



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

GEMEINDE TRANS (GR)

NEUBAU TRINKWASSERKRAFTWERK

Bauprojekt

Ausgearbeitet durch

Norman Gadiant, Entegra AG

Oberalpstrasse 28, 7000 Chur, norman.gadiant@entegra.ch, www.entegra.ch

Ivo Scherrer, Entegra AG

Oberalpstrasse 28, 7000 Chur, ivo.scherrer@entegra.ch, www.entegra.ch



**Programm
Kleinwasserkraftwerke**
www.kleinwasserkraft.ch

Impressum

Datum: Oktober 2008

Unterstützt vom Bundesamt für Energie

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittingen

Postadresse: CH-3003 Bern

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

www.bfe.admin.ch

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



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Ausgangslage	5
Planungsgrundlagen	5
Planungsgrundsätze	5
Randbedingungen	6
Wasserdargebot und Ausbaupotential	7
Wasserdargebot	7
Ausbaupotential	8
Rechtliche Situation und Trägerschaft	8
Beschrieb der geplanten Anlage Trinkwasserkraftwerk	9
Übersicht und hydraulisches Schema	9
Bestimmung der Ausbauwassermenge	11
Ausgleichsbecken	11
Druckleitung	13
Elektro-Mechanische Ausrüstung	14
Turbinenschacht	15
Zufahrt und Energieableitung	16
Verbesserung Löschbereitschaft Blaukreuz	17
Energieausbeute	18
Baukosten und Wirtschaftlichkeit	19
Kostenschätzung und Unterhaltskosten	19
Berechnung der Stromgestehungskosten	20



Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht zeigt, dass der Bau eines Trinkwasserkraftwerkes in der Gemeinde Trans (GR) technisch möglich ist. Die kostendeckende Einspeisevergütung wird gemäss Bescheid der Swissgrid zugesichert und ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage sollte somit gewährleistet sein.

Mit der Realisierung einer Trinkwasserkraftwerkanlage kann – durch die Nutzung der potentiellen Energie des für die Trinkwasserversorgung ohnehin benötigten Wassers – hochwertige erneuerbare Energie erzeugt werden.

Das vorgeschlagene Konzept der Verbesserung der Löschbereitschaft Blaukreuz wurde durch das Ingenieurbüro Gieri Luzi mit der Feuerpolizei besprochen und kann gemäss dem vorliegenden Bericht ausgeführt werden.

Aus diesen Gründen empfehlen wir, die Arbeiten und Lieferungen zu vergeben und das Projekt zu realisieren.

Das TWKW Trans zeigt die folgenden Kenndaten:

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| • Elektrische Nennleistung | 21 kW |
| • Nettofallhöhe | 290 m |
| • Ausbauwassermenge | 10 l/s |
| • Jahresenergie | 100'000 kWh |
| • Gestehungskosten (gemäss kEV) | 29.5 Rp./kWh |
| • kEV | 31.0 Rp./kWh |



Ausgangslage

Die Gemeinde Trans (GR) liegt an der östlichen Talseite des Domleschg auf ca. 1500 m ü. M. Eine Fusion mit den Gemeinden Tomils, Feldis und Scheid wird voraussichtlich im Jahre 2009 durchgeführt.

Die Wasserversorgung wird saniert und die bestehenden Quelfassungen sowie die Quellableitung werden erneuert. In diesem Zusammenhang schlug die Entegra der Gemeinde Trans vor, das Wasserkraftpotential zu überprüfen.

Aufgrund der positiven Beurteilung erfolgte die Anmeldung der Anlage für die kostendeckende Einspeisevergütung. Parallel dazu wurde eine Vereinbarung zwischen der Gemeinde Trans und der Entegra Wasserkraft AG betreffend der Nutzung des Trinkwassers zur Energieerzeugung ausgearbeitet.

Anschliessend wurde ein Bauprojekt erstellt und die Arbeiten und Lieferungen Trinkwasserkraftwerk wurden zusammen mit den Arbeiten Sanierung der Wasserversorgung ausgeschrieben. Unternehmerrufen für die Hauptkomponenten des Trinkwasserkraftwerks liegen nun vor.

Die kostendeckende Einspeisevergütung wird gemäss Bescheid der Swissgrid zugesichert und ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage scheint somit gewährleistet.

Das Projekt Sanierung Wasserversorgung wird durch das Ingenieurbüro Gieri Luzi, Summaprada bearbeitet. Für das Projekt Trinkwasserkraftwerk ist das Büro Entegra Wasserkraft AG, Chur verantwortlich.

Das vorliegende Bauprojekt wird vom Bundesamt für Energie (Programm Kleinwasserkraft) unterstützt.

Planungsgrundlagen

Die folgenden Planungsgrundlagen wurden verwendet:

- [1] *Gieri Luzi, Ingenieurbüro für Kulturtechnik: **Wasserversorgung Trans, Übersichtsplan 1:5'000**, Summaprada, Juni 2008*
- [2] *Gieri Luzi, Ingenieurbüro für Kulturtechnik: **Wasserversorgung Trans, Verbesserung Löschbereitschaft Blaukreuz 1:5'000**, Summaprada, Januar 2008*
- [3] *Brunnenmeister Gemeinde Trans: **Wasserversorgung Trans, Quellschüttungsmessungen**, Trans, Stand Januar 2008*
- [4] *Entegra Wasserkraft AG: **Neubau Trinkwasserkraftwerk Trans, Grobanalyse**, Chur, Juni 2008*
- [5] *Gieri Luzi, Ingenieurbüro für Kulturtechnik: **Geländeaufnahmen Trasse Transportleitung**, Summaprada, August 2008*
- [6] *Entegra Wasserkraft AG: **Quellschüttungsmessungen Bles Aulta und Nurseala**, August 2008*

Planungsgrundsätze

Bei der Planung des Trinkwasserkraftwerkes wurden die folgenden Grundsätze angewendet:

- Die dauernde, sichere Versorgung der Gemeinde Trans mit Trink- und Löschwasser hat in allen Fällen Vorrang vor der Stromproduktion eines in das Wasserversorgungssystem integrierten Kleinwasserkraftwerks.
- Die Qualität des Trinkwassers darf durch die Turbinierung weder in physischer, chemischer noch mikro-biologischer Hinsicht verändert werden.
- Verstösse gegen die Grundsätze und das Regelwerk des Schweizerischen Verbandes des Gas- und Wasserfaches (SVGW) werden nicht zugelassen.
- Die Zustimmung des Kantonalen Labors (Kantonschemiker) und der Gebäudeversicherungsanstalt (GVA) zum Projekt eines Trinkwasserkraftwerkes ist Voraussetzung für die Ausführung.



- Die elektrische Anbindung des Trinkwasserkraftwerkes an das Niederspannungsnetz der Gemeinde Trans darf keinen besonderen technischen Aufwand erfordern und darf insgesamt den Versorgungsbetrieb nicht unangemessen belasten (Blindstrom, Oberwellen).

Randbedingungen

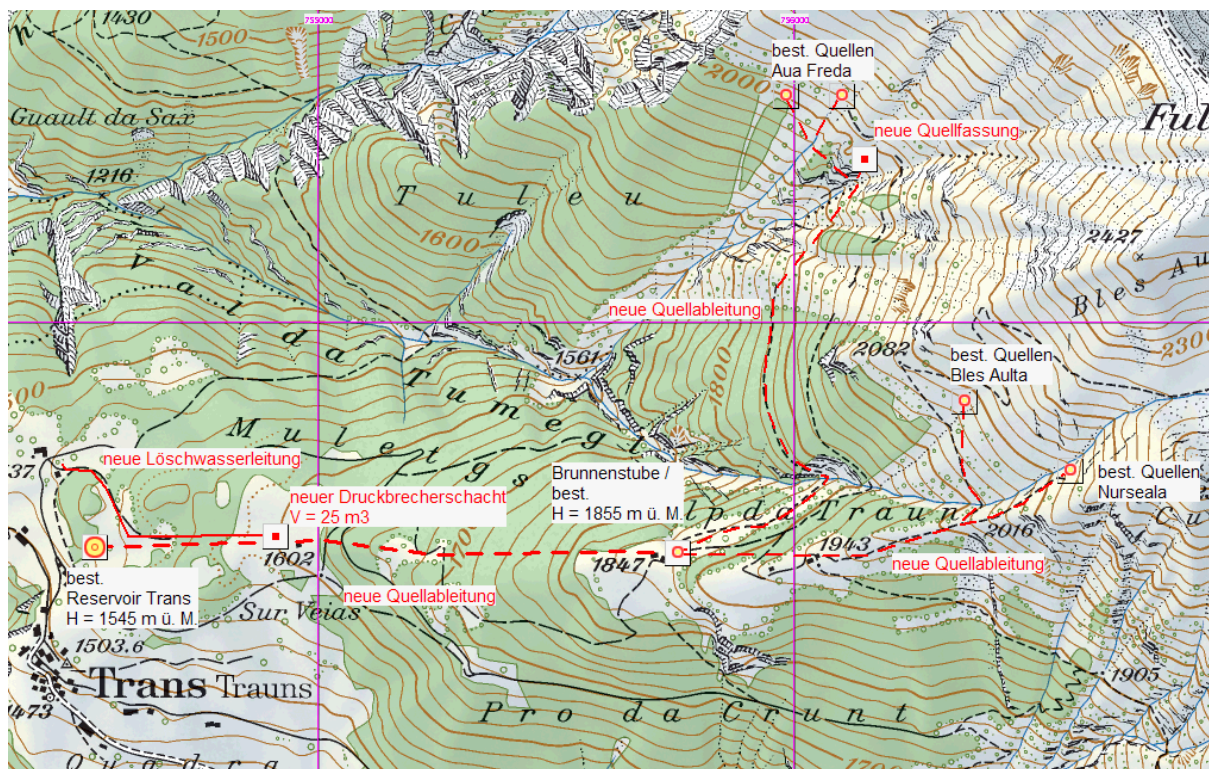


Abbildung 1: Übersicht über die Anlagen der WV Trans gemäss Projekt Sanierung Wasserversorgung

Als Grundlage diente das Projekt, Sanierung der Wasserversorgung Trans [1], des Ingenieurbüro Gieri Luzi (Abbildung 1). Der ursprüngliche Sanierungsvorschlag sah folgendes vor:

- Die bestehenden Quelleleitungen, Druckbrecherschächte und Quellschächte sollen ersetzt werden. Zusätzlich wird eine neue Quelle im Gebiet Aua Freda gefasst. Der bestehende Sammel-schacht (Brunnerstube) auf der Alp da Traun kann, mit geringen baulichen Anpassungen, belassen werden.
- Für das Ferienlager Blaukreuz, welches auf Höhe des bestehenden Reservoirs liegt, ist die Löschwasserbereitschaft zu verbessern [2]. Im Projekt Wasserversorgung wird ein Druckbrecher-schacht als Löschwasserspeicher mit einem Volumen von 25 m³ vorgesehen. Ab diesem Schacht ist eine Hydrantenleitung zum Gebäude geplant.
- Der Überlauf des Reservoirs Trans wird gemäss eines weiteren Projektes (Wasserversorgung Tomils) ab ca. 2009 in das Reservoir Rofna der Gemeinde Tomils geleitet. Da die Gemeinde To-mils nicht über genügend Quellwasser verfügt und die Differenz zum Trinkwasserbedarf über ein Grundwasserpumpwerk beschafft, ist es wichtig, dass alles gefasste Quellwasser in das Leitungs-netz gelangt und nicht über den Überlauf verworfen wird.
- Auf der Strecke der Quelleleitung sind zwei Anschlüsse für Weidebrunnen, welche nur während der Nutzung der Weiden betrieben werden, vorgesehen. Damit die Wasserverluste für die Was-serversorgung minimal bleiben, werden die Anschlüsse mit einem Ventil mit Mengenbegrenzung ausgerüstet.



Wasserdargebot und Ausbaupotential

Wasserdargebot

Der Zulauf des Reservoirs Trans wurde während rund eines Jahres durch den Brunnenmeister der Gemeinde im Einlaufschacht vor dem Reservoir gemessen [3]. Während des Jahres 2007 wurden monatlich 1 bis 2 Messungen durchgeführt.

Die Resultate der Wassermengenumessungen liegen in der folgenden Tabelle bei:

Tabelle 1: Wassermengen Einlaufschacht Reservoir

Datum Messung	Q (l/min)	Q (l/s)
15.01.2007	159.0	2.7
31.01.2007	140.0	2.3
19.02.2007	124.5	2.1
07.03.2007	131.6	2.2
22.03.2007	166.5	2.8
05.04.2007	171.3	2.9
25.04.2007	284.5	4.7
21.05.2007	339.2	5.7
05.06.2007	452.3	7.5
18.06.2007	519.0	8.7
24.07.2007	420.0	7.0
22.08.2007	452.3	7.5
15.09.2007	441.0	7.4
10.10.2007	452.3	7.5
31.10.2007	410.2	6.8
14.11.2007	332.8	5.5
29.11.2007	289.2	4.8
19.12.2007	202.8	3.4
03.01.2008	186.7	3.1

Das Jahr 2007 kann bezüglich Jahresniederschlag in der Region Mittelbünden als Durchschnittsjahr bezeichnet werden. Dies ist anhand der nachfolgenden Grafik der Niederschlagsmessungen der Messstation Chur ersichtlich.

Niederschlagsmessungen

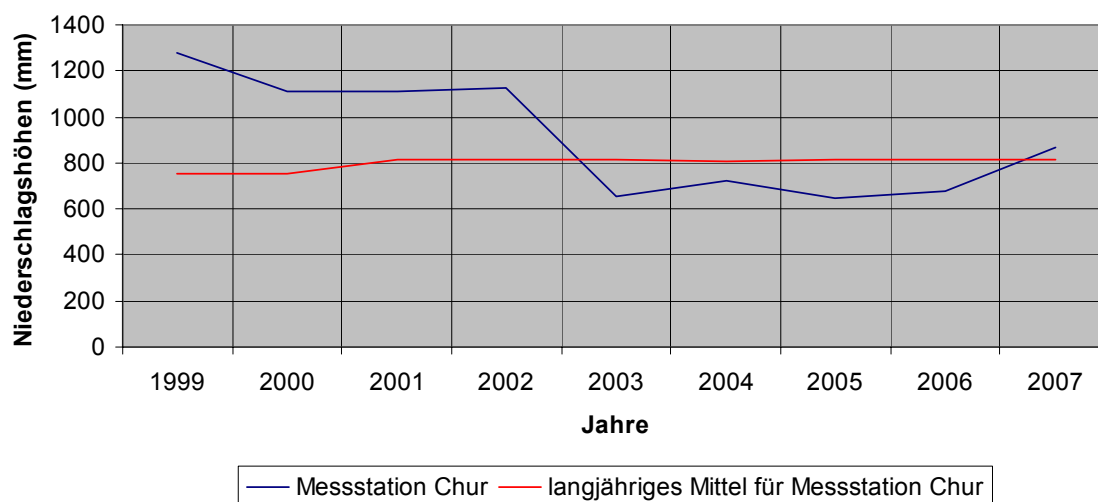


Abbildung 2: Niederschlagshöhen über die letzten Jahre, für die Messstation Chur



Es ist zu erwarten, dass durch eine Optimierung des Verbrauches auf der Strecke (Schwimmerventile bei Weidebrunnen), mit dem Fassen einer neuen Quelle im Gebiet Aua Freda, der Sanierung der Quelfassungen Bles Aulta und Nurseala sowie dem Neubau der Reservoirzuleitung Trans, die Wassermengen leicht erhöht werden können.

Die Schüttungen der neu gefassten Quelle im Gebiet Aua Freda schätzen wir auf 10 bis 30 l/min (0.2 bis 0.5 l/s).

Aufgrund der Sanierung der Quelfassungen Bles Aulta und Nurseala und durch die Minimierung der Wasserverluste durch den Ersatz der 60 Jahre alten Eternitleitung rechnen wir zusätzlich mit 10 bis 40 l/min (0.2 bis 0.7 l/s). Diese Annahme wird durch Beobachtungen und Messungen der Quellschüttungen im August 2008 [6] bestätigt.

Die dem vorliegenden Bericht zugrundegelegten Wassermengen sind in folgender Grafik dargestellt:

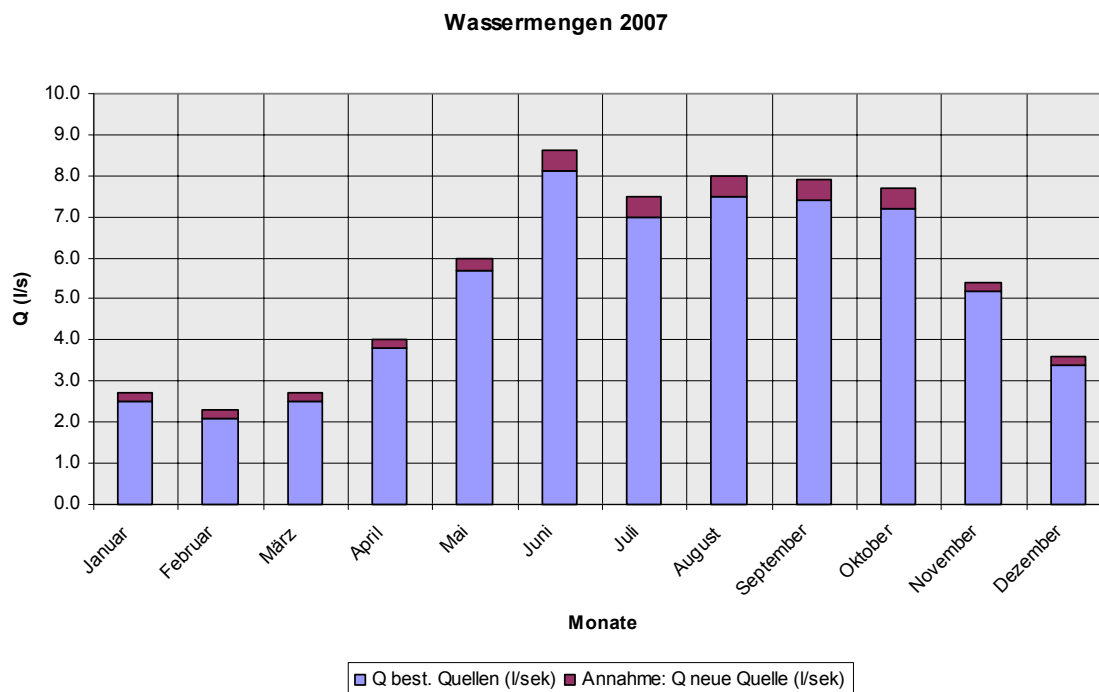


Abbildung 3: Wassermengen im Jahresverlauf

Ausbaupotential

Die bestehende Brunnenstube (Alp da Traun) liegt auf 1859.3 m ü. M. und das best. Reservoir Trans auf 1556.75 m ü. M. Damit ergibt sich eine Bruttofallhöhe von ca. 302 m. Mit dem vorliegenden Wasserdargebot (Monatsmittelwerte) lässt sich ein Kleinwasserkraftwerk mit einer Leistung von rund 18 kW konzipieren.

Rechtliche Situation und Trägerschaft

Träger der geplanten Wasserkraftanlage ist die Entegra Wasserkraft AG, Chur.

Eine Wasserrechtskonzession für die Wasserkraftnutzung ist nicht zu beantragen, da es sich um eine Nebennutzung der Wasserversorgung handelt.



Beschrieb der geplanten Anlage Trinkwasserkraftwerk

Übersicht und hydraulisches Schema

Für den Betrieb eines Kleinkraftwerkes ist ein oberliegendes Ausgleichsbecken notwendig. Dazu muss der bestehende Schacht Brunnenstube durch ein Becken mit grösserem Volumen ersetzt werden. Der Wasserstand im Ausgleichsbecken Alp da Traun wird permanent überwacht und die Düsen-nadel / Durchflussmenge der Turbine so angepasst, dass der Wasserspiegel annähernd konstant bleibt.

Das Kraftwerk produziert im Normalfall im Netzverbund. Sobald eine Netzstörung auftritt, wird die Anlage sofort vom Netz getrennt.

Der Standort der gesamten elektromechanischen Ausrüstung ist in einem zusätzlich zu erstellenden Turbinenschacht oberhalb des Reservoirs Trans vorgesehen. Hier wird die hydromechanische Energie des Wassers in elektrische Energie umgewandelt und direkt in das Niederspannungsnetz der Gemeinde eingespeist.

Das Wasser für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde wird nach der Turbine ins Reservoir abgegeben. In Notfällen, bei Revisionen oder bei Netzausfall gelangt das Quellwasser über einen By-Pass parallel zur Turbine direkt in das Reservoir.

Für Unterhaltsarbeiten sowie zur Reinigung des Reservoirs wird vorgesehen, das Unterwasser der Turbine mit der Zuleitung des Dorfes ab Reservoir kurzzuschliessen.

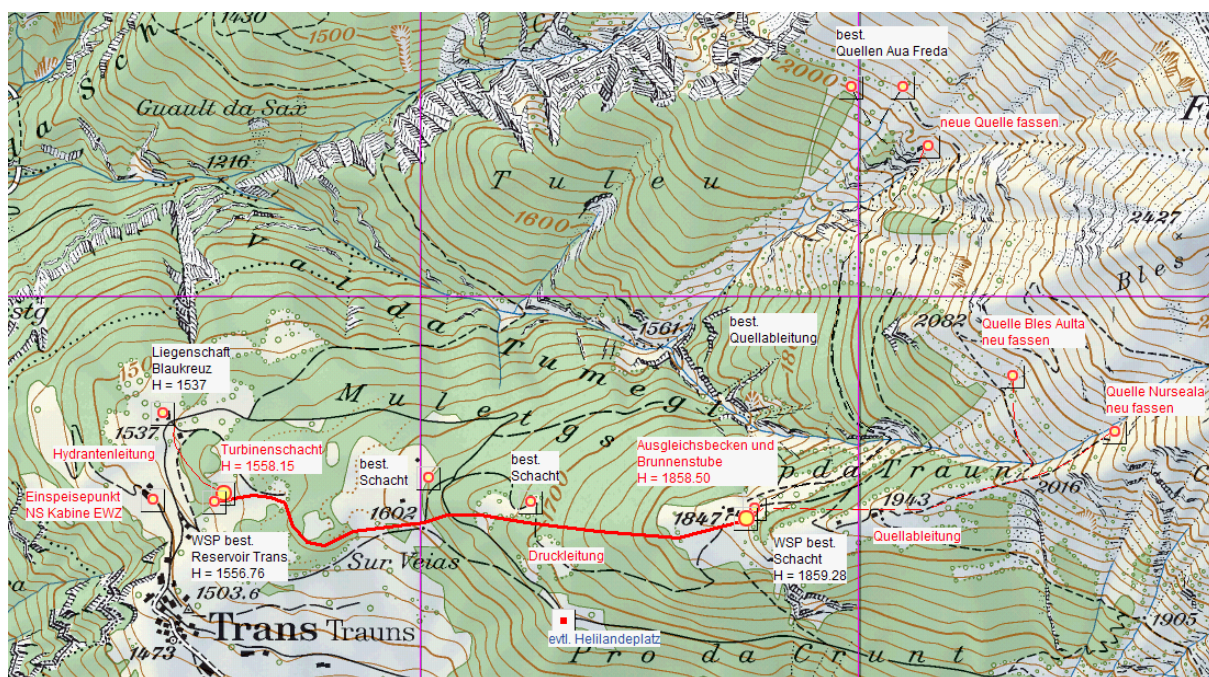


Abbildung 4: Gesamtanordnung des vorgeschlagenen TWKW Trans



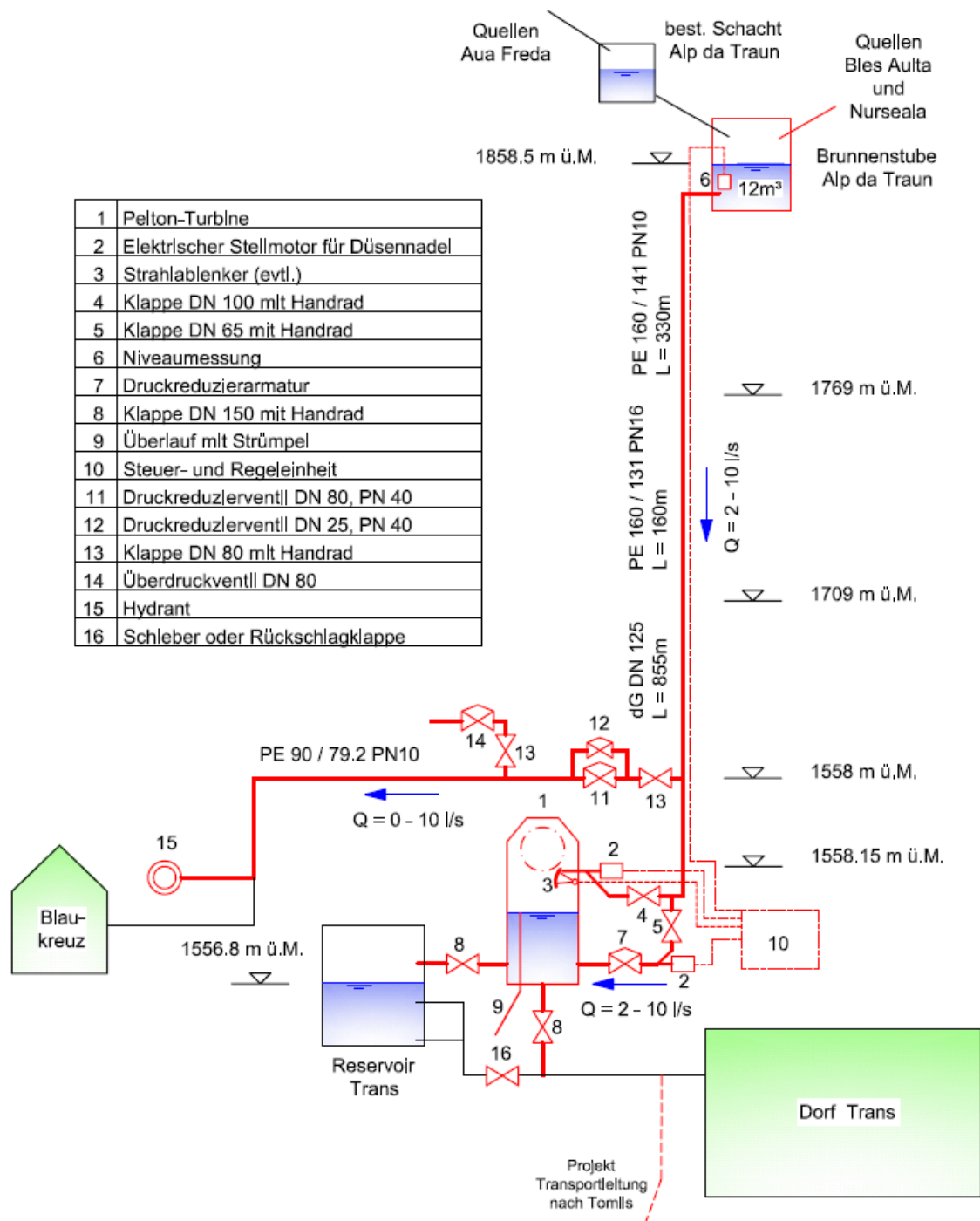


Abbildung 5: Hydraulisches Schema des vorgeschlagenen TWKW Trans



Bestimmung der Ausbauwassermenge

Die Ausbauwassermenge wird mit 10 l/s festgelegt. Damit ist die Turbine, bezogen auf die Monatsmittel, leicht überdimensioniert. Dies sehen wir vor, damit höhere, zeitlich begrenzte Quellschüttungen ebenfalls genutzt werden können und kein Wasser für die Wasserversorgung verloren geht. Da die minimale Quellschüttung mit 2.3 l/s rund 23 % der Ausbauwassermenge beträgt, ist ein guter Wirkungsgrad über den gesamten Betriebsbereich der Turbine gewährleistet.

Ausgleichsbecken

Die gefassten Quellen werden in der Brunnenstube Alp da Traun vereinigt. Sämtliches Wasser wird über eine Druckleitung dem Reservoir Trans zugeführt.

Das bestehende Sammelbecken sollte als Reguliervolumen für die Steuerung des Kraftwerkes herangezogen werden können. Damit ein stabiles Regelverhalten des Kraftwerkes erzielt werden kann, sollte das Oberwasserbecken eine freie Wasseroberfläche von mind. 3.0 m² aufweisen¹. Die bestehenden Abmessungen des Sammelbeckens sind daher sicher ungenügend. Es muss deshalb ein zusätzliches Ausgleichsvolumen in einem neuen Schacht erstellt werden. Es wird ein vorfabriziertes Rohr mit Einstiegsschacht, Entlüftung und Anschlüssen (2 x Zulauf, Ablauf, Entleerung/Überlauf) gewählt, welches auf eine Kieselsohle gelegt und erdüberdeckt wird.

Neben der regelungstechnisch bedingten freien Wasseroberfläche muss das zusätzliche Ausgleichsbecken die folgenden Funktionen erfüllen:

- Absetzbecken für Verunreinigungen (Fest- und Schwebstoffe)
- Aufnahme eines Seiher mit 8mm Lochdurchmesser, damit die Peltondüse nie verstopft und Druckstöße erzeugt
- Genügende Überdeckung des Seiher der Druckleitung, so dass ein Ansaugen von Luft ausgeschlossen wird
- Platzierung der eingetauchten Drucksonde zur Turbinenregelung

Um die Löschbereitschaft der Liegenschaft Blaukreuz zu verbessern, wird durch die Feuerpolizei ein Löschwasservolumen von 25 m³ gefordert. Im Projekt Wasserversorgung ist der Bau eines entsprechenden Speichers, rund 60 Höhenmeter oberhalb der Liegenschaft, mit einer zusätzlichen Hydrantenleitung vorgesehen.

Da der bestehende Sammelschacht ohnehin ersetzt werden muss, schlagen wir vor das Löschwasservolumen in der Druckleitung und im Ausgleichsbecken auf der Alp da Traun bereitzustellen. Das Speichervolumen in der Druckleitung beträgt rund 17 m³. Wir sehen ein Ausgleichsbecken mit einem Volumen von 13 m³ vor, womit ein Löschwasservolumen von total 30 m³ zur Verfügung steht.

Die Oberfläche des Beckens beträgt rund 10 m² und die Überdeckung des Seiher ist 1.25 m.

¹ Minimales Ausgleichsvolumen zur Dämpfung von Druckstößen im Druckrohr aufgrund von Betriebszustandsänderungen (Öffnen / Schliessen von Absperrorganen oder der Turbinendüsenadel). Für kleine Kraftwerke kann dieses Volumen nach folgender Faustregel bestimmt werden: Das Volumen soll einem Wasserdurchsatz bei 30 Sekunden Turbinenbetrieb (Vollast) entsprechen. Für die vorliegenden Verhältnisse also ca. 10 l/s * 30 Sekunden = 300 l oder 0.30 m³. Wichtig ist nun, dass dieses Volumen möglichst ohne grosse Wasserspiegelschwankungen (< 0.10 m) erreicht wird, d.h. die Oberfläche des Beckens muss möglichst gross sein. Im vorliegenden Fall also mind. 3.0 m².





Abbildung 6: Links; Beispiel für eine vorfabrizierte Brunnenstube in liegender Ausführung. Links; Versetzen und Transport mit Helikopter. (Quelle der Fotos; Fa. etertub)

Die Brunnenstube wird als vorfabrizierte Leichtbaukonstruktion vorgesehen, (z.B. Polyethylen) und die konstruktiven Vorschriften des SVGW betreffend Trinkwasser werden beachtet. Der Transport und das Versetzen des Schachtes (Abmessungen; Durchmesser 2.4 m, Länge ca. 7.0 m) kann sinnvollerweise mit dem Helikopter erfolgen, da weitere Materialien wie Quellschächte und Rohre ohnehin geflogen werden müssen.

Der Pegel des Wasserspiegels in der Brunnenstube wird mittels Pegelmesser und automatischer Regelung der Turbine auf einem konstanten Niveau gehalten.

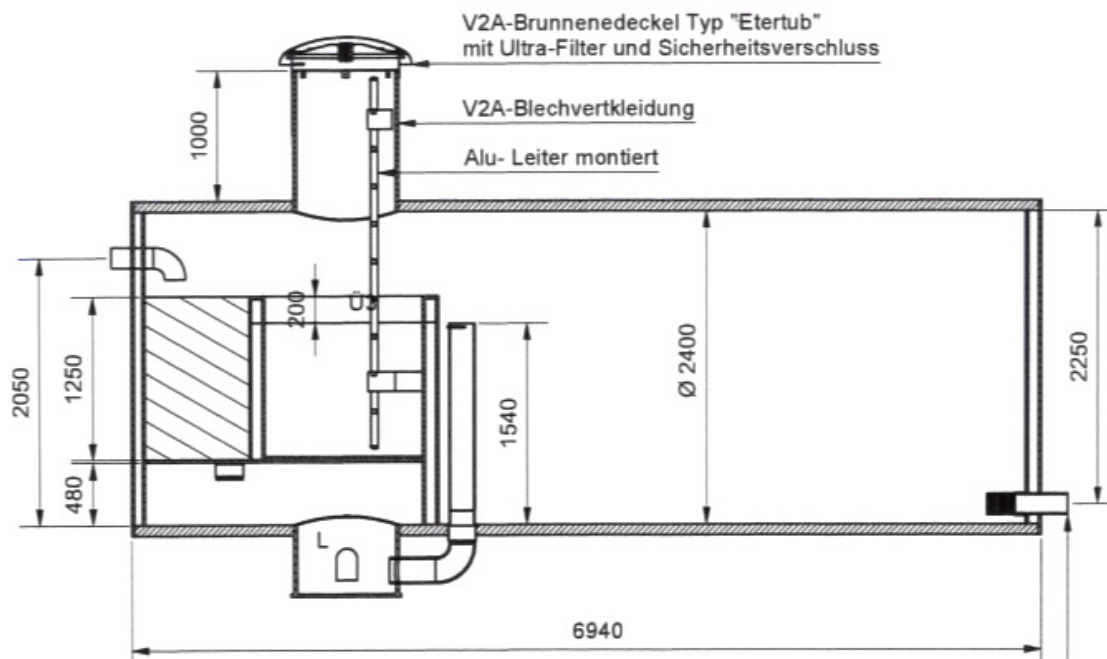


Abbildung 7: Schnitt neues Ausgleichsbecken Alp da Traun



Druckleitung

Im oberen Bereich werden aus wirtschaftlichen Gründen und aufgrund des geringen Gewichtes Leitungen aus PE 100 (Polyethylen) 160/141.0 mm bis Nenndruck PN 10 und 160/130.8 mm bis Nenndruck PN 16 vorgesehen. Im unteren Bereich schlagen wir - damit im steilen, und felsigen Bereich zur Grabenauffüllung kein teures Fremdmaterial zugeführt werden muss, sowie aufgrund der hohen Innendrücke - Gussrohre DN 125 mit Steckmuffen schubgesichert und mit Zementmörtelumhüllung vor.



Abbildung 8: Gelände im Bereich des Trasses der Druckleitung, oberhalb des Reservoirs

Die Druckleitung wird eingegraben und hat eine Gesamtlänge von ca. 1345 m. Um ein ausschweimen der Leitung zu verhindern werden im steilen Bereich Betonriegel vorgesehen.

Bei Volllast (Ausbauwassermenge 10 l/s) und den gewählten Leitungsdurchmessern betragen die Druckverluste ca. 10 m.



Elektro-Mechanische Ausrüstung

Der Maschinensatz des Trinkwasserkraftwerks wird auf die folgenden Daten ausgelegt:

- Bruttofallhöhe: $H_b = 300 \text{ m}$
- Nettofallhöhe: $H_n = 290 \text{ m}$
- Nenndurchfluss: $Q_A = 10 \text{ l/s}$

Mit diesen Ausgangsdaten bietet sich eine klassische, eindüsige Peltonturbine mit direkt-gekoppeltem Asynchrongenerator an.

Die Turbine muss im Notfall automatisch durch einen Strahlablenker vom Wasserstrahl abgetrennt werden. Alternativ kann auf den Strahlablenker verzichtet werden. Die Konstruktion der gesamten Ausrüstung darf jedoch durch die Durchgangsdrehzahl nicht beeinträchtigt werden. Um die Druckstossbelastung minimal zu halten, wird anschliessend der Schieber zur Turbine automatisch mit einer festgelegten Schliesszeit geschlossen ($T_{s,0} \geq 7 \text{ s}$).

Um die Versorgung des Dorfes mit Trinkwasser zu sichern, die Betriebskosten tief zu halten und eine optimale Ausnutzung zu gewähren, ist eine automatische Regelung des Durchflusses mit einer ständigen Überwachung des Wasserspiegels im Ausgleichsbecken Alp da Traun vorgesehen. Die Signalübertragung zwischen Turbinenkammer und Ausgleichsbecken erfolgt über ein parallel zur Druckleitung verlegtes Signalkabel. In Notsituationen muss die Anlage vollautomatisch vom Netz getrennt werden.



Abbildung 9: Beispiel für kleine Peltonturbine horizontalachsig (Hintergrund) mit Generator für Trinkwasserkraftwerk



Die Hauptdaten des Maschinensatzes werden wie folgt geschätzt:

- Turbinentyp: Pelton, eindüsig, vertikal-achsig
- Durchmesser des Laufrades: ca. 450 mm (je nach Hersteller)
- Becherbreite: ca. 50 mm
- Düsendurchmesser: ca. 17 mm
- Drehzahl Turbine: ca. 1530 min⁻¹ (für Direktantrieb des Generators)
- Generatortyp: Asynchrongenerator (direkt-gekoppelt)
- Nennleistung ab Generator: ca. 21 kW

Turbinenschacht

Die Anordnung der elektro-mechanischen Ausrüstung im bestehenden Reservoir ist aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse und der Höhe des Wasserspiegels im Reservoir (Unterwasser der Turbine muss wesentlich über Wasserspiegel liegen) nicht möglich.

Die Maschinenkammer wird möglichst nahe zum Reservoir unterirdisch in einem erdüberdeckten Ort-betonschacht mit abschliessbarem Einstiegsdeckel angeordnet. Der Unterwasserspiegel der Pelton-turbine liegt rund 0.60 m über dem maximalen Wasserspiegel des Reservoirs.

Die Innenabmessungen des erdüberdeckten Maschinenschachtes sind ca. wie folgt:

- Länge 3.20m
- Breite 3.20m
- Höhe 2.40m



Abbildung 10: Bestehendes Reservoir Trans

Die Schaltschränke für Regelung, Steuerung, Messung und Netzanbindung werden an der Wand angeordnet. Die Steuerung der Wasserversorgung wird ebenfalls im Turbinenschacht untergebracht.



Der Einstieg in den Maschinenschacht erfolgt über einen Brunnendeckel DN 800 mit Filter. Eine Montage- und Revisionsöffnung mit Abdeckplatten aus Beton (System Kabelschacht) wird vorgesehen. Die Deckenplatte des Schachtes, inkl. Abdeckplatten der Revisionsöffnung, wird mit Bitumenbahnen abgedichtet und mit 30cm Erdreich überdeckt. Wird ein Ausbau des Maschinensatzes notwendig, kann das Erdreich abgedeckt, die Bitumenbahnen aufgeschnitten und die Abdeckplatten entfernt werden. Die Bitumenbahnen können nach Einbau der Maschine durch z.B. einen Dachdecker wieder ergänzt und verschweisst werden.

Zufahrt und Energieableitung

Das Reservoir Trans ist durch einen, mit geländegängigen Fahrzeugen, befahrbaren Feldweg erschlossen. Die Zufahrtsmöglichkeit im Sommer ist immer gewährleistet. Im Winter, bei geschlossener Schneedecke, kann der Weg - sofern notwendig - geräumt werden.

Die Zufahrt zum Ausgleichsschacht Alp da Traun ist nur im Sommer, mit geländegängigen Fahrzeugen, möglich. Im Winter ist in Notfällen ein Zugang zu Fuss, z.B. mit Schneeschuhen, fast immer möglich.

Das Reservoir Trans wird im Rahmen der Sanierung der Wasserversorgung, im Jahr 2009, elektrisch erschlossen. Die Einspeisung der elektrischen Energie kann direkt ab dem Reservoir ins Niederspannungsnetz der Gemeinde Trans erfolgen. Die Randbedingungen werden mit dem EWZ im Rahmen des Wasserversorgungsprojektes geklärt.



Verbesserung Löschbereitschaft Blaukreuz

Um die Löschbereitschaft der Liegenschaft Blaukreuz zu verbessern, wird durch die Feuerpolizei GR ein Löschwasservolumen von 25 m³ gefordert. Im Projekt Wasserversorgung ist der Bau eines entsprechenden Speichers, rund 60 bis 80 Höhenmeter oberhalb der Liegenschaft, mit einer zusätzlichen Hydrantenleitung vorgesehen.

Das Konzept Verbesserung der Löschbereitschaft Blaukreuz, gemäss unserem Vorschlag, ist im hydraulischen Schema (Abbildung 5) ersichtlich.

Da der bestehende Sammelschacht ohnehin ersetzt werden muss schlagen wir vor, dieses Löschwasservolumen in der rund 1250 m langen Druckleitung und im Ausgleichsbecken auf der Alp da Traun bereitzustellen. Das Speichervolumen der Druckleitung beträgt 17 m³ und das Ausgleichsbecken hat ein Volumen von 13 m³. Damit steht ständig ein Löschwasservolumen von 30 m³ zur Verfügung.

Oberhalb des Reservoirs ist ab der Druckleitung ein Abzweiger mit Druckreduzierventilen (z.B. Fa. Hawle) vorgesehen. Der Eingangsdruck beträgt rund 29.5 bar (statisch) bis 27.5 bar (dynamisch bei Vollast). Der Ausgangsdruck (nach Ventil) wird konstant auf ca. 5 bar geregelt. Somit kann beim Ferienhaus Blaukreuz (1540 m ü. M.) ab Hydrant, bei Wasserbezug mit 2 Strahlrohren, ein dynamischer Druck von ca. 5 bar garantiert werden. Der statische Druck (Ferienheim) beträgt ca. 7 bar. Die Versorgung der Liegenschaft kann mit einem konventionellen Hausanschluss ab der Hydrantenleitung erfolgen (Druckreduktion im Gebäude vorsehen).

Druckreduzierventile sind in Wasserversorgungen, z.B. zwischen verschiedenen Druckzonen, oft im Einsatz und haben sich bewährt. In der Gemeinde Trans ist dies auch der Fall. Wichtig ist eine regelmässige Wartung dieser Armaturen (z.B. mit Wartungsvertrag).

Im Brandfall kann direkt ab dem Hydrant beim Ferienhaus Blaukreuz Wasser bezogen werden. Womit der Pegel im Ausgleichsbecken absinkt und die Turbine entsprechend, aufgrund der automatischen Regelung (Schliesszeit $T_{s,0} \geq 7$ s), abstellt. Sämtliches Wasser in der Druckleitung und dem Ausgleichsbecken steht nun als Löschreserve zur Verfügung.



Abbildung 11: Liegenschaft Blaukreuz.



Energieausbeute

Für die gewählte Ausbauwassermenge $Q_A = 10 \text{ l/s}$ wurde die Energieausbeute unter den folgenden Annahmen gerechnet:

Turbinenwirkungsgrade

bei Q_A :	82%
75% von Q_A :	81%
50% von Q_A :	81%
25% von Q_A :	80%

Generatorwirkungsgrade

bei P_{mech} :	91%
75% von P_{mech} :	90%
50% von P_{mech} :	88%
25% von P_{mech} :	84%

Betriebsausfall während durchschnittlich 7 Tagen im Jahr für Reparatur und Reinigungsarbeiten.

Mit den in Abschnitt Wasserdargebot zugrunde gelegten Wassermengen ergibt sich ein Jahresenergieertrag von rund 100'000kWh.

Zum Vergleich: Ein Haushalt mit Eigenheim verbraucht im schweizerischen Durchschnitt ca. 4000 bis 5000 kWh / Jahr an elektrischer Energie. Die Anlage kann also den Bedarf an elektrischer Energie von ca. 25 Haushalten decken. Diese doch beachtliche erneuerbare Energiemenge kann ohne jeglichen zusätzlichen Eingriff in die Umwelt erzeugt werden. Ohne die Nutzung in einer Kleinwasserkraftanlage müsste diese Energie in entsprechenden Einrichtungen wie Druckbrecherschächten vernichtet werden.



Baukosten und Wirtschaftlichkeit

Kostenschätzung und Unterhaltskosten

Der Kostenvoranschlag wurde auf der Grundlage von Unternehmer- und Lieferantenofferten vorgenommen.

Für den Kostenteiler Sanierung Wasserversorgung und Trinkwasserkraftwerk werden sämtliche Mehrkosten für den Bau einer Druckleitung (anstelle einer Freispiegelleitung) dem Trinkwasserkraftwerk zugeschlagen. Als Basiskosten für die Transportleitung sind wir von einer Leitung PE 160/141.0, Nenndruck 10 bar mit Steckmuffen schubgesichert, ausgegangen. Auch werden alle weiteren Mehrkosten die infolge des Baus des Trinkwasserkraftwerks anfallen vom Bauherrn des Kraftwerks getragen.

Die Projektkosten für den Bau des Trinkwasserkraftwerkes sind wie folgt (Genauigkeit gemäss SIA, Bauprojekt $\pm 10\%$):

Tabelle 2: Kostenvoranschlag Trinkwasserkraftwerk

Zusammenstellung		
A	Brunnenstube / Ausgleichsbecken (Differenzpreis zu WV)	25'000
B	Druckleitung (Differenzpreis zu WV)	55'000
C	Turbinenschacht	35'000
D	Elektromechanische Ausrüstung	137'000
E	Projektentwicklung, Vertragliches und Finanzierung	5'000
F	Projektplanung, Ausschreibung, Bauleitung	31'000
Total Projekt [CHF]		288'000
MWSt. 7.6%		21'888
Total Projekt inkl. MWSt. (gerundet)		310'000



Berechnung der Stromgestehungskosten

Die folgenden Parameter werden zur Berechnung der Stromgestehungskosten gewählt:

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

Die kalkulatorische Nutzungsdauer wird hier nicht wie üblich mit der effektiven Nutzungsdauer der verschiedenen Anlagenkomponenten berechnet, die bei Bauwerken wie Ausgleichsbecken, Druckleitung und Maschinenhaus 40 Jahre und mehr beträgt. Die Nutzungsdauer von 25 Jahren ergibt sich aus den neuen Energie- und Stromversorgungsgesetzen und der in den entsprechenden Verordnungen definierten Berechnung der Einspeisevergütung. Die berechneten Stromgestehungskosten stellen daher nur die Vergleichsgrundlage zu den kostendeckenden Einspeisevergütungen her.

Die Betriebs- und Unterhaltskosten wurden aufgrund von eigenen Aufwandschätzungen in die Berechnung eingeführt. Dabei wurden für Reparaturen und Revisionen die folgenden jährlichen Kosten eingesetzt (ausgedrückt in % der Investitionskosten der entsprechenden Bauteile):

- Elektromechanik 1.5%
- Bau 0.5%

Damit lassen sich die jährlichen Kosten für Betrieb und Unterhalt der 21kW-Anlage zu rund CHF 7'500.- berechnen.

Aus der Annuität der Investitionen und den Betriebs- und Unterhaltskosten lassen sich bei einer Jahresproduktion von 100'000kWh Gestehungskosten von Rp. 29.5/kWh berechnen.

Der Bundesrat hat die neue Stromversorgungsverordnung und die revidierte Energieverordnung am 14. März 2008 verabschiedet. Die beiden Verordnungen konkretisieren die Umsetzung der gesetzlichen Bestimmungen für die Strommarktöffnung für Grossverbraucher sowie die Einführung der kostendeckenden Einspeisevergütung per 1. Januar 2009.

Die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) wurde gemäss der revidierten Energieverordnung ermittelt und beträgt für die vorliegende Anlage ca. Rp. 31/kWh.

