

Modul VI Fallbeispiele

Kleinwasserkraft



Auftraggeber

EnergieSchweiz, 3003 Bern

Auftragnehmer

Swiss Small Hydro, c/o Skat, Vadianstrasse 42, 9000 St. Gallen, www.swissmallhydro.ch

Autor(en)

Projektleitung und Übersetzungen: Martin Bölli, Swiss Small Hydro

Autoren Fallbeispiele:

01 Anzonico Vigne	Patrizio Rosselli, Celio Engineering SA, Ambri
02 KW Hard	Roman Reiner, Hydro-Solar Water Engineering AG, Thusis
03 KW Ettisbühl	Tobias Rüesch, Rüesch Engineering AG, Herisau
04 TWKW Trans / Tomils	Norman Gadiant / Ivo Scherrer, Entegra Wasserkraft AG, Chur
05 KW Emmenau II	Peter Eichenberger, Hydro Engineering GmbH, Andelfingen
06 STEP Profray	Aline Choulot, Mhylab, Montcherand
07 Wässerwasser-KW Mund	Jonas Kalbermatten, EnBAG AG, Brig
08 La Scierie de Moiry	Aline Choulot, Mhylab, Montcherand
09 KW Seealpsee	Christian Strupp AF-Itenco AG, Affoltern am Albis
10 KW Hirschthal Pfiffner	Colin Gerber, Pfiffner Messwandler AG, Hirschthal
11 KW Blanches Fontaines	Pierre-Alain Bourquard, Bassecourt JU
12 KW St. Martin	Christoph Bacher, St. Martin / Manuel Buser, Zollikofen / Martin Bölli, Skat Consulting AG

Koordination Gesamtdokumentation Kleinwasserkraft

Skat Consulting AG, Vadianstrasse 42, 9000 St. Gallen, www.skat.ch

Dr. Hedi Feibel, Martin Bölli

Begleitperson

Benno Frauchiger, Bundesamt für Energie BFE

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
Fallbeispiel Nr. 1 Hochdruck-Kraftwerk Anzonico-Vigne (TI)	6
Fallbeispiel Nr. 2 Niederdruck-Kraftwerk Hard, Winterthur (ZH)	9
Fallbeispiel Nr. 3 Durchlauf-Kraftwerk Ettisbühl (LU)	12
Fallbeispiel Nr. 4 Trinkwasserkraftwerke Trans und Tomils (GR)	15
Fallbeispiel Nr. 5 Kraftwerk Emmenau II am Emme-Kanal, Hasle bei Burgdorf (BE)	20
Fallbeispiel Nr. 6 Abwasserkraftwerk Profray, Verbier (VS)	23
Fallbeispiel Nr. 7 Wässerwasserkraftwerk Mund (VS)	26
Fallbeispiel Nr. 8 Historisches Kraftwerk La Scierie de Moiry (VD)	30
Fallbeispiel Nr. 9 Speicherkraftwerk Seealpsee-Wasserauen (AI)	33
Fallbeispiel Nr. 10 Reaktivierung Kraftwerk Hirschthal Pfiffner (AG)	36
Fallbeispiel Nr. 11 Erweiterung des Kleinwasserkraftwerks Blanches-Fontaines (JU)	39
Fallbeispiel Nr. 12 Kleinwasserkraftwerk St. Martin (SG) mit Strom für Eigenbedarf (Inselbetrieb)	42

Einleitung

Gesamtdokumentation Kleinwasserkraft

Der Bund hat durch verschiedene Ämter über Jahre eine beträchtliche Anzahl von Publikationen zur Kleinwasserkraft erstellen lassen. Die bekanntesten sind die PACER und DIANE Publikationen, welche bereits in den 90-er Jahren verfasst wurden. Bisher gibt es jedoch keine strukturierte Übersicht über dieses wertvolle Wissen. Auch sind einzelne Themen mehrfach, andere gar nicht dokumentiert.

Die „Gesamtdokumentation Kleinwasserkraft“ hat das Wissen zum Thema professionell und gesamthaft zusammengestellt, um es so einfacher und übersichtlicher zugänglich zu machen. Dies ermöglicht zudem eine regelmässige Nachführung des Wissenstands, was aufgrund des hohen Alters einzelner Publikationen unbedingt erforderlich geworden war. In den einzelnen Modulen der Gesamtdokumentation werden dabei nicht sämtliche Details beschrieben: Sie bieten vielmehr eine Übersicht mit sinnvollem Detailierungsgrad und Verweisen auf vertiefende Literatur. So kann die Gesamtdokumentation auch als Wegweiser zur vorhandenen Dokumentation verstanden werden.

Die Gesamtdokumentation gliedert sich in folgende Hauptthemenblöcke, auch Module genannt:

- I. Überblick Kleinwasserkraft und Akteure
- II. Technische Aspekte
- III. Wirtschaftliche Aspekte
- IV. Rechtliche und politisch strategische Aspekte
- V. Umwelt- und sozioökonomische Aspekte
- VI. Fallbeispiele

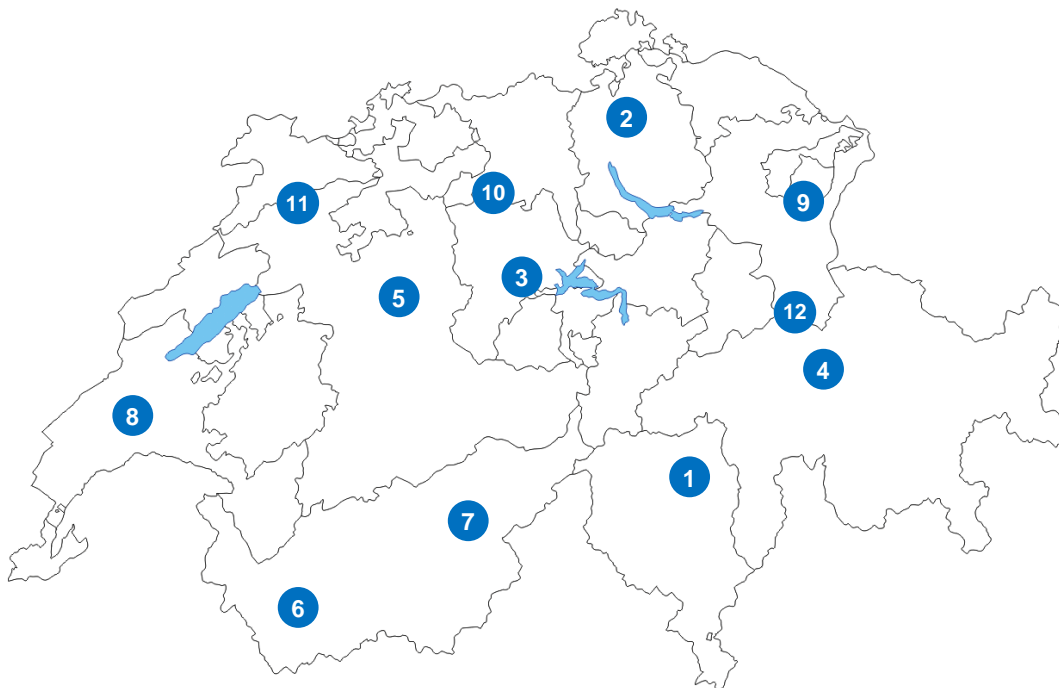
Modul VI - Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz

In der Schweiz gibt es über 1'500 Kleinwasserkraftwerke –somit im Schnitt pro Gemeinde fast ein Kraftwerk. Diese Anlagen sind oft „fast unsichtbar“, bestehen seit Jahrzehnten oder sind so in bestehende Infrastruktur integriert, so dass sie kaum wahrgenommen werden. Dennoch, ist ihr Beitrag an der Elektrizitätsversorgung der Schweiz beträchtlich, und sie spielten eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung des ländlichen Raums in der Schweiz.

Modul I

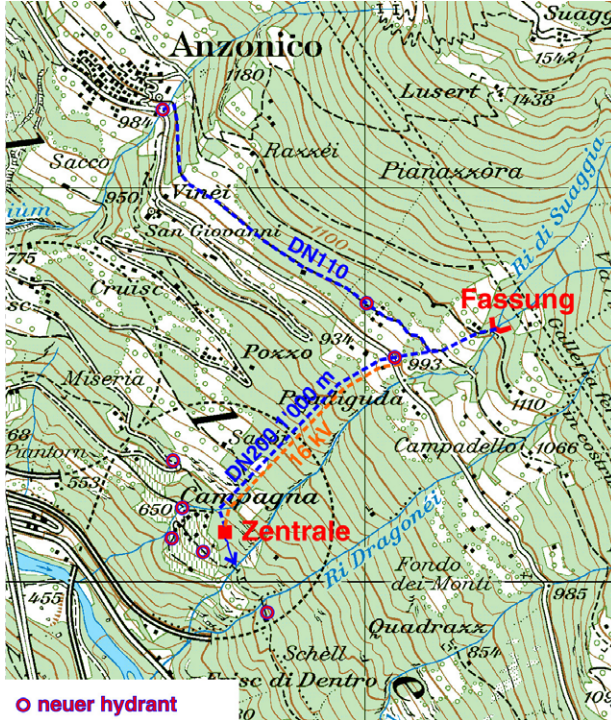
Jedes Kraftwerk ist auf seine Art einzigartig und durch erfahrene Planer sorgfältig in die Umgebung integriert. Die vorliegende Publikation beschreibt zwölf dieser Kleinwasserkraftwerke als Beispiel für die Vielfalt der Technologie. Die ausgewählten Beispiele sind geografisch über die ganze Schweiz verteilt und durch unterschiedliche Planer erarbeitet worden. Die Kraftwerke werden teils durch Privatpersonen, teils durch Elektrizitätswerke, Firmen oder öffentliche Träger betrieben.

Übersicht über die porträtierten Kleinwasserkraftwerke



#	Name	Typ	Neubau / Erneuerung	Vergütung	Leistung
1	Anzonico-Vigne	Ausleitkraftwerk Hochdruck	Neubau	KEV	250kW
2	KW Hard, Winterthur	Ausleitkraftwerk Niederdruck	Erweiterung	KEV	650kW
3	KW Ettisbühl	Durchlaufkraftwerk Niederdruck	Neubau	KEV	872 kW
4	Trans / Tomils	Trinkwasser Hochdruck	Neubau	KEV	22 kW + 38 kW
5	Emmenau II, Hasle bei Burgdorf	Kanalkraftwerk Niederdruck	Erweiterung	KEV	150 kW
6	Step Profray, Bagnes	Abwasser Hochdruck	Erneuerung	KEV	350 kW
7	Kraftwerke Mund	Wässerwasser Hochdruck	Neubau	KEV	2'800 kW
8	Moiry	Durchlaufkraftwerk Niederdruck	Erweiterung	Eigenverbrauch	2 kW + 3 kW
9	Seealpsee, Wasserauen	Ausleitkraftwerk Hochdruck	Erweiterung	Markt	2'500 kW
10	Hirschthal Pfiffner AG	Durchlaufkraftwerk Niederdruck	Reaktivierung	KEV	90 kW
11	Blanches Fontaines	Ausleitkraftwerk Niederdruck	Erweiterung	MKF	320 kW
12	St. Martin	Ausleitkraftwerk Hochdruck	Neubau	Eigenverbrauch	50 kW

Fallbeispiel Nr. 1 Hochdruck-Kraftwerk Anzonico-Vigne (TI)



Das Kleinwasserkraftwerk Anzonico-Vigne erzielt durch den Höhenunterschied von 430 Meter eine Leistung von 230 kW. Es nutzt das Wasser vom Bach "Ri di Suàisa", welches auf der linken Talseite der Leventina liegt.

Das Projekt erlaubte die Nutzung verschiedener lokaler Synergien:

- verbesserte Infrastruktur für die Brandbekämpfung
- die Schaffung eines Platzes für den Abtransport des Waldholzes
- die Erschließung einer abgelegenen Bergzone mit Elektrizität
- die Möglichkeit der Verlegung eines Glasfaserkabels für den Breitbandanschluss von zwei Bergdörfern.



Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Centrale Anzonico-Vigne
Standort der Zentrale	Region Campagna, Anzonico Gemeinde Faido (seit 2012) Kanton Tessin
Koordinaten (CH)	
– Fassung	710'334 / 142'655
– Zentrale	709'623 / 142'150
Gewässer	Bach „Ri di Suàisa“
Höhe über Meer	
– Fassung	1'106 m ü.M.
– Zentrale	676 m ü.M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Konzessionen bis 2052 (40 Jahre, Kanton Tessin)
Eigentümer	IdroAnzonico AG (51% Bürgergemeinde Anzonico 49% Gemeinde Faido)
Betreiber	Cooperativa Elettrica di Faido (Elektrizitätswerk von Faido)
Planer der Anlage	Celio Engineering SA, Ambri (Elektromechanik) Reali e Guscetti SA, Ambri (Bau)

Technische Angaben	
Baujahr	2011-12
Anlagentyp	Hochdruck Ausleitkraftwerk
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	65 l/s
Fallhöhe	
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	Brutto: 481 m (Konzession), 430 m (Anlage)
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	Netto: 405 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	127 kW
Installierte Leistung (elektrisch):	230 kW
Mittlere Jahresproduktion:	1,06 GWh/a
– Davon im Winter:	0,34 GWh (32%)
– Davon im Sommer:	0,72 GWh (68%)
Anzahl Vollaststunden	4'600 h/a
Turbinentyp:	Pelton turbine mit horizontaler Wellenlage, eindüsig
Generatortyp:	Asynchrongenerator
Ökologische Massnahmen (Fisch- und Geschiebedurchgängigkeit, Restwasser, ökologischer Ausgleich, ...)	Restwasser: 20 l/s April bis September 10 l/s Oktober bis März

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten	CHF 2'254'000 (Insgesamt)
– Gesamt:	CHF 1'637'000 (für Kraftwerkanlage)
– Wasserbau:	CHF 913'000
– elektromechanische Ausrüstung:	CHF 472'000
– Planung:	CHF 312'000 (für das gesamte Projekt)
– ökologische Massnahmen:	keine
– weiteres:	
Finanziert durch	
– Eigenmittel:	CHF 200'000 (Eigenkapital von AG)
– Fremdkapital:	CHF 1'800'000
– anderes:	erste Zahlungen aus der KEV
Jährliche Aufwand für Betrieb und Wartung	CHF 45'000 Die Anlage kann ferngesteuert und per Webcam überwacht werden. Die Anlage wird wöchentlich inspiziert und die Lager geschmiert. Alle 6 bis 8 Wochen werden die Maschinen gereinigt und detaillierter kontrolliert. Zwei Mal jährlich werden auch die weiteren baulichen Komponenten gereinigt und überprüft, wie auch die sicherheitsrelevanten Komponenten. Die Turbine wird ein Mal pro Jahr zur Reinigung und Kontrolle geöffnet. Zusätzlich fällt Aufwand für Umgebungsarbeiten an (Fassung, Druckleitung, Zentrale und Zufahrtswege).
Aktuell gültiger Einspeisetarif	22.10 Rp/kWh (KEV)
spezifische Investitionskosten:	
– CHF pro kW	7'100 Fr/kW
– CHF pro kWh/a	1.54 CHF/kWh

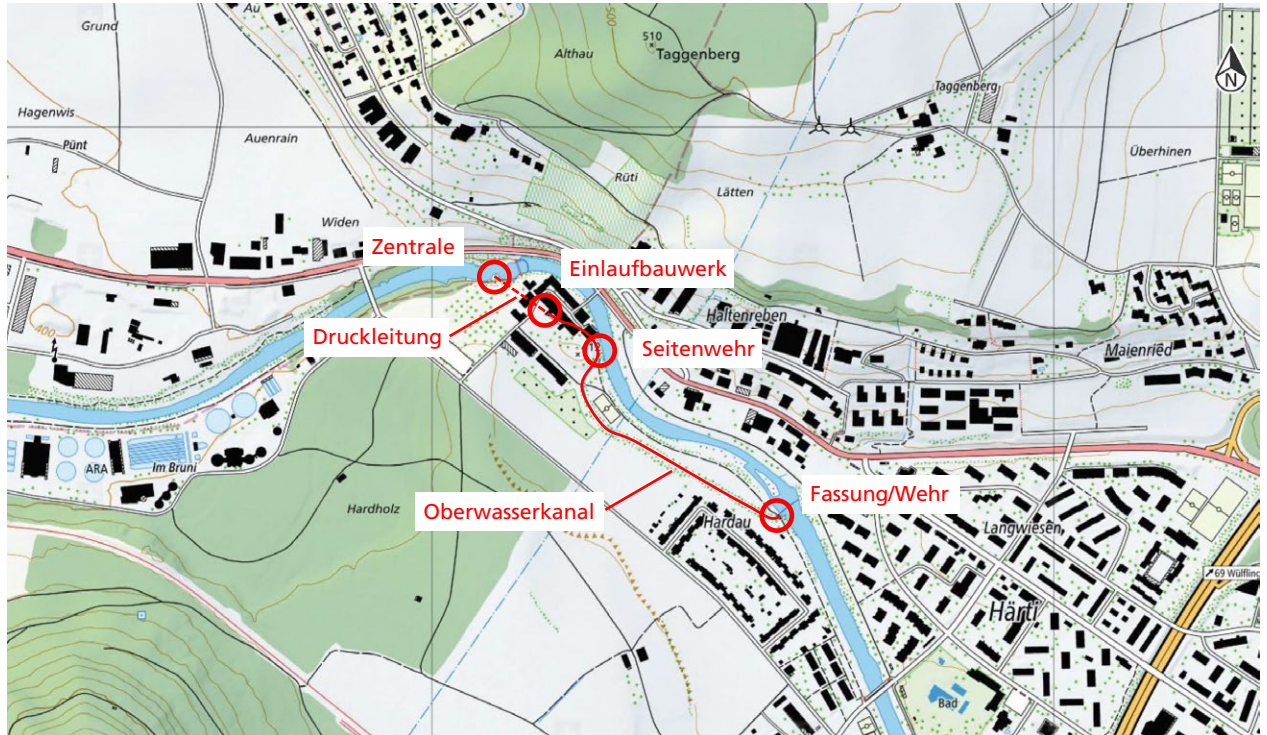
Besonderheiten

Im Frühling 2008 entschied die Bürgergemeinde und seinerzeitige Gemeinde Anzonico (jetzt mit Faido eingebunden) den Bau eines Kleinwasserkraftwerks, welches über die KEV finanziert wird, zu prüfen. Die durchgeführten Abflussmessungen hatten bewiesen, dass das Vorhaben finanziell sinnvoll war. Die beteiligten Behörden beschliessen zudem, im Zusammenhang mit den Bauarbeiten auch andere Infrastrukturmassnahmen umzusetzen.

So wurde gleichzeitig ein Netz mit Hydranten für den Brandschutz erstellt, welches auch für die Bewässerung der landwirtschaftlichen Flächen verwendet werden kann. Zum Kraftwerk wurde eine 130 Meter lange Strasse mit Parkplatz gebaut, welcher auch den Abtransport von Waldholz mittels eines Helikopters (Forderung der Waldbehörden) ermöglicht. Einige umliegende Bauernhäuser konnten neu an das elektrische Netz angeschlossen werden. Die Winzer konnten damit die bisher zur Stromproduktion genutzten Benzingeratoren ausser Betrieb setzen. Eine Verbindung mit dem Wassernetz Anzonico wurde realisiert, damit im Falle von Bränden eine erhöhte Wassermenge zur Verfügung steht. Dank den umfangreichen Grabungsarbeiten konnte ein zusätzliches Mantelrohr verlegt werden, in welchem ein Glasfaserkabel der Swisscom die beiden Dörfer Anzonico und Cavagnago an das Breitbandnetz verbindet. Vorgesehen ist ferner die unterirdische Übertragungsleitung mit dem 16 kV-Talnetz zu erstellen, um die im Winter gefährdete Freileitung zu ersetzen.

Technisch hat sich die Anlage elektrisch, baulich und finanziell bestens bewährt. Bemerkenswert ist die Wasserentsandung mittels Rechen des Typs "Coanda". In 4 Betriebsjahren war bisher noch keine Reinigung notwendig.

Fallbeispiel Nr. 2 Niederdruck-Kraftwerk Hard, Winterthur (ZH)



Kraftwerksgebäude mit Unterwasserkanal



Die ehemalige Spinnerei Hard in Winterthur gilt als erste Fabrik in der Schweiz. Die Fabrikgebäude wurden im Jahre 1802 errichtet und um das Jahr 1845 wurde die Wasserkraft zum ersten Mal in elektrische Energie umgewandelt. Mittlerweile wird das Areal für Wohn- und Gewerbebezwecke genutzt.

Beim Kraftwerk handelt es sich um ein klassisches Ausleitkraftwerk. Über eine Fassung mit Wehranlage wird das Triebwasser über einen Naturkanal in eine Druckleitung geführt und schliesslich in der Zentrale energetisch genutzt.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Kleinwasserkraftwerk Hard
Standort der Zentrale	Hard Areal, Winterthur (Fassung) und Neftenbach (Zentrale), Kanton ZH
Koordinaten (CH)	
– Fassung	693'563 / 263'381
– Zentrale	693'086 / 263'752
Gewässer	Töss
Höhe über Meer	
– Fassung	406.06 m ü.M. (Stauhöhe)
– Zentrale	396.29 m ü.M. (Turbinenachse)
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Konzession, 60 Jahre (bis 31.12.2073)
Eigentümer	Gemeinschaft Hard AG
Betreiber	Gemeinschaft Hard AG
Planer der Anlage	Hydro-Solar Water Engineering AG

Technische Angaben	
Baujahr	1845
Letzte umfassende Sanierung	Letzte Sanierung: 1989, letzte Totalrevision: 1989 Neubau: 2014
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	6'500 l/s Vor Sanierung 3'520 l/s
Fallhöhe	
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	11,55 m
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	10,47 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	406 kW
Installierte Leistung (elektrisch): Leistung vor dem Ausbau	650 kVA 280 kVA
Mittlere Jahresproduktion:	2.55 GWh
– Davon im Winter:	ca. 1.75 GWh (69%)
– Davon im Sommer:	ca. 0.80 GWh (31%)
Anzahl Vollaststunden	3923 h
Turbinentyp:	Kaplan, doppelt reguliert, 5-flügelig
Generatortyp:	Permanent erregter Synchrongenerator
Ökologische Massnahmen	<ul style="list-style-type: none"> – Fischaufstieg (vertical slot), bestehend – Fischabstieg, neu – Horizontalrechen 20mm – Restwasser 800l/s konstant – Aufwertung Restwasserstrecke (Rückbau best. Uferverbauung und Ersatz durch Steinbuhnen und Holzfaschinen)

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten	Total: 5.6 Mio. CHF, davon aus Bestand: 0.95 Mio. CHF
– Gesamt:	Neubau: 4.65 Mio. CHF
– Wasserbau:	CHF 2'788'800.-
– elektromechanische Ausrüstung:	CHF 465'000.-
– Planung:	CHF 725'000.-
– ökologische Massnahmen:	CHF 120'000.-
– weiteres:	CHF 551'200.-
Finanziert durch	
Eigenmittel	17%
Fremdkapital	83%
Jährlicher Aufwand für Betrieb und Wartung	CHF 75'000.- p.a.
Aktuell gültiger Einspeisetarif	KEV: 21.9 Rp./kWh (inkl. MwSt)
spezifische Investitionskosten:	
– CHF pro kW	7'153
– CHF pro kWh/a	2.20

Besonderheiten

Der Hauptgrund der Sanierung war, neben der in die Jahre gekommenen Anlage, der Zentralenstandort inmitten des mittlerweile zu Wohn- und Gewerbebezwecken umgenutzten Areals. Die alte Turbine verursachte erhebliche Lärmemissionen, insbesondere Körperschall, welcher zu erheblichen Störungen der Wohnenden und des benachbarten Tonstudios führte. Aus diesem Grund erfolgte die Verlegung des Zentralenstandortes ans Ufer der Töss und der Einbau einer Druckleitung in den ehemaligen Unterwasserstollen.

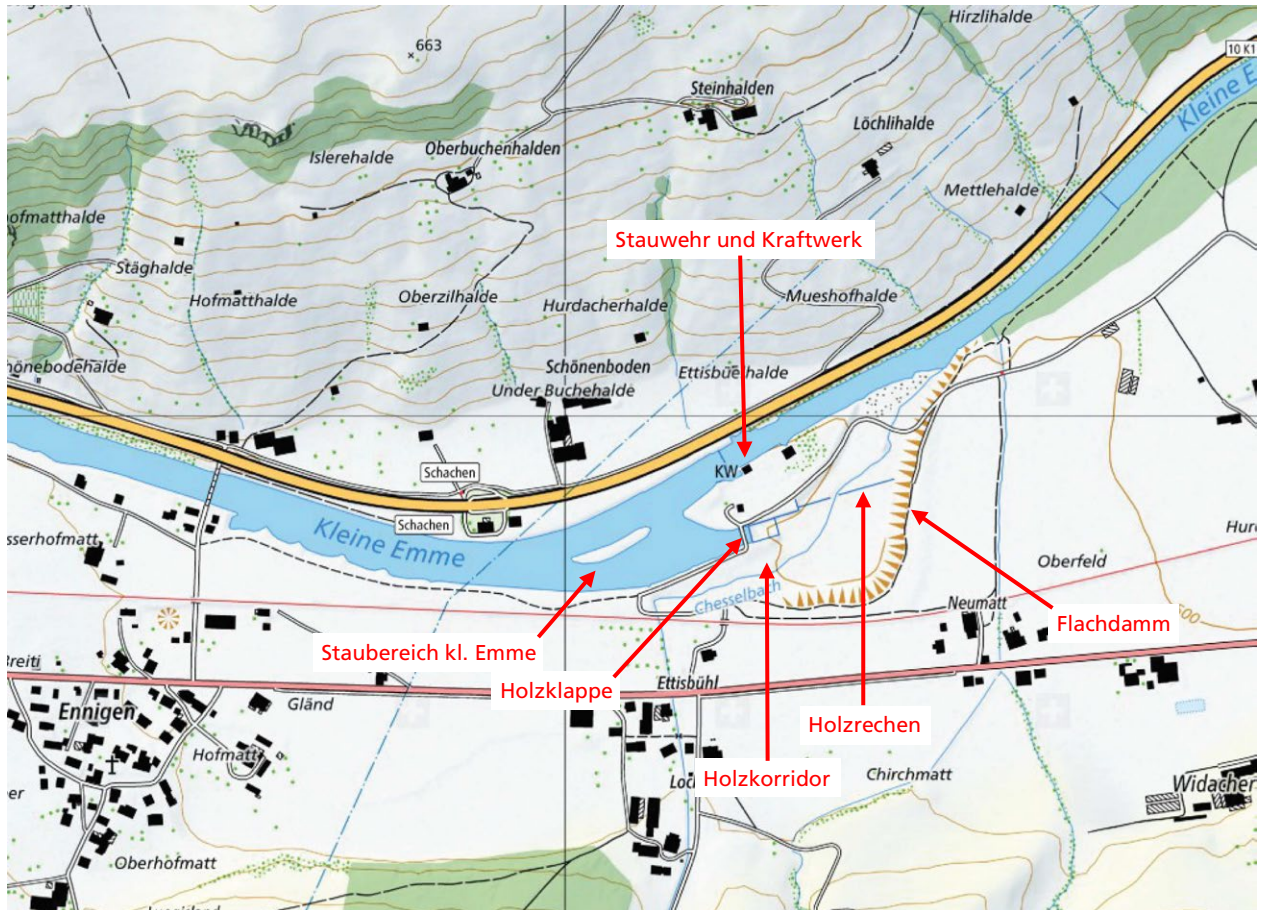
Bei der Erneuerung des Fassungsbauwerks wurde der bereits bestehende Fischaufstieg (Vertical Slot) in den Neubau integriert, ein Fischabstieg war nicht vorhanden. Um die Längsvernetzung des Gewässers sicherzustellen wurde der Neubau des Fassungsbauwerks mit einem Horizontalrechen (Stababstand 20mm) nach neuestem Stand der Technik und einem zusätzlichen Fischabstieg ausgerüstet. Ebenfalls wurde der bestehende Vertikalrechen am Ende des Oberwasserkanales mit einem neuen Feinrechen (Stababstand 20mm) aufgerüstet.

Der innovative Fischabstieg erfolgt über die Kiesspülrinne. Zwei Schieber (boden- und oberflächennah) in der Drehklappe sorgen für eine hindernisfreie Passage in ein Wasserpolster, welches wiederum durch eine überströmte, hebbare Gegenschwelle im Kiesabzug aufgestaut wird.

Im Rahmen der Erneuerung der Anlage wurde ebenfalls die Hochwassersicherheit für die angrenzenden Wohngebiete erhöht. Die Anlage wurde dabei als integraler Bestandteil der Hochwasserschutzmassnahmen geplant.

Eine Herausforderung in der Planung stellte der komplexe Bauablauf im umgenutzten Fabrikareal dar. Insbesondere mussten lärmintensive Arbeiten mit dem lärmempfindlichen Tonstudio koordiniert werden. Hier zeigte sich eine offene Kommunikation und frühe Einbindung aller Beteiligten (Planer, Unternehmer, Anwohner und Gewerbetreibende) als Erfolgsfaktor für einen reibungslosen Ablauf. Der enge Budgetrahmen verlangte zudem von Seiten der Planung und Ausführung immer wieder innovative und unkonventionelle Lösungsansätze.

Fallbeispiel Nr. 3 Durchlauf-Kraftwerk Ettisbühl (LU)



Das Kraftwerk Ettisbühl liegt an der kleinen Emme im Kanton Luzern auf dem Gebiet der Gemeinde Malters. An der Stelle des heutigen Kraftwerks befand sich in früherer Zeit die Fassung für den alten Industriekanal. Das Jahrhunderthochwasser von 2005 führte in den Unterliegerkantonen zu grossen Schäden durch Treibholz. An der Stelle der ehemaligen Wehranlage wurde 2010 ein grosser Holzrückhalt in Kombination mit einem Wehrkraftwerk erstellt. Der folgende Artikel beleuchtet das Kraftwerk.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	KW Ettisbühl
Standort der Zentrale	Ettisbühl, Gemeinde Malters, Kanton Luzern
Koordinaten (CH) Zentrale (und Fassung)	655'250 / 209'950
Gewässer	Kleine Emme
Höhe über Meer (Fassung und Zentrale)	503,50 m. ü. M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Konzession, Verleihungsdauer 80 Jahre
Eigentümer	Steiner Energie AG, Malters
Betreiber	Steiner Energie AG, Malters
Planer der Anlage	IG Ruesch Engineering AG, Peter Stalder Ingenieure AG

Technische Angaben	
Baujahr	2010
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	16'000 l/s
Fallhöhe – Brutto (Entnahme bis Rückgabe) – Netto (bei Ausbauwassermenge)	Hb = 6,50 m Hn = 6,30 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	637 kW
Installierte Leistung (elektrisch):	910 kW (ab Turbine)
Mittlere Jahresproduktion: – Davon im Winter: – Davon im Sommer:	4,5 GWh/a 1,72 GWh (38%) 2,78 GWh (62%)
Anzahl Vollaststunden	4'945 h
Turbinentyp: Generatortyp:	Kaplan, 4-flügelig Synchron, vertikalachsig, 1240 kVA, 230rpm
Ökologische Massnahmen	Fischgängigkeit: Vertical-Slot-Pass mit 170 l/s Geschiebetransport: 7m Kiesauslass-Schütze, die bei jedem Hochwasser geöffnet wird => Dadurch kontinuierlicher Geschiebetransport Ökologischer Ausgleich: Ruderalflächen und Gerinneoffenlegung im Bereich des Holzurückhaltebeckens

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten – Gesamt: – Wasserbau: – elektromechanische Ausrüstung: – Planung: – ökologische Massnahmen: – weiteres:	12.4 Mio CHF 8.6 Mio CHF 2.5 Mio CHF 0.8 Mio CHF 0.3 Mio CHF 0.2 Mio CHF
Finanziert durch – Eigenmittel – Fremdkapital	100%
Jährlicher Aufwand für Betrieb und Wartung	Alle zwei Tage ein Rundgang und zusätzlich bei Hochwasser Jährlich einmal gründliche Inspektion aller Anlageteile.

Aktuell gültiger Einspeisetarif	KEV: 19.2 Rp/kWh
spezifische Investitionskosten:	
– CHF pro kW	CHF 13'626 pro kW
– CHF pro kWh/a	CHF 2.75 pro kWh

Besonderheiten

Das Kraftwerk Ettisbühl ist in mehrfacher Hinsicht ein spezielles Kraftwerk:

- die Kleine Emme führt Hochwasser mit bis 650 m³/s
- Die Molasse der voralpinen Hügel-Region des Entlebachs (Napf – Sörenberg) führt zu einer starken Erosionstätigkeit und damit verbunden zu einem grossen Geschiebetrieb.
- Die Abhänge des Napf sind stark bewaldet. In jüngster Vergangenheit haben die Zuflüsse zur kleinen Emme (zB. Fontanne) grossen Schwemmholzmengen verfrachtet (bis über 10'000 m³ Baumholz pro Ereignis)
- Die Anlage wurde im Nachgang zu interkantonalen Verhandlungen zu einem regionalen Holzrückhalt ausgebaut.

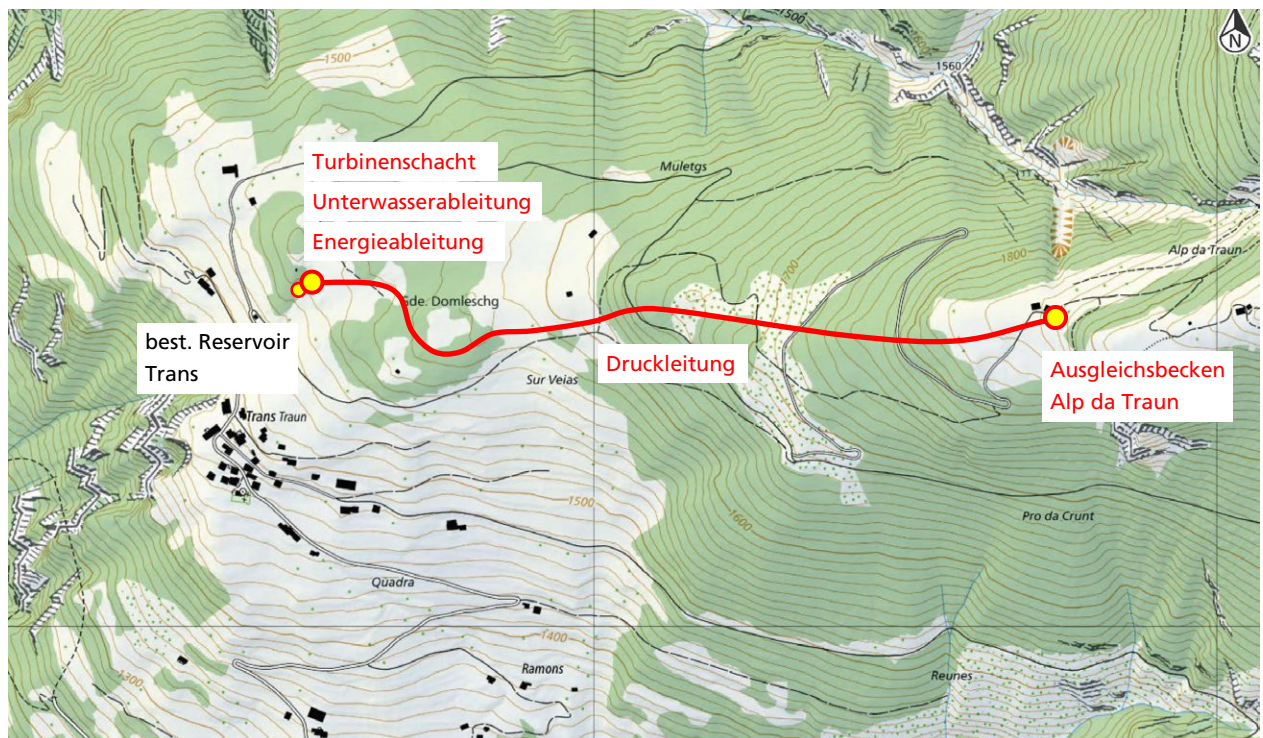
Da die kleine Emme ein voralpiner Fluss mit der Abflusstypologie eines Gebirgsbaches ist, muss die Anlage auf recht grosse Hochwassermengen ausgelegt werden. Selbst im Bauzustand mussten mehrfach weit über 200 m³/s durch die Baustelle hindurch geleitet werden. Die im Flusslauf recht spezielle Lage von Kraftwerk und Holzrückhalt bedingte vorgängige Modellversuche, um ein optimales Zusammenwirken aller Anlageteile erforschen zu können. So werden die Baumstämme via Kurvenaussenseite in den Holzrückhalt geführt. Damit das Geschiebe nicht denselben Weg nimmt, wurde eine Mittelinsel so angeordnet, dass das Geschiebe zum Kraftwerk hingelenkt wird, wo es kontrolliert abgeführt werden kann.

Der Umgang mit Geschiebe wurde schon während der Projektphase eingehend betrachtet. Die erste Lösung mittels Auskleidung des Kiesauslasses mit Schmelzbasaltplatten hat hier nicht funktioniert. Grund dafür dürfte sein, dass die Sonneneinstrahlung im Kiesauslass zu so grossen Temperaturbeanspruchungen und -Dehnungen führte, dass die Platten sich vom Untergrund lösten. Zudem musste leicht oberhalb des Kraftwerkes ein grösserer Erdbeben verzeichnet werden. Dieser führt sehr viel Geschiebe und teilweise auch grössere Gesteinsbrocken mit sich. Die Summe davon ergibt eine erhöhte Abrasionswirkung beim Kraftwerk. Diese konnte nur noch mit dem Einsatz von Stahlplatten eingedämmt werden.

Fallbeispiel Nr. 4 Trinkwasserkraftwerke Trans und Tomils (GR)

Das Dorf Trans liegt an der östlichen Talseite des Domleschg auf rund 1500 m ü. M. Im Jahr 2008 wurde beschlossen, die Wasserversorgung zu sanieren und die bestehenden Quellfassungen in der Transer Alp sowie die Quellableitung zu erneuern. Das Dorf Tomils liegt auf rund 800 m ü. M. Der Wasserbedarf der Gemeinde Tomils wurde grösstenteils durch ein Quellwasserpumpwerk gedeckt. Im Zusammenhang mit der Sanierung der Wasserversorgung Trans wurde beschlossen, den vorhandenen Überlauf des Reservoirs Trans mittels Transportleitung ins Reservoir von Tomils zu bringen und somit eine sichere und energie-unabhängige Versorgung des Dorfes mit Quellwasser sicherzustellen. Die Entegra Wasserkraft AG schlug den Gemeinden Trans und Tomils vor, das Wasserkraftpotential dieser 2-stufigen Nutzung zu überprüfen und führte eine erste Studie durch. Parallel dazu wurde eine Vereinbarung zwischen den Gemeinden und der Entegra betreffend der Nutzung des Trinkwassers zur Energieerzeugung ausgearbeitet.

Trinkwasserkraftwerk Trans



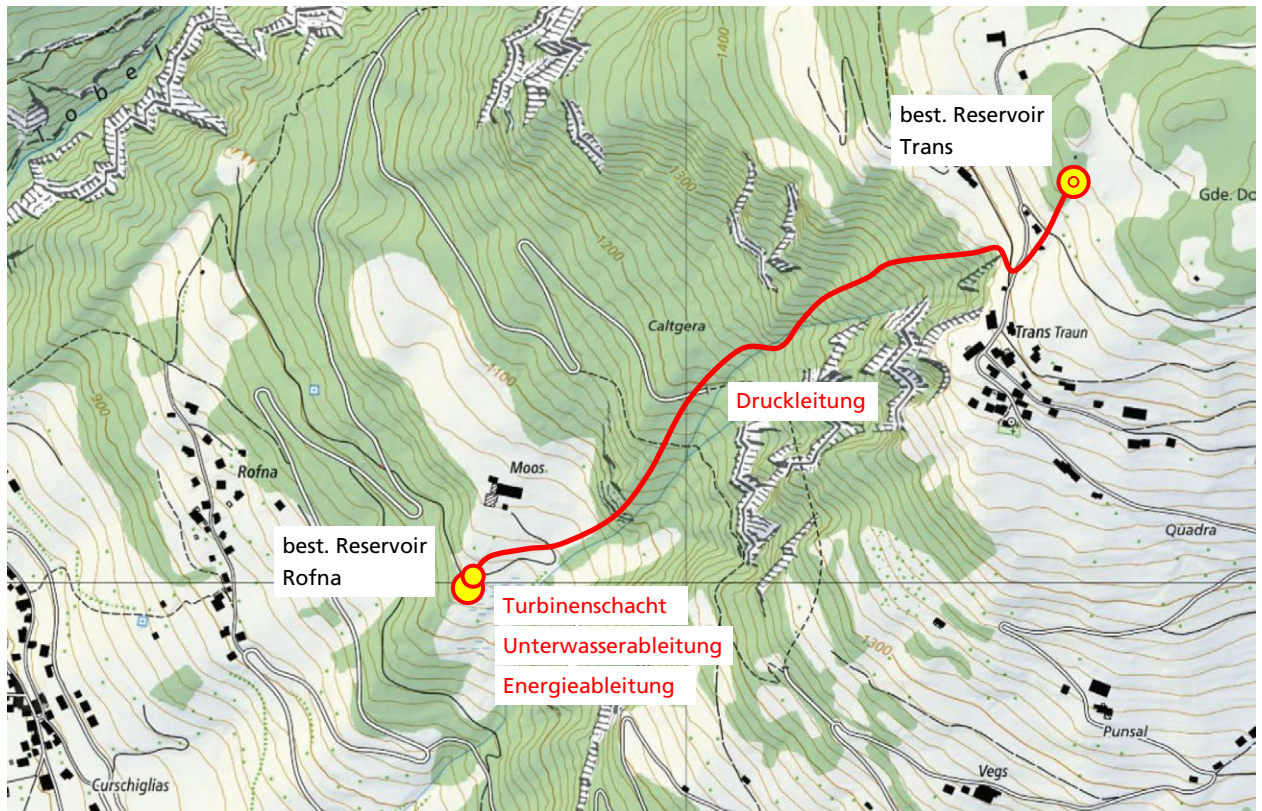
Allgemeine Angaben zum TWKW Trans	
Name des Kraftwerks	Trinkwasserkraftwerk Trans
Standort der Zentrale	Dorf Trans, Gemeinde Domleschg, Kanton Graubünden
Koordinaten (CH)	
– Brunnenstube (OW-Becken)	755'740 / 181'490
– Zentrale	754'550 / 181'550
Gewässer	Quellen
Höhe über Meer	
– Brunnenstube (OW-Becken)	1858,5 m. ü. M.
– Zentrale	1558,2 m. ü. M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Recht zur energetischen Nutzung des Trinkwassers Vertragsdauer 40 Jahre
Eigentümer	Entegra Wasserkraft AG
Betreiber	Entegra Wasserkraft AG
Planer der Anlage	Entegra Wasserkraft AG

Technische Angaben TWKW Trans	
Baujahr	2009
Letzte umfassende Sanierung	
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	10 l/s
Fallhöhe	
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	300.3 m
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	290.0 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	16 kW
Installierte Leistung (elektrisch):	22 kW
Mittlere Jahresproduktion:	85'000 kWh/a
– Davon im Winter:	35'000 kWh (41%)
– Davon im Sommer:	50'000 kWh (59%)
	Im Moment werden die Quellen eines Seiteneinzugsgebietes besser gefasst und die Zuleitung zum Ausgleichsbecken erneuert. Dadurch soll vor allem die Unabhängigkeit des Dorfes Tomils vom Grundwasserpumpwerk weiter erhöht werden und gleichzeitig der Anteil der Winterproduktion erhöht werden.
Anzahl Volllaststunden	3900 h
Turbinentyp:	Pelton, 1-düsig
Generatortyp:	Asynchron
Ökologische Massnahmen	Keine Massnahmen, da es sich um eine Nebennutzungsanlage handelt. Bau- und Wiederherstellungsarbeiten wurden mit hoher Sorgfalt durchgeführt.

Kosten und Wirtschaftlichkeit TWKW Trans	
Investitionskosten	Anteil Trinkwasserkraftwerk:
– Gesamt:	320'000 CHF
– Wasserbau:	
– elektromechanische Ausrüstung:	
– Planung:	
– ökologische Massnahmen:	
– weiteres:	

Finanziert durch – Eigenmittel	100%
Jährlicher Aufwand für Betrieb und Wartung	Anlage läuft vollautomatisch. Warnungen und Alarmer per SMS an Entegra und Gemeinde. Jede 2. Woche erfolgt ein Kontrollgang durch den Brunnenmeister der Gemeinde (dazu Wartung 2 x jährlich). Wird pauschal entschädigt an die Gemeinde. Unterhalt und Reparaturen bei Bedarf durch Fachpersonal.
Aktuell gültiger Einspeisetarif	KEV
spezifische Investitionskosten: – CHF pro kW – CHF pro kWh/a	14'500 CHF/kW 3.80 CHF/kWh

Trinkwasserkraftwerk Tomils



Allgemeine Angaben zum TWKW Tomils	
Name des Kraftwerks	Trinkwasserkraftwerk Tomils
Standort der Zentrale	Dorf Tomils, Gemeinde Domleschg, Kanton Graubünden
Koordinaten (CH) – Reservoir Trans (OW-Becken) – Zentrale	754'550 / 181'550 753'700 / 181'000
Gewässer	Quellen, Überlauf Reservoir Trans
Höhe über Meer – Reservoir Trans (OW-Becken) – Zentrale	1556,8 m. ü. M. 1026,0 m. ü. M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Recht zur energetischen Nutzung des Trinkwassers Vertragsdauer 40 Jahre
Eigentümer	Entegra Wasserkraft AG
Betreiber	Entegra Wasserkraft AG
Planer der Anlage	Entegra Wasserkraft AG

Technische Angaben TWKW Tomils	
Baujahr	2010
Letzte umfassende Sanierung	
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	9 l/s
Fallhöhe – Brutto (Entnahme bis Rückgabe) – Netto (bei Ausbauwassermenge)	530,8 m 501,8 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	23 kW
Installierte Leistung (elektrisch):	36 kW
Mittlere Jahresproduktion: – Davon im Winter: – Davon im Sommer:	125'000 kWh 48'000 kWh 77'000 kWh Im Moment werden die Quellen eines Seiteneinzugsgebietes besser gefasst und die Zuleitung zum Ausgleichsbecken erneuert. Dadurch soll vor allem die Unabhängigkeit des Dorfes Tomils vom Grundwasserpumpwerk weiter erhöht werden und gleichzeitig der Anteil der Winterproduktion erhöht werden.
Anzahl Vollaststunden	3500 h
Turbinentyp: Generatortyp:	Pelton, 1-düsig Asynchron
Ökologische Massnahmen	Keine Massnahmen, da es sich um eine Nebennutzungsanlage handelt. Bau- und Wieder-herstellungsarbeiten wurden mit hoher Sorgfalt durchgeführt.

Kosten und Wirtschaftlichkeit TWKW Tomils	
Investitionskosten – Gesamt: – Wasserbau: – elektromechanische Ausrüstung: – Planung: – ökologische Massnahmen: – weiteres:	Anteil TWKW 350'000 CHF
Finanziert durch – Eigenmittel – Fremdkapital	100%
Jährlicher Aufwand für Betrieb und Wartung	Anlage läuft vollautomatisch. Warnungen und Alarmer per SMS an Entegra und Gemeinde. Jede 2. Woche erfolgt ein Kontrollgang durch den Brunnenmeister der Gemeinde (dazu Wartung 2 x jährlich). Wird pauschal entschädigt an die Gemeinde. Unterhalt und Reparaturen bei Bedarf durch Fachpersonal.
Aktuell gültiger Einspeisetarif	KEV
spezifische Investitionskosten: – CHF pro kW – CHF pro kWh/a	9'700 CHF/kW 2.80 CHF/kWh

Besonderheiten

Im Zuge von Sanierungen oder Neubauten an der Wasserversorgung sollte das energetische Potential in jedem Fall überprüft werden. Die Realisierung eines Trinkwasserkraftwerks ist in der Regel nur wirtschaftlich, wenn ohnehin wesentliche Bauteile der Wasserversorgung erstellt oder erneuert werden. Da Trinkwasserkraftwerke im öffentlichen Wasserversorgungsnetz integriert sind, darf bezüglich Hygiene keine Kompromisse eingegangen werden (Lebensmittelverordnung). Die dauernde, sichere Versorgung der Bevölkerung mit Trink- und Löschwasser hat in allen Fällen Vorrang vor der Stromproduktion.

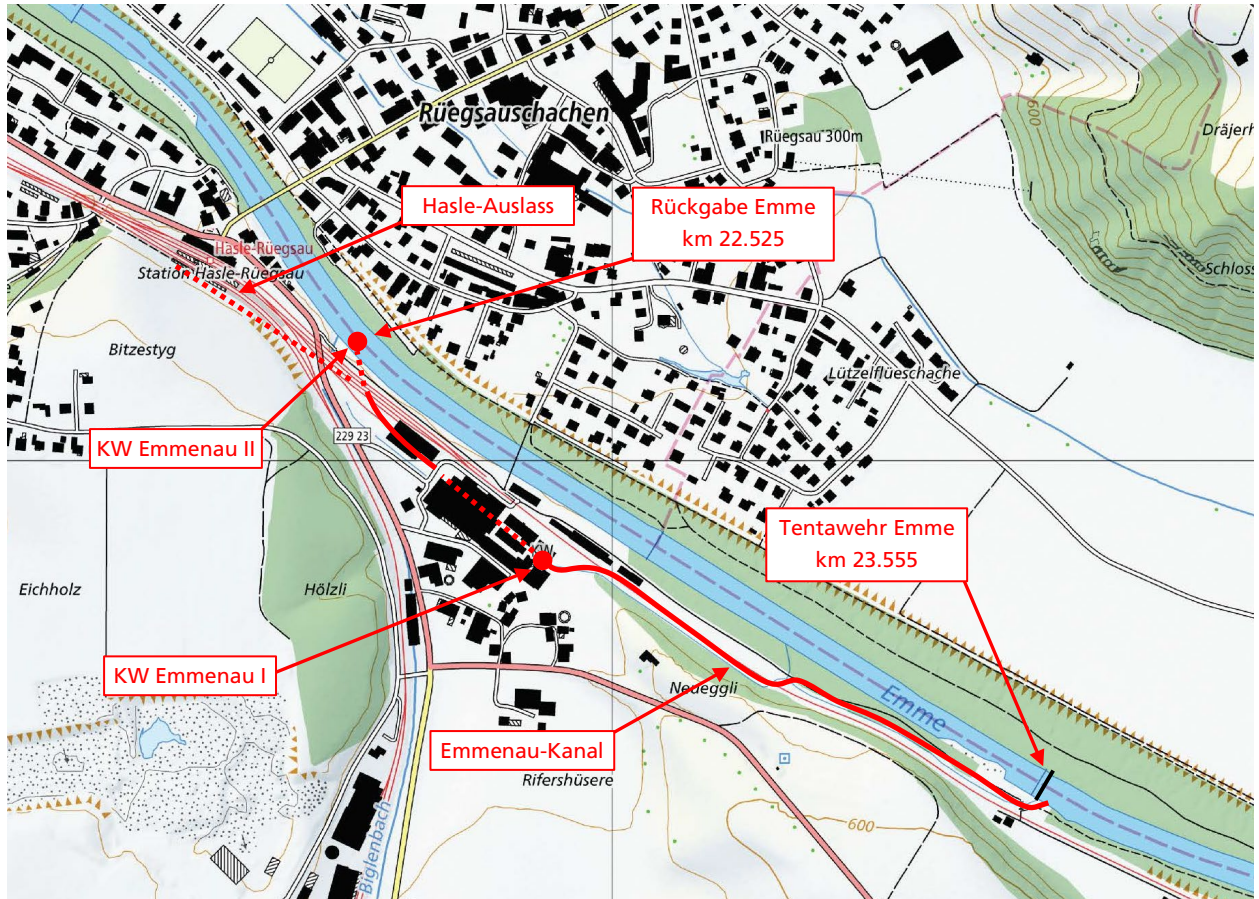
Ein Nutzen der Gemeinde muss vorliegen (in Form von Entschädigungen oder anderen Leistungen), ansonsten wird die Gemeinde einem Contracting-Modell in der Regel nicht zustimmen. Es zeigt sich zudem, dass zu komplexe Vertragswerke zu einer Ablehnung führen können. Wichtig sind einfache Verträge welche auf einer Partnerschaft zwischen Gemeinde und Wasserkraftbetreiber fundieren. Ohne eine gute Zusammenarbeit zwischen den Partnern kann es ohnehin nicht funktionieren (sowohl während der Bau- wie der Betriebsphase).

Im vorliegenden Fall wurde vereinbart, dass die Entegra die Kosten Trinkwasserkraftwerk (Maschinenhaus, Elektromechanik mit Leittechnik usw.) übernimmt. Sämtliche Mehrkosten für den Bau einer Druckleitung anstatt einer Freispiegelleitung sind durch das Trinkwasserkraftwerk zu tragen. Für die energetische Nutzung des Trinkwassers sollen die Gemeinden in der Form eines Wasserzinses entschädigt werden. Zudem wird die Gemeinde für die periodischen Kontrollgänge durch den Brunnenmeister entschädigt. Contracting ist eine sinnvolle Option, wenn z.B. die Finanzierung durch die Gemeinde nicht möglich ist, oder andere Prioritäten vorliegen.

Seit der Inbetriebnahme produzieren die Werke zuverlässig Strom. Die Wasserversorgungen der Dörfer funktionieren einwandfrei. Das Dorf Tomils kann in einem hydrologischen Normaljahr vollständig durch Quellwasser versorgt werden. Das Grundwasserpumpwerk wird nur noch während besonders trockenen Phasen benötigt.

Die Dörfer Trans und Tomils gehören seit Januar 2015 zur Gemeinde Domleschg.

Fallbeispiel Nr. 5 Kraftwerk Emmenau II am Emme-Kanal, Hasle bei Burgdorf (BE)



Die linksufrigen Kanalkraftwerke in der Emmenau in Hasle b. Burgdorf bilden die obersten Anlagen in einer Reihe von Kraftwerks-Ausleitungen, die aus einer praktisch zusammenhängenden Kette entlang der Emme bis zur Aare-Mündung bei Luterbach bestehen. Die Kraftwerke Emmenau I und II in Hasle lieferten seit dem frühen 20. Jahrhundert die Energie für den Gewerbe- und späteren Industriebetrieb der Tentawerke, in welchem die Familie Geiser Planen und Zelte produzierte. Mit der Auslagerung der Planen-Produktion und der Umnutzung des Areals ab den 1990er Jahren wurden auch die beiden Kraftwerke verkauft.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Wasserkraftwerk Emmenau II
Standort der Zentrale	Emmenau, Hasle b. Burgdorf (BE)
Koordinaten (CH)	
– Fassung	617'525 / 206'575
– Zentrale	616'675 / 207'135
Gewässer	Emme
Höhe über Meer	
– Fassung	574 m. ü. M.
– Zentrale	570 m. ü. M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Ordentliches Wasserrecht, erteilt 2002 (löste ein unbefristetes Recht ab) Aktuelles Wasserrecht gültig bis 2048
Eigentümer	ADEV Wasserkraftwerk AG, Liestal
Betreiber	ADEV Wasserkraftwerk AG, Liestal
Planer der Anlage	Hydro Engineering GmbH, Andelfingen

Technische Angaben	
Komplett-Erneuerung	2012 (Baujahr Vorgänger-Anlage: 1948)
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	4350 l/s
Fallhöhe	
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	8,40 m (ab Ausleitung in der Emme, inkl. Fallhöhe des Oberliegerkraftwerks Emmenau I)
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	3,80 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	166 kW
Installierte Leistung (elektrisch):	177 kVA (150 kW)
Mittlere Jahresproduktion:	0,92 GWh/a
– Davon im Winter:	0,4 GWh (43%)
– Davon im Sommer:	0,52 GWh (57%)
Anzahl Vollaststunden	6115 h
Turbinentyp:	Doppelt-regulierte Kaplan-Turbine
Generatortyp:	Permanent-magnetisch erregter Synchrongenerator (PMG)
Ökologische Massnahmen	Fischschutzrechen & -reiniger Schwall-Sunk-Entlastung in Form eines Klaviertastenwehrs

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Gesamtkosten Erneuerung	CHF 1'150'000
davon:	
– Wasserbau:	CHF 481'000
– ökologische Massnahmen:	CHF 100'000 (Fischschutzrechen & -reiniger, Schwall-Sunk-Entlastung)
Finanziert durch	
– Eigenmittel	40% Aktienkapital
– Fremdkapital	60% Bankkredit

Jährlicher Aufwand für Betrieb und Wartung KW	CHF 32'000 inkl. Rückstellungen für Erneuerungsfonds, Versicherungen und Administration 1 Betriebswart (und Stv.) vor Ort für allgemeine Reinigung, Unterhaltsarbeiten und Beheben von Störungen (ca. 3 Stunden pro Woche) Betriebsleitung Zentrale: 1 Leiter, 1 Service-Techniker und 1 Sachbearbeiter Betrieb, die zuständig sind für 108 Energieanlagen Solar, Wind, Wasser und Wärme
Aktuell gültiger Einspeisetarif (KEV / MKF / Marktpreis)	22 Rp./kWh (KEV) inkl. MWST
spezifische Investitionskosten: – CHF pro kW – CHF pro kWh/a	CHF 7'667/kW CHF 1.25/kWh

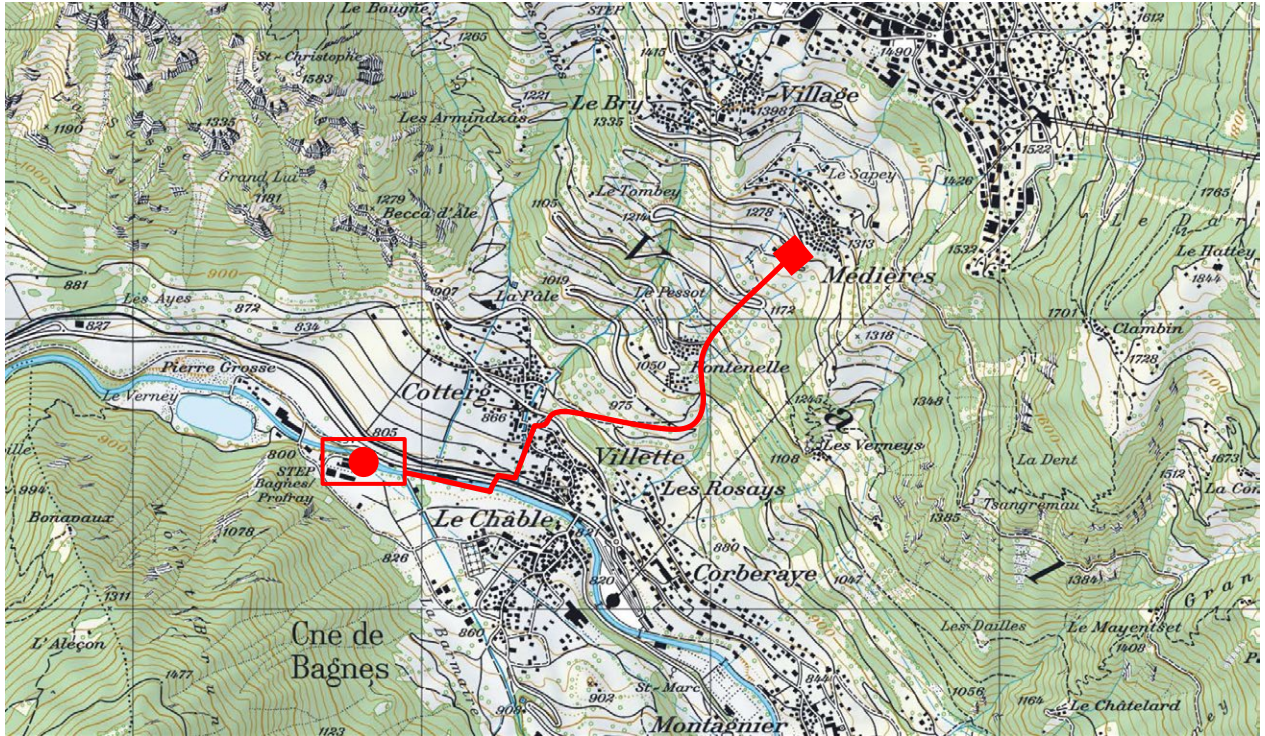
Besonderheiten

Im KW Emmenau II kann nicht die gesamte gefasste Wassermenge turbinert werden; es besteht seit jeher eine Pflichtabgabe von 0.65 m³/s ab Oberwasserkanal zugunsten von Unterliegerkraftwerken am sogenannten Hasle-Auslass und -Kanal, der weitere Anlagen entlang der Emme bedient. Auch bei Ausserbetriebnahme der Kraftwerke Emmenau ist eine minimale Wassermenge in den Hasle-Auslass nicht zuletzt aus ökologischen Gründen zu garantieren. Da die Pflichtabgabe nur einen kleinen Teil der insgesamt am Tentawehr ausgeleiteten Wassermenge betrifft, wird aus pragmatischen Gründen der Wehrunterhalt heute alleine durch die Besitzerin der beiden Emmenau Kraftwerke sichergestellt. Wegen der engen Platzverhältnisse am Kraftwerksstandort mit der Biglenbachmündung, dem Bahntrasse und der neuen Radwegverbindung Burgdorf – Langnau musste das neue Kraftwerk Emmenau II wie schon das alte vollständig unter der Geländeoberfläche angeordnet und in die Uferböschung integriert werden. Davon profitiert auch der Landschaftsschutz.

Der Kanal ist rund 1 km lang und ist mit der Wassermenge von 5 m³/s stark ausgelastet. Gleichzeitig erfolgt bei starkem Regenfall die gesamte Meteorwasser-Entwässerung des Industriegebietes in den Kanal. Dies hatte in der Vergangenheit zur Folge, dass der Kanal immer wieder ausuferte und Keller überschwemmte. Als Entlastung bei Überwasser im Kanal resp. als Bypass zur Turbine wurde ein Klaviertastenwehr unter dem neuen Radweg eingesetzt, welches in den parallel verlaufenden Biglenbach entwässert. Bei diesem unregelmäßigen Organ wird die Überfallkapazität durch die Verlängerung der Überfallkrone in Form einer rechteckigen Zickzacklinie vergrößert. Im Grundriss ähneln die Zellen dieses Wehrs den Tasten eines Klaviers, was dem Wehr seinen eher ausgefallenen Namen gegeben hat. Mit dem sehr wirkungsvollen Klaviertastenwehr konnte das jahrzehntealte Problem der Kanalüberlastung auf engstem Raum gelöst werden. Der zusätzlich vorhandene Hubschütz kommt nur bei Kanalspülungen und –entleerungen zum Einsatz.



Fallbeispiel Nr. 6 Abwasserkraftwerk Profray, Verbier (VS)



Zentralgebäude, mit dem alten Turbinenrad ($Q_n = 240 \text{ l/s}$). Im Hintergrund Verbier und der Verlauf der Druckleitung. Quelle: Mhylab



Quelle: Mhylab

Die Quelle des Kleinwasserkraftwerks Profray liegt bei der Skistation Verbier: Dessen Abwasser wird in einem Becken gefasst. Dieses ist mit einem 6 Millimeter breiten Rechen ausgestattet, welcher Materialien, die die Turbine beschädigen könnten, entfernt. Über eine 2,3 Kilometer lange Druckleitung wird das Abwasser der Turbine zugeführt, welche sich im gleichen Gebäude wie die Kläranlage befindet. Anschliessend wird das Abwasser auf gewohnte Weise aufbereitet und bei Dranse de Bagnes in den Fluss geleitet. Der Standort besitzt bereits die zweite Turbine: Eine erste war seit 1993 in Betrieb und wurde 2007 durch eine neue Turbine ersetzt, welche besser auf die Eigenschaften des Standorts ausgelegt war. Das Abwasserkraftwerk wurde auch im EnergieSchweiz Newsletter Kleinwasserkraft Nr. 20 (07/2013) beschrieben.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Centrale du Profray
Standort der Zentrale	Abwasserreinigungsanlage der Gemeinde Bagnes, Le Châble im Kanton Wallis
Koordinaten (CH)	
– Fassung	583'348 / 104'218
– Zentrale	581'779 / 103'503
Gewässer	Ungereinigtes Abwasser von Verbier
Höhe über Meer	
– Fassung	1'251 m. ü. M.
– Zentrale	803 m. ü. M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Kein Wassernutzungsrecht erforderlich
Eigentümer	Gemeinde Bagnes
Betreiber	Services industriels de Bagnes (SIB)
Planer der Anlage	Services industriels de Bagnes (SIB)

Technische Angaben	
Baujahr	Gebaut: 1993 (gleichzeitig mit der Abwasserreinigungsanlage)
Letzte umfassende Sanierung	2007: Ersatz der Turbineneinheit
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	100 l/s
Fallhöhe	
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	448 m
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	420 m (bei 105 l/s)
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	Ca. 134 kW (turbinierter Wassermenge: ca. 960'000 m ³ /a)
Installierte Leistung (elektrisch):	Aktuelle Leistung: 380 kW
Leistung vor dem Ausbau (nur bei Erneuerungen):	665 kW
Mittlere Jahresproduktion:	0,92 GWh/a
– Davon im Winter:	0,55 GWh (60%)
– Davon im Sommer:	0,37 GWh (40%)
Anzahl Vollaststunden	~ 2370 h
Turbinentyp:	2 düsige Pelton-Turbine
Generatortyp:	Synchrongenerator mit 1500 U/min
Ökologische Massnahmen	Da es sich um die Nutzung von ungereinigtem Abwasser handelt sind keine zusätzlichen ökologischen Massnahmen erforderlich. Die Infrastruktur wäre auch ohne Kraftwerk erforderlich gewesen, und die Druckleitung wurde unterirdisch verlegt.

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten – Gesamt – Wasserbau: – elektromechanische Ausrüstung: – Planung: – ökologische Massnahmen: – weiteres:	Für die Wirtschaftlichkeit von Bedeutung sind nur die Investitionen in die Elektromechanik: CHF 500'000 (im Jahr 2007)
Jährlicher Aufwand für Betrieb und Wartung	Jährlicher Wartungsaufwand: ca. 30h (integriert in der Betriebsplanung der Abwasserreinigungsanlage) Arbeit: CHF 1'000 Materialien: CHF 10'000 Versicherungen: CHF 4'500
Aktuell gültiger Einspeisetarif (KEV / MKF / Marktpreis)	KEV 23.1 Rp./kWh
spezifische Investitionskosten: – CHF / kW – CHF / (kWh/an)	CHF 1'315 / kW CHF 0.56 / kWh

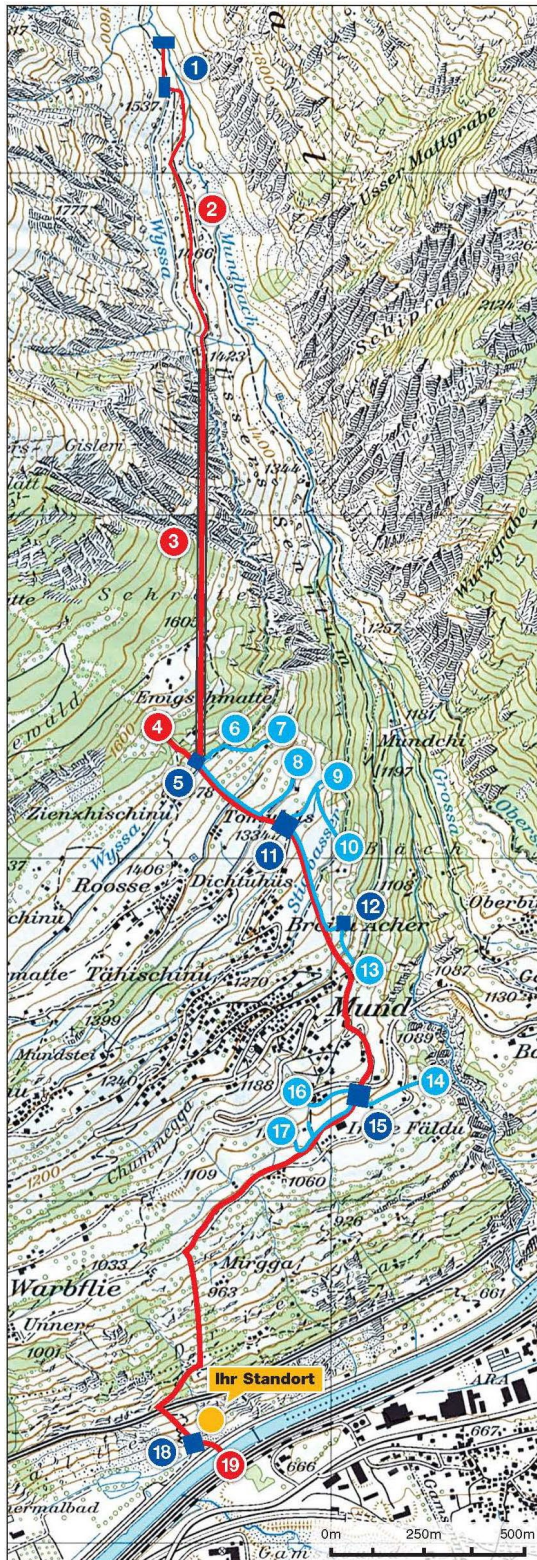
Besonderheiten

Das 1993 in Betrieb genommene Kleinwasserkraftwerk wurde 2007 aus verschiedenen Gründen erneuert – aber keiner stand in direktem Zusammenhang mit der Qualität des Abwassers. Nach 14 Jahren Betrieb konnte der After Sales Service der Steuerung nicht mehr gewährleistet werden. Ausserdem mussten die Lager des Generators gewechselt werden, sowie das Rad und die Düsenadel, welche sich durch Sedimente stark abgenutzt hatten. Dadurch hatte sich der Wirkungsgrad zunehmend verschlechtert. Bei dieser Gelegenheit wurde die Auslegung der Turbine überdacht: Die bisherige Turbine war überdimensioniert, und der Nennabfluss wurde nur an wenigen Tagen mit Regenwetter erreicht. Dennoch funktionierte die Turbine während über 14 Jahren mit einem nur sehr geringen Wartungsaufwand von ca. 40 Stunden pro Jahr.

Die Auslegung der 2007 erneuerten Turbine basiert auf der Dauerabflusskurve der effektiven, gemessenen Abwassermengen. Die Ausbauwassermenge wurde von 240 auf 100 Liter pro Sekunde reduziert. Nach 6 Betriebsjahren mit der neuen Turbine kann eine 30%-ige Erhöhung der Jahresproduktion festgestellt werden. Dies insbesondere dank der optimierten Auslegung und der damit zusammenhängenden Verbesserung des Wirkungsgrades. Die neue Turbine wurde auch mit zusätzlichen Öffnungen im Tragrahmen ausgestattet, um die Reinigung des Turbinenrads und der Düsenadel zu vereinfachen.

Die SIB sind mit der neuen Turbineneinheit äusserst zufrieden. Wartungsarbeiten konnten zudem organisatorisch besser in die Unterhaltsarbeiten der gesamten Anlage integriert werden. Der Wartungsaufwand hat sich bei ungefähr 30 Stunden pro Jahr eingependelt (ohne Reinigungsarbeiten am Vorbecken).

Fallbeispiel Nr. 7 Wässerwasserkraftwerk Mund (VS)



■ Gebäude — Druckleitung — Wässerwasserabgabeleitung



- 1 Fassung und Entsander Gredetsch**
1540 m ü. M.
Fassungskapazität: 545 l/s
Baujahr: 1995



- 2 Zuleitung / Leitungsstrasse**
beim Wanderweg Gredetschtal



- 3 Gredetsch-Stollen**
Länge: 1100 m
Baujahr: 1995/1996



Leitungen im Stollen

- 4 Wasserschloss Zienxhischinu**

- 5 Stollenportal Süd**
Verteilkammer Tunnel



- 6 Wasserleitung Wyssa**

- 7 Wasserleitung Niwa**
8 Wasserleitung Steiwasser
9 Wasserleitung Mittelwasser
10 Wasserleitung Stiegwasser



- 11 Zentrale Nielubodu**
1340 m ü. M.
Leistung: 260 kVa



Maschinengruppe

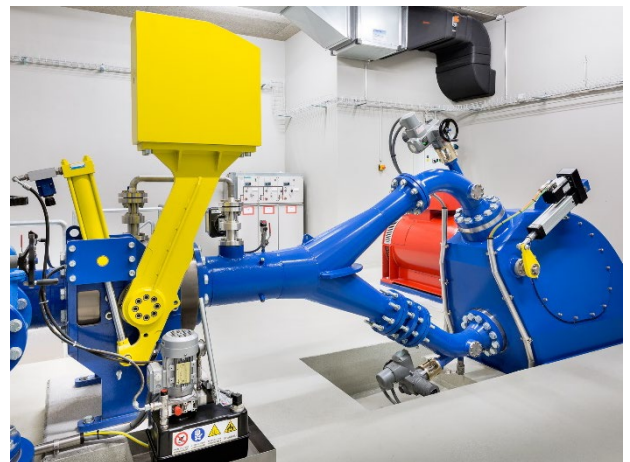
- 12 Verteilkammer Dorfwasser**
13 Badneri Kreuzwasser (oben)
14 Überlaufleitung Mundbach



- 15 Zentrale Zer Niwu Schiir**
Maschinengruppe
1100 m ü. M.
Leistung: 1420 kVa

- 16 Fassung Dorfrüs**
17 Badneri Kreuzwasser (unten)
18 Zentrale Badhalte
661 m ü. M.
Leistung: 1420 kVa

- 19 Rückgabe Rhone**



Seit Jahrhunderten wird aus dem Mundbach Wasser zur Bewässerung und zur Viehtränke gefasst und über Wasserleiten auf die Äcker und Wiesen geleitet. Hierfür besteht ein System aus insgesamt acht Wasserleiten (Suonen), welche das Wasser mittels einer gemeinsamen Fassung aus dem Mundbach beziehen. Durch den Bau der drei Kraftwerkszentralen kann das ohnehin dem Mundbach entnommene Wasser nun auch zur Gewinnung einheimischer, sauberer Energie genutzt werden. Dies unter Miteinbezug bestehender Infrastruktur. Gleichzeitig bleibt die Zufuhr von Wasser für die Landwirtschaft auf Jahrzehnte hinaus gesichert.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Wässerwasserkraftwerk Mund
Standort der Zentrale	Zentrale Nielubodu, Mund, 3904 Naters Zentrale Zer Niwu Schiir, Mund, 3904 Naters Zentrale Badhalte, Brigerbad, 3900 Brig
Koordinaten (CH)	Alle Koordination LV03
– Fassung	Fassung Gredetschtal, 638'510 / 132'390
– Zentrale	Zentrale Nielubodu, 638'860 / 130'090 Zentrale Zer Niwu Schiir, 639'060 / 129'330 Zentrale Badhalte, 638'590 / 128'270
Gewässer	Mundbach
Höhe über Meer	Fassung Gredetschtal, 1'540 m ü.M.
– Fassung	Zentrale Nielubodu, 1'340 m ü.M.
– Zentrale	Zentrale Zer Niwu Schiir, 1'100 m ü.M. Zentrale Badhalte, 661 m ü.M.

Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Wassernutzungsbewilligung für die Nutzung des Wasser- und Tränkwassers aus dem Gredetschtal für die Dauer von 80 Jahren.
Eigentümer	EnBAG Kombiwerke AG (50% Gemeinde Naters / 50% EnBAG AG)
Betreiber	EnBAG AG
Planer der Anlage	Gesamtprojektleitung: EnBAG AG Bautechnik: diverse lokale Ingenieurbüros Elektromechnik: EnBAG AG

Technische Angaben	
Baujahr	2014 - 2015
Letzte umfassende Sanierung	
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	Fassungskapazität: 545 l/s Zentrale Nielubodu, 135 l/s Zentrale Zer Niwu Schiir, 410 l/s Zentrale Badhalte, 410 l/s
Fallhöhe – Brutto (Entnahme bis Rückgabe) – Netto (bei Ausbauwassermenge)	Zentrale Nielubodu, brutto: 195 m, netto: 188 m Zentrale Zer Niwu Schiir, brutto: 432 m, netto: 386 m Zentrale Badhalte, brutto 438 m, netto: 390 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	Ca. 1'200 kW
Installierte Leistung (elektrisch): Leistung vor dem Ausbau (nur bei Erneuerungen):	Zentrale Nielubodu, 260 kW Zentrale Zer Niwu Schiir, 1'420 kW Zentrale Badhalte, 1'420 kW
Mittlere Jahresproduktion: – Davon im Winter: – Davon im Sommer:	8,0 GWh/a 1,8 GWh (23%) 6,2 GWh (77%)
Anzahl Vollaststunden	2'580 kWh/kW
Turbinentyp: Generatortyp:	Zentrale Nielubodu, Pelton horizontal, 2-düsig Zentrale Zer Niwu Schiir, Pelton vertikal, 4-düsig Zentrale Badhalte, Pelton vertikal, 4-düsig Zentrale Nielubodu, synchron, 400V, 1'000 U/min Zentrale Zer Niwu Schiir, synchron, 690V, 1'000 U/min Zentrale Badhalte, synchron, 690V, 1'000 U/min
Ökologische Massnahmen	Das Wasser aus dem Mundbach wird seit Jahrhunderten zur Bewässerung und zur Viehtränke genutzt. Hierfür bestehen althergebrachte Rechte. Durch den Kraftwerksbau hat sich an der bestehenden Wasserentnahme aus dem Mundbach hinsichtlich der Menge sowie auch des Zeitpunkts nichts geändert. Es waren somit keine ökologischen Massnahmen nötig. Ein ökologischer Ausgleich für den baulichen Eingriff wurde mit der Unterstützung des Projekts „Dohlenkrebse Oberwallis“ erzielt. Hierbei geht es darum, das Aussterben der heimischen Dohlenkrebs- Populationen durch Zucht und durch gezielten Besatz zu verhindern.

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten	
– Gesamt:	12.5 Mio. CHF
– Wasserbau:	8.0 Mio CHF
– elektromechanische Ausrüstung, Energietransport:	2.6 Mio. CHF
– Planung, Gesamtleitung, Diverses:	
– ökologische Massnahmen:	1.9 Mio. CHF
Finanziert durch	
– Eigenmittel	20%
– Fremdkapital	80%
Jährlicher Aufwand für Betrieb und Wartung	Ganzjährig wöchentliche Rundgänge in allen Zentralen Sommer: Wöchentliche Rundgänge bei der Fassung, Reinigung des Rechens, Spülung, etc. Sommer: Betreuung der Wässerwasser-Abgabevorrichtungen (Regelventile, etc.) In Zeiten grosser Schneeschmelze/Niederschlägen: Vermehrte Reinigung der Turbinen-Düseneinläufe, entfernen von Gras und Ästen. 1 x jährlich: Revision der Maschinengruppen sowie der Einrichtungen der Fassungsanlage. Ausbaggerung des Vorbeckens. Bei Bedarf: Aufarbeiten der Turbinenräder Pikettdienst 7x24h unter Miteinbezug lokaler Hilfskräfte Die Kraftwerksbetreiberin betreibt mit insgesamt 400-450 Stellenprozenten einen Kraftwerkspark von 16 Kraftwerkszentralen mit einer Jahresproduktion von ca. 100 GWh.
Aktuell gültiger Einspeisetarif (KEV)	Nielubodu: 23.8 Rp./kWh Zer Niwu Schiir: 18.3 Rp./kWh Badhalte: 18.8 Rp./kWh
spezifische Investitionskosten:	
– CHF pro kW	CHF 3'870/kW
– CHF pro kWh/a	CHF 1.50/kWh

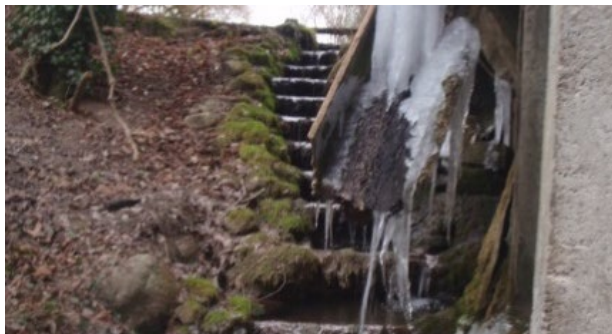
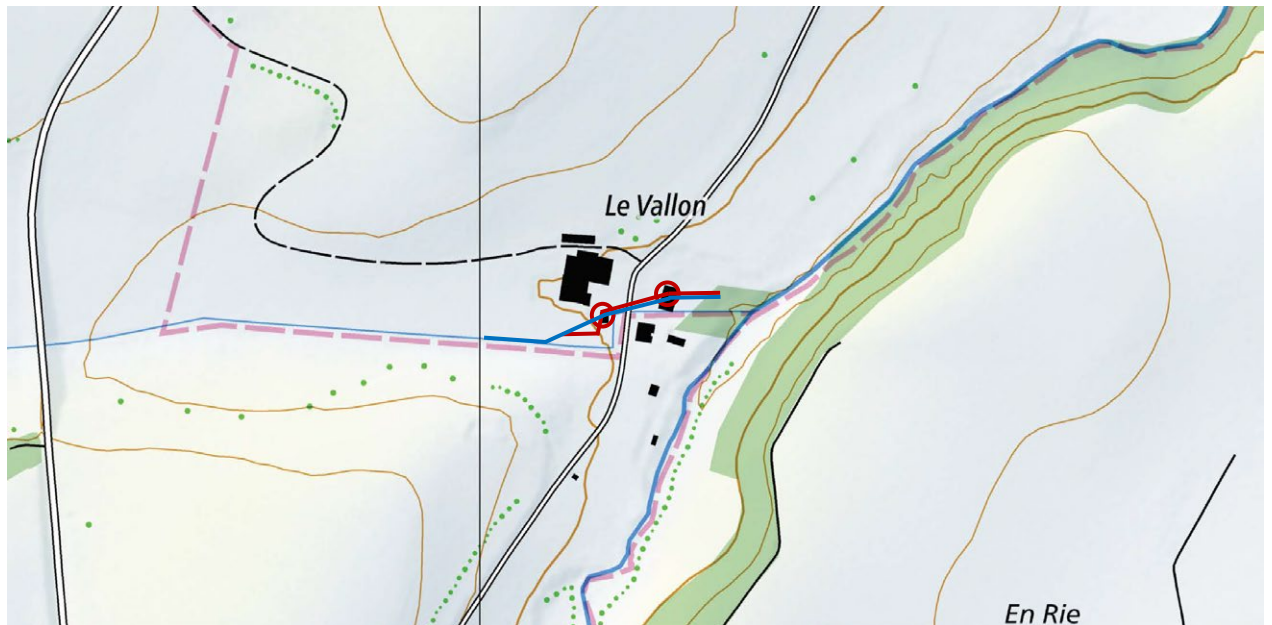
Besonderheiten

Die Gemeinde Naters ist als Eigentümerin des Mundbachs Verfügungsberechtigt über dessen hydroelektrische Nutzung. Sie ist auch zu 50% beteiligt am Kraftwerk. Das Wässerwasserkraftwerk Mund besitzt keine Wasserrechtskonzession (als Ausschliesslichkeitsnutzung) im eigentlichen Sinne. Die Turbinierung des ohnehin aus dem Mundbach entnommenen Wässer- und Tränkewassers stellt eine nachgelagerte, sekundäre Nutzung desselben dar. Der landwirtschaftliche Bedarf mit seinen althergebrachten Rechten ist dabei vorrangig.

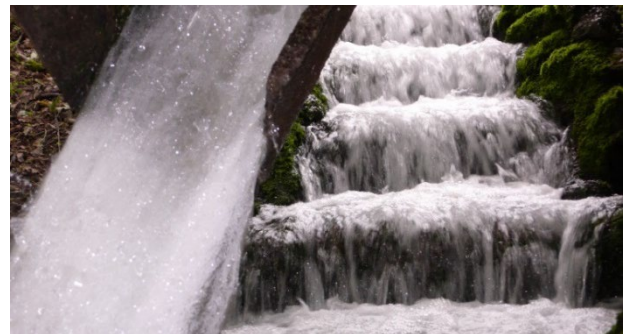
In der Kleinzentrale „Nielubodu“ wird nur bei Wässerwasserbedarf im Sommerhalbjahr turbiniert. In den Wintermonaten steht diese Anlage still. Ungenutztes Wässer- und Tränkewasser (bspw. während Regenphasen) kann auf den beiden Hauptstufen ganzjährig energetisch genutzt werden.

Die bereits vor dem Kraftwerksbau bestehende Infrastruktur der Gemeinde ist in deren Eigentum geblieben. Die Kraftwerksgesellschaft hat ein Nutzungsrecht daran erhalten. Das Kraftwerkspersonal kümmert sich auch um den Unterhalt dieser Gemeindeinfrastruktur. Dies führte zu einer Entlastung des Gemeindepersonals.

Fallbeispiel Nr. 8 Historisches Kraftwerk La Scierie de Moiry (VD)



Fischaufstiegshilfe beim 2. Wasserrad
(Foto Januar 2017, mhylab)



Die Fischaufstiegshilfe mit dem Überschusswasser bei der Zuleitung zum zweiten Wasserrad (Bild: Olivier Crisinel)



Oberes Wasserrad (Quelle: Olivier Crisinel)



Unteres Wasserrad (Quelle: Olivier Crisinel)

Die Sägerei in Moiry (VD) wurde im Jahr 1850 am Ufer der Morvaz erbaut. Die Morvaz ist ein Nebenfluss der Venoge (VD), welche in den Genfersee mündet. Die Sägerei wurde durch ein Wasserrad mit einem Durchmesser von 6 Meter angetrieben, welches im Jahr 1890 in Betrieb genommen wurde und welches noch immer für den Antrieb der Sägerei und zur lokalen Stromversorgung genutzt wird. Im Jahr 2000 wurde ein zweites Wasserrad im Oberlauf gebaut, welches mit Solarpanels ergänzt wurde. Damit kann die Stromautonomie des Gebiets unterstützt werden, da dieses noch immer nicht an das öffentliche Netz angeschlossen ist.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	La Scierie de Moiry (Praz Nové, Usine de la Morvaz)
Standort der Zentrale	Le Vallon, Moiry (VD)
Koordinaten (CH)	
– Fassung	524'045 / 165'655
– Zentrale	524'220 / 165'685 (Rückgabe)
Gewässer	La Morvaz
Höhe über Meer	
– Fassung	600.9 m.ü.M.
– Zentrale	588.15 m.ü.M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Ursprüngliche Konzession von 1952, erneuert 1998 mit Gültigkeit bis 2038.
Eigentümer	Olivier Crisinel
Betreiber	Olivier und Simon Crisinel
Planer der Anlage	Olivier und Simon Crisinel

Technische Angaben	
Baujahr	1855 : Bau der Sägerei
Letzte umfassende Sanierung	1890 : Inbetriebnahme des Wasserrads mit 6 Meter Durchmesser 2000 : Einbau eines zusätzlichen Wasserrads im Oberlauf
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	Mittlere Wassermenge gemäss Konzession: 200 l/s Maximal genutzte Wassermenge: ca. 150 l/s (es besteht keine Abflussmessung)
Fallhöhe	Bruttogefälle: 12,75 m
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	Davon durch das erste Wasserrad genutzt: 4 m
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	Davon durch das zweiter Wasserrad genutzt: 6 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	Gemäss Konzession: 25 kW (12,75m x 0,200 m ³ /s x 9,81) In der Praxis: 10 kW (10 m x 0.1 m ³ /s x 9,81)
Installierte Leistung (elektrisch)	Erstes Wasserrad: 2 kW Zweites Wasserrad: 3 kW
Mittlere Jahresproduktion:	Ca. 15'000 bis 22'000 kWh/a
– Davon im Winter:	Ca. 67%
– Davon im Sommer:	Ca. 23%
Anzahl Vollaststunden	Ca. 4400 Stunden
Turbinentyp:	2 überschlächlige Wasserräder - 1. Wasserrad: 4 m Durchmesser und 1,6 m breit - 2. Wasserrad: 6 m Durchmesser und 1,0 m breit
Generatortyp:	Synchrongenerator mit Übersetzung zur Erhöhung der Drehzahl

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten – Gesamt – Wasserbau – elektromechanische Ausrüstung – Planung – ökologische Massnahmen – weiteres:	Die Kosten für das obere Wasserrad betragen ca. CHF 30'000, ohne dabei den Eigenaufwand des Besitzers zu berücksichtigen. Die Fischwanderhilfe kostete ca. CHF 20'000
Finanziert durch – Eigenmittel – Fremdkapital	100%
Jährlicher Aufwand für Betrieb und Wartung	Der Unterhalt der Wasserräder erfordert ca. 4 Stunden Aufwand pro Woche, und jährlich ca. CHF 1'000 für Verbrauchsmaterial
Aktuell gültiger Einspeisetarif	Nur Eigenverbrauch
spezifische Investitionskosten: – CHF / kW – CHF / (kWh/an)	Nicht anwendbar, da die ursprünglichen Investitionskosten des historischen Wasserrads nicht mehr bekannt sind.

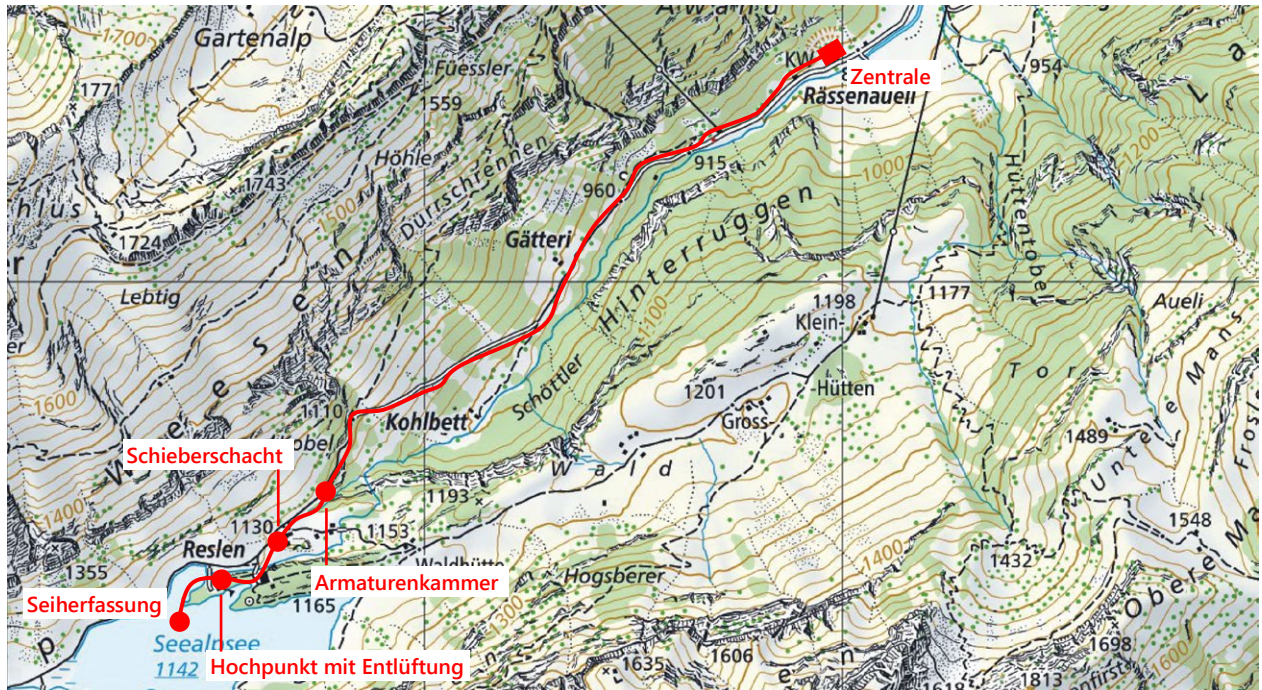
Besonderheiten

Auf eindruckliche Weise stellen die beiden sehr alten Wasserräder mit einigen Photovoltaik-Modulen die Stromversorgung der Sägerei, der Pferdehaltung und für verschiedene Tätigkeiten der dort lebenden Personen sicher. Bis heute scheint es schwierig, in Anbetracht der erforderlichen Investitionen den Anschluss des Ortes an das öffentliche Elektrizitätsnetz herzustellen, auch aufgrund der geringen Chancen von der KEV profitieren zu können. Der Ort profitiert daher von einer grosszügigeren Auslegung der Wasserrechtskonzession als dies üblicherweise der Fall wäre, und die Wirksamkeit der Fischwanderhilfen wurde durch die Behörden bestätigt.

Es ist weiter zu erwähnen, dass der Besitzer alle zwei Jahre die Besichtigung der Anlage anlässlich eines Tags der offenen Türe ermöglicht, welcher im Rahmen des durch die Vereinigung Schweizer Mühlenfreunde organisierten Mühlentags (jeweils am Samstag nach Auffahrt, im Mai) stattfindet.

Weitere Informationen finden sich unter <http://www.scieriecrisinel.ch> Das Westschweizer Fernsehen hat zudem im Jahre 2008 einen rund 20 minütigen Fernsehbeitrag über die Sägerei erstellt: <https://pages.rts.ch/emissions/passe-moi-les-jumelles/496809-glaciers-express.html#1339808>

Fallbeispiel Nr. 9 Speicherkraftwerk Seealpsee-Wasserauen (AI)



Maschinenhaus und Wasserrückgabe



Seiherfassung im Seealpsee



Neue Maschinengruppe 2



Alte Maschinengruppe 1

1905 lieferte das Kraftwerk Seealpsee-Wasserauen erstmals Strom nach Appenzell. Seitdem wurde die Maschinenleistung zweimal erhöht, was dazu führte, dass die Druckleitung bis zu 25% der Energie unnötigerweise vernichtete. Mit dem Ersatz und der Vergrößerung der Druckleitung sowie einer neuen Maschinengruppe konnte 2005 auch dank der Speicherbewirtschaftung des Sees die Turbinenleistung verfünffacht und die mittlere Jahresproduktion verdoppelt werden.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Kraftwerk Seealpsee-Wasserauen
Standort der Zentrale	Gemeinde Wasserauen Bezirk Schwende Appenzell Innerrhoden
Koordinaten (CH)	
– Fassung	748'400 / 237'200
– Zentrale	749'980 / 238'540
Gewässer	Seealpsee/Schwendibach
Höhe über Meer	
– Fassung	1142.85 müM (Normalstauhöhe Seealpsee)
– Zentrale	893.33 müM (Turbinenachse)
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Neukonzessionierung, Konzessionsdauer 50 Jahre
Eigentümer	Feuerschaugemeinde Appenzell Energie- und Wasserversorgung (Bezirksübergreifende Sondergemeindeform des öffentlichen Rechtes der Bezirke Appenzell, Schwende und Rüte, zuständig für die Wasser- und Energieversorgung sowie die Bau- und Feuerpolizei)
Betreiber	Feuerschaugemeinde Appenzell
Planer der Anlage	AF-Iteco AG Alte Obfelderstrasse 68, Affoltern am Albis, www.iteco.ch

Technische Angaben	
Baujahr	1905
Letzte umfassende Sanierung	2005
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	1300 l/s
Fallhöhe	
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	252 m
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	234 m bei 1000 l/s 222 m bei 1300 l/s
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	1130 kW
Installierte Leistung (elektrisch):	2430 kW
Leistung vor dem Ausbau (nur bei Erneuerungen):	490 kW
Mittlere Jahresproduktion:	7,7 GWh/a
– Davon im Winter:	1,5 GWh (19%)
– Davon im Sommer:	6,2 GWh (81%)
Anzahl Vollaststunden	3170 h
Turbinentyp:	Maschinengruppe 1: 1-düsige Pelton, 490 kW, Luftgekühlter Synchrongenerator
Generatortyp:	Maschinengruppe 2: 2-düsige Pelton, 1950 kW, Luft-Wassergekühlter Synchrongenerator
Ökologische Massnahmen	Seeregulierung, bei Wehrüberfall darf bis zu 30% mehr Wasser entnommen werden (Maschinengruppe 1 darf zusätzlich betrieben werden). Simultandynamisch Restwassermenge, unterschiedlich im Sommer- und Winterhalbjahr. Fischabweiser am Seeauslauf zwecks unerwünschtem Abschwimmen der Fische in den Schwendebach. Anlage ist Naturmade basic zertifiziert.

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten	
– Gesamt:	7.2 Mio. CHF
– Wasserbau:	4.8 Mio. CHF
– elektromechanische Ausrüstung:	1.2 Mio. CHF
– Planung:	0.9 Mio. CHF
– ökologische Massnahmen:	
– weiteres:	0.3 Mio. CHF (inkl. Energieausfall während Bauzeit)
Finanziert durch	
– Eigenmittel	25 % Eigenmittel
– Fremdkapital	75 % Fremdkapital
Jährliche Aufwand für Betrieb und Wartung	10'000 CHF
Aktuell gültiger Einspeisetarif	Wird in das eigene Netz eingespeist (ca. 4.7 Rp/kWh)
spezifische Investitionskosten:	
– CHF pro kW	2'963 CHF/kW
– CHF pro kWh/a	0.94 CHF/kWh

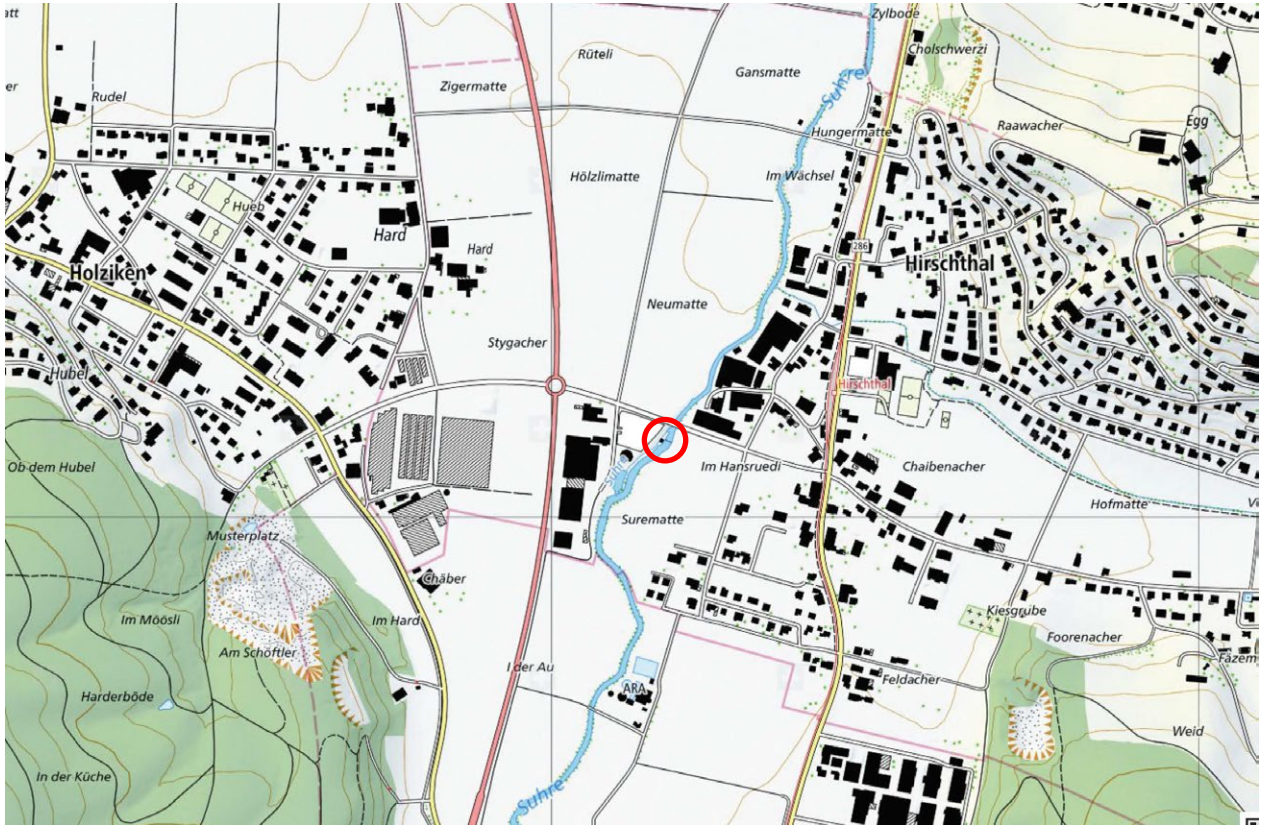
Besonderheiten

Die Bedürfnisse der Natur und Umwelt, ganz speziell der Landwirtschaft und Gastbetriebe wurden seit Beginn der Projektierungsarbeiten berücksichtigt. Die Offenhaltung der Strasse oder das Bereitstellen einer alternativen, leistungsfähigen Transportmöglichkeit war von grosser Bedeutung für die Alp- und Gasthäuser am Seealpsee, auf der Meglisalp und beim Mesmer. Dies schränkte aber den gesamten Bauablauf ein, da die Druckleitung Rohr für Rohr „vor Kopf“ gebaut werden musste. Mit einem guten Informationsaustausch zwischen den Betroffenen, den Projektvertretern und Unternehmern wurden möglichst gute Lösungen angestrebt. Für die Wanderer wurde zusätzlich ein provisorischer Weg oberhalb der Flurstrasse angelegt.

Das ursprüngliche Landschaftsbild konnte erhalten bleiben, da sich wie bisher bis auf die Zentrale im Rässenauei praktisch das ganze Kraftwerk unter der Erde respektive Wasser (Seiherfassung) befindet. Zudem wurden in der Konzession engere Grenzen für die Speicherbewirtschaftung des Seealpsees festgehalten. Die Mindestpegelkoten im See wurden angehoben und dem Hoch- und Niederfahren der Turbinen wurden Grenzen gesetzt (Schwall-Sunk-Minimierung zwecks Erhalt der aquatischen Fauna).

Die alte Maschinengruppe 1 wurde früher im Inselnetzbetrieb betrieben. Das Schwungrad am Generator ist noch ein Zeitzeuge dieser Zeit.

Fallbeispiel Nr. 10 Reaktivierung Kraftwerk Hirschthal Pfiffner (AG)



Das 1869 gebaute Kraftwerk Hirschthal wurde während über 100 Jahren betrieben, ehe es 1976 stillgelegt wurde. Dank der kostendeckenden Einspeisevergütung konnte im Jahr 2010 das Kraftwerk aus seinem Dornröschenschlaf aufgeweckt werden und produziert heute wieder Strom für rund 100 Haushalte.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Wasserkraftwerk Suhre Hirschthal
Standort der Zentrale	Holzikerstrasse 5042 Hirschthal, Aargau
Koordinaten (CH)	646'180 / 241'120 Früher: Fassung: 646'120 / 240'880 Zentrale: 646'340 / 241'350
Gewässer	Suhre
Höhe über Meer	
– Fassung	442,80 m. ü. M.
– Zentrale	439,60 m. ü. M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Konzession, gültig bis September 2050
Eigentümer	PFIFFNER Immobilien AG
Betreiber	PFIFFNER Immobilien AG
Planer der Anlage	Hydrelec GmbH

Technische Angaben	
Baujahr	2010
Letzte umfassende Sanierung	
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	3,50 m ³ /s
Fallhöhe (Brutto)	3,20 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	80 kW
Installierte Leistung (elektrisch): Leistung vor dem Ausbau (nur bei Erneuerungen):	90 kW
Mittlere Jahresproduktion:	0,42 GWh/a
– Davon im Winter:	0,2 GWh (48%)
– Davon im Sommer:	0,22 GWh (52%)
Anzahl Vollaststunden	4'670 h
Turbinentyp:	Archimedische Schnecke
Generatortyp:	Asynchron-Generator
Ökologische Massnahmen	Fischaufstieg / Umgehungsgewässer 175 – 250 l/sec

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten	
– Gesamt:	CHF 1'700'000
– ökologische Massnahmen	CHF 120'000
Finanziert durch	Eigenmittel
Jährliche Aufwand für Betrieb und Wartung	ca. CHF 10'000
Aktuell gültiger Einspeisetarif	KEV: 30.50 Rp./kWh
spezifische Investitionskosten:	
– CHF pro kW	CHF 18'900 / kW
– CHF pro kWh/a	CHF 4.05 / kWh

Besonderheiten

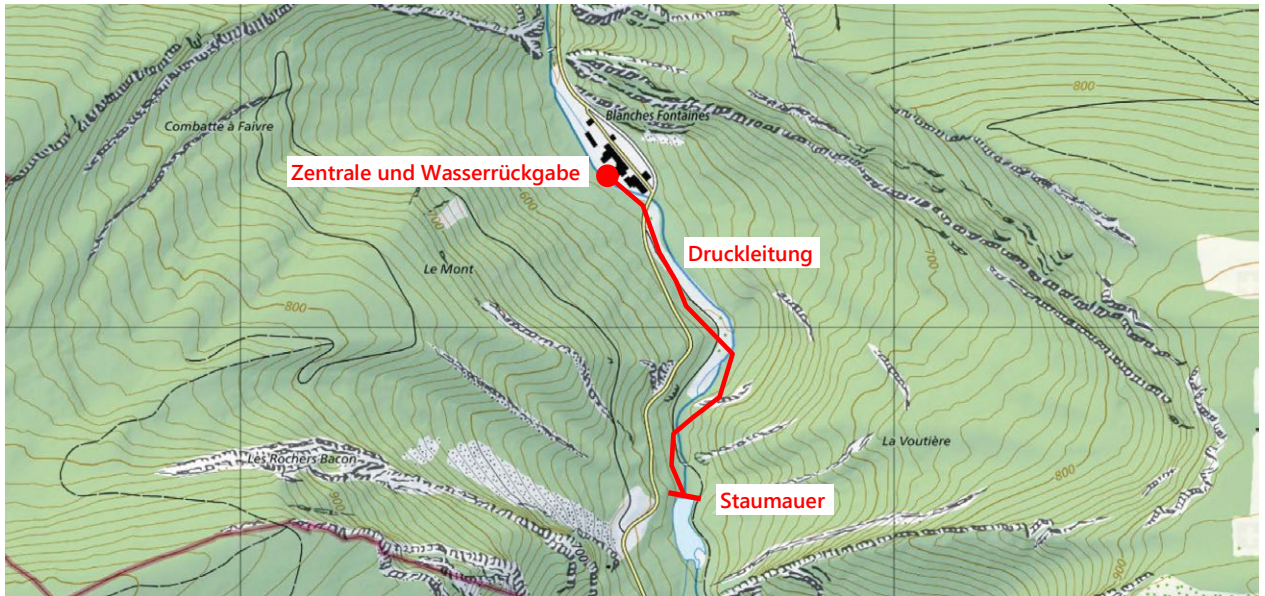
In Hirschthal wurde während mehr als 100 Jahren ein Wasserkraftwerk betrieben. 1869 wurde erstmals eine Bewilligung erteilt, um die Wasserkraft für eine Kartonfabrik zu nutzen. Das Ausleitkraftwerk stützte sich auf einem gut 650 m langen Kanal. Die maximale Wassermenge betrug gerade mal ein Kubikmeter pro Sekunde, und im Durchschnitt strömten 900 Liter pro Sekunde. Das Kraftwerk war mit einer Francisturbine und einem Synchron-Generator ausgestattet und erbrachte eine maximale Leistung von 55 PS, also gut 40 kW. Der Wasserzins betrug 6 Franken pro PS, was einen Gesamtbetrag von CHF 330 pro Jahr ergab. Zudem wurde eine einmalige Bewilligungsgebühr von CHF 25 erhoben.

Die 1869 für 80 Jahre geltende Konzession wurde mehrmals verlängert, wodurch das Kraftwerk bis zum Jahr 1976 betrieben werden konnte.

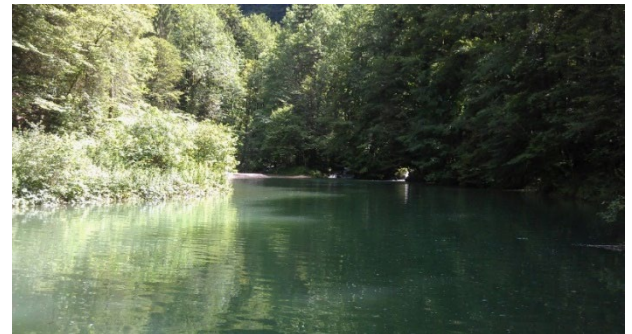
Im Jahr 2010 hat die Firma PFIFFNER ein neues Wasserkraftwerk gebaut. Dieses wird durch eine Archimedische Schnecke und einen Asynchron-Generator angetrieben. Die maximale Drehzahl der Wasserschnecke beträgt gerade mal 27 U/min und läuft über eine Untersetzung von 1:57. Der Generator läuft mit 1515 U/min. und speist den Strom durch einen Frequenzumrichter mit 50 Hertz ins Netz ein.

Zur Verbesserung der Hochwassersituation unter der Brücke der Holzikerstrasse wurde die Unterwassersohle abgesenkt und der Durchflussquerschnitt unter der Brücke merklich vergrössert. Die Wahrung der Umweltaspekte wurde sichergestellt. Zur Vernetzung von Unter- und Oberwasser wurde ein Umgehungsgewässer als Fischaufstiegshilfe eingerichtet, welches die Kraftwerksanlage in natürlichem Verlauf umfließt. Der Flusslauf mit den bestehenden Bäumen am Ufer wurde beibehalten. Stellenweise wurde das Ufer verstärkt um ein Überfluten der angrenzenden Felder zu vermeiden. Durch Einbezug der Uferschutzzone wurden erweiterte Wasserläufe gebildet, welche Flora und Fauna bereichern. Aufgrund der gewässerökologischen Vorteile beim Fischabstieg wurde eine Wasserschnecke eingebaut. Durch die Stauung bildet sich am Oberwasser ein langsam fließendes Gewässer, welches ideal für die Fischbrut geeignet ist.

Fallbeispiel Nr. 11 Erweiterung des Kleinwasserkraftwerks Blanches-Fontaines (JU)



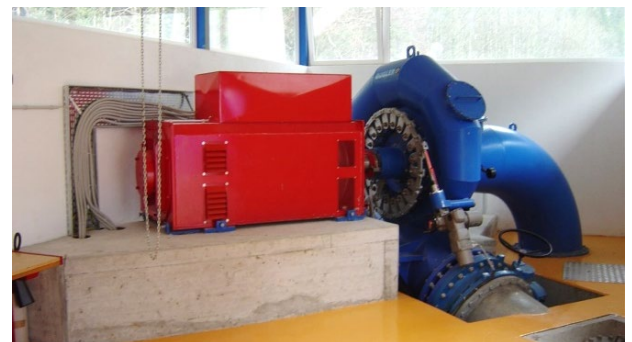
Staumauer des Kleinwasserkraftwerks Blanches-Fontaines in Undervelier (JU)



Staubereich „le Lac Vert“ des Kraftwerks Blanches-Fontaines



Kraftwerksgebäude Blanches-Fontaines in Undervelier



Spiral Francisturbine des Kraftwerks Blanches-Fontaines

Im Laufe der Jahre hat das Kleinwasserkraftwerke Blanches-Fontaines mehrere Modifikationen und Erweiterungen erfahren, mit dem Ziel, seine Leistung und Produktion zu erhöhen. Das am Standort verfügbare Potenzial ist aber noch immer nicht optimal ausgenutzt. Ein Ausbauprojekt, welches die heutige Elektrizitätsproduktion um gut 50% erhöhen würde, kann erst nach dem Entscheid zur kantonalen Energiestrategie beurteilt werden. Das Projekt beabsichtigt den Einbau einer Druckleitung mit grösserem Durchmesser und einer neuen Turbineneinheit.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Blanches-Fontaines
Standort der Zentrale	Blanches-Fontaine 2863 Undervelier, Haute-Sorne, Jura
Koordinaten (CH)	
– Fassung	583'680 / 237'741
– Zentrale	583'559 / 238'238
Gewässer	Sorne
Höhe über Meer	
– Fassung	578,15 msm
– Zentrale	552,98 msm
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Konzession Nr. 54 G 84 80 Jahre (bis zum 24. März 2077)
Eigentümer	Hoirie Bernard Bourquard
Betreiber	Hoirie Bernard Bourquard
Planer der Anlage	Pierre-Alain Bourquard

Technische Angaben	
Baujahr	1897
Letzte umfassende Sanierung	2001 und 2003
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	1500 l/s
Fallhöhe (Brutto)	
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	28,40 m
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	ca. 21 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	280 kW
Installierte Leistung (elektrisch): Leistung vor dem Ausbau (nur bei Erneuerungen):	320 kW (150 kW)
Mittlere Jahresproduktion:	1,35 GWh/a (vor Ausbau: 600'000 kWh)
– Davon im Winter:	0,81 GWh (60%)
– Davon im Sommer:	0,54 GWh (40%)
Anzahl Vollaststunden	3600 h
Turbinentyp:	Francis Spiralturbine
Generatortyp:	Synchron 350 kVA - 400 V – 50 Hz – 600 U/min
Ökologische Massnahmen	250 l/s Restwasser Kein Fischeaufstieg, da zu grosses Hindernis (RCJU ENV), Spülschütz

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten	Da der Besitzer wechselte, sind die ursprünglichen Investitionskosten von 1897 sind nicht mehr bekannt, ebenso wenig diejenigen der Sanierungen in den Jahren 2001 und 2003.
– Gesamt:	
– Wasserbau:	2012 wurde ein Projekt ausgearbeitet, welches noch nicht realisiert werden konnte. Die Gesamtinvestitionen betragen CHF 1'500'000 bei Wasserbaukosten von CHF 920'000.
– elektromechanische Ausrüstung:	
– Planung:	
– ökologische Massnahmen:	
– weiteres:	

Finanziert durch – Eigenmittel – Fremdkapital	Die Finanzierung erfolgte durch den vorgängigen Besitzer und ist dem heutigen Besitzer nicht mehr bekannt.
Jährliche Aufwand für Betrieb und Wartung	CHF 92'000 / Jahr
Aktuell gültiger Einspeisetarif	Mehrkostenfinanzierung MKF (15 Rp. / kWh, bis 2035)
spezifische Investitionskosten: – CHF pro kW – CHF pro kWh/a	Aufgrund der unbekanntenen Investitionen können auch die spezifischen Kosten nicht berechnet werden.

Besonderheiten

Die ursprüngliche Anlage wurde im Jahr 1897 mit nicht mehr bekannter technischer Ausrüstung gebaut. 1953 wurde die Turbine durch eine Gebrauchtturbine Piccard & Pictet mit einer Leistung von 150 kW ersetzt. Zur gleichen Zeit wurde auch die Druckleitung ersetzt. 2001 wurde dann eine leistungsfähigere Turbine (320 kW) eingebaut, und 2003 wurde die Druckleitung erneut ersetzt.

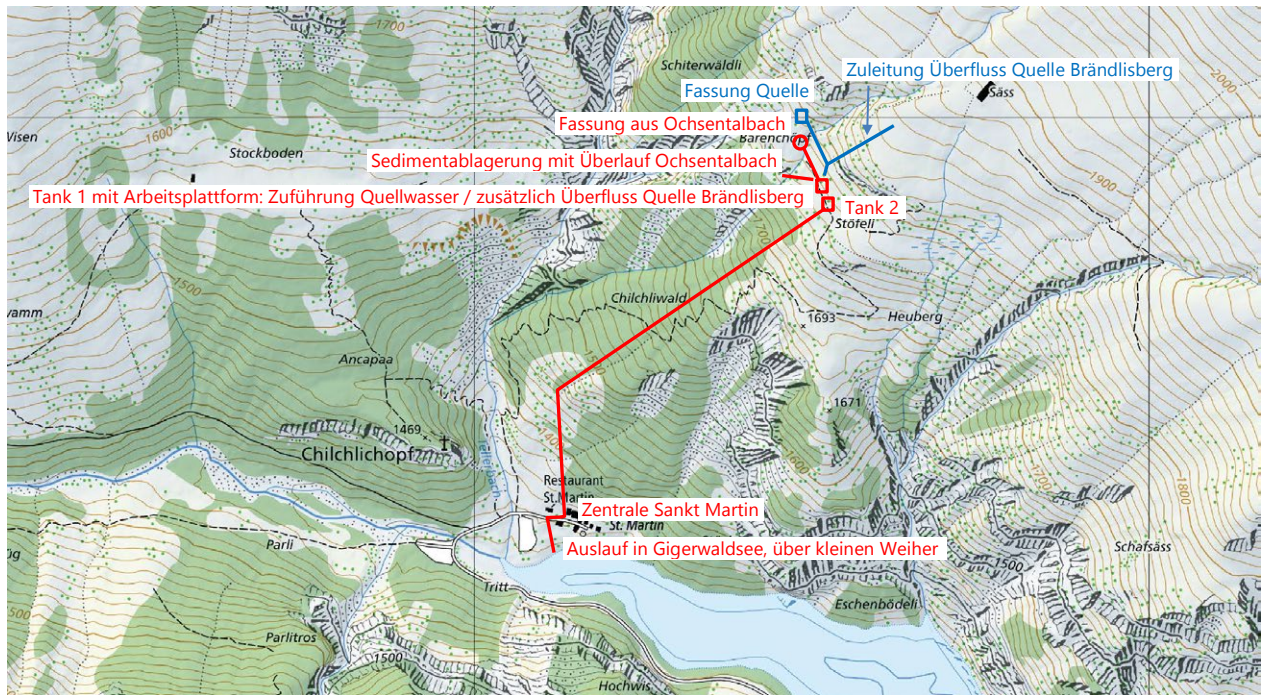
2012 wurde ein weiterer Ausbau projektiert. Eine Variante sah den Einbau einer zusätzlichen Turbine mit einer Ausbauwassermenge von 1 m³/s vor, die andere den Ersatz der bestehenden Turbine durch eine Turbine mit einer erhöhten Ausbauwassermenge von 2,5 m³/s inklusive dem Ersatz der Druckleitung.

- Erhöhung der Ausbauwassermenge von 1,5 m³/s auf 1,5 m³/s + 1 m³/s
- Erhöhung der maximalen Leistung von 320 kW (effektiv) auf 508 kW
- Erhöhung der Jahresproduktion von 1,35 Mio. kWh auf 2,15 Mio. kWh

Dieses Projekt befindet sich aktuell auf der KEV Warteliste. Zudem kann das entsprechende Konzessionsgesuch aktuell nicht durch den Kanton bearbeitet werden, da die kantonale Energiestrategie überarbeitet wird.

Die Mehrkostenfinanzierung (MKF) sichert die Weiterführung des aktuellen Betriebs. Mit der KEV oder einem gleichwertigen Tarif würde ein weiterer Ausbau der Anlage möglich. Aktuell wird mit dem Kanton Jura ein Sanierungsprojekt für den Einbau einer Einrichtung zur Sicherstellung des Geschiebetriebs und für die Fischwanderung diskutiert.

Fallbeispiel Nr. 12 Kleinwasserkraftwerk St. Martin (SG) mit Strom für Eigenbedarf (Inselbetrieb)



Die Walsersiedlung St. Martin im Calfeisental liegt am Ufer des Gigerwaldstausees auf einer Höhe von 1'350 m.ü.M. Trotz der Nähe zum Stausee ist die Siedlung bis heute nicht an das öffentliche Stromnetz angeschlossen. Im Jahr 2005 wurde der zur Stromversorgung installierte Dieselgenerator durch ein Kleinwasserkraftwerk ersetzt, welche die ganze Siedlung mit Strom versorgt.

Allgemeine Angaben zum Kraftwerk	
Name des Kraftwerks	Sankt Martin / Walsersiedlung im Calfeisental
Standort der Zentrale	Sankt Martin, Gemeinde Pfäfers, Ortsteil Vättis, SG
Koordinaten (CH)	
– Fassung	198'900 / 746'460
– Zentrale	198'400 / 746'150
Gewässer	Ochsentalbach, vor Mündung in Tellerbach
Höhe über Meer	Fassung: 1'760 m. ü. M.
– Fassung	Zentrale: 1'350 m. ü. M.
– Zentrale	Rückgabe: 1'330 m. ü. M.
Art des Wassernutzungsrecht und Dauer	Bis 2050
Eigentümer	Privatbesitz
Betreiber	Privatbesitz
Planer der Anlage	Bau: R. Gall. Elektromechanik: Entec AG, St. Gallen

Technische Angaben	
Baujahr	2005
Letzte umfassende Sanierung	Keine. Im Sommer 2016 erstmals Düsennadel, Düsendichtungen und Positionssensor gewechselt
Ausbauwassermenge in Liter pro Sekunde	17 l/s
Fallhöhe (Brutto)	
– Brutto (Entnahme bis Rückgabe)	410 m
– Netto (bei Ausbauwassermenge)	380 m
Mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers (gemäss Art. 51 WRG)	Nicht anwendbar, da die turbinierete Wassermenge vom elektrischen Verbrauch abhängig ist.
Installierte Leistung (elektrisch):	50kW
Mittlere Jahresproduktion:	82'000 kWh / Jahr
– Davon im Winter:	0%
– Davon im Sommer:	100%
	Ausschliesslich Sommerbetrieb von Mai bis Oktober (im Winter ist die Siedlung nicht bewohnt)
Anzahl Vollaststunden	1640 h
Turbinentyp:	Pelton-Turbine
Generatortyp:	Synchrongenerator
Ökologische Massnahmen	Das Wasser wird im Ochsentalbach entnommen und in den Gigerwaldsee zurückgeführt. Die natürliche Wasserführung würde via Tellerbach ebenfalls in den Gigerwaldsee führen. Bei den Gewässern handelt es sich um Nichtfischgewässer. Aufgrund des massiv reduzierten Dieserverbrauchs sind insbesondere die reduzierten Treibhausgas-Emissionen positiv zu erwähnen. Auch die Eliminierung der Lärm- und Luftbelastung ist für den Tourismus in St. Martin bedeutsam. Das Wasser wird in erster Linie zur Trinkwasserversorgung und zur Bereitstellung einer Löschwasserreserve genutzt. Die Wahl eines Coanda-Rechens für die Entnahme erlaubte ein sehr kleines und wartungsarmes Fassungsbauwerk, welches sich kaum sichtbar in die Landschaft einfügt und das Geschiebe grösstenteils im Bachbett belässt. Die im Bach verbleibende Restwassermenge hängt vom Zufluss und vom Verbrauch ab. Zwei unterirdische Speichertanks erlauben die Deckung von Verbrauchsspitzen.

Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Investitionskosten – Gesamt: – Wasserbau: – elektromechanische Ausrüstung: – Planung: – ökologische Massnahmen: – weiteres:	Ca. CHF 950'000 für das Gesamtprojekt Wasser- und Energieversorgung, zusammen mit separater Quellwasserfassung, Leitungsbau, separatem Trinkwasser-Reservoir, UV-Bestrahlung des Quellwassers und Bereitstellung einer Löschwasserreserve. Anteil für das Kleinkraftwerk ohne Wasserbauteil, inkl. Niederspannungsverteilung: CHF 127'000.
Finanziert durch – Eigenmittel – Fremdkapital	Ca. 2/3 durch Familie Christian Lampert, damals Besitzer Ca. 1/3 durch Spenden, eingebracht durch Förderverein Pro St. Martin und Familie Lampert
Jährliche Aufwand für Betrieb und Wartung	Auswintern ca. 4h, Einwintern ca. 4h, ansonsten wenige Stunden für Ölwechsel und Stickstofffüllung Pumpe, seit 2015 alle 2 Jahre Inspektion und Messungen durch Schumacher & Burkhardt, Chur
Aktuell gültiger Einspeisetarif	Keine Vergütung, da Inselfösung (2005: Substitution von jährlich 12'000 Liter Diesel für den Betrieb des damaligen Dieselgenerators, der heutige Energieverbrauch ist höher).
spezifische Investitionskosten: – CHF pro kW – CHF pro kWh/a	CHF 19'000 / kW (CHF 2'254 ohne Wasserbau) CHF 11.60 / kWh (CHF 1.55 ohne Wasserbau)

Besonderheiten

Die Anlage hat extrem starke und schnelle Lastwechsel zu bewältigen (Gastroküche, häufige Lastwechsel von über 50% der Nennleistung). Gleichzeitig verfügt die Anlage über eine grosse Fallhöhe mit entsprechend langer Druckleitung, was die Versorgung solcher Lasten noch anspruchsvoller macht. Während von Mai bis Juli genügend Wasser vorhanden ist, gilt es ab August mit dem kostbaren Nass haushälterisch umzugehen - eine reine Ballastregelung war somit keine Option. Die technische Lösung lag in einer ausgefeilten Kombination von Durchfluss- und Ballastregler, Schwungrad, aktiver Druckstossdämpfung sowie aktivem Lastmanagement. Damit weist diese Anlage einen hohen Innovationsgrad auf und ist ein Beispiel für die Leistungsfähigkeit der Wasserkraft in Inselnetzen. Der langlebige Charakter von Kleinkraftwerken zeigte beim Projekt auch gewisse Kehrseiten: Besitzerwechsel erwiesen sich als Herausforderung für die Bewahrung des Betriebs-Know-Hows. Das für die Planung der Anlage verantwortliche Ingenieurbüro existiert heute nicht mehr in seiner ursprünglichen Form. Da beim Bau aus finanziellen Gründen nur die nötigsten Ersatzteile beschafft werden konnten, hätte der Ausfall gewisser Turbinen- oder Steuerungsteile heute möglicherweise Probleme zur Folge. Es ist insbesondere dem privaten Engagement des damaligen Projektingenieurs zu verdanken, dass die Turbine noch einwandfrei läuft und das Wissen einigermaßen gehalten werden konnte. Seit 2015 erfolgt der Betrieb und Unterhalt mit einem neuen Partner aus der Region, und das Personal des nahegelegenen Axpo Wasserkraftwerks Gigerwald stünde in Notfällen für mechanische Interventionen zur Verfügung.

Das Kleinwasserkraftwerk hat die ökologische Situation insbesondere dadurch verbessert, dass der Verbrauch von mehr als 12'000 Liter Diesel substituiert werden konnte. Gewässerökologisch ist die Anlage unkritisch, da es sich um ein Nichtfischgewässer handelt, dessen Einzugsgebiet zu einem grossen Teil aus Alpweiden besteht.

Da die genaue Kostenaufteilung zwischen Trinkwasserversorgung, Löschwasserreserve und Kleinwasserkraftwerk nicht mehr im Detail bekannt sind, ist schwierig abzuschätzen, ob das Projekt insgesamt je die Rentabilität erreichen wird. Unabhängig davon kann die Reduktion der Lärmbelastung (Dieselgenerator) und die Reduktion der Luftschadstoffe als Gewinn für die ganze Siedlung erachtet werden.

EnergieSchweiz

Bundesamt für Energie BFE; Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 058 462 56 11, Fax 058 463 25 00; contact@bfe.admin.ch; www.energie-schweiz.ch