



# WASSERKRAFTWERK NOTHÜSLI GONZENBÄCHLI

## Vorprojekt

Ausgearbeitet durch

**Dipl.-Ing. Sageetha Balachandran und Dr.-Ing. Klaus Jorde**

entec Consulting & Engineering

St.-Leonhardstr. 59

CH-9000 St. Gallen, Switzerland

Mail: [info@entec.ch](mailto:info@entec.ch) - Web: [www.entec.ch](http://www.entec.ch)



## **Impressum**

Datum: 1.November 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](http://www.bfe.admin.ch)

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

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

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	4
Ausgangslage .....	5
Planungsgrundlagen .....	5
Bestehende Anlagen .....	5
Wasserdargebot .....	6
Ausbauabfluss und Restwasserabfluss .....	7
Hochwasser .....	8
Topographische und geologische Grundlagen .....	9
Topographie .....	9
Geologie .....	9
Projektziel und Ausbaukonzept .....	9
Projektziel .....	9
Ausbaukonzept .....	9
Wehranlage und Wasserfassung .....	10
Wehranlage .....	10
Einlaufbecken .....	11
Druckrohrleitung .....	11
Krafthaus .....	11
Elektromechanische Ausrüstung .....	11
Turbine .....	11
Generator .....	12
Getriebe .....	12
Steuerung .....	12
Rechtliche Situation und Randbedingungen .....	12
Wasserrecht .....	12
Grundbesitz .....	12
Trägerschaft .....	12
Umweltaspekte .....	13
Restwasser .....	13
Hochwassersicherheit .....	13
Geschwemmsel .....	13
Fischwanderung .....	13
Natur- und Landschaftsschutz .....	13
Lärm .....	14
Wasserkraftpotential und untersuchte Varianten .....	14
Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	16
Kostenschätzung .....	16



Schlussfolgerung und Empfehlung.....	20
Anhang A1.....	21
Anhang A2.....	22
Anhang A3.....	23
Anhang A4.....	26
Anhang A5.....	29
Anhang A6.....	30
Anhang A7.....	31
Anhang A8.....	33
Anhang A9.....	34
Anhang A10.....	35
Anhang A11.....	37
Anhang A12.....	38

## Zusammenfassung

Das vorliegende Vorprojekt zeigt, dass die Wasserkraftnutzung am Standort Nothüsli am Gonzenbächli technisch möglich ist. Wirtschaftlich hingegen ist das Projekt nur dann attraktiv, wenn durch beträchtliche Eigenleistungen die Investition niedrig gehalten wird. Eine Weiterbearbeitung des Projektes kann in Angriff genommen werden, sofern beim Auftraggeber ein Interesse an einer langfristigen und nachhaltigen Investition vorhanden ist.

Die bevorzugte Variante zeigt die folgenden Kenndaten:

Elektrische Nennleistung	16 kW
Nettofallhöhe	5.2 m
Ausbaudurchfluss	410 l/s
Jahresenergie	56200 kWh
Stromgestehungskosten	Rp. 33 kWh

Die spezifischen Investitionskosten liegen mit CHF 15100.-/kW im für so kleine Anlagen üblichen Bereich. Der Grund für hohe spezifische Investitionskosten sind die umfangreichen wasserbaulichen Massnahmen im Vergleich zu den kleinen nutzbaren Abflüssen.

Sollte das Projekt weiterbearbeitet werden, dann sollten Gespräche mit den zuständigen Behörden angestrebt werden, um die in der Studie angenommenen Randbedingungen zu bestätigen.

## Ausgangslage

Der Standort Nothüsli wurde schon vor dem Jahre 1860 zur Gewinnung von Energie aus Wasserkraft des Gronzenbächlis genutzt. Das oberflächliche Wasserrad wurde 1918 durch eine Turbine ersetzt, wobei die damals vorhandene Anlage jetzt seit einigen Jahrzehnten nicht mehr besteht.

Nach der Grobanalyse für die Wasserkraftnutzung am Standort Nothüsli im März 2007 wurde die entec AG ebenfalls beauftragt, ein Vorprojekt für eine neue Kleinwasserkraftanlage auszuarbeiten.

Der vorliegende Bericht beinhaltet Resultate der Untersuchungen, Analysen und Berechnungen sowie eine Zusammenstellung der benötigten Unterlagen zum Entscheid für den Bauherrn.

## Planungsgrundlagen

Die folgenden Planungsgrundlagen wurden verwendet:

- [1] Baudepartement Kanton SG: Hydrologische Daten Pegel SG 7104, Lütisburg – Guggenloch, 1989-2007
- [2] Baudepartement Kanton SG: Hydrologische Daten Pegel LH 2414, Rietholzbach – Mosnang, 1976-2007
- [3] Sachinformationen aus dem Geoportal ([www.geoportal.ch](http://www.geoportal.ch))
- [4] Begehung des Flusslaufes vom 13.10.2008
- [5] Bereits erstellte Grobanalyse (entec AG)

## Bestehende Anlagen

Die restlichen Anlagenteile des ehemaligen Krafthauses, der Riemenantrieb sowie die Betonierungen, die sich im Ufer- und Einlaufbereich des Gronzenbächlis befinden, sind nicht verwertbar. Die alte Francis-Turbine wurde geborgen und kann möglicherweise wieder in Betriebsbereitschaft versetzt werden, um die neue Turbine zu ergänzen (siehe Anhang A11).



Abb. 1: Reste der ehemaligen Anlage am Standort Nothüsli





Abb. 2: Absturz am Gonzenbächli

## Wasserdargebot

Das Gonzenbächli entspringt etwa 6 km süd-westlich von Mosnang an den Hängen des Schnebelhorns auf etwa 1290 müNN. Nach circa 7 km Bachverlauf vereint er sich mit dem Rietholzbach und wird zum Gonzenbach. Der Gonzenbach mündet am Ende des Flusslaufs in die 6,3 km entfernte Thur.

Das Wasserdargebot für die geplante Kleinwasserkraftanlage wurde über die in der Nähe liegenden Abflussstationen abgeschätzt. Die Messstation Lütisburg, Guggenloch (SG 7104) liegt einige Kilometer weiter flussabwärts bei Gonzenbach.

Der mittlere Abfluss an der Messstation für die Messperiode 1989 - 2007 beträgt im Jahresmittel 760 l/s. Bei einer Fläche von 26,1 km<sup>2</sup> entspricht dies einem spezifischen Abfluss von 29 l/(s\*km<sup>2</sup>).

Die Station Rietholzbach – Mosnang (LH 2414) weist einen mittleren Abfluss von 106 l/s für die Messperiode 1976 – 2007 auf. Dies entspricht bei einer Fläche des Einzugsgebietes von 3,31 km<sup>2</sup>, einem spezifischen Abfluss von 32 l/(s\*km<sup>2</sup>).

Beide Messstationen weisen ähnliche spezifische Abflüsse auf, so dass für die Berechnung des Wasserdargebots des Gonzenbächlis vergleichbare spezifische Abflussverhältnisse angenommen werden.

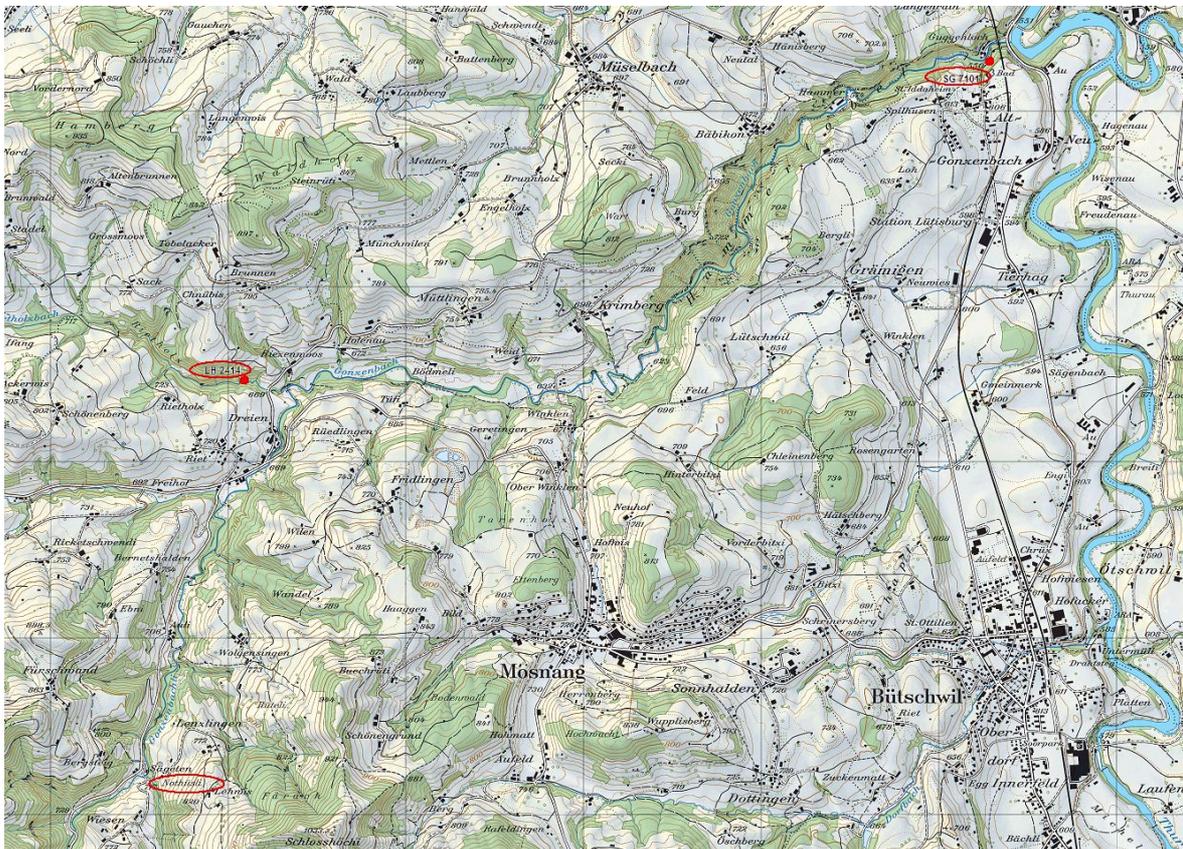


Abb. 3: Landeskarte 1 : 25'000 mit Ausschnitt Nothüsli und Markierungen der Messstationen

Das Einzugsgebiet des Gonzenbächlis hat an der Position der geplanten Anlage eine Grösse von 7,1 km<sup>2</sup>. Ein weiterer Zufluss aus einem kleinen Nebenbächli trifft an der Stelle der geplanten Anlage auf das Gonzenbächli. Dieses Nebenbächli miteinbezogen, vergrössert sich das Einzugsgebiet auf 8,2 km<sup>2</sup>.

### Ausbauabfluss und Restwasserabfluss

In Abb.4 sind die abgeschätzten Abflüsse für das Gonzenbächli sowie das Nebenbächli dargestellt. Die Umrechnung der Abflussdaten von den Stationen LH 2414 und SG 7104 geschieht linear über das Verhältnis der Einzugsgebiete.

Die Dauerabflusskurve für den Fassungsstandort Nothüsli mit  $E = 8,2 \text{ km}^2$  zeigt folgende Charakteristik:

- $Q_{36} = 0.58 \text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittlich an 36 Tagen erreicht oder überschritten)
- $Q_{55} = 0.43 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{91} = 0.28 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{160} = 0.16 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{347} = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$

Der Ausbaudurchfluss, der maximale Durchfluss, für welche die gesamte Kraftwerksanlage ausgelegt wird, wurde auf  $Q_{60} = 410 \text{ l/s}$  festgelegt. Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigen auf, dass Ausbaudurchflüsse, die zwischen 60 und 90 Tagen für die Nutzung zur Verfügung stehen, zu einer wirtschaftlichen Gesamtauslegung des Kraftwerkes führen. In diesem Fall beträgt die Überschreitungsdauer des Ausbaudurchflusses durchschnittlich 60 Tagen pro Jahr.



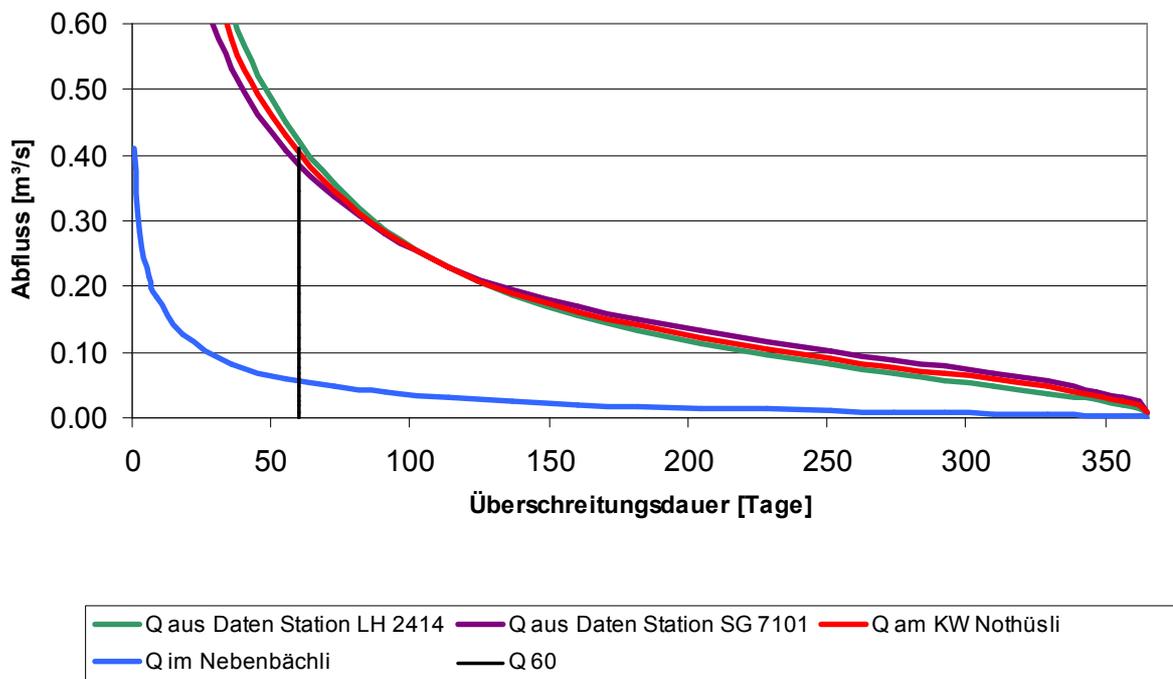


Abb. 4: Dauerabflusskurven für die Stationen LH 2414 und SG 7101 und die daraus geschätzten Kurven für das Gonzenbächli und Nebenbächli

Bei Wasserentnahme aus Fliessgewässern mit ständiger Wasserführung muss gemäss dem Gewässerschutzgesetz ein Restwasserabfluss im Bachbett belassen werden. Der Restwasserabfluss ergibt sich aus dem Abfluss, der an 347 Tagen überschritten wird ( $Q_{347}$ ) und den Mindestrestwassermengen des Art.31 aus dem Gewässerschutzgesetz. Der Abfluss  $Q_{347}$  ist in diesem Fall 34 l/s. Laut dem Gewässerschutzgesetz Art.31 beträgt die Mindestrestwassermenge hier somit 50 l/s. Da der Rückstau bis zum Wasserfall reicht, ist aus gewässerökologischer Sicht für das Gonzenbächli keine Restwasserführung erforderlich. Das Nebenbächli ist auf den letzten 12 m bis zum Absturz kanalisiert, so dass hier eine Restwasserführung nicht notwendig ist.

### Hochwasser

Der maximale Abfluss, der an der Messstation Rietholzbach während einer Periode von 32 Jahren (1976 – 2007) gemessen wurde (siehe Anhang A2), liegt bei  $12,04 \text{ m}^3/\text{s}$  (1994). Mit der Berechnung nach dem Standardverfahren des DVWK ergibt dies ein  $HQ_{100}$  von  $15,19 \text{ m}^3/\text{s}$ . Eine Umrechnung linear über das Verhältnis der Einzugsgebiete würde für das Gonzenbächli ein  $HQ_{100}$  von  $37,16 \text{ m}^3/\text{s}$  ergeben. Eine Berechnung des Hochwasserabflusses mit dem älteren Ansatz nach *Kürsteiner* ergibt folgendes:

*Kürsteiner:*

$$HQ_{\max} = c \cdot E^{2/3} = 9 \cdot (8,2 \text{ km}^2)^{2/3} = 36,6 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Hier wird ein Mittelwert aus beiden Werten gebildet und es ergibt sich ein Bemessungshochwasser von  $37 \text{ m}^3/\text{s}$ . Somit werden die Anlagen der Wasserkraftnutzung ebenfalls auf dieses Hochwasserereignis ausgelegt.

## Topographische und geologische Grundlagen

### Topographie

Das Gelände am Standort Nothüsli ist geprägt durch steile Böschungen unterwasserseitig vom natürlichen Absturz. Die Hangneigung beträgt bis zu 35%. Das Längsprofil des Gonzenbächlis ist bis zum Absturz relativ gleichmässig. Das ungefähre Längsgefälle des Bachbetts beträgt ca. 0,5%. Die Geländetopographie kann dem Lageplan und den Querprofilen entnommen werden (s. Anhang A12).

### Geologie

Für das Gebiet Nothüsli liegen keine genauen geologischen Daten vor, jedoch kann hier angenommen werden, dass ähnliche Verhältnisse wie im Gebiet Rietholzbach vorherrschen. Das Rietholzbachgebiet ist Teil des ostschweizerischen Molasseberglandes. Die Schichten sind geprägt durch Lagen von Flussgeröllen, von Flusssanden und teilweise auch von kalkigen Tonen. Die Geröllschüttungen wurden im Laufe der Zeit diagenetisch verfestigt und es entstanden daraus die Nagelfluhen. Die Ortsbegehung hat gezeigt, dass Konglomerate und Nagelfluh am Standort Nothüsli zu beobachten sind. Der Wasserfall stürzt eine Nagelfluhstufe hinab. Der harte Nagelfluh überlagert hier eine weichere Sandsteinschicht.

## Projektziel und Ausbaukonzept

### Projektziel

Projektziel ist es, den ehemaligen Standort Nothüsli an einem natürlichen Wasserfall, wieder neu zu benutzen. Das Wasserkraftpotential des Gonzenbächlis am Kraftwerk Nothüsli, welches genutzt wurde um Maschinen und Riemen anzutreiben, soll nun zur Einspeisung in das öffentliche Netz genutzt werden.

### Ausbaukonzept

Im Rahmen dieser Studie wurden verschiedene Varianten bezüglich der Lage des Wehres, festes oder bewegliches Wehr und Gestaltung des Einlaufbeckens untersucht. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde nur eine Variante weiterverfolgt.

Das neue Laufwasserkraftwerk am Standort Nothüsli wird auf dem orographisch linken Ufer des Gonzenbächlis angeordnet. Um den Ausbaudurchfluss zu erhöhen wird das Nebenbächli in das Gonzenbächli übergeleitet. Die Überleitung findet im kanalisierten Bereich ca. 5 m vor dem Absturz statt. Das Gonzenbächli verläuft nach einer Linkskurve gerade durch eine Strassenuntertunnellung und dann direkt auf den Wasserfall zu. Somit besteht keine Gefahr der Verlandung für eines der Uferbereiche im direkten Einflussbereich der Anlage. Die genauen Daten hierzu können aus dem Lageplan (Anhang A12) entnommen werden.

Die Wasserfassung für das Triebwerk erfolgt über ein festes Wehr. Das eingestaute Wasser wird über einen Einlaufschlitz mit Rechen und Schütz in ein Einlaufbecken mit Geschiebespülung und Rechen geleitet. Dort schliesst eine Druckleitung zum Turbinenhaus an. Die Anlage soll mit einer Durchströmerturbine mit Saugrohr ausgerüstet werden. Die Wasserrückgabe erfolgt unmittelbar in den Pool unterhalb des Wasserfalls.



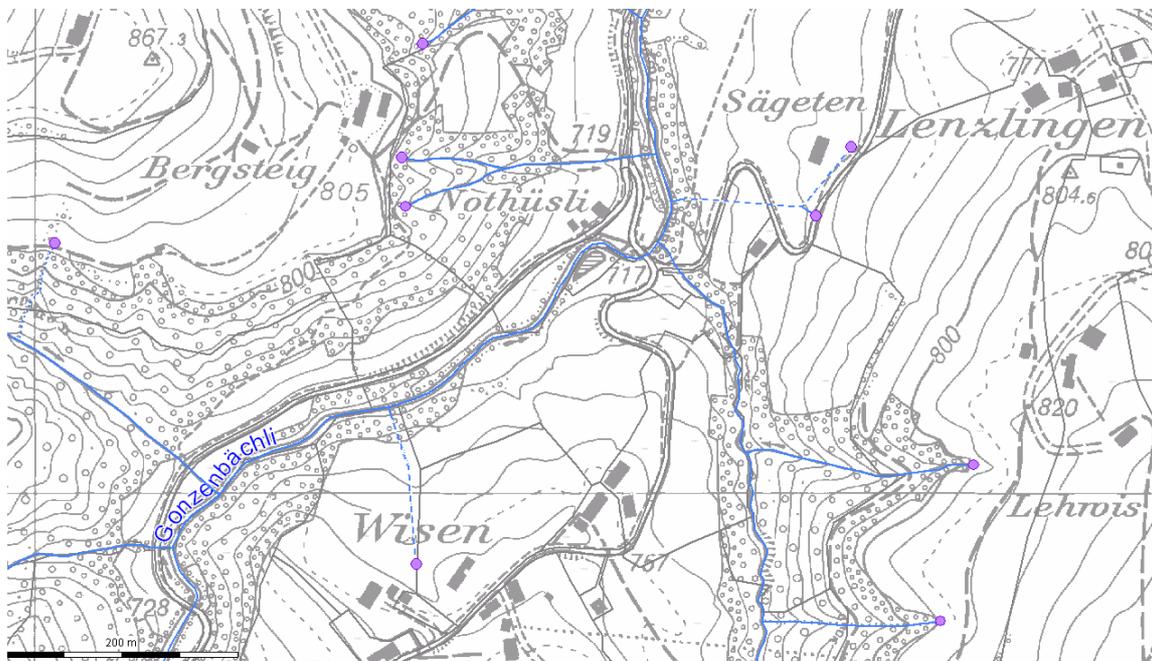


Abb. 5: Gewässernetz am Standort Nothüsli (Gonzenbächli und Nebenbächli) [geoportal.ch]

### Wehranlage und Wasserfassung

Für die hydraulische Auslegung der Anlage wurden wie bereits erläutert, die hydrologischen Verhältnisse der Pegel Rietholzbach und Lütisburg untersucht.

Der Ausbauabfluss ( $Q_{Aus}$ ) ist jene Größe, für die die Turbine ausgelegt ist. Somit liegt das Schluckvermögen der Turbine bei 410 l/s, bei einem Abfluss, der an 60 Tagen des Jahres zur Verfügung steht. Der maximale Abfluss ( $Q_{max}$ ) ist nach der Formel von Kürsteiner berechnet worden und ist der Abfluss, auf den die Anlagen der Wasserkraftnutzung ausgelegt werden. Die Mindestabfluss ( $Q_{min}$ ) ist der Abfluss, der an allen Tagen des Jahres im Bachbett vorhanden ist.

Die wesentlichen Kennwerte zusammengefasst sind:

- $Q_{Aus} = 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{max} = 37,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{min} = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$

Für die Überleitung des Nebenbächlis wird ein Abfluss von 100 l/s angesetzt. Darin ist ein ca. 25 %iger Sicherheitszuschlag enthalten, da bereits 80 l/s ausreichend wären. Die Länge der Leitung beträgt etwa 25 m. Bei einem Höhenunterschied der Wasserspiegellagen von ca. 1,0 m würde ein PVC Rohr mit einem Innendurchmesser von 25 cm ausreichen, um maximal 100 l/s überleiten zu können. In der Realität dürfte normalerweise kaum Überleitungen über 80 l/s vorkommen.

### Wehranlage

Die Wehranlage besteht aus einer festen Wehrschwelle mit einer Wehrhöhe von 0,5 m. Bei Hochwasserabfluss würde sich dann eine Überfallhöhe von ca. 1,46 m einstellen und somit würde dies den Abfluss durch die Brücke nicht gefährden. Die mittlere Sohlhöhe am Absturz liegt bei 711,78 müNN. Der Wasserspiegel liegt bei Hochwasser bei 713,74 müNN an der Wehrschwelle. Die Abmessungen der Wehrschwelle sind wie folgt:  $L \times B \times H = 0,3 \times 8,45 \times 0,5 \text{ m}$ . Ausbaudurchfluss für die Turbine wurde zu  $Q_N = 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$  gewählt. Dies entspricht einem  $Q_{60}$ . Die geodätische Fallhöhe ergibt sich aus der Wasserspiegellage im aufgestauten Bereich und dem Unterwasserspiegel und daraus ergibt sich eine Bruttofallhöhe von 5,78 m.

## Einlaufbecken

Das Wasser wird mit einem Seitenschlitz (inkl. Grobrechen) entnommen und in das Einlaufbauwerk geführt und wird von dort nach einem Feinrechen mit einer Druckrohrleitung zur Turbine geleitet. Die Abmessungen der Seitenentnahme sind 2 m x 0,4 m (B x H). Der Stababstand wird auf 250 mm gewählt.

Das Einlaufbecken wird so dimensioniert, dass die Fliessgeschwindigkeit nicht grösser als 0.2 m/s ist und mitgeführtes Geschiebe sich absetzen kann. Das Becken hat somit eine Abmessung von 4 x 1.5 x 1.7 (L x B x H). Um die Turbine vor Geschwemmsel zu schützen wird ein Feinrechen mit Stababstand von 18 mm gewählt. Durch den kleinen Stababstand wird ein Rechenreiniger zwingend notwendig. Vor dem Rechen werden eine Kiesschwelle und ein Spülschütz angeordnet um das Geschiebe rauszuspülen. Hinter dem Rechen, quer zur Strömung liegend, wird eine Spülrinne mit einer Stauklappe zur Regulierung der Spülwassermenge angeordnet um das Rechengut in das Gewässer weiterzuleiten. An das Einlaufbauwerk schliesst eine ca. 23 m lange Druckrohrleitung DN 600 an.

## Druckrohrleitung

Die Druckrohrleitung wird vom Einlaufbecken zum Krafthaus geleitet. Hier werden Gussrohre DN 600 eingesetzt, so dass im Rohr Fliessgeschwindigkeiten von 1,45 m/s herrschen. Die Wahl fiel auf Gussrohre DN 600, da diese schon beim Auftraggeber vorhanden sind und somit die Kosten für neue Rohrlieferung eingespart werden können. Die Druckrohrleitung wird so angeordnet, dass die Einlaufüberdeckung grösser 0.9 m ist um Verwirbelungen und Luftfeinzug beim Einlauf zu vermeiden. Die Leitung ist über ihre gesamte Länge erdverlegt.

## Krafthaus

Das Krafthaus (Bodenniveau) wird auf 708 müNN gebaut um einerseits die vorhandene Fallhöhe auszunutzen aber andererseits auch das Turbinengebäude geologisch günstig und vor Hochwasser geschützt zu bauen. Das Krafthaus wird auf 3 x 3 x 2.5 m bemessen. Diese Abmessungen sind ausreichend, da die Steuerung, auf Wunsch des Auftraggebers in dem bereits auf dem Gelände vorhandenen alten Schuppen gebaut wird. Der alte Schuppen befindet sich links neben dem geplanten Einlaufbecken und kann für diesen Zweck genutzt werden.

## Elektromechanische Ausrüstung

### Turbine

Hier wurde eine zweizellige Durchströmturbine mit Saugrohr gewählt. Diese weist gute Wirkungsgrade bei niedrigen Fallhöhen über einen breiten Teillastbereich auf.

Diese Turbine leistet bei einem Ausbaudurchfluss von 410 l/s und einem Nettogefälle von  $H_{\text{netto}} = 5,2$  m und rund 84% Wirkungsgrad bis 16,04 kW im Auslegungspunkt. Der Leistungsbereich erstreckt sich von voller Beaufschlagung bis ca. 4% des Ausbaudurchflusses, d.h 4% können noch mit gutem Wirkungsgrad turbinieren. Diese Angaben gelten für eine OSSBERGER®-Turbine und können deshalb für Turbinen anderer Firmen variieren. Die Berechnungen in der Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden mit den Angaben für die OSSBERGER®-Turbine durchgeführt.

Die Verstellung des Turbinen-Leitapparates kann hydraulisch oder elektrisch erfolgen. Die hydraulische Ansteuerung hat den Vorteil, dass der Wasserfluss im Fehlerfall mittels Eigengewicht gestoppt werden kann, wogegen der elektrische Antrieb für diese Funktion eine funktionierende USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung) bedingt.



## Generator

Wir empfehlen in dieser Leistungsklasse einen wartungsfreien Asynchrongenerator einzusetzen. Da der Betrieb unbemannt erfolgen muss, wird auch die Erfassung und Auswertung der Wicklungs- und Lagertemperaturen empfohlen.

Der Wirkungsgrad von Asynchrongeneratoren liegt bei ca. 90%.

- Generortyp: Asynchron
- Generatorleistung: 20 kVA
- Drehzahl: offen, 1000 min<sup>-1</sup> oder 1500 min<sup>-1</sup>

## Getriebe

Eine Direktkupplung von Turbine und Generator ist wegen den unterschiedlichen Geschwindigkeiten nicht möglich. Daher kann hier eine Drehzahlerhöhung mit Getriebe oder Flachriemen gewählt werden. Seitens des Auftraggebers wurde hier ein Riemenantrieb erwünscht. Der Wirkungsgrad ist bei einem Riemenantrieb gleich gut wie bei einem Getriebe und liegt bei ca. 98%.

## Steuerung

Mittels Wasserstandsregelung soll die Turbine immer so weit geöffnet werden, dass der Wasserstand am Wehr konstant gehalten werden kann und das komplette Wasserdargebot turbinieren kann. Dazu ist das Anbringen eines Wasserstands - Sensors im Oberwasser notwendig.

Die Steuerung fährt die Turbine durch Öffnen und Verstellen des Leitapparates automatisch hoch und schaltet bei Nenndrehzahl den Generator automatisch ans Netz. Anschliessend übernimmt sie die gewünschte Wasserstandsregelung und aktiviert verschiedene Überwachungs- und Schutzfunktionen.

## Rechtliche Situation und Randbedingungen

### Wasserrecht

Das Wasserrecht wurde im Jahr 1972 von der „Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Gemeinde Mosnang“ erstanden. Es wurde 1998 gelöscht und wird nicht mehr genutzt. Daher muss ein neues Wasserrecht beantragt werden. Dazu sind folgende Unterlagen erforderlich:

- Angaben des Gesuchstellers
- Pläne/Verzeichnisse
- Technischer Bericht
- Unterlagen betreffend Auswirkungen auf die Umwelt

Die genauen Angaben hierzu sind im Anhang A10 zu finden.

### Grundbesitz

Laut Antragsteller bestehen seitens der Grundbesitzer keine Einwände gegen den Bau der Anlage.

### Trägerschaft

Die Trägerschaft liegt beim Antragsteller persönlich.

## Umweltaspekte

### Restwasser

Eine Restwasserdotierung wird hier nicht als notwendig angesehen. Die Gründe hierfür sind im Kapitel „Ausbauabfluss und Restwasserabfluss“ erläutert.

### Hochwassersicherheit

Die Wasserkraftnutzung hat hier keine Einwirkung auf die Hochwassersicherheit.

Bei der gewählten Variante kann die bestehende Schwelle, die etwas erhöht wird, bei Hochwasser überströmt werden. Durch den Bau der Wehranlage wird der Abfluss durch die Brücke nicht behindert. Bei einer Erhöhung der Schwelle um  $w = 0,5$  m ergibt sich bei Hochwasserabfluss eine Überfallhöhe von  $h_u = 1,46$  m. Das ergibt einen Freibord von ca.  $f = 1.02$  m unter der Brücke (s. Abb.6).

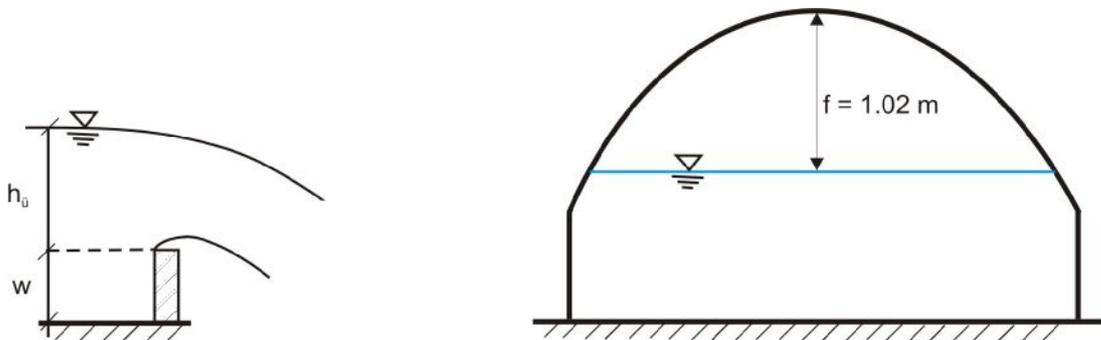


Abb. 6: Skizze: Wehrüberfall und Freibord unter der Brücke

### Geschwemmsel

Das Geschwemmsel kann nach wie vor über den Wasserfall abgeführt werden. Die Nutzung der Wasserkraft hat hier keinen nachteiligen Einfluss. Das Geschwemmsel das sich am Rechen ansammelt wird nicht entnommen sondern direkt in an das Gonzenbächli weitergeleitet um für die aquatischen Lebewesen wichtige biologische Substanz nicht zu schmälern.

### Fischwanderung

Eine durchgehende Fischwanderung ist aufgrund der natürlichen Abstürze nicht möglich. Der Wasserfall hat eine Höhe von ca. 5 m und stellt ein natürliches Wanderungshindernis dar. Fischaufstiegshilfen oder –anlagen am Wehr sind daher nicht vorgesehen.

### Natur- und Landschaftsschutz

Da der Standort Nothüsli schon vor Jahrzehnten zur Gewinnung von Energie aus Wasserkraft genutzt worden ist und Reste der Anlagenteile des ehemaligen Krafthauses sowie alte Betonierungen vorhanden sind, wird durch den Bau einer neuen Kleinwasserkraftanlage kein grosser Eingriff in das Landschaftsbild vorgenommen. Der natürliche Absturz wird durch eine feste Wehrschwelle erhöht und da keine grossen beweglichen Verschlusssteile vorhanden sind, kann die Wehrschwelle gut in das Landschaftsbild integriert werden. Ein Gespräch mit den zuständigen Behörden sollte vor Beginn eines eventuellen Projektes angestrebt werden.



## Lärm

Die Lärmquellen an einer Kleinwasserkraftanlage sind hauptsächlich Rechenreinigungsmaschine, Rechenguttransport, Generator, Getriebe, Turbine und der Transformator. Diese werden hier jedoch von ausserhalb kaum wahrnehmbar sein. Im Allgemeinen hängt der akzeptable Lärmpegel von der lokalen Bevölkerung oder einzelnen Gebäuden in der Nähe des Krafthauses ab. Das Maschinenhaus wird als Betonkonstruktion ausgeführt und ist somit gegen Lärm gedämmt. Dem Lärmschutz muss am Standort Nothüsli keine hohe Priorität beigemessen werden, da sich keine bewohnten Häuser in der unmittelbaren Nähe befinden.

Zusammenfassend kann an dieser Stelle gesagt werden, dass die geplante Anlage am Standort Nothüsli aus gewässerökologischer Sicht gesehen, völlig unproblematisch ist. Es entsteht kein Staubereich und somit auch kein Geschieberückhalt. Der 5 m hohe Wasserfall stellt ein natürliches Wanderungshindernis dar und durch die direkte Einleitung unterhalb des Wasserfalls ist keine Ausleitungsstrecke nötig. Durch den Bau der Anlage wird das Abflussregime nicht verändert. Die Anlage erfüllt massgebliche Kriterien für eine Lizenzierung mit dem Ökostrom-Label „naturemade star“.

## Wasserkraftpotential und untersuchte Varianten

Unter der Annahme, dass Ausbaudurchflüsse gewählt werden, die an rund 60 Tagen im Jahr vorhanden oder überschritten werden und eine Vollastdauer von ca. zwei Monaten pro Jahr erlauben, ergeben sich die folgenden Wasserkraftpotentiale:

Ausbaudurchfluss	$Q_A = 410 \text{ l/s}$
Bruttogefälle	$H_B = 5.78 \text{ m}$
Nettogefälle	$H_N = 5.2 \text{ m}$
Wirkungsgrade:	$\eta_{\text{Turbine}} = 86\%$
	$\eta_{\text{Generator}} = 90 \%$
	$\eta_{\text{Getriebe}} = 98 \%$
Maximale Leistung	$P_{e,\text{max}} = 16 \text{ kW}$
Jahresenergie	$E = 56200 \text{ kWh}$

Die Nettofallhöhe ergibt sich aus der Bruttofallhöhe abzüglich der Fallhöhenverluste. Diese Verluste setzen sich zusammen aus den kontinuierlichen Rohreibungsverlusten, den lokalen Verlusten (Einlauf, Auslauf, Rechen und Krümmer) und dem Saughöhenverlust, der hier mit 0,5 m angesetzt wurde.

Auf Wunsch des Antragstellers werden in dieser Studie keine weiteren Varianten mit beweglichen Wehren untersucht.

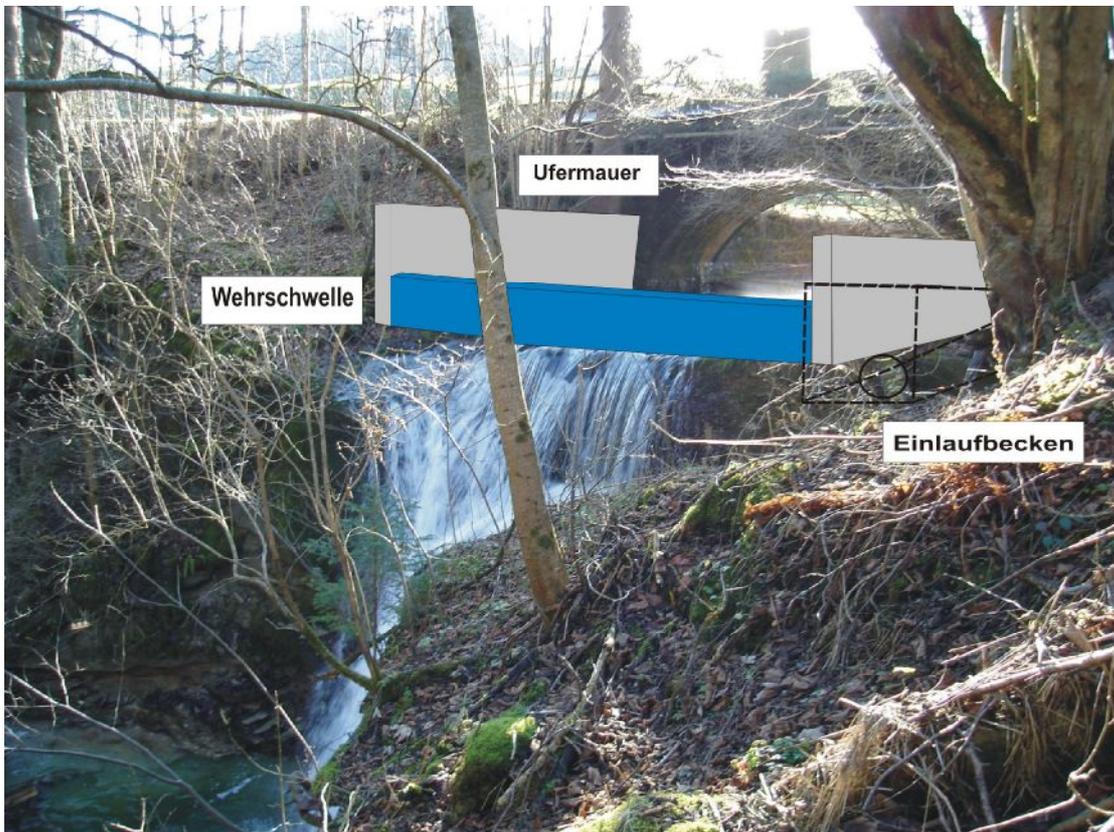


Abb. 7: Skizze Fassungsstandort: Feste Wehrschwelle mit Ufermauern entlang des Ufers und Einlaufbecken

### Technische Ausstattung der untersuchten Variante : „Feste Wehrschwelle“

Die Variante umfasst folgende Komponenten:

- Feste Schwelle 0.5 m
- Spülschütz 0.3 m hoch und 0.5 m breit
- Einlaufschlitz 2 m breit und 0.4 m hoch
- Grobrechen mit Stababstand 250 mm
- Gleitschütz 2 m breit und 0,4 m hoch
- Einlaufbecken 1.5 m hoch, 1.5 m breit und 4 m lang
- Feinrechen mit 18 mm Stababstand
- Rechenreiniger
- Spülrinne mit Absperrklappe
- Spülwasserpumpe
- Spülschütz für das Einlaufbecken
- Gleitschütz Druckleitung
- Druckleitung Gussrohr mit DN 600
- Maschinenhaus ca. 3.0 x 3.0 m Grundfläche
- Durchströmturbine
- Getriebe: Riemenantrieb
- Saugschlauch



- Asynchrongenerator 20 kVA, Drehzahl 1000 min<sup>-1</sup> oder 1500 min<sup>-1</sup>
- Steuerung
- Netzanschluss

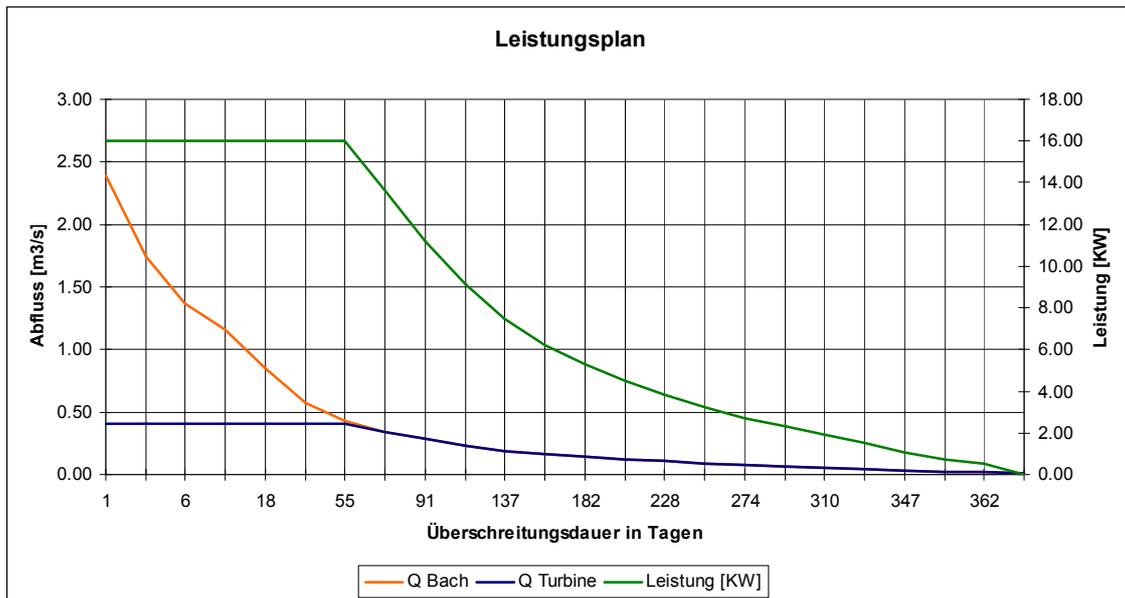


Abb.8: Leistungsplan für die geplante Variante

Aus Abb. 8 ist zu erkennen, dass die Anlage in einem durchschnittlichen Jahr an über 3 Tagen still steht. Jedoch können diese Tage mit dem Einsatz der alten Francis-Turbine überbrückt werden. Die Jahresproduktion beläuft sich auf 56200 kWh. Dabei sind 2 Wochen Betriebsausfall für Reparaturen, Revisionen und Hochwasser eingerechnet.

## Wirtschaftlichkeitsanalyse

### Kostenschätzung

Für die Schätzung der Gesamtkosten der Anlage werden zwei verschiedene Varianten betrachtet.

**Variante 1** beinhaltet alle Kosten im Falle, dass alle Arbeiten von externen Firmen erledigt werden.

**Variante 2** umfasst die Kosten für den Fall, dass Teile der Arbeiten vom Auftraggeber übernommen werden.

Eine detaillierte Zusammenstellung beider Varianten befindet sich im Anhang (siehe Anhang A3 und A4).

### Investitionskosten

Die Gesamtkosten der neuen Wasserkraftanlage werden wie folgt geschätzt in (CHF) (+/- 10%):

#### **Variante 1:**

Die spezifischen Investitionskosten betragen rund CHF 24200.-/kW. Dies ist selbst für Anlagen in diesem Leistungsbereich sehr hoch. Der Hauptgrund für die hohen spezifischen Investitionskosten ist im relativ kleinen Energieertrag aufgrund der geringen Abflüsse zu suchen.

**Tabelle 1:** Kostenvoranschlag für die Variante 1

A	Wehr, Fassung, Überleitung Nebenbächli	48900
B	Einlaufbecken	54500
C	Druckrohrleitung	41600
D	Maschinenhaus	40400
E	Elektromechanische Ausrüstung u. Energieableitung	97300
F	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	45600
Total inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]		<b>361130</b>
MWST 7.6%		27445.88
Total Projekt inkl. MWST (gerundet)		<b>388600</b>

**Variante 2:**

Bei der Kostenzusammenstellung für die Variante 2 wurde berücksichtigt, dass ein beträchtliches Mass an Eigenarbeit insbesondere bei den elektromechanischen Arbeiten und Bauarbeiten seitens des Auftraggebers eingebracht wird.

**Tabelle 2:** Kostenvoranschlag für die Variante 2

A	Wehr, Fassung, Überleitung Nebenbächli	35400
B	Einlaufbecken	24500
C	Druckrohrleitung	20500
D	Maschinenhaus	21200
E	Elektromechanische Ausrüstung u. Energieableitung	75300
F	Projektplanung, Bewilligungsverfahren, Ausschreibung, Bauleitung	28300
Total inkl. 10% Unvorhergesehenes [CHF]		<b>225720</b>
MWST 7.6%		17154.72
Total Projekt inkl. MWST (gerundet)		<b>242900</b>

Die spezifischen Investitionskosten betragen rund CHF 15100.-/kW. Dies ist fast 40% geringer als bei der Variante 1 und liegt trotzdem recht hoch.

**Betriebs- und Unterhaltungskosten****Variante 1:**

Üblicherweise werden die Betriebs- und Unterhaltungskosten mit 2% der gesamten Investitionskosten angesetzt. Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt von ca. CHF 7800.-/a. Dieser Ansatz ist bei dieser kleinen Anlage eindeutig zu hoch, da dies mehr als 50% des jährlichen Ertrages ausmachen würde.

**Variante 2:**

Die Betriebs- und Unterhaltungskosten wurden mit 0,5% der gesamten Investitionskosten angesetzt. Damit ergeben sich jährliche Kosten für Betrieb und Unterhalt von ca. CHF 1200.-/a.

**Finanzierungskosten**

Folgende Parameter werden zur Berechnung der Stromgestehungskosten gewählt:

- Kalkulatorischer Zinssatz  $i = 5\%$
- Kalkulatorische Nutzungsdauer  $n = 25$  Jahre



Mit den oben genannten Angaben wird ein Annuitätensatz von 0.0710 berechnet. Im Anhang A7 sind verschiedene Annuitäten für verschieden Zinssätze und Investitionskosten für die Variante 2 dargestellt.

Die kalkulatorische Nutzungsdauer von 25 Jahre ergibt sich aus den neuen Anschlussbedingungen für Kleinwasserkraftanlagen (4.2: „Die Amortisationsdauer beträgt 25 Jahre. Die Vergütungsdauer beginnt nach Inbetriebnahme der Anlage und endet am 31. Dezember nach Ablauf der Amortisationsdauer.“).

### Erlös aus Stromverkauf

**Tabelle 3:** Einspeisevergütungen gemäss kEV, März 2008

Bruttofallhöhe	5.78 m
Investitionsanteil WB	>50 %
Jährliche Produktion	16.04kW
Grundvergütung (Rp./kWh)	26
Fallhöhenbonus (Rp./kWh)	4.25
Wasserbaubonus (Rp./kWh)	5.5
Einspeisevergütung (Rp./kWh)	35.75
<b>max. Einspeisevergütung (Rp./kWh)</b>	<b>35.00</b>

Die in Tabelle 3 dargestellten Tarife wurden gemäss der kostendeckenden Einspeisevergütung (kEV) berechnet. Die Vergütung setzt sich aus einer Grundvergütung und verschiedenen Boni zusammen. Für die Festlegung der Grundvergütung ist die äquivalente Leistung (entspricht dem Quotienten aus der im entsprechenden Kalenderjahr am Einspeisepunkt gemessenen Elektrizität in kWh und der vollen Stundensumme des jeweiligen Kalenderjahres abzüglich der vollen Stunden vor Inbetriebnahme oder nach Stilllegung der Anlage) massgebend. Die Höhe der Grundvergütung wird nach der äquivalenten Leistung der Anlage und anteilmässig nach verschiedenen Leistungsklassen berechnet. Für die geplante Anlage berechnet sich somit eine Grundvergütung von Rp. 26/kWh. Der Fallhöhenbonus errechnet sich nach der Bruttofallhöhe der Anlage anteilmässig nach verschiedenen Fallhöhenklassen. Mit einer Bruttofallhöhe von 5,78 m ergibt sich für KW Nothüsli anteilmässig ein Bonus von Rp. 4.25/kWh. Der Wasserbaubonus wird für Anlagen, deren Kosten für Wasserbau grösser als 20% der Investitionskosten betragen, erteilt. Beträgt der Kostenaufwand für Wasserbau grösser als 50%, dann besteht der Anspruch auf den vollen Wasserbaubonus. Für die geplante Anlage ist dies der Fall und somit ergeben sich 5.5/kWh. Eine Addition der einzelnen Vergütungen ergibt Rp. 35.75/kWh, jedoch ist die maximale Vergütung auf Rp. 35/kWh beschränkt und somit kann für die Anlage KW Nothüsli mit Rp. 35/kWh gerechnet werden.

#### **Variante 1:**

Mit den oben genannten Parametern ergibt sich für die Variante 1 eine Annuität von CHF 27'527.-/a. Die Gesamtjahreskosten belaufen sich auf CHF 35'327. Der mittlere Ertrag durch den Stromverkauf ist CHF 19'670 und somit ergibt dies einen jährlichen Verlust von CHF 15'657. Die tabellarische Zusammenstellung der Berechnung ist dem Anhang A5 zu entnehmen.

#### **Variante 2:**

Die Annuität der Variante 2 liegt bei CHF 17'194.-/a. Bei Gesamtjahreskosten von CHF 18'394 und dem gleichen mittleren Ertrag wie bei der Variante 1 ergibt sich ein jährlicher Gewinn von CHF 1'276. Die tabellarische Zusammenstellung der Berechnung ist dem Anhang A6 zu entnehmen.

Mit der Variante 2 kann die Anlage bei einer Amortisationsdauer von 25 Jahren kostendeckend betrieben werden.

## Gestehungskosten

### **Variante 1**

Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltungskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 56200 kWh Gestehungskosten von Rp. 63/kWh berechnen.

### **Variante 2**

Die Gestehungskosten bei der Variante 2 lassen sich bei der gleichen Jahresproduktion zu Rp. 33/kWh berechnen.

## Dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde für beide Varianten über 25 Jahre durchgeführt.

Die ausgewiesenen Renditen liegen bei der **Variante 1** bei -1,6%. Diese liegen deutlich unter dem für Kleinwasserkraftanlagen angestrebten Satz von 5% und zeigen, dass diese Variante eindeutig unwirtschaftlich ist. Der Grund liegt unter anderen darin, dass mit 2% Betriebs- und Unterhaltungskosten die Kosten den Ertrag übertreffen. Die **Variante 2** liegt mit einer Rendite von 5,8% im wirtschaftlichen Bereich.

Die genauen Berechnungsergebnisse sind in Anhang A8 und A9 dargestellt.



## Schlussfolgerung und Empfehlung

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass der Bau einer Kleinwasserkraftanlage am Standort Nothüsli technisch möglich ist. Die Gestehungskosten liegen mit Rp. 63/kWh bei Variante 1 unter der angesetzten Amortisationszeit über der Einspeisevergütung gemäss kEV. Die Realisierung unter den aufgelisteten Kostenpositionen und dem gewählten Finanzierungsansatz ist nur für Variante 2 wirtschaftlich. Die Rendite des Projektes liegt für die Variante 2 bei einer Berechnung für 25 Jahre und der Annahme, dass in der Zeit keine neuen Investitionen getätigt werden müssen, bei 5,8%. Dies bedeutet das hier gute marktübliche Renditen erreicht werden können.

Das Ergebnis dieser Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wurde in Anlehnung an die Richtlinien der kEV durchgeführt. Darin heisst es, dass die kostendeckende Einspeisevergütung für maximal 25 Jahre bezahlt wird. Da die Anlage danach keineswegs stillgelegt wird, sondern bis zum Ende der Lebensdauer weiterbetrieben wird und der Strom zum jeweiligen Marktpreis verkauft werden wird, sind auch noch positivere Wirtschaftlichkeitsanalysen möglich.

Da die tatsächliche technische Lebensdauer von Wasserkraftanlagen bei zirka 30- 40 Jahren für die elektromechanische Ausrüstung sowie bei 80 bis 100 Jahren für die wasserbaulichen Anlagenkomponenten beträgt, kann ohne weiteres bis zu einem Zeitraum von 40 Jahren gerechnet werden. Es ist durchaus wahrscheinlich, dass bis zum Ablauf der kEV der Marktpreis für regenerativen Strom sogar höher ist als die jetzige Vergütung nach kEV. Im Falle einer Berechnung für 40 Jahre würden die jährlichen Annuitäten niedriger sein und das heisst dass eine Rückzahlung der jährlichen Annuitäten auch nach Ablauf der kEV problemlos möglich sein dürfte.

Zusätzlich sind in der Schätzung der Investitionskosten noch gewisse Spielräume vorhanden. Z.B. sind überall 10% der geschätzten Kosten für zusätzliche unvorhergesehene Ausgaben eingeplant. Des Weiteren gibt es erhebliche Einsparpotenziale bei den verschiedenen Verschlusschützen. Eine weitere Alternative wäre der Einbau einer indonesischen Turbine, welche um circa 1/3 billiger ist als ein europäisches Produkt, jedoch auch etwas geringere Wirkungsgrade hat.

Wasserkraftanlagen sind sehr langfristige Investitionen. Ein kurzfristiger Gewinn lässt sich mit dem hier untersuchten Standort ohne erhebliche Eigenleistungen sicher nicht erzielen. Falls jedoch ein Interesse an einer langfristigen und nachhaltigen Investition vorhanden ist, so können diese an diesem Standort unter den jetzigen Bedingungen durchaus getätigt werden. Allerdings sind für einen endgültigen Entscheid noch weitere Abklärungen erforderlich, insbesondere müssen für sämtliche Arbeiten konkrete Angebote eingeholt werden, um Kostensicherheit zu haben. Da die ganze Investition nur hart an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit realisiert werden könnte, ist die genaue Abklärung der Kosten von besonderer Wichtigkeit. Falls der Betreiber an einer solchen Vorgehensweise interessiert ist, wird empfohlen, das Projekt weiter zu verfolgen, andernfalls sollte das Vorhaben hier abgebrochen werden.

Sollte das Projekt weiterbearbeitet werden, dann sollten Gespräche mit den zuständigen Behörden angestrebt werden, um die in der Studie angenommenen Randbedingungen insbesondere bezüglich des Restwasserabflusses zu bestätigen.

## Anhang A1



Abb. A1. Gewässernetz am Standort Nothüsli (Gonzenbächli und Nebenbächli) [geoportal.ch]



## Anhang A2



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

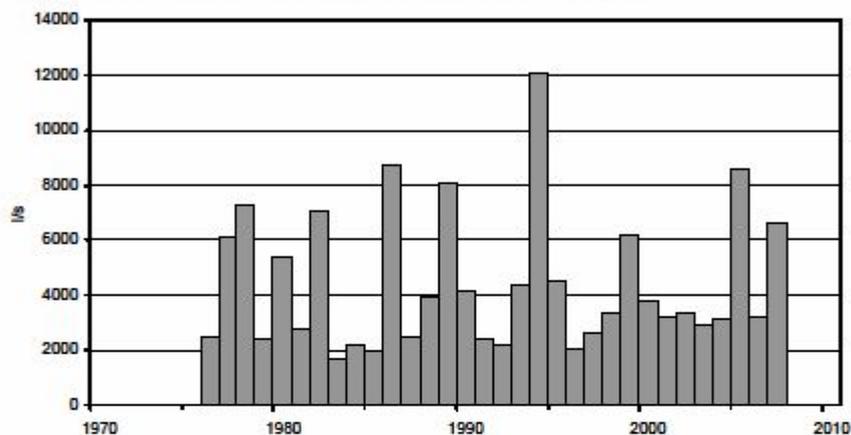
Bundesamt für Umwelt BAFU  
Abteilung Hydrologie

### Hochwasserwahrscheinlichkeiten (Jahreshochwasser)

DB-Nr. 935 Rietholzbach - Mosnang, Rietholz

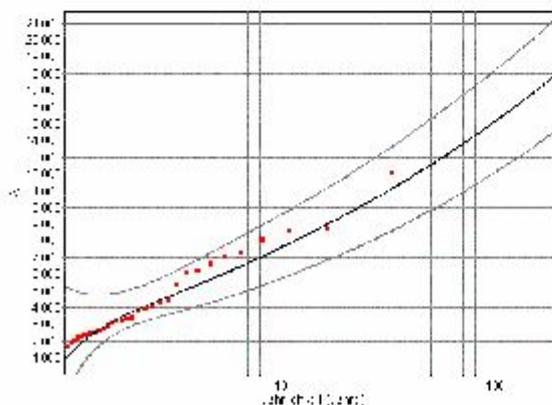
Koordinaten: 718840 / 248440	Stationshöhe: 682 m ü. M.	
Fläche: 3.31 km <sup>2</sup>	mittlere Höhe: 795 m ü. M.	Vergletscherung: 0 %

Jahreshochwasser der gesamten Beobachtungsperiode 1976-2007:



Statistik der Jahreshochwasser der Untersuchungsperiode 1976-2007 (32 Jahre):

Grösste Jahresspitze: 12044 l/s (1994)	Kleinste Jahresspitze: 1690 l/s (1983)	
Mittelwert: 4416.388 l/s	Standardabweichung: 2498.966	Schiefe: 1.294
Median: 3375 l/s	Variationskoeffizient: 0.566	Exzess (Kurtosis): 1.325



Verteilung: Log-Pearson-III  
Vertrauensintervall: 95%

Jährlichkeit [Jahre]	Abfluss [l/s]
2	3708
5	5855
10	7613
20	9573
50	12565
100	15187
200	18167

Resultate der routinemässigen Berechnung mit dem Standardverfahren des DVWK (1979).  
Im konkreten Bemessungsfall müssen umfassendere Betrachtungen erfolgen!

## Anhang A3

### Einzelpositionen der Kostenschätzung Variante 1

#### A Kostenschätzung Wehranlage und Fassung

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation	-	p	-	3'000
2	Wasserhaltung	-	p	-	3'000
3	Baugrubenumschliessung Fassung	-	p	-	5'000
4	Spülschütz am Wehr	-	p	-	8'000
5	Begradigung Absturz	m <sup>3</sup>	2	80	160
6	Aushub	m <sup>3</sup>	8	25	200
7	Materialtransporte innerhalb der Baustelle	m <sup>3</sup>	10	14	140
8	Betonmauer entlang der Ufer	m <sup>2</sup>	16	660	10'560
9	Beton inkl. Schalung und Armierung	m <sup>3</sup>	3	660	1'980
10	Einlaufrechen für Seitenentnahme	m <sup>2</sup>	1	1500	1'500
11	Absperrklappe	-	p	-	5'000
12	Überleitung Nebenbächli überschlägig	-	-	-	10'000
13	Nachträglicher Auflad von Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	8	12	96
14	Abtransport Deponie	m <sup>3</sup>	8	35	280
	Unvorhergesehenes 10%				48'916
					4'892
					53'808
				<b>Total (gerundet)</b>	<b>53'800</b>

#### B Kostenschätzung Einlaufbecken

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Spülschütz	-	p	-	8'000
2	Aushub	m <sup>3</sup>	4	25	100
3	Materialtransporte innerhalb der Baustelle	m <sup>3</sup>	10	14	140
4	Beton inkl. Schalung und Armierung	m <sup>3</sup>	6	660	3'960
5	Feinrechen	m <sup>2</sup>	2	450	900
6	Rechenreiniger	-	p	-	30'000
7	Absperrung Einlauf Druckleitung	-	p	-	5'000
8	Netzanschluss ab Maschinenhaus entlang Druckleitung	m	25	48	1'200
9	Spülrinne inkl. Pumpe und Spülklappe	-	-	-	5'000
10	Abtransport Deponie	m <sup>3</sup>	6	35	210
	Unvorhergesehenes 10%				54'510
					5'451
					59'961
				<b>Total (gerundet)</b>	<b>60'000</b>



**C Kostenschätzung Druckleitung GGG DN 600, L=23 m**

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation	-	p	-	10'000
2	Rodungen inkl. Abtransport und Entsorgung	-	p	-	2'000
3	Felsaushub (und Findlinge)	m <sup>3</sup>	20	60	1'200
4	Baupiste entlang Rohrleitung	m	20	50	1'000
5	Rohrlieferung + Verlegen GGG DN 600	m	23	483	11'109
7	Krümmen und Bögen	-	-	-	9'000
8	Beton für Schwellen u Ankerblöcke	m <sup>3</sup>	4	350	1'400
9	Materialselektion für Rohrbettung	m <sup>3</sup>	28	24	672
10	Rohrbettung mit aufbereit. Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	28	35	980
11	Grabenauffüllung mit Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	25	33	825
12	Humusieren und Wiederherstellen Platz	m <sup>2</sup>	100	25	2'500
13	Nachträglicher Auflad von Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	20	12	240
14	Abtransport Deponie	m <sup>3</sup>	20	35	700
	Unvorhergesehenes 10%				41'626
					4'163
					45'789
				<b>Total (gerundet)</b>	<b>45'800</b>

**D Kostenschätzung Maschinenhaus (LxBxH=3x3.5x2.5)**

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation	-	p	-	4'000
2	Baugrubensicherung	-	p	-	3'000
3	Aushub mit seitlicher Deponie	m <sup>3</sup>	48	35	1'680
4	Aushub in Fels als Zuschlag	m <sup>3</sup>	20	80	1'600
5	Hinterfüllen Bauwerk	m <sup>3</sup>	20	30	600
6	Beton inkl. Schalung und Armierung	m <sup>3</sup>	19	660	12'540
7	Dacheindeckung	m <sup>2</sup>	18	260	4'680
10	Aussentüre B=1.6 m , H= 2.5 m	-	p	-	3'000
11	Metallbauarbeiten und Fenster	-	p	-	1'500
12	Elektroarbeiten	-	p	-	1'500
13	Unterwasser Ableitung	-	p	-	2'000
14	Nachträglicher Auflad von Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	28	12	336
15	Abtransport Deponie	m <sup>3</sup>	28	35	980
16	Erstellen Zufahrtsweg		p		3000
	Unvorhergesehenes 10%				40'416
					4'042
					44'458
				<b>Total (gerundet)</b>	<b>44'500</b>

### E Kostenschätzung elektromechanische Ausrüstung

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Durchflussturbine 16kW $H_n=5.2m$ , $Q_A=410l/s$ mit Absperrorgan und Befestigungsrahmen und Saugrohr*	-	1	47'000	47'000
2	Durchflussturbine 16kW $H_n=5.2m$ , $Q_A=410l/s$ hergestellt in Indonesien mit Absperrorgan, Befestigungsrahmen und Saugrohr	-	0	30'000	-
3	Asynchron-Generator 20kVA	-	1	3'000	3'000
4	Hydraulikaggregat für Leitapparat	-	1	3'500	3'500
5	Pegelmessung im Oberwasser	-	1	1'200	1'200
6	Kabelschutzrohr/Kabel zum Oberwasser	-	1	800	800
7	Schaltschrank/Steuerung & Engineering	-	1	18'000	18'000
8	Turbinentransport und -montage		1	3'800	3'800
9	Elektroinstallationen, Kabel		1	5'000	5'000
10	Inbetriebnahme, Tests nach Aufwand		1	3'000	3'000
11	Kabelschutzrohr/Kabel Anschluss EW-Netz, Sicherung, Zähler (Schätzung)		1	2'000	2'000
12	Installationsanzeige, Parallelschaltgesuch, Anmeldung EV, Abnahme ESTI (Schätzung)		1	2'000	2'000
	Unvorhergesehenes 10%				89'300
					8'930.0
					98'230
				<b>Total (gerundet)</b>	<b>98'200</b>

\* Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden mit den Wirkungsgraden der OSSBERGER®-Turbine durchgeführt. Bei der Wahl einer indonesischen Turbine kann die Leistung und Energie aufgrund etwas niedrigerer Wirkungsgrade nach unten abweichen.



## Anhang A4

### Einzelpositionen der Kostenschätzung Variante 2

#### A Kostenschätzung Wehranlage und Fassung

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation*	-	p	-	-
2	Wasserhaltung	-	p	-	3000
3	Baugrubenumschliessung Fassung	-	p	-	5000
4	Spülschütz am Wehr	-	p	-	8000
5	Begradigung Absturz	m <sup>3</sup>	2	80	160
6	Aushub	m <sup>3</sup>	8	25	200
7	Materialtransporte innerhalb der Baustelle	m <sup>3</sup>	10	14	140
8	Betonmauer entlang der Ufer*	m <sup>2</sup>	p	-	5000
9	Beton inkl. Schalung und Armierung	m <sup>3</sup>	3	660	1980
10	Einlaufrechen für Seitenentnahme	m <sup>2</sup>	1	1500	1500
11	Absperrklappe	-	p	-	5000
12	Überleitung Nebenbächli überschlägig*	-	p	-	5000
13	Nachträglicher Auflad von Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	8	12	96
14	Abtransport Deponie	m <sup>3</sup>	8	35	280
					35356
	Unvorhergesehenes 10%				3535.6
					38891.6
			<b>Total (gerundet)</b>		<b>38900</b>

#### B Kostenschätzung Einlaufbecken

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
4	Spülschütz	-	p	-	8000
5	Aushub	m <sup>3</sup>	4	25	100
6	Materialtransporte innerhalb der Baustelle	m <sup>3</sup>	10	14	140
7	Beton inkl. Schalung und Armierung	m <sup>3</sup>	6	660	3960
9	Feinrechen	m <sup>2</sup>	2	450	900
10	Rechenreiniger*	-	p	-	5000
11	Absperrung Einlauf Druckleitung Netzanschluss ab Maschinenhaus entlang	-	p	-	5000
12	Druckleitung	m	25	48	1200
13	Spülrinne inkl. Pumpe und Spülklappe*	-	-	-	-
14	Abtransport Deponie	m <sup>3</sup>	6	35	210
					24510
	Unvorhergesehenes 10%				2451
					26961
			<b>Total (gerundet)</b>		<b>27000</b>

**C Kostenschätzung Druckleitung GGG DN 600, L=23 m**

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation*	-	p	-	-
2	Rodungen inkl. Abtransport und Entsorgung	-	p	-	2000
3	Felsaushub (und Findlinge)	m <sup>3</sup>	20	60	1200
4	Baupiste entlang Rohrleitung	m	20	50	1000
5	Rohrlieferung + Verlegen GGG DN 600*	m	23	-	-
7	Krümmen und Bögen	-	-	-	9000
8	Beton für Schwellen u Ankerblöcke	m <sup>3</sup>	4	350	1400
9	Materialektion für Rohrbettung	m <sup>3</sup>	28	24	672
10	Rohrbettung mit aufbereit. Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	28	35	980
11	Grabenauffüllung mit Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	25	33	825
12	Humusieren und Wiederherstellen Platz	m <sup>2</sup>	100	25	2500
13	Nachträglicher Auflad von Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	20	12	240
14	Abtransport Deponie	m <sup>3</sup>	20	35	700
Unvorhergesehenes 10%					20517
					2051.7
					22568.7
<b>Total (gerundet)</b>					<b>22600</b>

**D Kostenschätzung Maschinenhaus (LxBxH=3x3.5x2.5)**

Pos	Gegenstand		Quantität	Einheitspreis [CHF]	Summe [CHF]
1	Installation*	-	p	-	-
2	Baugrubensicherung*	-	p	-	-
3	Aushub mit seitlicher Deponie	m <sup>3</sup>	48	35	1'680
4	Aushub in Fels als Zuschlag	m <sup>3</sup>	20	80	1'600
5	Hinterfüllen Bauwerk	m <sup>3</sup>	20	30	600
6	Beton inkl. Schalung und Armierung*	m <sup>3</sup>	19	-	10'000
7	Dacheindeckung	m <sup>2</sup>	18	260	-
10	Aussentüre B=1.96 m , H= 2.0 m*	-	p	-	3'000
11	Metallbauarbeiten und Fenster*	-	p	-	500
12	Elektroarbeiten*	-	p	-	500
13	Unterwasser Ableitung	-	p	-	2'000
14	Nachträglicher Auflad von Aushubmaterial	m <sup>3</sup>	28	12	336
15	Abtransport Deponie	m <sup>3</sup>	28	35	980
16	Erstellen Zufahrtsweg*		p		-
Unvorhergesehenes 10%					21'196
					2'120
					23'316
<b>Total (gerundet)</b>					<b>23'300</b>

**E Kostenschätzung elektromechanische Ausrüstung**

<i>Pos</i>	<i>Gegenstand</i>		<i>Quantität</i>	<i>Einheitspreis [CHF]</i>	<i>Summe [CHF]</i>
1	Durchflussturbine 16kW H <sub>n</sub> =5.2m, Q <sub>A</sub> =410l/s mit Absperrorgan, Befestigungs- rahmen und Saugrohr	-	1	47'000	47'000
2	Durchflussturbine 16kW H <sub>n</sub> =5.2m, Q <sub>A</sub> =410l/s hergestellt in Indonesien mit Ab- sperrorgan, Befestigungsrahmen und Saug- rohr	-	0	30'000	-
3	Asynchron-Generator 20kVA	-	1	3'000	3'000
4	Hydraulikaggregat für Leitapparat	-	1	3'500	3'500
5	Pegelmessung im Oberwasser	-	1	1'200	1'200
6	Kabelschutzrohr/Kabel zum Oberwasser	-	1	800	800
7	Schaltschrank/Steuerung & Engineering*	-	1	18'000	-
8	Turbinentransport und -montage		1	3'800	3'800
9	Elektroinstallationen, Kabel*		1	5'000	-
10	Inbetriebnahme, Tests nach Aufwand		1	3'000	3'000
11	Kabelschutzrohr/Kabel Anschluss EW-Netz, Sicherung, Zähler (Schätzung)*		1	2'000	-
12	Installationsanzeige, Parallelschaltgesuch, Anmeldung EV, Abnahme ESTI (Schät- zung)*		1	2'000	-
	7+9+11+12*		p	-	5000
	Unvorhergesehenes 10%				67'300
					6'730.0
					4'030
			<b>Total (gerundet)</b>		<b>74'000</b>

\* Die angegebenen Kosten für diese Positionen wurden vom Auftraggeber empfohlen.

## Anhang A5

### Wirtschaftlichkeit des KW Nothüsli für die Variante 1

<b>Investitionskosten</b>		
Baukosten	199'600	CHF
Elektromechanische Ausrüstung	96'100	CHF
Transmission	8'000	CHF
Nebenkosten (Projektierung und Bauleitung, Gebühren, Bewilligungen)	49'000	CHF
Unvorhergesehenes	35'270	CHF
<b>Total</b>	<b>387'970</b>	<b>CHF</b>
	24'188	
<b>Jährliche Energieproduktion</b>	<b>56'200</b>	<b>kWh/Jahr</b>
<b>Betriebs- und Unterhaltskosten</b>		
Ersatzteile und Reparaturen elektromech. Ausrüstung		
Unterhaltskosten Bau		
Versicherung der Anlagen		
<b>Total (2% der Investitionskosten)</b>	<b>7'800</b>	<b>CHF</b>
<b>Kapitalkosten</b>		
- Kalkulationssatz:	5.0%	
- Nutzungsdauer Anlage	25 Jahre	
Annuität* mit einem KWF* von 0.0710		
	<b>27'527</b>	<b>CHF</b>
<b>Total Jahreskosten (Pos. 2 + Pos. 3)</b>	<b>35'327</b>	<b>CHF</b>
<b>Stromgestehungskosten</b>	<b>0.63</b>	<b>CHF/kWh</b>
<b>Mittlerer Ertrag (Stromverkauf Wasserstrom = Rp 35.0/kWh)</b>	<b>19'670</b>	<b>CHF</b>
Gewinn pro Jahr (Ertrag - Aufwand)	-15'657	CHF
Kosten-Nutzen-Verhältnis	0.56	

\* ist die regelmäßig jährlich fließende Zahlung, die sich aus Zins und Tilgung zusammensetzt

\* der Kapitalwiedergewinnungsfaktor (KWF) oder auch Annuitätenfaktor, ist der Faktor, mit dem der Kapitalbetrag zu multiplizieren ist, um den jährlichen konstanten Annuitätenbetrag zu erhalten



## Anhang A6

### Wirtschaftlichkeit des KW Nothüsli für die Variante 2

<b>Investitionskosten</b>		
Baukosten	109'300	CHF
Elektromechanische Ausrüstung	72'400	CHF
Transmission	8'000	CHF
Nebenkosten (Projektierung und Bauleitung, Gebühren, Bewilligungen)	30'600	CHF
Unvorhergesehenes	22'030	CHF
<b>Total</b>	<b>242'330</b>	<b>CHF</b>
	15'108	
<b>Jährliche Energieproduktion</b>	<b>56'200</b>	<b>kWh/Jahr</b>
<b>Betriebs- und Unterhaltskosten</b>		
Ersatzteile und Reparaturen elektromech. Ausrüstung		
Unterhaltskosten Bau		
Versicherung der Anlagen		
<b>Total (0.5% der Investitionskosten)</b>	<b>1'200</b>	<b>CHF</b>
<b>Kapitalkosten</b>		
- Kalkulationssatz:	5.0%	
- Nutzungsdauer Anlage	25 Jahre	
Annuität mit einem KWF von 0.0710		
	<b>17'194</b>	<b>CHF</b>
<b>Total Jahreskosten (Pos. 2 + Pos. 3)</b>	<b>18'394</b>	<b>CHF</b>
<b>Stromgestehungskosten</b>	<b>0.33</b>	<b>CHF/kWh</b>
<b>Mittlerer Ertrag (Stromverkauf Wasserstrom = Rp 35.0/kWh)</b>	<b>19'670</b>	<b>CHF</b>
Gewinn pro Jahr (Ertrag - Aufwand)	1'276	CHF
Kosten-Nutzen-Verhältnis	1.07	

## Anhang A7

In den folgenden Abbildungen sind die Annuitäten für verschieden Zinssätze und Investitionskosten für die Variante 2 dargestellt.

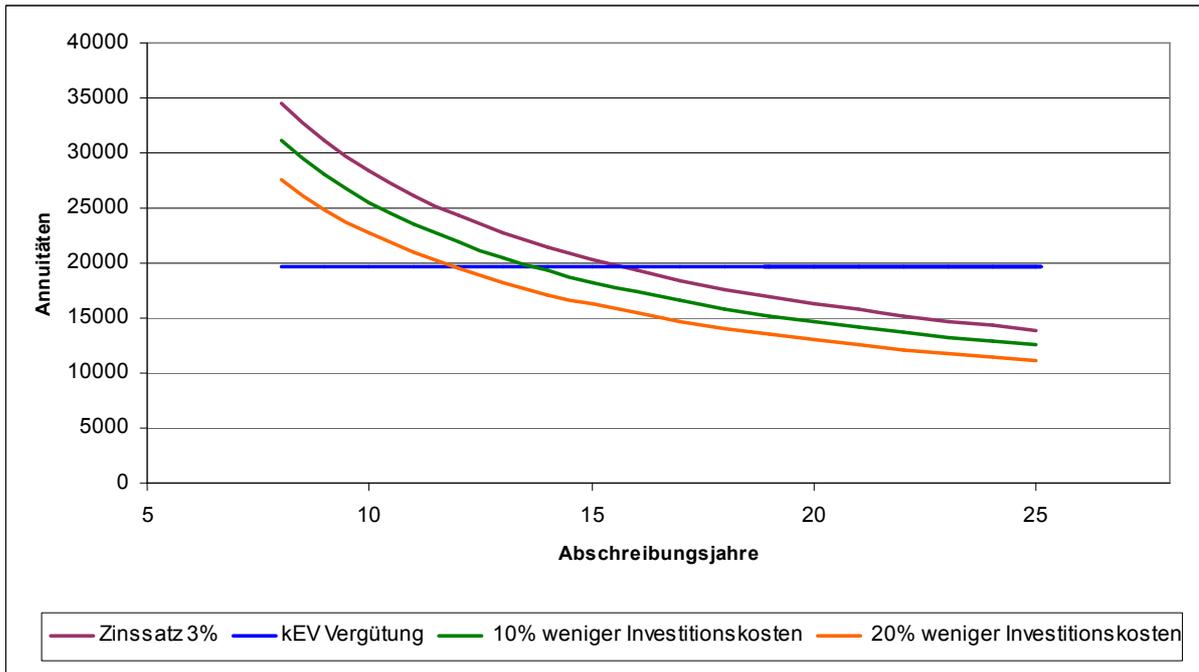


Abb. A6a. Annuität bei einem Zinssatz von 3% und verschiedenen Investitionskosten

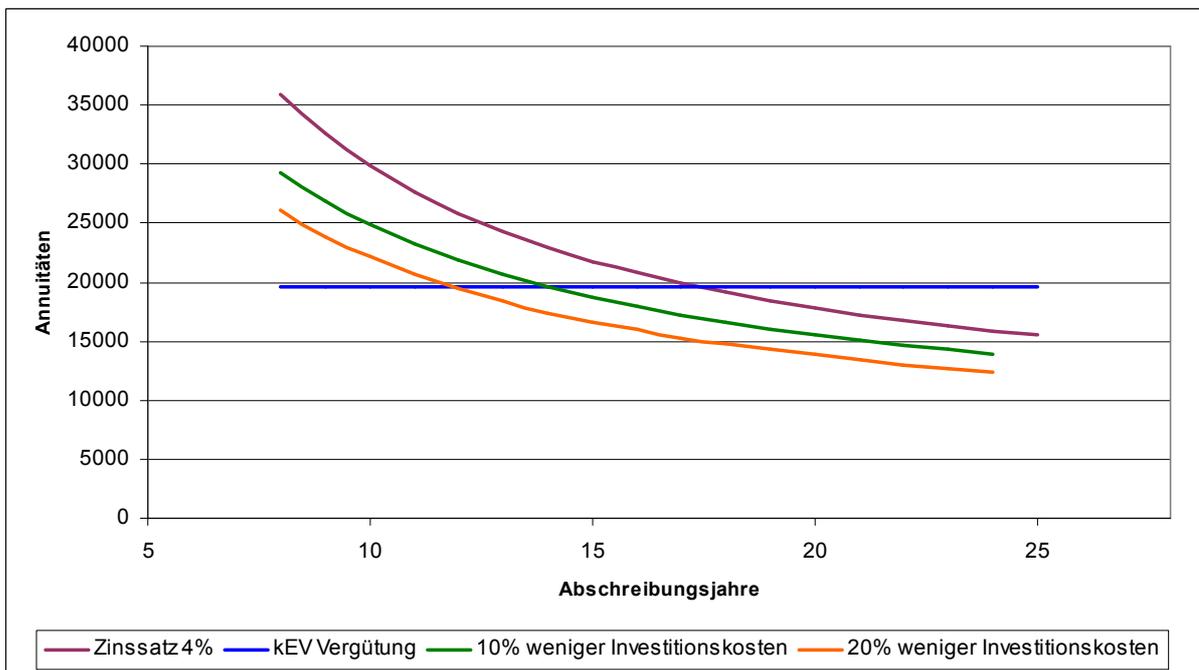


Abb. A6b. Annuität bei einem Zinssatz von 4% und verschiedenen Investitionskosten



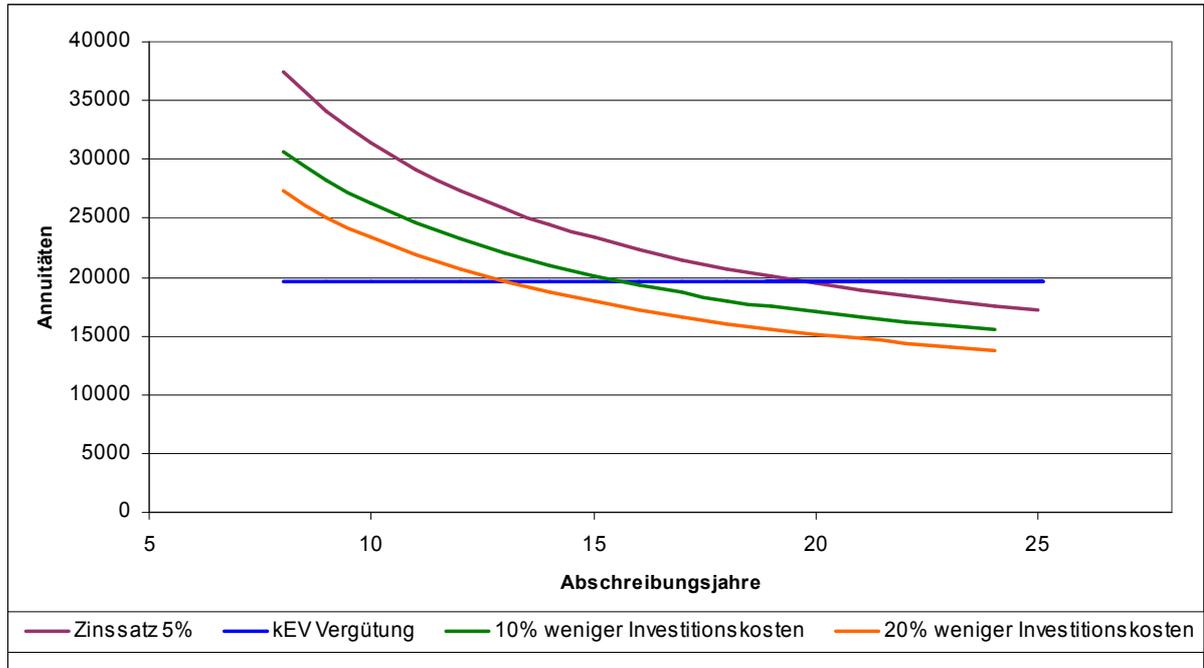


Abb. A6c. Annuität bei einem Zinssatz von 5% und verschiedenen Investitionskosten

## Anhang A8

## KW Nothüsli, Variante 1

## Dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse

Okt 08

<i>Kraftwerksdaten</i>				<i>Energiewirtschaft</i>				
Leistung Kraftwerk		16.04	kW	Einspeisevergütungen				
Jahresenergie		56'200	kWh	kEV	0.35	CHF / kWh über die ersten 25 Betriebsjahre		
Investitionskosten				<b>Rendite (IRR) -1.6%</b>				
2010	Fr.	47'633						
2011	Fr.	341'367						
Total	Fr.	242'330						
Betriebs- und Unterhaltskosten								
		Fr. / a	7'800					
<i>Jahr</i>		<i>Jahresenergie</i>	<i>R.-Tarif</i>	<i>Erlös</i>	<i>Investitionen</i>	<i>Betrieb- u. Unterh.</i>	<i>Cash-Flow brutto</i>	<i>Cash-Flow</i>
0	2009			0	-47'633		-47'633	-47'633
1	2010			0	-341'367		-341'367	-341'367
2	2011	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
3	2012	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
4	2013	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
5	2014	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
6	2015	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
7	2016	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
8	2017	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
9	2018	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
10	2019	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
11	2020	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
12	2021	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
13	2022	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
14	2023	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
15	2024	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
16	2025	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
17	2026	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
18	2027	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
19	2028	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
20	2029	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
21	2030	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
22	2031	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
23	2032	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
24	2033	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
25	2034	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
26	2035	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870
27	2035	56'200	0.350	19'670		-7'800	11'870	11'870



## Anhang A9

## KW Nothüsli, Variante 2

## Dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse

Okt 08

<i>Kraftwerksdaten</i>				<i>Energiewirtschaft</i>				
Leistung Kraftwerk		16.04 kW		Einspeisevergütungen				
Jahresenergie		56'200 kWh		kEV 0.35 CHF / kWh über die ersten 25 Betriebsjahre				
Investitionskosten				<b>Rendite (IRR) 5.8%</b>				
2010	Fr.	34'533						
2011	Fr.	208'467						
Total		Fr.	242'330					
Betriebs- und Unterhaltskosten		Fr. / a						
		1'200						
<i>Jahr</i>		<i>Jahresenergie</i>	<i>R.-Tarif</i>	<i>Erlös</i>	<i>Investitionen</i>	<i>Betrieb- u. Unterh.</i>	<i>Cash-Flow brutto</i>	<i>Cash-Flow</i>
0	2009			0	-34'533		-34'533	-34'533
1	2010			0	-208'467		-208'467	-208'467
2	2011	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
3	2012	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
4	2013	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
5	2014	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
6	2015	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
7	2016	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
8	2017	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
9	2018	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
10	2019	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
11	2020	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
12	2021	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
13	2022	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
14	2023	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
15	2024	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
16	2025	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
17	2026	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
18	2027	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
19	2028	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
20	2029	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
21	2030	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
22	2031	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
23	2032	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
24	2033	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
25	2034	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
26	2035	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470
27	2036	56'200	0.350	19'670		-1'200	18'470	18'470

## Anhang A10

Kanton St.Gallen



9001 St.Gallen

### Gewässernutzungsgesuch für den Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen

Die nachfolgenden Ausführungen sollen einen potentiellen Gesuchsteller kurz über das Verfahren und die einzureichenden Unterlagen informieren.

#### A. Allgemeines

1. Nach Art. 13 Abs. 1 Ziff. 1 des Gesetzes über die Gewässernutzung (sGS 751.1; abgekürzt GNG) bedarf die Nutzung der Wasserkraft eines öffentlichen Gewässers einer Verleihung (Konzession) des Baudepartements.
2. Gesuche werden nach einer Vollständigkeitsprüfung während 30 Tagen in der(n) Standortgemeinde(n) öffentlich aufgelegt (Art. 16 Abs. 2 GNG). Allfällige Einsprachen werden dem Gesuchsteller mitgeteilt und es wird ihm Gelegenheit gegeben, sich dazu zu äussern (Art. 17 Abs. 1 GNG). Nach der öffentlichen Auflage erfolgt eine Vernehmlassung bei den beteiligten Amtsstellen des Kantons und - falls erforderlich - des Bundes.

#### B. Anzahl einzureichende Gesuche

In der Regel sind 3, 6 oder 9 vollständige Gesuchsdossiers bei der zuständigen Gemeindebehörde, zuhanden des Amtes für Umweltschutz, einzureichen. Falls nicht gleichzeitig ein Baubewilligungsverfahren durchgeführt wird, sind die Gesuche dem Amt für Umweltschutz (AFU), Abteilung Umweltressourcen, Lämmisbrunnenstrasse 54, 9001 St. Gallen einzureichen.

Anlagen mit einer Leistung	bis 300 kW:	3fach *)
	von 301-3000 kW	6fach *)
	ab 3'001 kW	9fach *)

\*) Bei speziellen Standorten (mehrere Gemeinden oder Grenzgewässer) oder koordinierten Verfahren wird die notwendige Anzahl in Absprache mit dem AFU, Sektion Gewässernutzung, festgelegt.

#### C. Weitere Informationen und Auskünfte

Auskünfte über Verfahrensfragen usw. erteilt Ihnen die Abteilung Umweltressourcen, Sektion Gewässernutzung, unter Telefon-Nr. 071/ 229 21 10 (Sekretariat).



## D. Checkliste: Gewässernutzungsgesuch für den Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen

Wasserkraftanlage: ..... Gemeinde: .....

Koordinaten: .....

### 1. Angaben des Gesuchstellers

- 1.1 Gesuchsformular (vollständig ausgefüllt)
- 1.2 bei juristischen Personen mit Handelsregisterauszug
- 1.3 Kurzbeschreibung des Projektes mit Lokalnamen, Parzellennummern und Koordinaten der wichtigsten Anlageteile sowie Namen der zu nutzenden öffentlichen Gewässer
- 1.4 Rechtsgültige Unterschrift(en)

### 2. Pläne/Verzeichnisse

- 2.1 Situationsplan 1 : 5'000 oder 1 : 10'000 mit eingezeichnetem Anlagestandort (falls nicht vorhanden: Ausschnitt aus Landeskarte 1 : 25'000)
- 2.2 Grundbuch- und Katasterplanausschnitt 1 : 500 (allenfalls 1 : 1'000 oder 1 : 2'000) mit eingetragenen Anlagestandorten sowie der Wasserentnahme- (und -rückgabe-)stellen
- 2.3 Übersichtsplan der bestehenden Anlagen (bei Erneuerungen oder Umbauten)
- 2.4 Übersichtslängenprofil der Nutzung mit Hauptdaten
- 2.5 Detailpläne der projektierten (oder bestehenden) Anlage, namentlich Situation und Schnitte der wichtigsten Bauwerke sowie hydraulisches Schema mit sämtlichen Kontroll-, Mess- und Sicherheitseinrichtungen
- 2.6 Längenprofil des Gewässers mit Eintrag der HHQ-Wasserlinie
- 2.7 Situation und Querschnitte des Gewässers mit Eintrag der Wasserentnahme- und Wasserrückgabestelle; Detail der Wasserentnahme- und Wasserrückgabestelle
- 2.8 Wasser-/Energiewirtschaftsplan mit Dauerkurven der Abflussmengen, Fallhöhen und Leistungen
- 2.9 Karte des hydrologischen Einzugsgebietes mit Flächenangabe
- 2.10 Grundstück- und Grundeigentümergebiet im Bereich der Anlagen

### 3. Technischer Bericht (oder Berichte) mit folgenden Angaben:

- 3.1 Allgemeine Übersicht über allfällig bestehende Anlagen mit entsprechenden Hauptdaten
- 3.2 Hydrologie, Wasserwirtschaft
- 3.3 Abflussverhältnisse im Mitteljahr (ev. auch in einem nassen und einem trockenen Jahr)
- 3.4 Nutzwassermengen
- 3.5 Hochwasserabflusswerte Q100, Q1000
- 3.6 Geologie und Hydrogeologie
- 3.7 Beschreibung der einzelnen Anlageteile der neuen Anlage mit zugehörigen charakteristischen Daten, wie Höhen, Schluckvermögen usw.
- 3.8 Fassung/Stauraum mit zugehörigen Bauwerken wie Sperre/Wehr, Grundablass, Hochwasserentlastung, Einlauf, Dämme
- 3.9 Triebwasserweg: Stollen, Kanäle, Wasserschloss, Druckleitung, Druckschacht
- 3.10 Maschinenhaus, Maschinengruppen
- 3.11 Wasserrückgabe, Ausgleichsbecken
- 3.12 Nebenanlagen
- 3.13 Zusammenstellung der Hauptdaten, wie Ausbauwassermenge, Bruttofallhöhe, Nettofallhöhe, Wasserspiegellängen, Stauvolumen, Nutzvolumen
- 3.14 Turbinenleistung, max. mögliche Leistung ab Generator
- 3.15 Mittlere Produktionserwartung (Jahr, Sommer/Winter, Hochtarif/Niedertarif)
- 3.16 Baukosten, Stromgestehungskosten
- 3.17 Hochwasserabfluss, Schluckvermögen der Entlastungsorgane, Freibord
- 3.18 Flussbauliche Massnahmen
- 3.19 Hydraulische Berechnungen (für Wasserentnahme- und Wasserrückgabestellen)
- 3.20 Zusammenfassung der Hauptdaten

### 4. Unterlagen betreffend Auswirkungen auf die Umwelt

- 4.1 Bericht über die Gewässer- und Fischereibiologie (Restwasserbericht)
- 4.2 Allgemeine Gewässerschutzmassnahmen
- 4.3 Angaben zur Sicherung angemessener Restwassermengen (Restwasserbericht)
- 4.4 Bericht über die Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen auf die Interessen an der Wasserentnahme (Art. 33 Abs. 4 GSchG) (Restwasserbericht)
- 4.5 Bericht über die voraussichtlichen Beeinträchtigungen der Interessen gegen eine Wasserentnahme und über mögliche Massnahmen zu deren Verhinderung (Art. 33 Abs. 4 GSchG) (Restwasserbericht)
- 4.6 Rodungsgesuch (massgebend ist die "Information und Wegleitung für das Einreichen eines Rodungsgesuches" des Kantonsforstamtes vom 19. Januar 1996)
- 4.7 Angaben betreffend die Auswirkungen auf den Natur- und Landschaftsschutz
- 4.8 Umweltverträglichkeitsbericht (nur bei Speicher- und Laufkraftwerken sowie Pumpspeicherwerken mit mehr als 3 MW)
- 4.9 BaB-Gesuch (wenn ausserhalb Bauzone)

## Anhang A11

### Weiterverwendung der ursprünglich eingebauten Turbine

Die ursprünglich eingebaute Francis Turbine wurde geborgen und soll zu einem späteren Zeitpunkt zusätzlich zur neuen Turbine wieder in Betriebsbereitschaft versetzt werden und während Hochwasserabflüssen zusätzlich in Betrieb genommen werden. Da das alte Wasserrecht nach Aussagen früherer Gutachten einen Ausbauabfluss von 50 l/s und eine Fallhöhe von 5,5 m aufwies, kann davon ausgegangen werden, dass auch die Turbine dafür ausgelegt ist. Wenn die Turbine nur mit einer anderen Fallhöhe betrieben wird, so bedeutet das, dass bei gleicher Drehzahl ein größerer Abfluss abgearbeitet werden kann. Andererseits kann aber auch die Drehzahl variiert werden da die Riemenscheibe für den Generator neu angefertigt werden muss. Die Turbine selbst verfügt noch über eine Riemenscheibe.

Da die Turbine im neuen Kraftwerk mit einer etwas größeren Fallhöhe betrieben würde, verändert sich der Abfluss nach den Proportionalitätsgesetzen für Wasserturbinen. Bei der neuen Bruttoallhöhe von 5,78 m ändert sich das Schluckvermögen folgendermaßen:

$$Q_{neu} = Q_{alt} \cdot \sqrt{\frac{h_{neu}}{h_{alt}}} = 50 \cdot \sqrt{\frac{5.78}{5.5}} = 51.25 \text{ l/s}$$

Es wäre zwar möglich, die alte Turbine mit einer eigenen Druckrohrleitung und einem etwas höheren Druckniveau (Höhenlage des Nebenbächlis ca. 715 m) anzuschließen, daraus ergäben sich aber nur einige 100 kWh zusätzlich pro Jahr, was nach überschlägiger Berechnung den Aufwand nicht lohnenswert macht. Diese zusätzliche Turbine würde bei wird vom Betreiber zu einem späteren Zeitpunkt selbst installiert und ist daher nicht weiter Gegenstand dieser Untersuchung. Es wird lediglich ein Rohrabzweig vorgesehen. Bei einem Einsatz würde die zusätzliche Turbine ca. 1700 kWh pro Jahr erbringen.



---

## Anhang A12

### Pläne

- 1.1 Lageplan
- 1.2 Draufsicht
- 1.3 Längsschnitt
- 1.4 Seitenansicht Wehrschwelle/Ufermauer
- 1.5 Krafthaus
- 1.6 Turbine