



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

KWKW HOFENMÜHLE

WOHLEN (BE)

PROGRAMM KLEINWASSERKRAFTWERKE

Vorstudie

Ausgearbeitet durch

Markus Fritschi, *stiftung revita*

Schwengiweg 12, 4438 Langenbruck, markus.fritschi@revita.ch, www.revita.ch

Peter Spescha, *stiftung revita*

Schwengiweg 12, 4438 Langenbruck, peter.spescha@revita.ch, www.revita.ch



stiftung
revita

stiftung revita

Schwengiweg 12
4438 Langenbruck

Tel. 062 387 31 23
Fax 062 390 16 40

info@revita.ch
www.revita.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Impressum

Datum: 30.11.2008

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

BFE-Bereichsleiter: bruno.guggisberg@bfe.admin.ch

Projektnummer: 102167

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

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	5
1.1	Allgemeines	5
1.2	Standort, allgemeine Informationen	5
1.3	Eigentumsverhältnisse, Trägerschaft	5
1.4	Geschichte	5
1.5	Planungsgrundlagen Vorstudie	6
2	Wasserdargebot	6
2.1	Abflussmessung	6
2.2	Messgerät, Messdauer	6
2.3	Messverfahren	6
2.4	Abflusskurve	7
2.5	Kommentar	7
3	Technische Situation	8
3.1	Technische Hauptdaten	8
3.1.1	Turbine	8
3.1.2	Generator	9
3.1.3	Steuerung	9
4	Bauliche Situation	9
4.1	Wehranlage	9
4.2	Oberwasserkanal Teil 1 Zivildiensteinsatz	10
4.2.1	Ausgangslage	10
4.2.2	Ziele	10
4.2.3	Planung	10
4.2.4	Mittelbeschaffung	10
4.2.5	Zivildienst Gruppeneinsatz	10
4.2.6	Arbeitsumfang Gruppenzivildiensteinsatz	11
4.2.7	Beteiligte	11
4.2.8	Zusammenarbeit mit Zivildienstleistenden	11
4.2.9	Zusammenarbeit mit Eigentümer	11
4.2.10	Zusammenarbeit mit dem ansässigen Gewerbe	11
4.3	Oberwasserkanal Teil 2 Bauunternehmer	12
4.4	Rechenanlage	12
4.5	Reservoir	13
4.6	Druckrohr	14
4.7	Turbinenraum	14
4.8	Kaverne/Unterwasserkanal	14
5	Wirtschaftliche Machbarkeit	15
6	Rechtliche Machbarkeit	16
6.1.1	Wasserrechtliche Situation	16
6.1.2	Eigentumsverhältnisse	16
7	Umweltaspekte	16
7.1	Fischwanderung	16
7.2	Lärmemission Turbine Generator	16
7.3	Denkmalschutz Oberwasserkanal	16



8	Zu berücksichtigte Punkte und Risiken	16
8.1	Technische Aspekte	17
8.1.1	Realisierbarkeit	17
8.1.2	Wasserdargebot	17
8.1.3	Technische und bauliche Anlagen	17
8.2	Wirtschaftliche Aspekte	17
8.2.1	Wirtschaftlichkeit	17
8.2.2	Finanzierung	17
8.3	Rechtliche Aspekte	18
8.3.1	Restwassermenge	18
8.3.2	Rechtliche Entscheidungsgrundlage	18
8.3.3	Baubewilligung	18
8.4	Allgemeine Aspekte	18
8.4.1	Historische Bedeutung	18
8.4.2	Einschätzung und Meinung der Kant. Denkmalpflege Bern	18
9	Weiteres Vorgehen	18
9.1	Zeitplan 2. Phase	19
9.2	Schlussbericht	19
10	Anhang	20
10.1	Auswertung Wassermessung	20
10.2	Wasserstatistik, Energieproduktion, Technische Daten	21
10.3	Situationsplan und Katasterauszug	22
10.4	Querschnitt Gebäude Hofenmühle	23
10.5	Berechnung Kostendeckende Einspeisevergütung	24



Zusammenfassung

Die Hofenmühle liegt am Mühlebach auf dem Gebiet der Gemeinde Wohlen (BE). 1990 wurde das Mühlenensemble ins Inventar der geschützten Kunstalertümer des Kantons Bern aufgenommen. Der Erhalt der grossen Gebäude und des rund 500 m langen Oberwasserkanals erfordern einen sehr grossen finanziellen und ideellen Einsatz der Eigentümerschaft. Als Zusatznutzen und kleine finanzielle Unterstützung für den Eigentümer soll die revidierte Wasserkraftanlage Strom aus erneuerbarer Energie produzieren, der als (Öko-) Strom ins Netz eingespeist wird.

Der Oberwasserkanal wurde mit Hilfe von Zivildienstleistenden und örtlichen Unternehmen in einer 1. Phase revitalisiert und Instand gestellt. Die Arbeiten am Oberwasserkanal sind abgeschlossen. Jetzt sollen die technischen Komponenten, wie Turbine, Generator und Steuerung wieder funktionstüchtig gemacht werden.

1 Ausgangslage

1.1 Allgemeines

Die Grobanalyse vom Februar 2006 der *stiftung revita* bildet die Grundlage für diese Vorstudie. Es geht vor allem um die Auslegung der Turbine. Leider sind keine Daten der installierten Francisturbine vorhanden. Durch eine provisorische Abflussmessung sollen die Grundlagendaten für die Dimensionierung der Anlage erhoben werden. In einer 1. Phase wurde der Oberwasserkanal Instand gestellt, in einer 2. Phase soll die technische Infrastruktur erneuert werden.

1.2 Standort, allgemeine Informationen

Objekt:	Hofenmühle, Wohlen (BE)
Standort:	Mühlegasse 21, 3033 Wohlen BE
Wasserrecht:	Ehehaftes Wasserrecht Nr. 33031 vom 19.12.1907
Schutz:	Mühlenensemble im Inventar der geschützten Kunstalertümer des Kantons Bern
Fluss:	Mühlebach
Koordinaten:	593 320 / 201 898

1.3 Eigentumsverhältnisse, Trägerschaft

Die Hofenmühle ist Eigentum der Familien **Ernst Baumgartner** und **Niklaus Baumgartner**, 3033 Wohlen (BE).

1.4 Geschichte

Der Ursprung der Mühle am Mühlebach im Weiler Hofen geht in das frühe Mittelalter zurück. Das grosse Wohnhaus des Müllermeisters trägt die Jahreszahl 1834. In Familienbesitz der Familie Baumgartner ist die Mühle seit 1911. Bis 1919 waren drei hintereinander angeordnete Wasserräder in Betrieb, die ein Wassergefälle von über 19 m nutzten. Bereits 1943 wurde der Weiler "Hofen" als Ortsbild von nationaler Bedeutung eingestuft. 1990 wurde das Mühlenensemble ins Inventar der geschützten Kunstalertümer des Kantons Bern aufgenommen. Die vollamtliche Müllerei wurde 1994 aufgegeben. Die Turbine treibt aber immer noch sporadisch die Futtermühle und den Materialtransport an.



1.5 Planungsgrundlagen Vorstudie

- Als Ausgangslage dient die Grobanalyse vom Februar 2006 der *stiftung revita*
- Bestätigung des Wasserrechts vom 19. Dezember 1908 Nr. 33G81
- Abflussmessung der *stiftung revita*
- Diverse Besuche

2 Wasserdargebot

2.1 Abflussmessung

Für die Revitalisierung der Hofenmühle in Wohlen (BE) sind die Abflussdaten von entscheidender Bedeutung. Am Mühlebach unterhält der Kanton Bern keine Messstation. Bei der Brücke der alten Strasse vor der Wasserausleitstelle, wurde einen Rechteck-Überfall mit Druckmesssonde und Datenlogger zur Abflussmessung installiert. (Siehe Anhang, Situationsplan)

Es wurden unbehandelte Holzbretter zwischen den Mauern verkeilt.
Zur Dichtung wurde zwischen Bachbett und Holzwehr eine Bentonitmatte verlegt.



Bild 1 Abflussmessung von oben

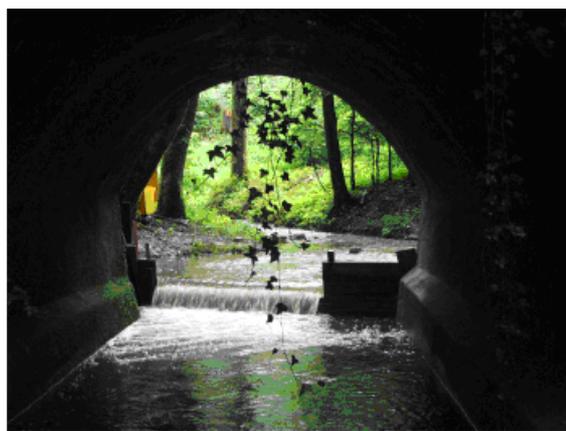


Bild 2 Abflussmessung von unten

2.2 Messgerät, Messdauer

Datenlogger mit Pegelmessung STS, batteriebetrieben
DL/N 702.8610.5700.04

Messungen werden im Datenlogger gespeichert und über den Laptop ausgelesen

Start Messung:

1. Juni 2007, Messdaten werden jede volle Stunde erfasst. Dauer 1 Jahr

2.3 Messerfahrungen

Der provisorisch erstellte Rechtecküberfall wurde in Folge eines Hochwasser stark beschädigt. Er wurde neu einige Meter unterhalb wieder aufgebaut. Die Druckmesssonde mit Datenlogger wurde in einem Schutzrohr an geschützter Stelle mit dem notwendigen Abstand zur Überfallstelle montiert.



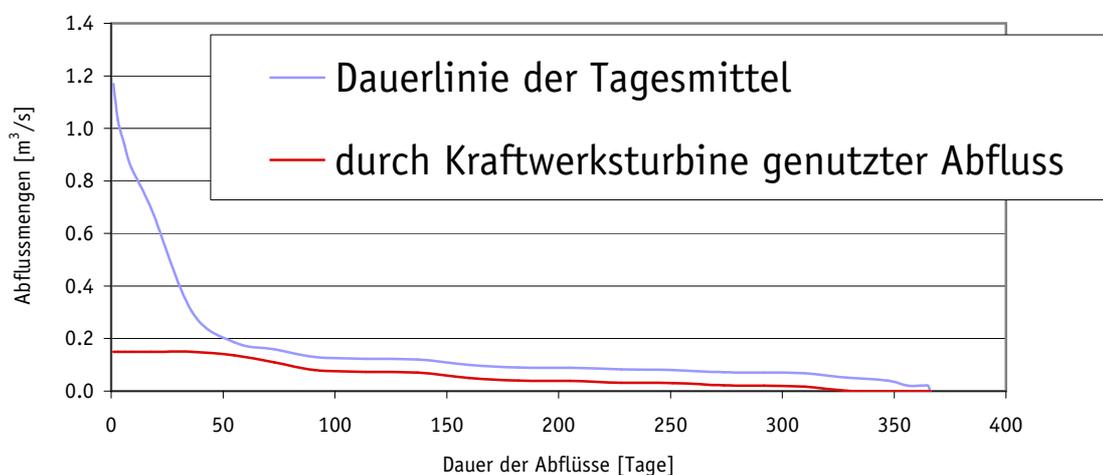
Aufgrund der erforderlichen Unterhaltsarbeiten entstanden Lücken bei der Aufnahme der Abflussdatenreihe. Die fehlenden Daten wurden durch Vergleichsschätzungen ergänzt.

Die stündlich erfassten Daten wurden periodisch ausgelesen, in tägliche Durchschnittswerte umgerechnet ausgewertet und nachfolgend grafisch dargestellt.

Das Messwehr erweist sich als guter Sandfang. Es befindet sich vor der Wasserausleitstelle. Beim Spülen wird der Zufluss zum Oberwasserkanal mit dem Schütz geschlossen. Der Sand und das Gschwemmsel wird über das Wehr dem natürlichen Bach mitgegeben.

2.4 Abflusskurve

Abflussstatistik, Ausleitstelle Mühlebach, 2007/8



Auswertung Wassermessung siehe Anhang 10.1

2.5 Kommentar

Die gemessenen Werte der Abflusskurve liegen ca. 8% unter den hochgerechneten Werten in der Grobanalyse.

Die Dimensionierung der Wasserkraftanlagen kann nun vorgenommen werden.

Der Jahresenergieertrag liegt bei rund 65'000 kWh/a.

Die Auswertung ist im Anhang 10.2 Wasserstatistik tabellarisch festgehalten.



3 Technische Situation

3.1 Technische Hauptdaten

Objekt:	Hofenmühle, Wohlen (BE)
Standort:	Mühlegasse 21, 3033 Wohlen BE
Wasserrecht:	Ehehaftes Wasserrecht Nr. 33031 vom 19.12.1907
Schutz:	Mühlenensemble im Inventar der geschützten Kunstaltertümer des Kantons Bern
Fluss:	Mühlebach
Koordinaten:	593 320 / 201 898
Gewässer	Mühlebach

Turbinenleistung neu	25 kW
Generatorleistung neu	20 kW
Restwassermenge neu	50l/s

Bei einer Ausbauwassermenge von 150 l/s und der Nettofallhöhe von 19.4 m wäre es möglich eine elektrische Leistung von 20 kW zu erreichen. Die Turbinenleistung ist laut Konzessionsurkunde vom 26. Mai 1907 auf 6 PS beschränkt. Zur optimalen Nutzung der Anlage ist eine Neukonzessionierung mit angepasster Ausbauleistung notwendig. Es ist abzuklären, ob die Turbine für die Ausbauwassermenge von 150 l/s ausgelegt ist. Der Oberwasserkanal ist für ca. 180 l/s ausgelegt.

Um den Schaubetrieb der Mühle aufrecht zu erhalten wird der bestehende Riemenantrieb nicht verändert.

Über ein neues Pulli auf der Turbinenwelle wird der Generator angetrieben. So kann zwischen Schaubetrieb und Stromgewinnung gewählt werden.



Bild 3 Turbinerraum und Francisturbine



Bild 4 Turbinenwelle auf Riemen

3.1.1 Turbine

Gemäss den durch die Abflussmessung erhaltenen Daten sollte die Turbine auf **150l/s** ausgelegt werden.

Zur Zeit gibt es drei mögliche Varianten zur Reaktivierung der Turbine:

- a. Die bestehende Turbine wird revidiert. Es liegt eine Richtofferte von



CHF 20 000.- vor. Hier muss abgeklärt werden, ob die Turbine, für die angestrebte Leistung geeignet ist. Das kann durch Ausmessen in der Werkstatt und durch eine Drehmoment Messung an der Welle erfolgen.

- b. Eine Occasionsturbine von der Firma Kobel.
Diese Turbine hat einen Durchfluss von 180l/s.
- c. Eine neue Turbine.

Im Zuge der Revision der Turbine wird die Drosselklappe und das Saugrohr ebenfalls revidiert.

Die *stiftung revita* empfiehlt die Turbine zu revidieren und wieder einzubauen.

3.1.2 Generator

Generator Typ	asynchron
Drehzahl	1030 U/min
Typ	200L 6
Spannung	3x 400V
Leistung	22 kW

Der Generator wird hinter die Turbine parallel zur Welle auf einen Sockel montiert.

3.1.3 Steuerung

Netzparallel-Schaltanlage NPA mit Turbinensteuerung zu Turbine und Wasserstandsregelung. Eingebaut in Stahlblechschrank im Turbinenraum.

4 Bauliche Situation

4.1 Wehranlage

Die Staumauer der Wehranlage wurde 1994 renoviert und befindet sich in guten Zustand. Der Wasserfluss lässt sich über zwei Schützen regeln. Der eine dient zur Sicherung der Restwassermenge (Dotierschütz) und als Überlauf bei hohem Wasseraufkommen. Der Andere zur Regulierung der Auslaufwassermenge in den Oberwasserkanal. Vor und nach diesem Schützen ist je ein Grobrechen angeordnet. Bei Hochwasser wirkt die Staumauer als Streichwehr.

Im Rahmen des Zivildiensteinsatzes wurde eine Sohlenschwelle eingebaut. Diese Schwelle führt das Gschwemmsel direkt zum Schütz. Auch wurde das Holz der Schützen ersetzt. Die Mechanik ist in gutem funktionsfähigem Zustand.





Bild 5 Wehranlage



Bild 6 Sohlenschwelle vor Grobrechen

4.2 Oberwasserkanal Teil 1 Zivildiensteinsatz

4.2.1 Ausgangslage

Im Februar 2006 untersuchte die *stiftung revita* die Wasserkraftanlage der Hofenmühle in Wohlen und erstellte eine Grobanalyse. Aufgrund dieser Grobanalyse entschieden die Eigentümer die Anlage zu sanieren. Die kantonale Denkmalpflege Bern unterstützte dieses Vorhaben und erklärte sich bereit, die Arbeiten zu begleiten. Im Frühjahr 2007 wurde die Wiederinstandstellung des Oberwasserkanals gestartet.

4.2.2 Ziele

Folgende Ziele wurden für die erste Etappe definiert:

- Instandsetzung und Sichern beschädigter Abschnitte des Oberwasserkanals
- Herstellung von Betonabdeckungen für Kanalelemente
- Errichten eines Steges zur Wasserfassung
- Überholung der Wasserfassung

4.2.3 Planung

Anfang 2007 startete die *stiftung revita* mit der Projektplanung. In enger Zusammenarbeit mit der Eigentümerschaft wurden die notwendigen Renovationsarbeiten definiert. Miteinbezogen wurde ein regionales Planungsbüro das bereits bei früheren Renovationen an der Mühle involviert war.

4.2.4 Mittelbeschaffung

Die *stiftung revita* beschafft einen Teil der notwendigen Mittel über Fundraising und Mailings. Eigentümerschaft und Denkmalpflege beteiligen sich ebenfalls finanziell an der Instandstellung des Kanals.

4.2.5 Zivildienst Gruppeneinsatz

Die *stiftung revita* beabsichtigte einen Teil der Arbeiten der ersten Etappe, vor allem die ökologische Aufwertung des Oberwasserkanals mit Zivildienstleistenden auszuführen. Sie schrieb deshalb einen Gruppenzivildiensteinsatz für vier bis sechs



Zivildienstleistende aus. Vier Personen konnten für einen Einsatz von vier und fünf Wochen verpflichtet werden.

4.2.6 Arbeitsumfang GruppENZivildiensteinsatz

Folgende Arbeiten wurden ausgeführt:

- Bäume und Sträucher zurückschneiden
- Rodung um den Oberwasserkanal
- Stabilisierung eines Teilstückes des Oberwasserkanals mit Holzverbauung
- Herstellung von 70 Betondeckeln
- Reinigung und Vorbereitungen zur Renovation des Turbinenraumes
- Reparatur von Betonrohren
- Sanierung der Wasserfassung
- Aufräumarbeiten beim Reservoir
- Reinigung des Reservoirs

4.2.7 Beteiligte

Der überwiegende Teil der Arbeit wurde durch vier im Rahmen eines Gruppeneinsatzes beteiligte Zivildienstleistende, den Eigentümer und Mitarbeiter der *stiftung revita* ausgeführt.

4.2.8 Zusammenarbeit mit Zivildienstleistenden

Im Verlaufe der 1. Etappe leisteten vier Zivildienstleistende insgesamt 125 Diensttage. Die beteiligten Zivildienstleistenden arbeiteten mit grossem Elan und Engagement und brachten ihre Fachkenntnis in die Revitalisierung ein. Zugleich konnten Sie sich wertvolles Wissen über Technik, Wasserkraft und Projektarbeit aneignen.

4.2.9 Zusammenarbeit mit Eigentümer

Die Eigentümer, Ernst Baumgartner sowie Regula und Niklaus Baumgartner setzen sich mit sehr grossem Engagement für den Erhalt ihrer Müllerei- und Wasserkraftanlage ein. Sie leisteten grosse Unterstützung in Form von tatkräftiger Mitarbeit und Planung, führten Teilarbeiten in Eigenregie aus und stellten Verbindungen zum örtlichen Gewerbe her. Darüber hinaus beherbergten und verpflegten sie die Zivildienstleistenden auf dem mühleigenen Hof. Die Zivildienstleistenden unterstützten die Gastgeber in der Küche. Die Familie Baumgartner organisierte zudem einen Teil der Baustoffe und stellte notwendige Maschinen zur Verfügung.

4.2.10 Zusammenarbeit mit dem ansässigen Gewerbe

Ein Teil der Werkzeuge und Maschinen wurde von lokalen Betrieben angemietet. Des Weiteren wurden die Berechnungen und Pläne für die Betoneinfassung des Kanals von einem lokalen Bauunternehmen erstellt. Aufgrund eines kurzfristigen personellen Engpasses dieses Bauunternehmens konnte ein Teil der geplanten Arbeiten, das Einfassen des Kanals mit U-Profilen aus Beton, nicht zum selben Zeitpunkt ausgeführt werden.



4.3 Oberwasserkanal Teil 2 Bauunternehmer

Die Arbeiten durch den Bauunternehmer wurden erst im Frühling 2008 in Angriff genommen und zum Abschluss gebracht worden. Die alten Holzkanäle wurden durch Beton-U-Elemente ersetzt. Die Betonröhren mit dem zu kleinen Querschnitt wurden durch neue Kunststoffröhren ersetzt. Die undichte Stelle des Kanals wurde ebenfalls mit Röhren ausgelegt.

Parallel zu diesen Arbeiten wurden die bestehenden Betonrohre gespült und geschleudert. Der Aufwand dieser Arbeiten wurden unterschätzt. Die Kosten verzehnfachten sich.

Alle Arbeiten und Erneuerungen wurden so ausgeführt, dass der Unterhalt auf ein Minimum reduziert werden kann.



Bild 7 Eingang Stollen



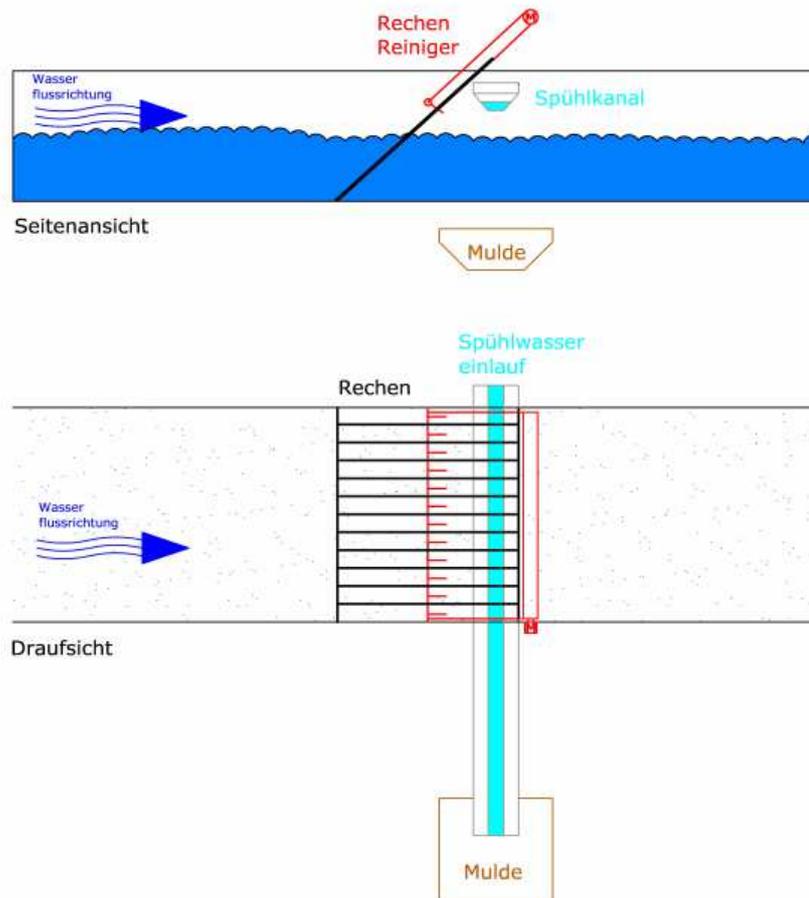
Bild 8 Nach Strasseunterquerung

4.4 Rechenanlage

Es ist der Wunsch der Eigentümer am Ende des Oberwasserkanals eine automatische Rechenanlage zu installieren. Das zu entsorgende Material wird über eine Rutsche in eine Mulde geleitet.

Siehe folgende Skizze:





4.5 Reservoir

Das Reservoir wurde im Rahmen des Zivildiensteinsatzes gereinigt. Der Grundablass ist sehr stark verkalkt, aber in guten funktionstüchtigen Zustand. Die Führung des Gestänges zum Schieber muss erneuert werden. Der Kalk wird nicht entfernt.

Im Zuge einer mittelfristigen Renovierung muss die Mauer Seite Grundablass ausgebessert und saniert werden.



Bild 9 Reservoir Einlauf und Überlauf



Bild 10 Reservoir Grundablass



4.6 Druckrohr

Das Druckrohr ist in gutem Zustand. Das Rohr ist zum Teil verkalkt.
Die Länge ist ca. 25m.

4.7 Turbinenraum

Der Turbinenraum befindet sich im Keller unter der ehemaligen Müllerei. Die Turbine ist in einer Seitennische platziert. Die Platzverhältnisse sind eng. Der Raum ist in seinem Urzustand belassen, die Natursteinwände unverputzt, der Boden nicht versiegelt. Die Turbine steht über einem Schacht über der tiefer liegenden Kaverne. Sie verfügt über eine manuelle Leitschaufeleinrichtung, die noch funktionsfähig ist. Der Leitapparat ist nicht mehr funktionsfähig. Die Turbine ist revisionsbedürftig.

Sanierungslösungen:

- Die Räumlichkeiten sind zu renovieren
- Revision und Reparatur der Turbine
- Einbau Beleuchtung
- Einbau Generator, Steuerung und Netzeinspeisung

4.8 Kaverne/Unterwasserkanal

Unter dem Turbinenraum liegt eine hohe Kaverne in welcher sich früher das Wasser aller Wasserkraftanlagen sammelte, bevor es in den Unterwasserkanal gelangte. Das Saugrohr führt von der Turbine in diesen Raum.

Kavernendecke scheint nicht stabil zu sein und bedarf einer genauen Untersuchung.

- Saugrohr überprüfen, reinigen
- Kaverne entschlammen, reinigen
- Decke stabilisieren



Bild 11 Saugrohr



Bild 12 Unterwasser Kaverne



5 Wirtschaftliche Machbarkeit

Gestehungskosten der Wasserkraftnutzung auf Grund des Budgets der Grobanalyse

Kleinwasserkraftwerk Hofenmühle Wohlen BE

	Lebensdauer der Anlageteile in Jahren	Annuitätsfaktor	Annuität = Jahreskosten [CHF/a]	totale Kosten [CHF]
allgemein gültiger Zins: 3%				
ERSTELLUNGSKOSTEN in CHF				
Bauwerk	80	0.0331	3'642	110'000
Turbinenanlage	25	0.0574	1'149	20'000
Generator	25	0.0574	1'149	20'000
Elektrische Anlagen	20	0.0672	1'344	20'000
	1	1.0300	0	
Total Baukosten				170'000
durchschnittlicher Annuitätsfaktor		0.0428		
Konzessionsverfahren, Baugesuch			643	15'000
Projektmanagement und Ingenieurkosten	12% der Baukosten		874	20'400
Risiko und Unvorhergesehenes	10% der Baukosten		728	17'000
Bruttoaufwand für Revitalisierung				222'400
Beiträge aus öffentlicher und privater Hand (Kanton)			0	0
Nettoaufwand				222'400
Amortisationszahlungen der Immobilien	100	0.0016	0	0
Unterhalt Personal			2'400	
Unterhalt Material			1'200	
Total Jahreskosten			13'129	
Stromproduktion [kWh/a]				64'374
Stromgestehungskosten [CHF/kWh]				0.204
ERTRAG I				
Stromverkauf min. kWh-Kosten für Finanzierung	0.21 CHF/kWh		13'518	
Gewinn / Verlust			390	
ERTRAG II				
Stromverkauf KEV	0.33 CHF/kWh		21'243	
Gewinn / Verlust			8'114	



6 Rechtliche Machbarkeit

6.1.1 Wasserrechtliche Situation

Die Hofenmühle verfügt über ein ehehaftes unbefristetes Wasserrecht (WR 33081) aus dem Jahr 1907, lautend auf Ernst Baumgartner, Mühlegasse 21, 3033 Wohlen b. Bern.

6.1.2 Eigentumsverhältnisse

Die Mühle ist Eigentum der Familien Ernst und Niklaus Baumgartner.

7 Umweltaspekte

7.1 Fischwanderung

Zwei natürliche Abstürze ca. 100 m unterhalb des Stauwerks der Hofenmühle von je ca. 3-4m, verhindern eine Fischwanderung. Ebenfalls unterbindet ein Geschiebesammler mit einem ca. 2.5 m hohen Absturz die Fischdurchgängigkeit. Die Wehranlage beschneidet deshalb die ökologische Durchgängigkeit nicht. Der Unterwasserkanal wurde im Jahr 2003 renaturiert.

7.2 Lärmemission Turbine Generator

Das angrenzende und angebaute Haus ist ein Wohnhaus. Aus diesem Grunde wird vorgeschlagen und empfohlen die Turbine und den Generator auf ein schallisolierendes Fundament zu stellen. So werden die Vibrationen und der Schall, der rund um die Uhr laufenden Turbine auf das Minimum reduziert.

7.3 Denkmalschutz Oberwasserkanal

Mit dem Denkmalschutz des Kantons Berns wurde eine für beiden Seiten gute Lösung gefunden und umgesetzt. Beim Stollen seitlich des Kanals Erde wurde abgetragen und auf die neu verlegten Rohre gebracht. Für den Blockwurf wurden keine gelben Kalksteine, sondern die Graublauen aus dem Oberland verwendet.

8 Zu berücksichtigte Punkte und Risiken

Im Folgenden werden die kritischen Punkte aufgeführt, welche für eine Entscheidung zu berücksichtigen sind.



8.1 Technische Aspekte

8.1.1 Realisierbarkeit

Die Revitalisierung der Wasserkraftanlage ist im Hinblick auf die technische Bauausführung realisierbar, jedoch mit grossem finanziellem Aufwand verbunden.

8.1.2 Wasserdargebot

Der Gesetzgeber verlangt generell eine Restwassermenge von 50 l/s. Die zum Betrieb des Kleinwasserkraftwerkes nötige Wassermenge wird insgesamt an 251 Tagen erreicht. Es sind 65 000 kWh/a Strom zu erwarten.

8.1.3 Technische und bauliche Anlagen

Wehranlage: Wenn das Wehr der Wassermessung vor der Wasserausleitstelle als Sandfang benutzt werden kann, kann der Einbau eines Spülschützes entfallen. Der Einbau eines Spülschützes ist mit grossem Aufwand verbunden.

Oberwasserkanal: Das Spülen und Schleudern des Oberwasserkanal hat sich als extrem aufwändig herausgestellt. Es konnten nicht alle Rohre gespült und gereinigt werden. Falls die noch bestehenden Rohre ersetzt werden müssen, ist mit grösseren Kosten zu rechnen (Strassenunterführung).

Turbinenraum: Die Bausubstanz des Turbinenraumes ist einer gründlichen Renovation zu unterziehen. Der Personensicherheit und (Absturzgefahr) ist grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Die Turbine ist gründlich zu überholen. Ein Generator, eine Steuerung und eine Netzeinseisung sind einzubauen.

Kaverne/Unterwasserkanal: Als problematischer Punkt ist die sich senkende Decke zu beachten. Wie instabil sie ist, kann nicht abgeschätzt werden, da der Zeitraum der Senkung nicht bekannt ist.

8.2 Wirtschaftliche Aspekte

8.2.1 Wirtschaftlichkeit

Mit der Einführung der KEV (kostendeckende Einspeisevergütung) kann mit einem Beitrag von ca. 33 Rp/kWh gerechnet werden. In diesem Falle ist ein jährlichen Gewinn von ca. CHF 8000.- zu erwarten. Bei diesem Szenario müssen „à Fonds-perdu“ Gelder von CHF 70 000.- beschaffen werden.

8.2.2 Finanzierung

Die Finanzierung einer Revitalisierung ist nur mit intensivem Sponsoring und Fundraising möglich. Obwohl auch ein Beitrag der öffentlichen Hand zu erwarten ist, bedarf es grosser Anstrengungen um die nötigen Gelder zu beschaffen. Der grösste Teil betrifft den Oberwasserkanal.



8.3 Rechtliche Aspekte

8.3.1 Restwassermenge

Der Gesetzgeber verlangt generell eine Restwassermenge von 50 l/s.

8.3.2 Rechtliche Entscheidungsgrundlage

Nach der Aktennotiz des Wasserwirtschaftsamtes (Begehung und Besprechung im Januar 2007) ist für den weiteren Betrieb des Werkes gestützt auf den heutigen bzw. künftigen Umfang und Zweck der Wassernutzung eine neue Konzession zu erteilen. Die Erhaltung des Mühleareals mit Wasserkraftanlage wird begrüsst.

8.3.3 Baubewilligung

Für die Wiederinbetriebnahme ist keine Baubewilligung notwendig.

8.4 Allgemeine Aspekte

8.4.1 Historische Bedeutung

Die Hofenmühle ist sehr wichtigstes kulturhistorisches Objekt. Sie sollte unbedingt als Kulturgut erhalten bleiben. Die Revitalisierung und die Herstellung von erneuerbarer Energie ist ein Schritt dazu.

8.4.2 Einschätzung und Meinung der Kant. Denkmalpflege Bern

Gemäss der Kantonalen Denkmalpflege Bern ist die Hofenmühle ein ausgesprochenes Unikum, das beste Objekt dieser Art im Kanton Bern. Die Hofenmühle repräsentiert 300 Jahre Schweizergeschichte. Sie ist im Inventar Schützenswerter Ortsbilder der Schweizerischen Eidgenossenschaft (ISOS) aufgenommen in welchem sonst nur Weiler mit mindestens 10 Objekten aufgenommen werden. Die denkmalpflegerische Qualität der Baugruppe ist ausgezeichnet.

Die Kant. Denkmalpflege unterstützt alle Massnahmen zum Erhalt und Schutz der Hofenmühle. Die Instandstellung der Turbinenanlage mit Erweiterung zur Stromproduktion als Kleinstwasserkraftwerk wird sehr begrüsst.

9 Weiteres Vorgehen

Der Oberwasserkanal wurde revitalisiert. Als weiterer Schritt soll die Instandstellung der Turbinenanlage erfolgen. Die sinnvollste Sanierung ist eine Erweiterung der Turbinenanlage mit einem Asynchrongenerator und einer elektrischer Steuerung zu einem Kleinstwasserkraftwerk.

Laut Konzessionsurkunde ist die Leistung auf 6 PS (4.3 kW) konzessioniert. Aufgrund des Wasserdargebotes und des Nettogefälles ist es möglich eine wesentlich höhere Leistung zu erzielen (ca. 20 kW elektrische Leistung). Vor der Revitalisierung ist abzuklären, ob die Turbine für 150 l/s ausgelegt ist und es ist eine neue Konzession mit der erhöhten Leistung zu beantragen.

Die *stiftung revita* ist bereit das Projekt weiter zu begleiten und Fundraising zu betreiben.



9.1 Zeitplan 2. Phase

	Quartal 1/2008	Quartal 2/2008	Quartal 3/2008	Quartal 4/2008	Quartal 1/2009
Ende 1. Phase (Oberwasserkanal)					
Abschluss 1. Phase					
Sicherstellung Finanzierung (100%)					
Baubeginn 2. Phase (Wasserkraftanlage)					
Bauabschluss					
Eröffnung					

9.2 Schlussbericht

Eine Dokumentation gibt nach Abschluss der Revitalisierung Einblick in die umfangreichen Arbeiten des Projektes. Die Erfahrungen, Probleme und Erfolge werden in einem ausführlichen Bericht festgehalten.



10 Anhang

10.1 Auswertung Wassermessung

Formel $V = \frac{2}{3} * \mu * b * h * \text{sqrt}(2gh)$ [m^3/s]

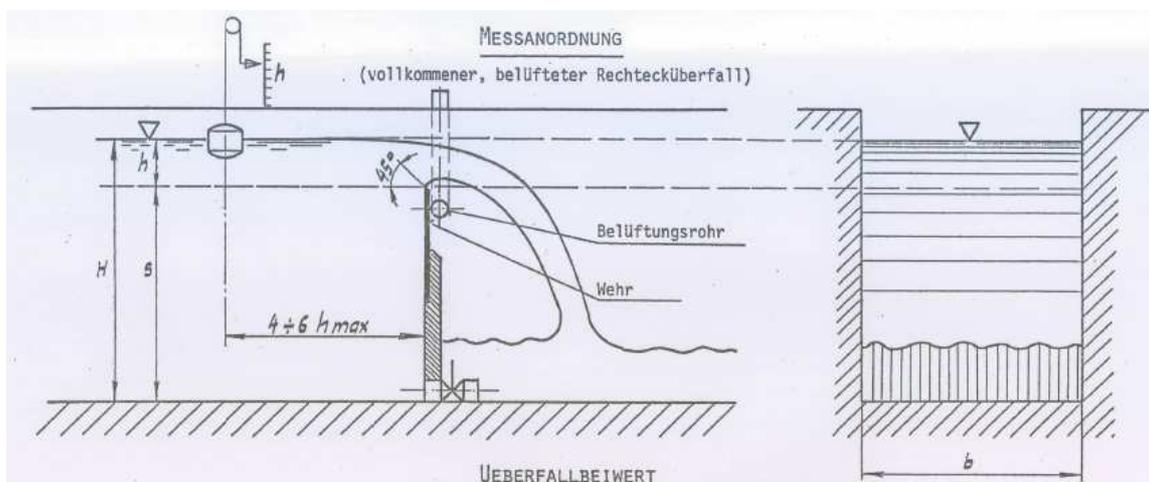
V = Überfallmenge [m^3/s]

μ = Abflussziffer, bei Rechtecküberfall 0.63 (dimensionslos)

b = Wehrbreite (Länge der Überfallkante) 2m

g = Örtliche Fallbeschleunigung 9.81 m/s^2

h = Überfallhöhe gemessen über Drucksensor [m]



10.2 Wasserstatistik, Energieproduktion, Technische Daten

Kleinwasserkraftwerk Hofenmühle Wohlen BE

Kennwerte des Kraftwerkes

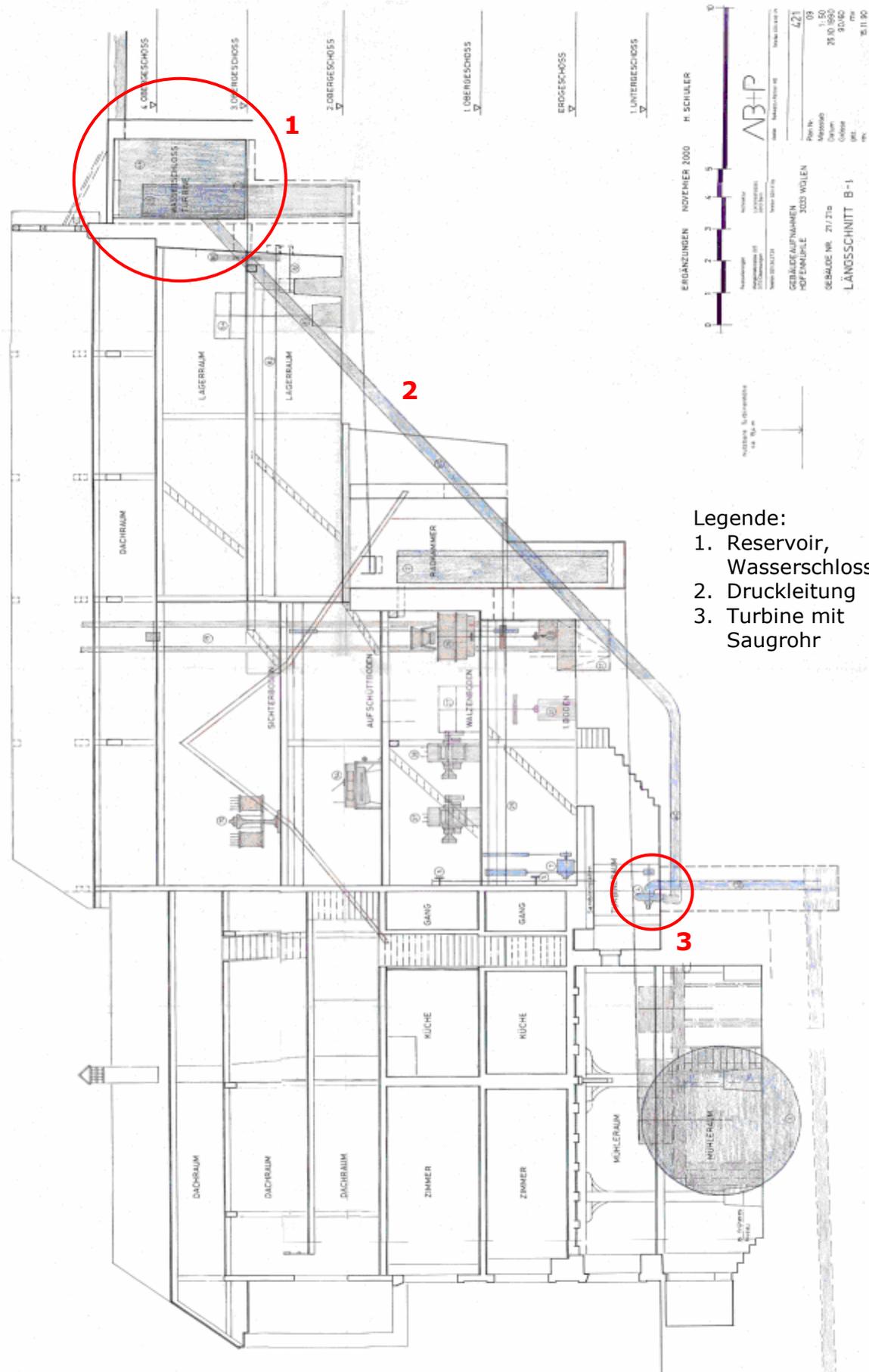
Gesamtwirkungsgrad:	0.70
Nettofallhöhe:	19.50 m
Restwassermenge:	50 l/s
minimale Wassermenge für Turbinenbetrieb:	25 l/s
Auslastung der Anlage (100% minus Ausfallzeit):	95 %
Turbinenschluckvermögen:	150 l/s
maximale Leistung:	20 kW

Abflussstatistik, LHG-Messstation Wohlen, 2008

Dauer der Abflüsse (erreicht oder überschritten) [Tage]	Abfluss [l/s]	Restwasser [l/s]	Nutzwassermenge [l/s]	potenzielle Stromproduktion [kWh]
1	1'169	50	150	934
3	1'030	50	150	1'400
6	935	50	150	1'400
9	849	50	150	4'201
18	692	50	150	8'403
36	304	50	150	8'449
55	186	50	136	6'851
73	159	50	109	5'289
91	130	50	80	5'488
114	123	50	73	5'130
137	120	50	70	4'297
160	100	50	50	3'083
182	90	50	40	2'824
205	89	50	39	2'543
228	82	50	32	2'227
251	80	50	30	1'853
274	72	50	22	0
292	71	50	21	0
310	68	50	18	0
329	51	50	1	0
347	40	40	0	0
356	21	21	0	0
362	21	21	0	0
365	21	21	0	0
Potenzielle jährliche Stromproduktion in kWh				64'374



10.4 Querschnitt Gebäude Hofenmühle



- Legende:
- 1. Reservoir, Wasserschloss
 - 2. Druckleitung
 - 3. Turbine mit Saugrohr



10.5 Berechnung Kostendeckende Einspeisevergütung

Leistung			20.00 kW
Höhe			19.40 m
Grundvergütung Leistungsklasse			
	<= 10 kW	28 Rp/kWh	14.00 Rp/kWh
	<= 50 kW	20 Rp/kWh	10.00 Rp/kWh
Grundvergütung Leistungsklasse			24.00 Rp/kWh
Druckstufenbonus			
	<= 5 m	5.5 Rp/kWh	1.42 Rp/kWh
	<= 10 m	3 Rp/kWh	2.23 Rp/kWh
Druckstufenbonus			3.64 Rp/kWh
Wasserbaubonus Leistungsklasse			
	<= 10 kW	6 Rp/kWh	3.00 Rp/kWh
	<= 50 kW	4 Rp/kWh	2.00 Rp/kWh
Wasserbaubonus Leistungsklasse			5.00 Rp/kWh
Total Vergütung			32.64 Rp/kWh

