004	0.00	4.72	43.0	0.85	4.02	1735																																																																												
356	7.0	0	420	5443.2	7.0	0.91	0.06	0.05	0.0	0.0	1.03	80.47	5.53	1056	3.2	1	4.42	0.00003	0.00	4.42	40.2	0.82	3.62	782																																																																												
362	6.5	0	390	3369.6	6.5	0.80	0.05	0.05	0.0	0.0	0.90	80.60	5.14	1057	3.1	1	4.11	0.00003	0.00	4.11	37.4	0.80	3.29	473																																																																												
365	6.0	0	360	1555.2	6.0	0.70	0.05	0.04	0.0	0.0	0.79	80.71	4.75	1057	3.0	1	3.80	0.00003	0.00	3.80	34.6	0.78	2.96	213																																																																												
<b>Jahresabfluss</b>						<b>385093 m3</b>											<b>Jahresenergieertrag kWh</b>						<b>59047</b>																																																																													



## Anhang 2b Kostenzusammenstellung Standort 3

Bauvorhaben	<b>Wasserversorgung Welschenrohr Trinkwasserkraftwerk Mühlacker</b>	Projekt-Nr.	101334
		Verfügung Nr.	151589
		Datum	28.02.2006
		Referenz	bsch
Bauherrschaft	Gemeinde Welschenrohr Gemeindeverwaltung Hauptstrasse 550 4716 Welschenrohr	Tel.	032 639 50 50
		Fax	032 639 50 50
Bauleitung	stiftung revita Schwengistasse 12 4438 Langenbruck	Tel.	062 387 31 34
		Fax	062 390 16 40
		MWST-Nr.	592 294

Bezeichnung		Betrag
<b>Gesamttotal</b>		<b>128'200.00</b>
<b>1</b>	<b>Vorbereitungsarbeiten</b>	<b>15'000.00</b>
<b>2</b>	<b>Umbau Filteranlage Bärenacker</b>	<b>7'800.00</b>
<b>3</b>	<b>Leitungsbau (abz. Anteil Wärmepumpe)</b>	<b>50'000.00</b>
<b>4</b>	<b>Turbinenanlage</b>	<b>38'200.00</b>
<b>5</b>	<b>Baunebenkosten</b>	<b>1'700.00</b>
<b>6</b>	<b>Ingenieurkosten</b>	<b>10'900.00</b>
<b>7</b>	<b>Unvorhergesehenes</b>	<b>4'600.00</b>



## Anhang 2c Kostenzusammenstellung Standort 3 (Verdampferraum)

Bauvorhaben	<b>Wasserversorgung Welschenrohr Trinkwasserkraftwerk Mühlacker</b>	Projekt-Nr.	101334
		Verfügung Nr.	151589
		Datum	28.02.2006
		Referenz	bsch
Bauherrschaft	Gemeinde Welschenrohr Gemeindeverwaltung Hauptstrasse 550 4716 Welschenrohr	Tel.	032 639 50 50
		Fax	032 639 50 50
Bauleitung	stiftung revita Schwengistasse 12 4438 Langenbruck	Tel.	062 387 31 34
		Fax	062 390 16 40
		MWST-Nr.	592 294

### Gesamttotal

Bezeichnung		Betrag	128'200.00
<b>1</b>	<b>1 Vorbereitungsarbeiten</b>		<b>15'000.00</b>
	11 Bauprojekt	8'000.00	
	12 Anteil Transportleitung	7'000.00	
<b>2</b>	<b>2 Umbau Filteranlage Bärenacker</b>		<b>7'800.00</b>
	21 Ausgasungsrohr	800.00	
	22 Verbindungsrohr Verwurf	1'500.00	
	23 Rückschlagklappe	1'500.00	
	24 Handschieber	1'500.00	
	25 Verbindungsrohr Einlauf	500.00	
	26 Wasserstandssensor Montage, Verdrahtung	2'000.00	
<b>3</b>	<b>3 Leitungsbau</b>		<b>50'000.00</b>
	31 Anschlussleitung Verdampferraum zur Transportleitung	45'000.00	
	32 Signalleitung (Kabeleinzug)	2'000.00	
	33 Abwasserleitung Werkhof- Dünner (ohne Grabarbeiten)	3'000.00	
	34 Anteil Wärmepumpe	20'000.00	<b>0.00</b>
<b>4</b>	<b>4 Turbinenanlage</b>		<b>38'200.00</b>
	41 Fundament, Schallschutz	2'500.00	
	42 Turbine und Leitapparate	18'000.00	
	43 Generator (11 kW)	3'000.00	
	44 Schaltanlage	9'000.00	
	45 Drucktransmitter	1'200.00	
	46 Elektroanschluss	5'000.00	
	47 Inbetriebnahme	2'000.00	
<b>5</b>	<b>5 Baunebenkosten</b>		<b>1'700.00</b>
	51 Bewilligungen, Gebühren	200.00	
	52 Versicherungen	500.00	
	53 Entschädigungen	1'000.00	
<b>6</b>	<b>6 Ingenieurhonorar</b>		<b>10'900.00</b>
	64 Ingenieurhonorar	10'900.00	
<b>6</b>	<b>7 Unvorhergesehenes</b>		<b>4'600.00</b>
	71 Risiko und Unvorhergesehenes	4'600.00	



## Anhang 2d

### Gestehungskosten der Wasserkraftnutzung Wasserversorgung Welschenrohr, TWK Mühlacker

Standort 3

stiftung revita  
29.06.06

	Lebensdauer der Anlageteile in Jahren	Annuitätsfaktor	Annuität = Jahreskosten [CHF/a]	totale Kosten [CHF]
allgemein gültiger Zins: 3 %				
<b>ERSTELLUNGSKOSTEN in CHF</b>				
Anteil Wärmepumpe	30	0.0510	-1'020	-20'000
1 Vorbereitungsarbeiten	30	0.0510	765	15'000
2 Umbau Filteranlage Bärenacker	30	0.0510	398	7'800
3 Leitungsbau	30	0.0510	2'551	50'000
4 Turbinenanlage	25	0.0574	2'194	38'200
<b>Total Erstellungskosten</b>				<b>91'000</b>
durchschnittlicher Annuitätsfaktor		0.0537		
5 <b>Baunebenkosten</b>			91	<b>1'700</b>
Projektmanagement und Ingenieurkosten	12% der Erstellungskosten		585	10'900
Risiko und Unvorhergesehenes	5% der Erstellungskosten		247	4'600
<b>Gesamttotal</b>				<b>108'200</b>
Beiträge aus öffentlicher und privater Hand (Kanton)			252	4'700
<b>Nettoaufwand (exkl. Mwst)</b>				<b>103'500</b>
jährliche Kosten				
Unterhalt Personal, Versicherung, Reparaturen			2'000	
Unterhalt Material			1'000	
<b>Total Jahreskosten</b>			<b>8'559</b>	
<b>Stromproduktion [kWh/a]</b>				<b>58'000</b>
<b>Stromgestehungskosten [CHF/kWh]</b>				<b>0.148</b>
<b>ERTRAG I</b>				
Stromverkauf Wasserstrom	0.16 CHF/kWh		9'280	
<b>Gewinn</b>			<b>721</b>	
<b>ERTRAG II</b>				
Stromverkauf Naturstrom/Ökostrom	0.23 CHF/kWh		13'340	
<b>Gewinn</b>			<b>4'781</b>	

