

DIANE 10
Klein-Wasserkraftwerke

Pico-Kraftwerke

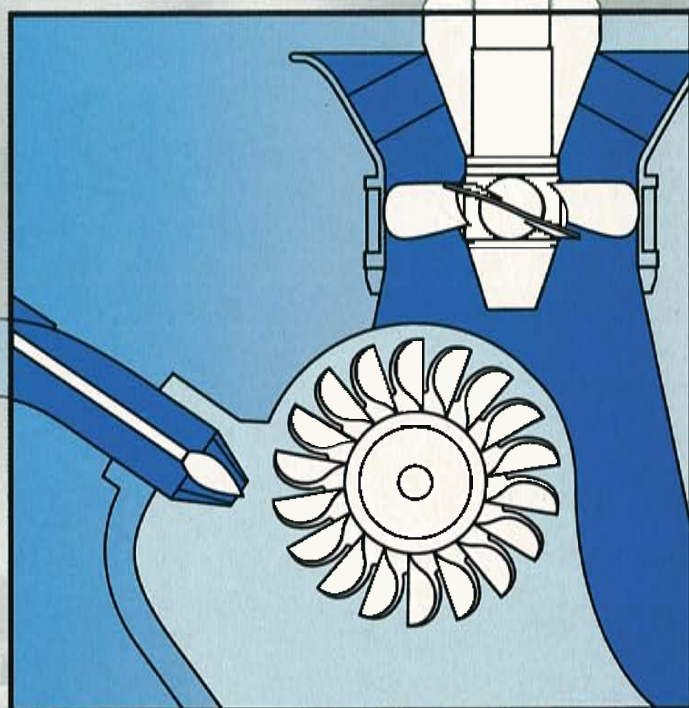
Kleinste Wasserkraftwerke mit Eigenleistung bauen

Pico-centrales

Les toutes petites centrales à installer soi-même

8

Beispiele im Detail
exemples en détail



2000

Das Aktionsprogramm Energie 2000: Energie-Partnerschaft,
die nachhaltig wirkt. Wir machen mehr - mit aller Energie.

Pico-Kraftwerke

*Kleinste Wasserkraftwerke
mit Eigenleistung bauen*

Pico-centrales

*Les toutes petites centrales
à installer soi-même*

*Autor / Auteur: Gian-Andri Tannò,
c/o ITECO Ingenieurunternehmung AG,
8910 Affoltern am Albis*

2. Auflage 1996

Bestellnr. / N° de commande: 805.196 d+f

Information / Informations:

Wer Auskunft über Förderungsmassnahmen von Kleinwasserkraftwerken, Adressen spezialisierter Lieferanten und andere Informationen sucht, wende sich an:

Pour des renseignements ultérieurs, surtout ceux concernant les mesures de promotion de petites centrales hydrauliques et adresses de fournisseurs spécialisés, vous voudrez bien vous adresser à:

**Programm
Kleinwasserkraftwerke
Hanspeter Leutwiler
c/o ITECO, Postfach
8910 Affoltern am Albis
Tel. 01 / 762 18 33 / 18**

**Raymond Chenal
Ingénieur conseil
c/o MHyLab
1354 Montcherand
Tél. 024 / 441 36 54**

oder an die Beratungsstellen INFOENERGIE

ou auprès de INFOENERGIE

Impressum

Herausgeber:	Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern unter Mitarbeit des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Biel und des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
Autor:	G. Tannò, c/o ITECO AG, 8910 Affoltern am Albis
Projektleitung:	HP. Leutwiler, Projektleiter DIANE 10 Klein-Wasserkraftwerke
Produzent:	F. Brühlmann, Presse- und PR-Beratung, Zürich
Übersetzung/Traduction:	S. Polana, 5453 Busslingen
Durchsicht des Manuskripts:	J. Krähenbühl, c/o ITECO AG, 8910 Affoltern am Albis
Relecture du manuscrit:	R. Chenal, 1815 Clarens
Buchgestaltung:	M. Läng, W. Fuchs c/o SKAT, St. Gallen
Titelblatt:	F. Hartmann, St. Gallen
Kartenmaterial:	Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 12.9.1994
Copyright:	© Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW), 3003 Bern,
Bezugsquellen:	Eidg. Drucksachen und Materialzentrale, 3000 Bern Bestellnr.: 805.196 d+f SKAT, Fachstelle der Schweizerischen Entwicklungszusammenarbeit für Technologie-Management, Vadianstrasse 42, 9000 St. Gallen

Dank

Zahlreiche Betreiber und Besitzer von Pico-Kraftwerken stellten ihre Anlagen als Dokumentations- oder Demonstrationsobjekte zur Verfügung und lieferten bereitwillig alle gewünschten Informationen. Sie bewiesen damit, wie wichtig für sie das Weitergeben von Erfahrungen unter den Kleinwasserkraftwerkbesitzern ist.

Planer und ausführende Ingenieure von Kleinanlagen, aber auch Leute von der Presse liehen in grosszügiger Weise Fotos und Pläne für die Illustration dieser Broschüre aus.

Sie und weitere Fachleute nahmen sich die Zeit, mit uns über viele Fragen ausführlich zu diskutieren oder einzelne Abschnitte durchzusehen und zu korrigieren.

Nicht zuletzt sei auch die Mitwirkung der Bundesämter für Energiewirtschaft, für Wasserwirtschaft und für Umwelt, Wald und Landschaft sowie der Mitglieder der Begleitgruppe des Projektes „DIANE Kleinwasserkraft“ erwähnt.

Ihnen allen möchten wir für ihre wertvolle Mitarbeit an dieser Stelle ganz herzlich danken.

Remerciements

De nombreux exploitants et propriétaires de petites centrales hydrauliques ont mis à disposition leurs installations comme objets de documentation ou de démonstration et ont fourni avec obligeance toutes les informations désirées; ils ont ainsi prouvé l'importance qu'a pour eux l'échange des expériences entre les propriétaires de telles installations.

Des concepteurs et des ingénieurs constructeurs de petites installations, tout comme le personnel de divers services de presse, ont prêté avec empressement des photos et des plans pour illustrer la présente brochure.

Ces personnes et d'autres spécialistes ont consacré une partie de leur temps à s'entretenir en détail avec nous sur de nombreuses questions spécifiques, ou encore à examiner et corriger certains paragraphes.

Nous remercions également de leur coopération les offices fédéraux de l'énergie, de l'économie des eaux, ainsi que de l'environnement, des forêts et du paysage, de même que les membres du groupe d'accompagnement du projet "DIANE Petites centrales hydrauliques".

Nous tenons à adresser à toutes ces personnes nos sincères remerciements pour leur précieuse collaboration.

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	1
Beispiele	4
Alp Prasüra ob Sta. Maria GR	7
Moulin de Viques JU	17
Strickwarenfabrik in Huttwil BE	25
Voralp Hirzboden bei Adelboden BE	37
Roue à eau, Vers-l'Eglise VD	47
Ancienne scierie, Gorge de Moutier BE	57
Stallneubau bei Zernez GR	67
Weissmühle in Berneck SG	77
77 weitere Demonstrationsanlagen	85
Wissenswertes über Pico-Kraftwerke	97
Das Wasser muss für alle reichen - ökologische Aspekte	98
Q ₃₄₇ und Restwasser	102
Gesetze und deren Vollzug	106
Neue Konzessionen	108
Notwendige Bewilligungen	112
Pflichten des Betreibers	114
Versicherungen	116
Wirtschaftlichkeit von Pico-Kraftwerken im Netzbetrieb	118
Wirtschaftlichkeit von Pico-Kraftwerken im Inselbetrieb	120
Checkliste für Planung und Bau	122
Vorgehenshilfen	126
Produkte, Qualität und Garantien	128
 Adressen	 134
Literaturhinweise	136

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
Exemples	4
Alp Prasūra ob Santa Maria GR	7
Moulin de Vicques JU	17
Strickwarenfabrik in Huttwil BE	25
Voralp Hirzboden bei Adelboden BE	37
Roue à eau de Vers-l'Eglise VD	47
Ancienne scierie, Gorge de Moutier BE	57
Stallneubau bei Zernez GR	67
Weissmühle in Berneck SG	77
77 centrales de démonstration	85
Ce qu'il faut savoir sur les Pico-centrales	97
L'eau doit suffire pour tous - aspects écologiques	99
Q_{347} et débits résiduels	103
Lois et leur application	107
Nouvelle concession	109
Autorisations nécessaires	113
Obligations de l'exploitant	115
Assurances	117
Rentabilité des Pico-centrales avec fonctionnement sur réseau public	119
Rentabilité des Pico-centrales avec fonctionnement en îlotage	121
Liste de contrôle pour étude et construction	124
Aide préalable	127
Produits, qualité et garanties	129
Adresses	134
Indications bibliographiques	136

EINLEITUNG INTRODUCTION

Zu dieser Broschüre

Sur cette brochure

Sie wollen Ihr eigenes Kleinst-Wasserkraftwerk bauen oder erneuern? Dann halten sie das Richtige in der Hand!

Diese Broschüre gibt Ihnen einige nützliche Hinweise, wie Sie auf wirtschaftlich tragbare Weise zu Ihrer eigenen Anlage kommen: möglichst in direkter Zusammenarbeit mit den Lieferanten und nur mit einem Minimum an ingenieurmässiger Unterstützung. Beim Durchlesen erkennen Sie, welche Arbeiten Sie selber in die Hand nehmen und dadurch Kosten einsparen können und bei welchen kritischen Aufgaben Sie unter Umständen spezialisierte Fachleute beiziehen sollten.

Voulez-vous construire ou rénover votre propre petite centrale hydraulique? Vous avez alors ce qu'il vous faut en main!

Cette brochure vous donne quelques indications sur les moyens les plus économiques pour réaliser votre installation: en collaboration directe avec les fournisseurs et avec un soutien minimal de l'homme de métier. En cours de lecture, vous allez découvrir quels travaux vous pouvez exécuter vous-même, et réaliser ainsi des économies, et pour quelles autres tâches vous devez faire appel à des techniciens spécialisés.

Beispiele ausgeführter Pico- Kraftwerke

Exemples de réalisation de Pico- centrales

Unter den acht dokumentierten Pico-Kraftwerken dieser Broschüre werden Sie gewiss eine auf Ihre Verhältnisse zugeschnittene Anlage finden, die bereits realisiert wurde. Auf der Seite 86 zeigt Ihnen eine Übersichtskarte 77 Anlagen, deren Betreiber oder Planer Ihnen für Auskünfte zur Verfügung stehen und Sie nach Vereinbarung gerne zu einer Vorführung empfangen werden.

Bevor Sie eigene Pläne schmieden, sollten Sie unbedingt Kontakt mit den Betreibern von ähnlichen Pico-Anlagen aufnehmen.

Parmi les installations déjà réalisées et documentées dans cette brochure, vous allez sûrement trouver celle qui semble la mieux adaptée à vos moyens.

Une carte synoptique située à la page 86 vous indique 77 autres installations, dont les exploitants ou concepteurs peuvent être à votre disposition pour vous informer, voire, après accord préalable, vous recevoir en vue d'une démonstration sur le site.

Il vous faut absolument prendre contact avec des exploitants de Pico-centrales analogues, avant de commencer une étude approfondie sur la question.

Allgemein Wissenswertes

Informations générales intéressantes

Im zweiten Teil finden Sie Erklärungen, Tips und Übersichten zu einigen ausgewählten Themen im Zusammenhang mit der Planung und dem Bau von Pico-Anlagen: Ökologie, Bewilligungen, Versicherungen und Hinweise zum geschäftlichen Umgang mit Lieferanten, Planern und Betreibern.

La deuxième partie de cette brochure vous fournit nombre d'explications, de conseils et de vues d'ensemble sur les thèmes essentiels relatifs à l'étude et à la construction de Pico-centrales, à savoir: écologie, autorisations, rentabilité, assurances et conseils pour négocier avec des fournisseurs ainsi que pour étudier et construire avec des partenaires.

Sieben Tatsachen über Pico- Kraftwerke

Sept constatations sur les Pico- centrales

- Während 1914 noch fast 7000 Werke unter 300 kW in Betrieb waren, sind es heute noch knapp deren 1000. Die meisten davon wurden aus Rentabilitätsgründen aufgegeben, aber heute liegen sie wieder voll im Trend, denn...
- ...Pico-Kraftwerke weisen eine sehr gute Gesamtumweltbilanz auf: Nur kleine Eingriffe in die Natur, langlebige und unproblematische Materialien, kein Schadstoffausstoss und keine Verschwendung von beschränkten Ressourcen.
- Seit einigen Jahren leisten staatliche Stellen und private Institutionen finanzielle Beiträge an Vorstudien und Ausführungen von Kleinkraftwerk-Projekten.
- Die Vergütung für den ins öffentliche Netz gespiesenen Strom sollte sich gemäss Empfehlung des Bundes nach den Kosten für die Beschaffung gleichwertiger Energie aus neuen inländischen Produktionsanlagen richten, wobei auch hier Hoch- und Niedertarifzeiten beachtet werden müssen. Zur Zeit beträgt die durchschnittliche Mindestvergütung für die Lieferung von Bandenergie 16 Rp./kWh. Diese Regelung soll ins neue Energiegesetz aufgenommen werden, unter Vorbehalt der Zustimmung durch den Ständerat. Zudem wurde im 1997 revidierten Wasserrechtsgesetz der Verzicht auf Wasserzinsabgaben für Wasserkraftwerke bis 1 MW Leistung verankert.
- Alors qu'en 1914 près de 7000 centrales de moins de 300 kW étaient encore en service, il y en a tout juste 1000 à l'heure actuelle. La plupart d'entre elles furent mises hors service pour des raisons de rentabilité insuffisante; mais aujourd'hui elles sont revenues à la mode, car ...
- ...les Pico-centrales montrent un excellent bilan écologique global: faible impact dans la nature, matériaux simples et durables, pas d'émissions nocives et pas de gaspillage des ressources naturelles.
- Depuis quelques années, des organismes publics accordent des subventions pour les avant-projets et les réalisations de projets de petites centrales hydrauliques.
- La rétribution pour le courant électrique injecté dans le réseau public devrait, selon la recommandation de la Confédération, s'aligner sur les coûts d'approvisionnement en énergie équivalente provenant de nouvelles installations de production situées en Suisse, tout en tenant compte également des heures à tarif maximal et minimal. A l'heure actuelle, la rétribution moyenne la plus basse pour la fourniture d'une telle énergie est de 16 cts/kWh. Cette réglementation sera introduite dans la nouvelle loi sur l'énergie, pour autant que celle-ci soit acceptée par les Chambres fédérales. De plus, l'abandon des taxes sur les droits d'eau pour les installations jusqu'à 1 MW de puissance a été introduite dans la loi sur l'utilisation des forces hydrauliques.

- Im Gegensatz zu diesen Fördermassnahmen bedeuten die **Restwasservorschriften** im neuen Gewässerschutzgesetz leider für viele Pico-Kraftwerke den Untergang.
- Mit guter Qualität geplante und erstellte Pico-Kraftwerke überdauern Generationen und können an geeigneten Standorten eine gute langfristige **Kapitalanlage** darstellen.
- Pico-Kraftwerke leisten einen wichtigen Beitrag an die **dezentrale Energieversorgung** und an das Energiebewusstsein der Bevölkerung.
- *Contrairement à ces mesures d'encouragement, les prescriptions sur les débits résiduels prévues par la nouvelle loi fédérale sur la protection des eaux entraîneront malheureusement une disparition prochaine de nombreuses Pico-centrales.*
- *Les Pico-centrales bien étudiées et bien construites durent de nombreuses générations et peuvent, si leur implantation est optimale, constituer un bon placement financier à long terme.*
- *Les Pico-centrales participent à l'approvisionnement décentralisé de l'énergie et à la prise de conscience du problème énergétique.*

Selber bauen oder bauen lassen?

Construire soi-même ou faire construire

Beides ist möglich. Mit Initiative und Geschick kann man einen grossen Teil seiner Anlage selbst bauen. An die Grenzen stösst der Selbstbauer aber meistens dann, wenn es um die elektromechanischen, steuer- und regeltechnischen Einrichtungen geht.

Neben Werken, die im Auftragsverhältnis durch Dritte erstellt wurden, findet man vor allem auf Alpen zahlreiche Wasserkraftwerke, die mit viel Fronarbeit der Alpgenossenschaftsmitglieder und freiwilliger Unterstützung von verschiedenen Seiten zustande kamen.

Das stromproduzierende Wasserrad in Vers-l'Eglise (Seite 47) ist ein Beispiel dafür, wie weit sogar der elektromechanische Teil durch den Bauherrn selbst realisiert werden kann.

Les deux méthodes sont possibles. Avec une certaine dose d'initiative et de doigté, on peut construire soi-même une grande partie de son installation. Mais l'amateur constructeur arrive le plus souvent à la limite de ses possibilités dès qu'il s'attaque aux équipements électromécaniques et à ceux relevant de la technique de commande et de régulation.

En dehors des ouvrages commandés à des entreprises, il y a de nombreuses centrales hydrauliques qui, comme celles équipant des exploitations alpestres, ont été réalisées grâce au travail gratuit des membres de coopératives alpestres et à l'aide de volontaires.

La roue à eau produisant du courant à Vers-l'Eglise (page 47) est un exemple qui montre qu'un propriétaire peut aller loin dans la construction d'une Pico-centrale, même dans celle de son équipement électromécanique.

BEISPIELE

EXEMPLES

Überblick / Vue d'ensemble

Alp Prasüra ob
Santa Maria GR

Seite / page 7



Dank integrierter Energieplanung und konsequenter Anwendung stromsparender Geräte genügen für die Strombereitstellung die geringen Wassermengen aus der Trinkwasserleitung.
Grâce à une étude énergétique intégrée et à l'utilisation systématique d'appareils à consommation électrique modérée, de faibles débits provenant de la canalisation d'eau potable peuvent suffire pour l'approvisionnement en courant électrique

Moulin de Viques
JU

Seite / page 17

Bei der Reaktivierung dieser während fünfzehn Jahren ausser Betrieb stehenden Wasserkraftanlage wurde die alte Francis-turbine durch einen Kaplan-Prototyp ersetzt.

Lors de la réhabilitation de cette petite centrale hydraulique hors service depuis quinze ans, l'ancienne turbine Francis a été remplacée par un prototype Kaplan.

Strickwarenfabrik
in Huttwil BE

Seite / page 25



Eine bemerkenswerte Wasserkraftanlage aus dem Jahre 1914 wurde modernisiert, wobei hohe Ansprüche an die Technik, die Wirtschaftlichkeit und den Bedienungskomfort gestellt wurden.

Une remarquable centrale hydraulique datant de 1914 a été modernisée, posant des exigences élevées en matière de technique, de rentabilité et de confort de manoeuvre.

Voralp Hirzboden
bei Adelboden BE

Seite / page 37

Unter Mithilfe verschiedener Seiten gelang es, mit einer einfachen Turbinenanlage die Arbeits- und Wohnbedingungen auf der Voralp zu verbessern.

Grâce à des aides diverses, une simple turbine a permis d'améliorer les conditions de travail et de logement de cet alpage.

Roue à Eau de
Vers-l'Eglise VD

Seite / page 47



Die Idee, mit einem modernen Wasserrad das Wasser des alten Sägereikanals zu nutzen und in Strom umzuwandeln, stammt vom Besitzer. Er führte das Werk auch gleich selber aus.

Le propriétaire a eu l'idée d'utiliser l'eau du vieux canal de la scierie pour produire du courant électrique à l'aide d'une roue à eau moderne. Il a d'ailleurs construit lui-même cette installation.

Scierie, Gorge de
Moutier BE

Seite / page 57

Bei der Renovation dieser aus dem Anfang dieses Jahrhunderts bestehenden Turbinenanlage wurden die alten Anlageteile beibehalten.

Les éléments constitutifs ont été réutilisés au cours de la réhabilitation de cette centrale à turbine datant du début du siècle.

Stallneubau bei
Zernez GR

Seite / page 67



Ein neuer Stall an einsamer Lage inmitten eines landwirtschaftlich genutzten Gebiets - es liegt auf der Hand, den nahen Bergbach (nicht nur) für die komfortable Stromversorgung zu nutzen.
Une nouvelle étable construite dans une région agricole - quoi de plus naturel que vouloir utiliser (aussi) le torrent tout proche pour réaliser une confortable installation d'alimentation en courant.

Weissmühle in
Berneck SG

Seite / page 77

Durchströmturbinen bewähren sich in den Augen des Betriebsinhabers: Die nacheinander folgend dritte dieser Art treibt anstelle einer Riemenscheibe einen Generator an.

Les turbines à flux traversant semblent convenir aux yeux du propriétaire de l'exploitation: au lieu d'une transmission à courroie, la troisième de ce type entraîne un générateur.

77 Demonstra-
tionsanlagen77 centrales de
démonstration

Seite / page 85



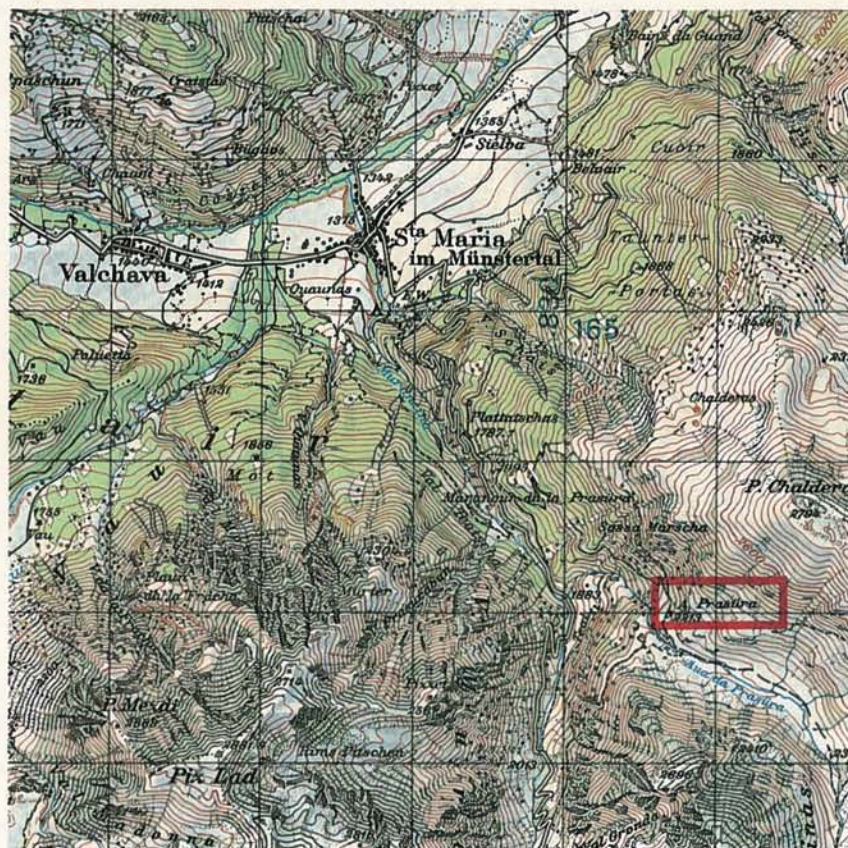
Deren Betreiber, Planer oder Lieferanten stellen sich den Lesern für das Erteilen von Auskünften und für die Vorführung ihrer Pico-Anlagen zur Verfügung.

Les exploitants, concepteurs et fournisseurs sont à disposition des lecteurs pour fournir des renseignements et pour une démonstration de leurs Pico-centrales.

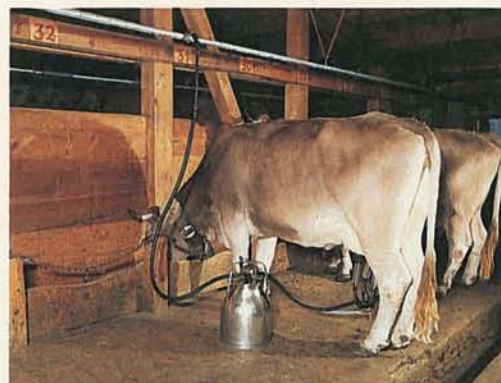
Fallhöhe chute [m]	Wassermenge débit [l/s]	Leistung puissance [kW]	Turbine Turbine Typ / type	Betriebsart type de fonctionnement	Verwendung utilisation	Anteil Eigenleis- tung / Quote-parte d'autonomie
90	1,8	0,8	Pelton 1-düsige <i>Pelton à 1 jet</i>	Insel- betrieb <i>en îlotage</i>	Alpkäserei mit 60 Kühen <i>fromagerie avec 60 vaches</i>	mittel <i>moyenne</i>
3,8	max. 1300	32	Kaplan Schacht- turbine <i>Kaplan à chambre d'eau ouverte</i>	Netzparallel- und Inselbetrieb <i>en îlotage et en parallèle avec le réseau public</i>	Stomabgabe ans Netz <i>injection de courant dans le réseau public</i>	klein <i>petite</i>
5,8	400 bis / à 1200	40	Kaplan Rohr <i>Kaplan tubulaire</i>	Netzparallel- betrieb <i>en parallèle au réseau public</i>	Stomabgabe ans Netz <i>injection de courant dans le réseau public</i>	gross <i>grande</i>
100	4 oder 7 (über Fernsteuerung) 4 ou 7 (par télécommande)	2,5 oder / ou 4	Pelton 1-düsige <i>Pelton à 1 jet</i>	Insel- betrieb <i>en îlotage</i>	3 Melkanlagen und Wohnen <i>3 trayeuses et logement</i>	gross <i>grande</i>
2,8	1000	18	Wasserrad aus Stahl <i>roue à eau en acier</i>	Netzparallel- betrieb <i>en parallèle au réseau public</i>	Stomabgabe ans Netz <i>injection de courant dans le réseau public</i>	sehr gross <i>très grande</i>
4,3	650	20	Francis Schacht (revidiert) <i>Francis à chambre d'eau ouverte (rénovée)</i>	Netzparallel- betrieb <i>en parallèle au réseau public</i>	Stomabgabe ans Netz <i>injection de courant dans le réseau public</i>	mittel <i>moyenne</i>
125	11, 22 oder / ou 32	10, 20 oder / ou 30	Pelton, 2 fixe u. 2 verstell- bare Düsen <i>Pelton, 2 jets fixes et 2 jets variables</i>	Insel- betrieb <i>en îlotage</i>	Grossstall, Bewässerung und Löschwasser <i>grande étable, irrigation et lutte contre incendie</i>	mittel <i>moyenne</i>
12,7	max. 275	13	Durchström- turbine <i>turbine à flux traversant</i>	Netzparallel- betrieb <i>en parallèle au réseau public</i>	Stomabgabe ans Netz <i>injection de courant dans le réseau public</i>	klein <i>petite</i>

Sta. Maria / GR

Alp Prasūra



L'alpage Prasūra



- Inselbetrieb
- Integrierte Energieplanung
- Alp mit 60 Kühen auf 2213 m.ü.M.
- Verarbeitung von 600l Frischmilch täglich
- Einbau in bestehende Trinkwasserleitung
- 1,8 Liter pro Sekunde, 90 m Fallhöhe
- Peltonturbine, 800 Watt
- 24 V-Kleinspannungsanlage mit Batteriespeicher 630 Ah
- Gesamtkosten : Fr. 55'000.- (Erneuerung der Trinkwasserleitung nicht inbegriffen)

- *Fonctionnement en îlotage*
- *Plan d'énergie intégré*
- *Alpage avec 60 vaches à 2213 m.s.m*
- *Traitement quotidien de 600 l de lait frais*
- *Integration dans la conduite d'eau potable existante*
- *1,8 litres par seconde, chute nette de 90 m*
- *Turbine Pelton, 800 Watt*
- *Installation à basse tension de 24 V avec réservoir de batterie de 630 Ah*
- *Coût total : Fr. 55'000.- (hormis le renouvellement de la conduite d'eau potable)*

Die Alpkäserei Prasüra oberhalb der Gemeinde Santa Maria im Münstertal wird seit dem Sommer 1992 nach einem neuartigen Energiekonzept mit Strom versorgt. Dabei ist nicht etwa die Verwendung der 24-Volt-Spannung mit einem Batteriespeicher neu, denn solche Anlagen gibt es schon seit längerer Zeit, sondern vielmehr die konsequente Verwendung energiesparender Geräte, besonders zu erwähnen ist hier die eigens dafür entwickelte Melkmaschine. Damit liess sich der Energiebedarf für die tägliche Gewinnung und Verarbeitung von 600 Liter Frischmilch auf einen Drittel der sonst üblichen Werte reduzieren, und die gesamte Versorgung der Alp kann mittels einer Kleinstturbine von nur 800 Watt Leistung erfolgen! Dabei bedeuten die neue Waschmaschine und Kühltruhe nicht nur einen zusätzlichen Komfort, sondern verbessern auch die Bedingungen für die einwandfreie Herstellung und Lagerung von Käse und Alpenbutter. Die Turbine, welche an die bestehende Wasserleitung angeschlossen ist, ersetzt den Dieselgenerator und beeinträchtigt die Trinkwasserqualität in keiner Weise.

Depuis l'été 1992, la fromagerie alpine „Prasüra“, située au-dessus de la commune de Santa Maria dans la vallée de Mustair, est alimentée en électricité selon une nouvelle conception énergétique. L'innovation de ce projet n'est pas dans l'utilisation d'une tension de 24 volts, car de telles installations existent déjà depuis longtemps, mais bien plus dans l'emploi systématique d'appareils consommant peu d'énergie; il faut en particulier citer la trayeuse développée spécialement pour cette réalisation. Cela a permis de réduire la consommation d'énergie à un tiers de la valeur auparavant nécessaire pour traire et traiter chaque jour 600 litres de lait frais. Une petite turbine d'une puissance de 800 watts seulement suffit à assurer l'ensemble de l'alimentation électrique de l'alpage!

Le congélateur-bahut et la machine à laver nouvellement installés apportent non seulement un supplément de confort, mais encore améliorent les conditions indispensables pour la fabrication et le stockage du fromage et du beurre alpins. Raccordée à la conduite d'eau potable existante, la turbine remplace le groupe diesel-électrogène et n'altère en aucune manière la qualité de l'eau potable.



Rechts über der lawinengesicherten Alphütte der Schacht mit der Wasserturbine

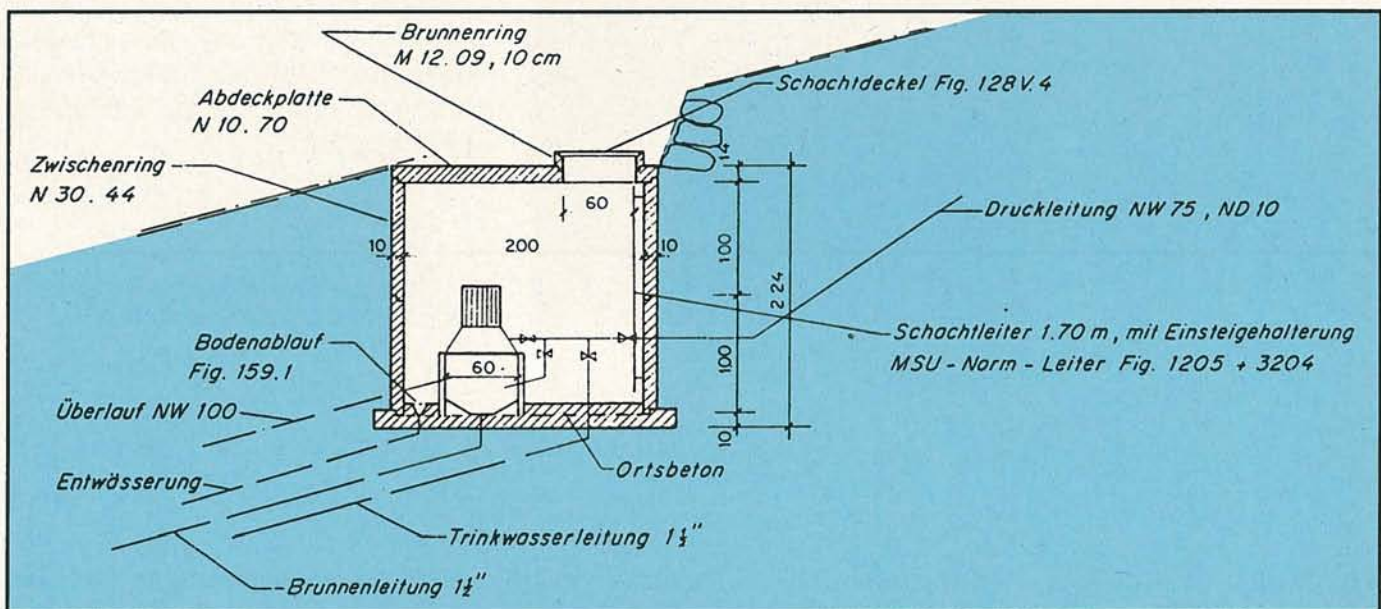
La chambre de la turbine est située à droite, au-dessus de l'alpage protégé des avalanches.

Mit wenig Wasser gibt's auch wenig Strom

Die Wassermessungen der Quellschüttungen erfolgten in der Saison 90 und 91. Während die minimale Wassermenge von 2,2 l/s jeweils im Spätsommer festgestellt wurde, lagen zu Beginn der Alpsaison die gemessenen Abflussmengen bei rund 4 l/s. Glücklicherweise ist der Höhenunterschied zwischen Turbinenstandort und der bestehenden Quellsfassung gross genug. Er wurde mit Hilfe eines Taschenhöhenmessers ermittelt und mit dem vorhandenen Karten-

material verglichen.

Um auch im trockensten Jahr ohne Betriebsunterbruch durchzukommen, wurde die Turbine auf nur 1,8 Sekundenlitem ausgelegt. Unter der Annahme eines Gesamtwirkungsgrades von 50% ergibt sich eine Generatorleistung von 800 Watt, was etwa der Leistung eines Mopeds entspricht und für einen Alpbetrieb mit 60 Kühen recht wenig ist.



Plan des Turbinenschachtes

Plan de la chambre de la turbine

Elektromechanische Ausrüstung und 24-Volt-Geräte

Die Beschaffung der Turbinen-Generatortruppe, der Steuerung und der sanitären Bestandteile wie Leitungen und Schieber bot den erfahrenen Projektanten keinerlei Probleme. Weil der als Bandenergie erzeugte Gleichstrom in einer Batterieanlage zwischengespeichert wird, werden die häufig im Einsatz stehenden Alpgeräte (vgl. Tabellen S. 15) ausschliesslich mit der Kleinspannung von 24 Volt betrieben. Dies ist eine Industrie-Standardspannung, und so konnte ein Grossteil der Ausrüstung bei Lieferanten von Solarprodukten sowie von Käsereiausrüstungen bezogen werden. Die Milchpumpe liess sich mit einfachen Massnahmen auf den 24-Volt-Betrieb umrüsten. Die eher selten und nur in den Schwachlast-

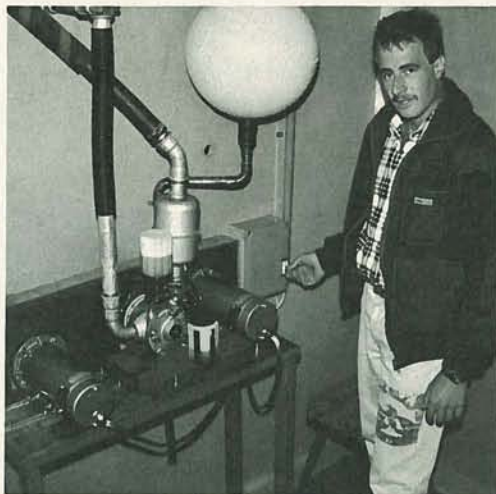
zeiten gebrauchten konventionellen 220 Volt-Geräte, wie z.B. die kleine Waschmaschine oder die Bohrmaschine werden über einen Wechselrichter gespiesen.

Bei 24 Volt können bis zu einer Dauerleistung von 1000 Watt normale Hausinstallationskabel verlegt werden. Darüber müssen dickere Leitungsquerschnitte gewählt werden. (Allgemein gilt: Je kleiner die Spannung, desto grösser der erforderliche Leitungsquerschnitt.)

Um die Anlage für das Alppersonal übersichtlich zu gestalten und die Verkabelung zu vereinfachen, wurden die einzeln gesicherten Verbraucherleitungen sternförmig angelegt.

Revolutionäre Melkmaschine

„Das Revolutionäre ist der geringe Energieverbrauch der Melkmaschine.“ So wird der Davoser Elektrofachmann gelobt, der eine neuartige Druckregelung für die Vakuumpumpe konstruiert hat. Dank der speziellen Steuerung reduziert die Pumpe ihre Lei-



Kernstück der Pilotanlage ist die energiesparende Melkmaschine.

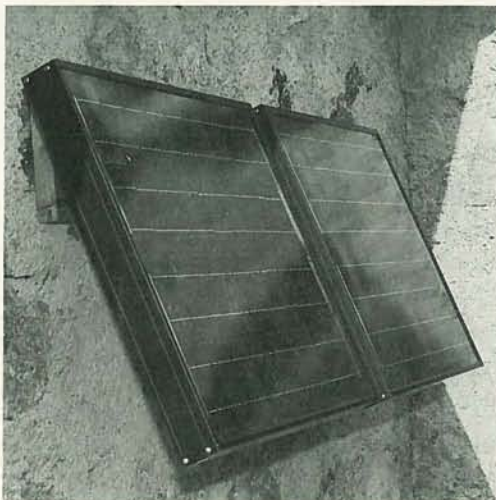
stung, sobald der notwendige Unterdruck erreicht ist, und spart dadurch Energie ein. Herkömmliche Melkmaschinen pumpen ständig weiter und vernichten unnötigerweise viel Energie über ein Ventil. „Die 220-V-Vakuumpumpe dreht auch dann auf vollen Touren, wenn nicht gemolken wird. Der Vakuumüberschuss wird einfach verpufft“, wurde erklärt.

Ganz allgemein weisen Gleichstrommotoren für die auf den Alpen vorkommenden Antriebe günstige Eigenschaften auf, vor allem bezüglich Regulierbarkeit und Überlastbarkeit. Zusätzliche Einsparungen ermöglicht dabei beim 24-Volt-Betrieb der Entfall eines Drehstrom-Wechselrichters

Pièce maitresse de cette installation pilote, la trayeuse est très économe en énergie.

Planung und Formalitäten

Um die Fassung und die Leitung musste man sich nicht mehr kümmern, umso mehr konzentrierte man sich auf das neue Energiekonzept: Auslegung der Turbine, des Batteriespeichers, der Solarzellen und der Regelung. So interessant und herausfor-



Dieser kleine Solargenerator verhindert die Selbstentladung der Batterie im Winter und verlängert so deren Lebensdauer.

dernd sich die technische Seite gestaltete, so unkompliziert und reibungslos verliefen die behördlichen Formalitäten.

Für die Subventionsbehörden und das Einholen der Bewilligungen waren Situationspläne sowie ein technischer Bericht mit detailliertem Kostenvoranschlag zu erstellen. Da es sich um einen Bau ausserhalb der Bauzone handelte, war zudem ein spezielles Baubewilligungsverfahren notwendig, wobei nur der neu zu erstellende Anlagenteil planlich darzustellen war.

Cette petite génératrice solaire évite l'autodécharge de l'accumulateur en hiver et prolonge sa durée de vie.

Betrieb und Unterhalt

Nebst wenigen Massnahmen, die bei der Inbetriebsetzung und der Ausserbetriebnahme zu beachten sind (Aufwand max. 1 Tag), beschränkt sich der Anlageunterhalt auf eine tägliche Kontrolle der Spannungsanzeige und des Anzeigegerätes des Generatorstromes. Diese Kontrolle ermöglicht ein

rasches Erkennen von Störungen. Bei Trinkwasserkraftwerken ist im Gegensatz zu Kraftwerken, die ihr Wasser aus offenen Gewässern beziehen, kein Unterhalt bei der Fassung erforderlich. Auf der Alp Prasüra werden für den Frostschutz ausserhalb der Alpsaison alle Wasserleitungen entleert.

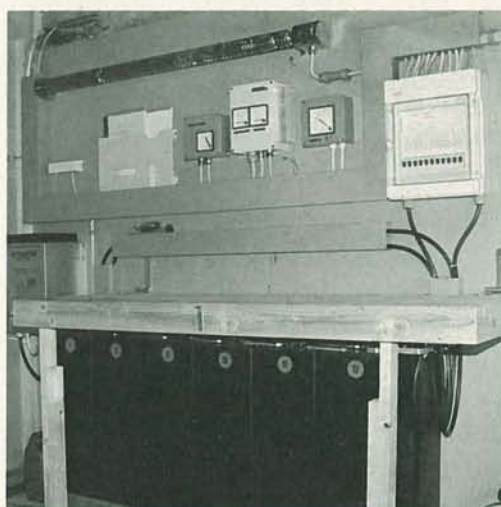
Betriebssicherheit

Die Betriebssicherheit hängt mitunter von der Qualität der eingesetzten Anlageteile ab. Diesem Umstand wurde im vorliegenden Projekt besondere Beachtung geschenkt, da während rund 8 Monaten im Jahr die Anlage nicht kontrolliert wird.

Die richtige Auslegung des Batteriespei-

chers garantiert eine Batterielebensdauer von gut 15 Jahren. Bei Ausfall der Turbine kann der Alpbetrieb zudem bei sparsamem Umgang während 5 Tagen ab Batterie weiter mit Strom versorgt werden. Dies genügt, um Störungen zu beheben. Ein Notstromaggregat ist nicht mehr erforderlich.

Ausserdem wurden alle Leitungen im Alpbäude mit Blitzschutz versehen und gegen Überlast abgesichert.



Bleiakkumulatoren (unten) und Schalttafel mit Sicherungskasten.

Accumulateur au plomb (en bas) et tableau de commande avec boîte de fusibles

Beurteilung

Dank sorgfältiger Planung und guter Qualität der Systeme traten in den ersten beiden Betriebs Sommern nicht einmal «Kinderkrankheiten» auf, was zu einer grossen, erfreulichen Akzeptanz seitens des Alppersonals führte. Der Komfort des neuen Konzeptes entspricht dem eines Netzanschlusses.

Die nach der ersten Alpsaison vorliegenden Ergebnisse bestätigen nicht nur die Richtigkeit der getroffenen Massnahmen, sondern übertreffen diese noch bei weitem. So lag der Energieverbrauch ca. 40% unter den prognostizierten Werten.

Auch nach dem sechsten Alpsommer befand sich die Anlage in einem einwandfreien Zustand, schliesslich wurde sie

durch das Alppersonal auch sehr gut betreut. Die Einwinterung und die Inbetriebsetzung im Frühling wurden jeweils korrekt durchgeführt, so dass sich die Batterien bezüglich Restladestrom und Spannungsgleichheit der einzelnen Zellen praktisch wie neue Batterien präsentierten.

Mit der Nutzung des Trinkwassers zur Stromproduktion wird kein offenes Gewässer beeinflusst und die Qualität des Trinkwassers nicht verändert. Ebenso ist der Eingriff in die Landschaft gleich null. Der Einsatz einer Kleinstturbine ermöglicht zudem den Ersatz des Dieselgenerators und hilft damit die CO₂-Belastung zu reduzieren.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

43'000 Franken kostete die gesamte Kleinspannungsanlage einschliesslich Pelton-turbine, Generator, Bleibatterien, elektronischen Regelungen und Planungshonorar. „Bis zur Steckdose gerechnet waren für die Umrüstung bestehender Geräte auf 24 Volt-Betrieb noch zusätzliche Fr. 12'000.- notwendig“, präzisiert der Ersteller. Ein Netzanschluss kommt bereits ab 500m auch in einfachem Gelände teurer zu stehen als die vorgestellte Lösung. Verbrennungs-

motoren dürften in der Anschaffung wohl etwas günstiger sein, bei einer umfassenden Beurteilung gilt es jedoch auch die hohen Brennstoff- und Unterhaltskosten mitzuberücksichtigen.

Da es sich um ein Pilotprojekt handelt, unterstützen diese Anlage nebst dem kantonalen Meliorationsamt das Bundesamt für Energiewirtschaft, die Energiefachstelle des Kantons Graubünden sowie die Schweizer Patenschaft für Berggemeinden.

Zukunfts-perspektiven

Der Ersatz von Verbrennungsmotoren auf Alpbetrieben durch umweltschonende, kostengünstige Energiequellen entspricht einem echten Bedürfnis. Die Tatsache, dass die Projektanten mit ihrem Werk den ersten Rang beim Rennen um den Schweizerischen Energiepreis „Prix eta“ 1993 beleg-

ten, bekräftigt diese Aussage. Die Entwicklung des beschriebenen Versorgungskonzeptes ist noch nicht abgeschlossen. Für den Einsatz im Staffelnbetrieb sind geeignete mobile Kompaktanlagen zu entwickeln, welche rasch an ein Wasserleitungssystem gekoppelt werden können.

Kontaktadressen:

Planer:

Hydro-Solar AG
Markus Hintermann
Burghaldenweg 18
4435 **Niederdorf**
Tel. 061 / 963 00 33
Fax 061 / 963 00 35

Betreiber:

Gemeindeverwaltung
7536 **Sta. Maria**
Tel. 081 / 858 57 22
Fax 081 / 858 71 70

Konzeptstudie

Stromversorgung von Alpen mit Kleinspannungsanlagen - Eine Alternative zur konventionellen Elektrifizierung

Unter diesem Titel ist bei der SAB in Brugg ein Bericht erhältlich, worin die beiden Projektanten ihre gewonnenen Erfahrungen auswerten. Dieser Leit-faden ist unverzichtbar für die Planung ähnlicher Anlagen und dient den Behörden bereits als Grundlage für die Subventionsentscheide. Leider ist diese Studie bisher nur auf deutsch erschienen.

Daten und Kosten

Alp Prasūra

BAULICHER TEIL	Kosten (Fr.)	Hersteller / Lieferant
Turbinenschacht d = 2.0m Ein Durchmesser von 1,5m wäre jedoch genügend	7'600.-	inkl. sanitäre Installation u. Transport Foffa + Conrad SA, Münstair
Druckleitung (Länge 290m, Material MDPE d=63mm, auf Rollen, PN6 200m / PN10 90m)		bestehend (Trinkwasser)
ELEKTROMECHANISCHE AUSRÜSTUNG		
Turbine (Typ Pelton, feste Düse, 800 W, Nettofallhöhe 90m, Nennwassermenge 1,8 l/s = kleiner als die minimal gemessene Wassermenge)	5'000.-	inkl. Generator und Montage DISAG, Sargans
Generator (permanenterregter Synchron-generator mit externem Gleichrichter, 24V Gleichstrom)		Bartoldi AG, Koblenz
Solargenerator MSX 30, 2 Stück	1'200.-	inkl. Montagevorrichtung Muntwyler AG, Zollikofen
Laderegler, Hauptverteiler, Überschusslast	6'000.-	Brückmann Elektronik, Davos
Wechselrichter , (Top Class 1500)	3'200.-	Fliri + Conrad AG, Sta. Maria
Elektriker (Montage und Verdrahtung)	7'500.-	Fliri + Conrad AG, Sta. Maria
Batterieeinheit (Nennkapazität 630 Ah)	8'500.-	Elektrona SA, Boudry
VERSCHIEDENES		
Konzept, Planung, Beratung	4'000.-	Hydro-Solar AG, Niederdorf
Bauleitung		Eigenleistungen
Aushubarbeiten		Eigenleistungen
TOTAL ANLAGEKOSTEN	43'000.-	
FINANZIERUNG/ UNTERSTÜTZUNGSBEITRÄGE		
Energiefachstelle Kt. GR	12'000.-	
Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW)	10'000.-	
Meliorationsamt Kt. GR	9'000.-	
Finanzausgleich Kt. GR	4'000.-	
Schweiz. Patenschaft für Berggemeinden	4'000.-	
Restkosten Gemeinde	4'000.-	
TOTAL FINANZIERUNG	43'000.-	

**Bei Wassermangel:
Sparsamer Energie-
verbrauch und
Energiepufferung
mit Batterie eröffnen
neue Dimensionen !**

***En cas de pénurie
d'eau: la
combinaison d'une
faible
consommation et
d'une bonne
accumulation
d'énergie ouvre de
nouveaux horizons !***

Nur 1,8 Sekundenliter versorgen eine Alp mit 60 Kühen mit Strom? Da staunt selbst der Fachmann!

Bei derart wenig Wasser konnte eine zweckmässige und kostengünstige Lösung erst nach eingehender Analyse gefunden werden: Die maximal mögliche Stromproduktion wurde dem Energiebedarf im Tagesverlauf gegenübergestellt, wobei man diesen mittels energiesparender Geräte und gestaffeltem Betrieb möglichst tief zu halten versuchte (vgl. Diagramm).

Trotzdem übertraf der beim Melkvorgang während ca. 2 Stunden auftretende Leistungsbedarf die Turbinenleistung etwa um das Doppelte. Aus diesem maximalen Defizit ergab sich die notwendige Grösse des Batteriespeichers, und gerade bei diesem liessen sich dank der energetischen Optimierung besonders viel Kosten einsparen.

Mit solchen Sparmassnahmen lassen sich die Anlagekosten in jedem Fall massiv senken, auch wenn genug Wasser vorhanden ist, denn von den teuren Bachwasserfassungen über die Zuleitungssysteme bis hin zur Turbinen-Generator-Gruppe und der Stromverteilung kann alles viel kleiner dimensioniert werden. Hohe Gefällsstufen sind dann ebenfalls weniger erforderlich. Mit einem speziellem Steuersystem (Lastregler) könnte bei geladener Batterie die überschüssige Energie zur Erwärmung des Boilers genutzt werden. Die für die Käseherstellung benötigte Wärmeenergie wird zur Zeit noch vollständig aus der Holzfeuerung gewonnen.

Un débit de 1,8 litres par seconde suffit à alimenter en courant un alpage de 60 vaches ! Même le spécialiste en reste ébahi ! Avec aussi peu d'eau disponible, seule une analyse approfondie pouvait permettre de trouver une solution appropriée et avantageuse: la production maximale possible fut comparée aux besoins énergétiques journaliers, en essayant de comprimer ceux-ci au maximum par l'emploi d'appareils consommant peu d'énergie (voir diagramme).

Il fallait toutefois tenir compte du fait que, pendant les 2 heures de l'opération de traite, la puissance consommée correspondait environ au double de celle de la turbine. De ce déficit découlait le choix de la capacité de l'accumulateur. Grâce à l'optimisation énergétique on a pu réaliser ici de très grandes économies.

Avec de telles mesures d'économie, il est toujours possible de réduire fortement les coûts de l'installation (même si le débit est abondant), car on peut dimensionner bien moins largement tous les éléments hydro-électriques, depuis les coûteux captages de ruisseau jusqu'au groupe turboalternateur en passant par la conduite d'alimentation la distribution du courant, et la conduite d'alimentation en eau. Il n'est plus alors nécessaire de disposer d'aussi importantes hauteurs de chute.

Un système de commande spécial (régulateur de charge) donne à l'heure actuelle les moyens d'utiliser l'excédent d'énergie pour alimenter le chauffe-eau, après la charge complète de l'accumulateur. Par contre, l'énergie thermique nécessaire en ce moment à la fabrication du fromage provient entièrement du chauffage au bois.

**HINWEIS
CONSEIL**

Gerät / Einrichtung	Bereinigte Richtwerte Strombedarf
Melkmaschine	2.0 Wh / Liter Milch +60 Wh pro Aggr. Reinig.
Butterfass	5 Wh pro Liter Rahm
Milchpumpe	70-100 Wh pro Betriebs-stunde
Rührwerk	400 Wh pro Käsevorgang 200 Wh pro Betriebsstunde
Zentrifuge	0.5 Wh pro Liter Fettsirte
Waschmasch.	650 Wh (3kg Trommel)
Kühlschrank	200 Wh pro Tag
Gefriertruhe	500 Wh pro Tag

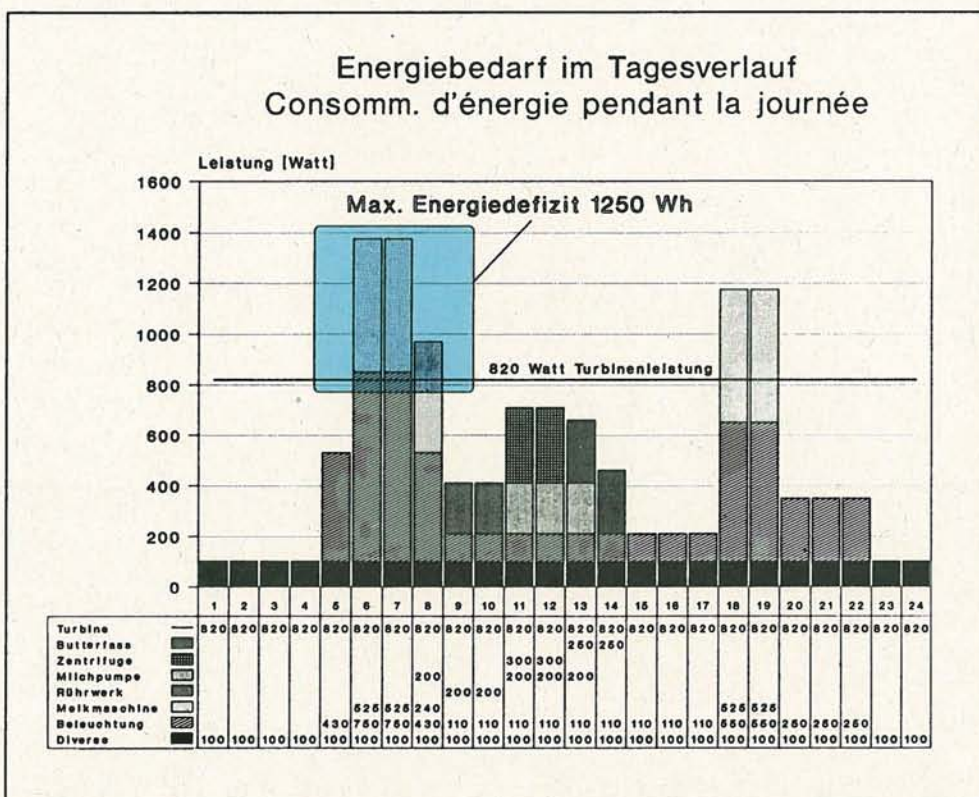
Richtwerte zur Bestimmung des Strombedarfes eines Alpbetriebes gemäss neuester Technologie.

Valeurs approximatives pour la recherche de la consommation d'électricité d'un alpage selon la technologie la plus moderne.

Gerät Einrichtung	Strombedarf pro Tag konventionell [kWh]	Strombedarf pro Tag Alp Prasüra [kWh]
Beleuchtung	6,4	1,80
Melkmaschine	6,0	1,47
Tiefkühler		0,48
Kühlschrank	0,7	0,20
Butterfass	1,4	0,17
Zentrifuge	2,0	0,41
Milchpumpe	0,3	0,14
Waschmasch		0,65
Rührwerk	1,0	0,4
Total	17,8	5,72

Vergleich des Stromverbrauches auf der Alp Prasüra mit dem Stromverbrauch einer konventionellen Anlage bei 600 l Milchleistung pro Tag.

Comparaison de la consommation d'électricité de l'Alpage Prasüra avec celle d'une installation traditionnelle pour la production quotidienne de 600 l de lait.



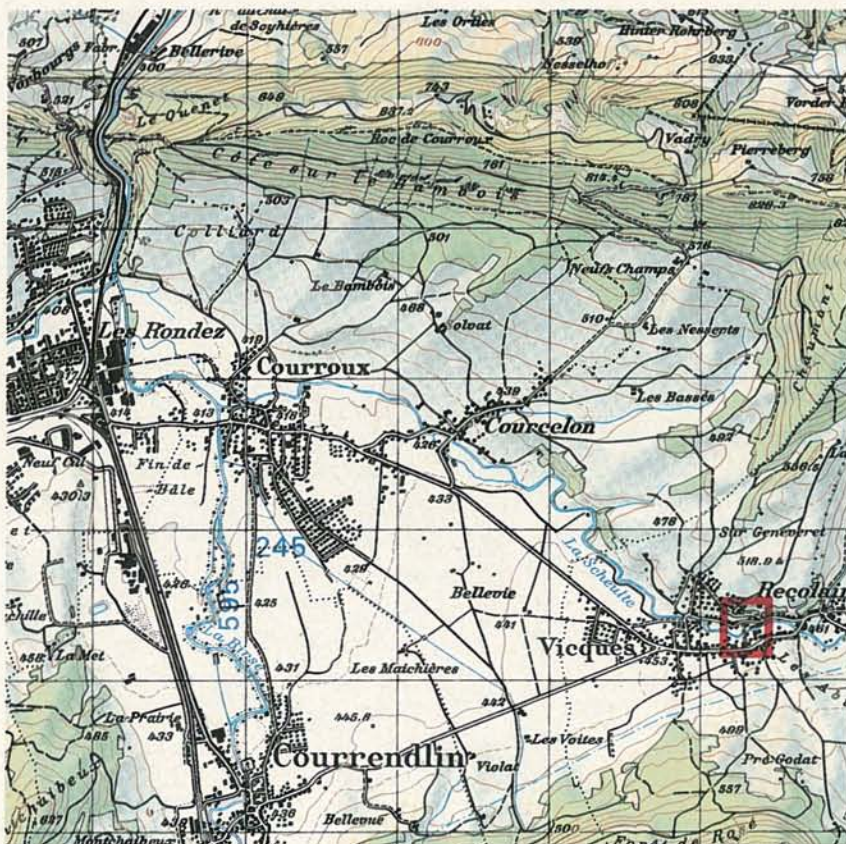
Wichtig bei der Planung war die Aufzeichnung des Stromverbrauches über einen ganzen Tag. Am Morgen zwischen 6 und 9 Uhr reicht die Turbinenleistung für den Betrieb nicht mehr aus, weshalb ein Batteriespeicher notwendig ist.

Il était important pour l'étude du projet de procéder à l'enregistrement de la consommation de courant au cours d'une journée entière. Comme la puissance de la turbine ne suffisait plus pour l'exploitation entre 6 et 9 heures du matin, la nécessité d'avoir recours à un accumulateur d'énergie devenait évidente.

Vicques / JU

Moulin

Mühle



Vue générale avant ...
Ansicht des Kraftwerkes vor..



...et après rénovation
...und nach der Modernisierung

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Petite centrale au fil de l'eau intégrée à un moulin agricole ● Turbine Kaplan à simple réglage avec générateur synchrone ● Chute $H = 3,8 \text{ m}$ ● Débit $Q = 1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ● Puissance électrique $P_{el} = 32 \text{ kW}$ ● Fonctionnement automatique en îlotage et en parallèle avec régulation de niveau ● Production annuelle moyenne: 200'000 kWh ● Investissements: Fr. 260'000.- ● Subvention: 30 % par l'Administration Fédérale des Blés ● Mise en service: 1986 | <ul style="list-style-type: none"> ● Fluss-Kleinkraftwerk in einer Getreidemühle ● Einfach geregelte Kaplanturbine mit Synchrongenerator ● Fallhöhe $H = 3,8 \text{ m}$ ● Wassermenge $Q = 1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ● Elektr. Leistung $P_{el} = 32 \text{ kW}$ ● Automatischer Insel- und Parallelbetrieb mit Wasserstandsregelung ● Mittlere Jahresproduktion: 200'000 kWh ● Investitionen: Fr. 260'000.- ● Subvention: 30% durch die Eidg. Getreideverwaltung ● Inbetriebnahme: 1986 |
|--|---|

Le moulin agricole Charmillot S.A. à Vicques, initialement équipé d'une turbine Francis en chambre d'eau ouverte, était hors service depuis quinze ans. En 1986, les ouvrages de génie-civil ont été reconstruits et la turbine Francis a été remplacée par une turbine Kaplan à pales variables et distributeur fixe d'une puissance à l'arbre de 40 kW.

Cette micro-centrale peut fonctionner aussi bien en parallèle qu'en régime isolé et le moulin peut produire de la farine aussi en cas de défaillance du réseau, ce qui lui a permis de bénéficier d'un soutien financier de l'Office Fédéral de l'Agriculture (antérieurement: „Administration Fédérale des Blés“) dans le cadre des mesures d'économie de guerre.

La turbine installée sur ce site est un prototype entièrement développé et fabriqué en Suisse dans le cadre d'une collaboration entre un constructeur renommé, qui a fourni le profil hydraulique, et un petit fabricant qui en a assuré la fabrication et la mise en service.

Die Getreidemühle Charmillot S.A. in Vicques, einst mit einer Francis-Schachtelturbine ausgerüstet, stand während fünfzehn Jahren ausser Betrieb. Im Jahre 1986 wurde der bauliche Teil wieder instandgestellt und die Francis-turbine durch eine 40 kW Kaplan-turbine mit verstellbaren Laufradschaufeln und festem Leitapparat ersetzt.

Diese Kleinstanlage läuft ebensogut im Parallel- wie im Inselbetrieb, und so kann die Mühle auch bei Ausfall der öffentlichen Stromversorgung Mehl produzieren. Dank diesem für die Versorgung unseres Landes in Krisenzeiten wichtigen Beitrag kam sie in den Genuss von Subventionen des Bundesamtes für Landwirtschaft (ehemalige Getreideverwaltung).

Bei der Turbine handelt es sich um einen vollständig in der Schweiz entwickelten und fabrizierten Prototyp und wurde im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen einem bekannten Konstrukteur, der die hydraulischen Grössen ermittelte, und einem kleinen Hersteller, der die Fabrikation und die Inbetriebsetzung übernahm, realisiert.

Historique

Depuis 1945, le Moulin de Vicques avait utilisé les forces hydrauliques de la Scheulte, affluent de la Birse, avec une installation de 20 kW, dotée d'une turbine Francis en chambre d'eau ouverte. Cet aménagement avait été mis hors service en 1971 et les ouvrages de génie-civil, en particulier le canal, s'étaient considérablement dégradés depuis.

La situation énergétique en général et l'importance locale du moulin de Vicques dans le cadre de l'économie de guerre ont été les raisons qui ont justifié la remise en exploitation de la petite centrale hydraulique.

Un avant-projet basé sur une puissance de 20 kW a été soumis en 1984 à l'Administration Fédérale des Blés en vue d'une demande de subvention. Après analyse détaillée de la courbe des débits classés de la Scheulte, l'ingénieur en charge du projet a fixé définitivement la puissance à 40 kW (arbre turbine) en tenant compte d'une chute disponible de 3,8 mCE et d'un débit maximum de 1,3 m³/s.

Les travaux proprement dits ont débuté en 1985 après renouvellement de la concession et l'obtention d'un subside de 30% de la part de l'Administration Fédérale des Blés. La nouvelle installation a été mise en service en 1986.

Conception de la petite centrale

Ainsi que le montrent les figures 1 et 2, il n'y a pas eu de modifications importantes de l'aspect extérieur des bâtiments: l'ancien canal ainsi que la chambre d'eau ont été reconstruits en conservant approximativement les mêmes dimensions.

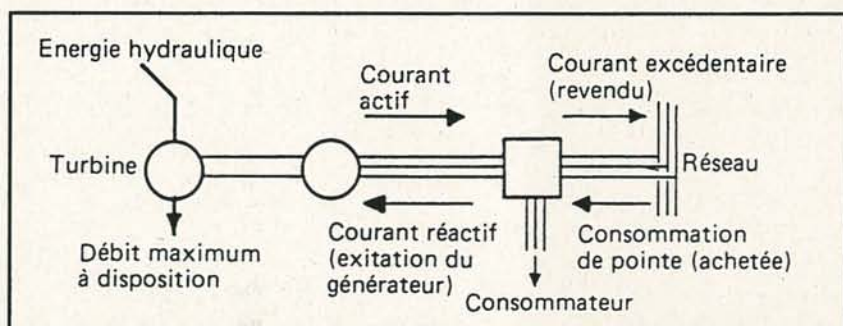
Ces travaux ont été réalisés parallèlement à la rénovation de la maison d'habitation, ce qui a permis d'installer le groupe turbo-générateur dans le sous-sol à l'emplacement de l'ancienne turbine.

La nouvelle turbine est du type Kaplan, machine qui peut absorber un débit d'eau supérieur à celui d'une turbine Francis sous un volume identique. De ce fait, il n'a pas été nécessaire d'augmenter le volume de la chambre d'eau.

Il s'agissait ensuite de trouver une solution technique d'un coût favorable pour permet-

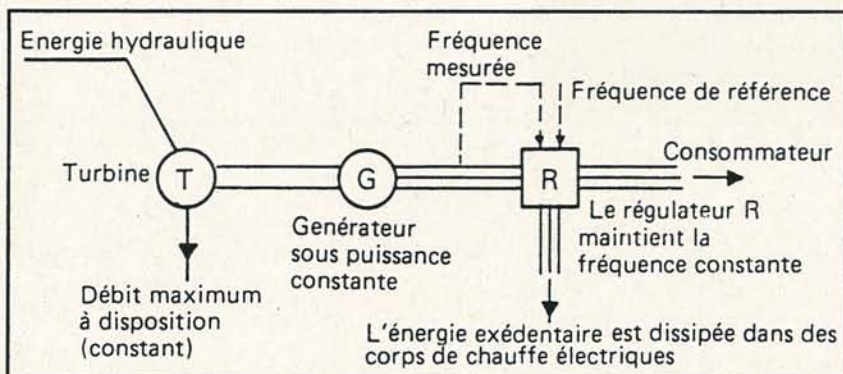
re le fonctionnement en régime isolé et parallèle demandé par l'Administration Fédérale des Blés pour l'octroi du subside: en effet dans le cadre de l'économie de guerre ou de catastrophe, cette administration exige que le moulin soit capable de produire de la farine même en cas de défaillance prolongée du réseau de distribution électrique. Le choix de l'ingénieur s'est porté sur un régulateur entièrement électronique à dissipation d'énergie qui permet une commutation automatique d'un régime à l'autre sans changement de vitesse ou de débit de la turbine.

Les principes du fonctionnement parallèle en îlotage avec dissipation de l'énergie excédentaire sont montrés sur les figures ci-bas.



Fonctionnement en parallèle sur le réseau

Parallelbetrieb am öffentlichen Netz



Fonctionnement en îlotage avec régulation charge-fréquence

Inselbetrieb mit Frequenz/Lastregelung

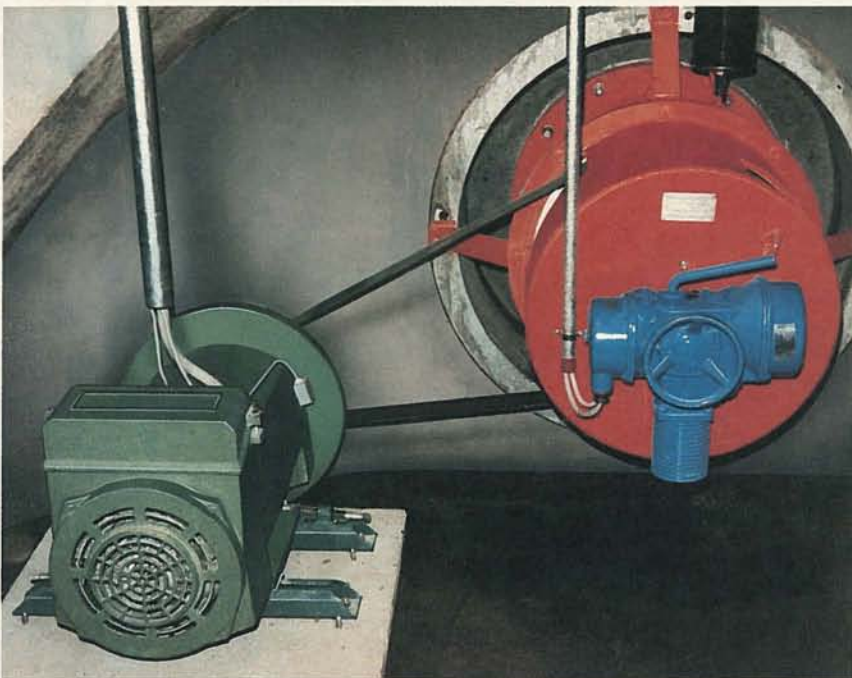
Le propriétaire a également installé un système de gestion électronique qui donne priorité à la consommation du Moulin, puis à la préparation d'eau chaude et au chauffage de l'habitation, ceci afin de minimiser la revente du courant au distributeur local et de réduire la consommation de pointe.

Ce système a été introduit pour utiliser le maximum d'électricité en autoconsommation, les prix de rachat offerts à l'époque par le distributeur local pour le courant excédentaire étant insuffisants pour rentabiliser l'installation.



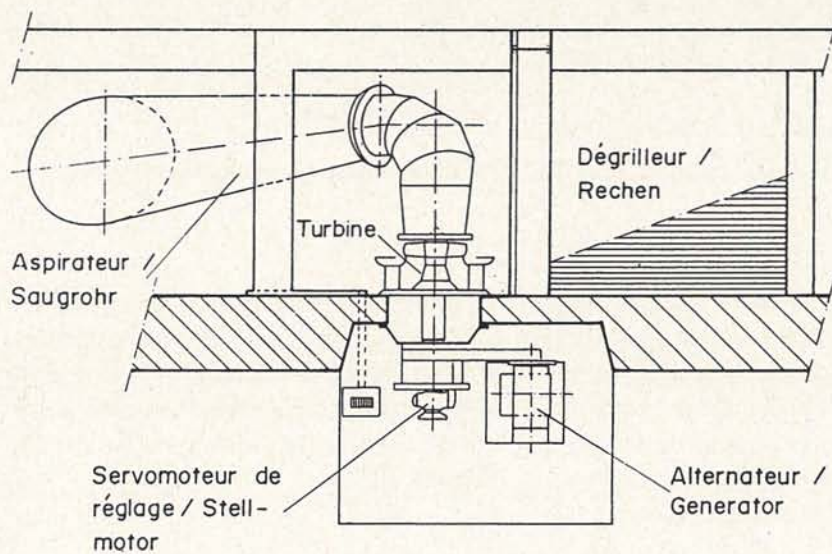
Turbine en montage en atelier

Turbine während Montage in der Werkstatt



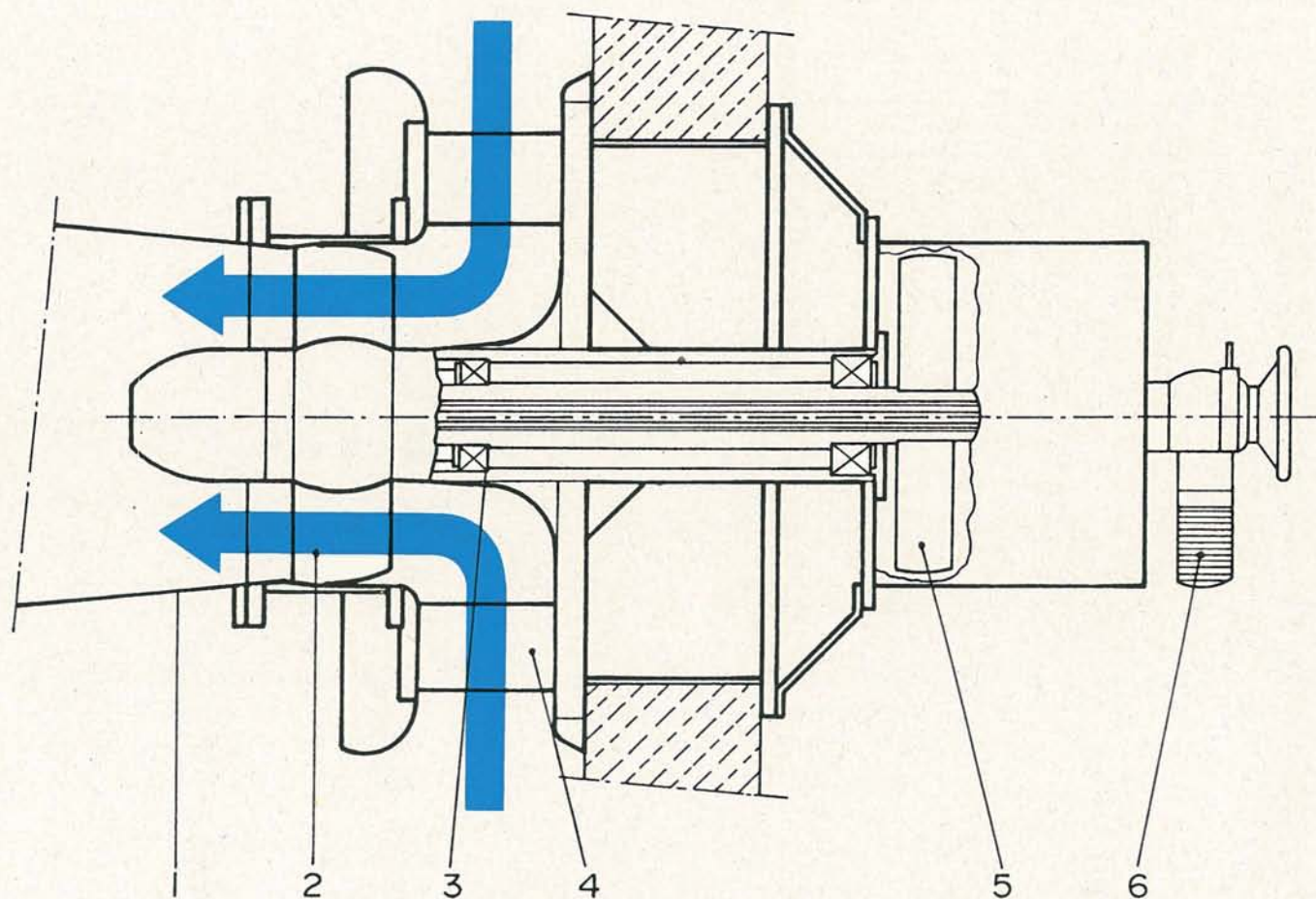
Turbine et générateur en service

Turbine und Generator im Betrieb



Plan de la micro-centrale

Grundriss des Kleinkraftwerkes

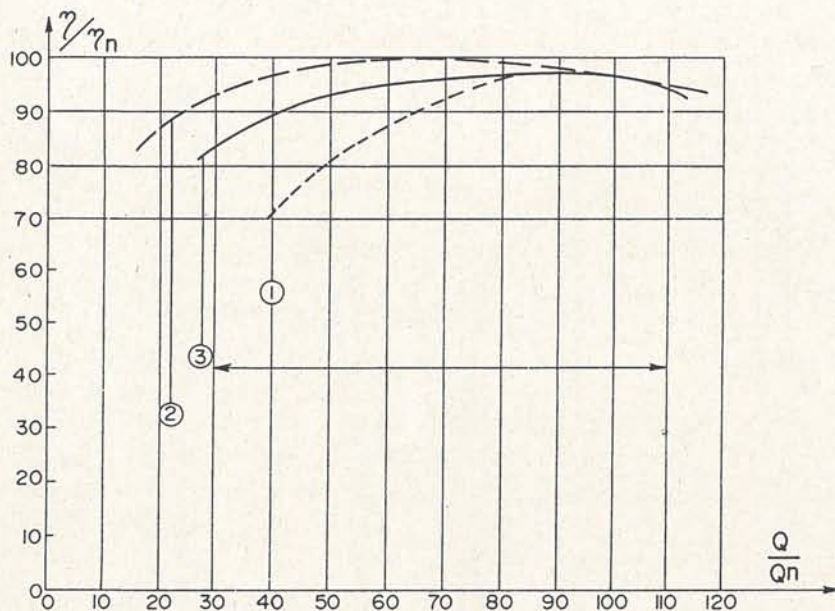


Vue en coupe de la turbine Kaplan à simple réglage

Schnitt durch die einfachgeregelte Kaplan-turbine

1. Aspirateur
2. Roue à aubage réglable en marche
3. Palier dans le bain d'huile
4. Aubage directeur fixe
5. Poulie d'entraînement pour courroie plate
6. Servo-moteur électrique de réglage des pales de la roue

1. Saugrohr
2. Laufrad mit im Betrieb regelbaren Schaufeln
3. Lager im Oelbad
4. Leitapparat mit festen Schaufeln
5. Antriebscheibe für Flachriemen
6. Elektrischer Stellantrieb der Laufradschaufeln



Comparaison des rendements relatifs de différentes turbines

Vergleich des Wirkungsgradverlaufes verschiedener Turbinen

1. Turbine Francis
2. Turbine Kaplan à double réglage (aubage moteur et distributeur).
Le rendement maximum est pris comme référence pour la comparaison.
3. Turbine Kaplan à simple réglage

1. Francisturbine
2. Kaplanturbine mit Doppelregelung (Leit- und Laufschaufel)
Ihr maximaler Wirkungsgrad gilt als Referenz für den Vergleich.
3. Einfach geregelte Kaplanturbine

Coût des travaux et prix de revient du courant produit

Investissements (base prix 1986):

Génie-civil: Fr. 140'000.-
Electro-mécanique: Fr. 120'000.-

Total: Fr. 260'000.-

Prix unitaire (Fr./kW installé): Fr. 8'200.-

Production annuelle (kWh/année): 200'000

Prix de revient du courant: 0,14 Fr./kWh

en tenant compte du subside de 30%: 0,10 Fr./kWh

Problèmes d'exploitation et corrections ultérieures

Les principaux problèmes rencontrés concernent le fonctionnement des installations durant les hautes eaux, le dégrillage et l'évacuation des sédiments transportés par le cours d'eau en crue.

Suite aux expériences faites à la mise en service, les modifications suivantes ont été apportées aux installations du canal:

- motorisation de la vanne de tête avec asservissement de son ouverture au niveau amont pour limiter le débit vers le canal et évacuer débris et sédiments
- motorisation de la vanne devant le dégrilleur pour faciliter une vidange rapide de la chambre de la turbine
- pose d'un dégrilleur à tôle perforée en lieu et place de la grille à nettoyage manuel initialement installée.

L'équipement électro-mécanique n'a pas posé de difficultés majeures.

Des correctifs ont dû être apportés aux machines en vue d'en éliminer les vibrations, le groupe turbo-générateur ayant été installé juste sous un appartement sans isolation phonique particulière.

La turbine a largement atteint la puissance prévue par le constructeur.

Il est bon de relever que si la turbine Kaplan a des performances supérieures à d'autres types de turbines, elle est sensible au colmatage par les feuilles mortes et les herbes qui peuvent passer entre les barres du dégrilleur. Ce dernier doit donc être conçu en conséquence.

Interrogé en 1997 sur le fonctionnement de son installation, le propriétaire s'est déclaré très satisfait. Seul, le colmatage par des feuilles posait encore un problème; il a été résolu, après quelques années de service, par la pose d'un dégrilleur automatique.

Contact:

Propriétaire:
CHARMILLOT S.A.
Moulins
2824 Vicques
032 / 435 65 64

Projet:
Jean-Marc Chapallaz
Ingénieur EPFL
Rue des Jaquettes
1446 Baulmes
024 / 459 24 73

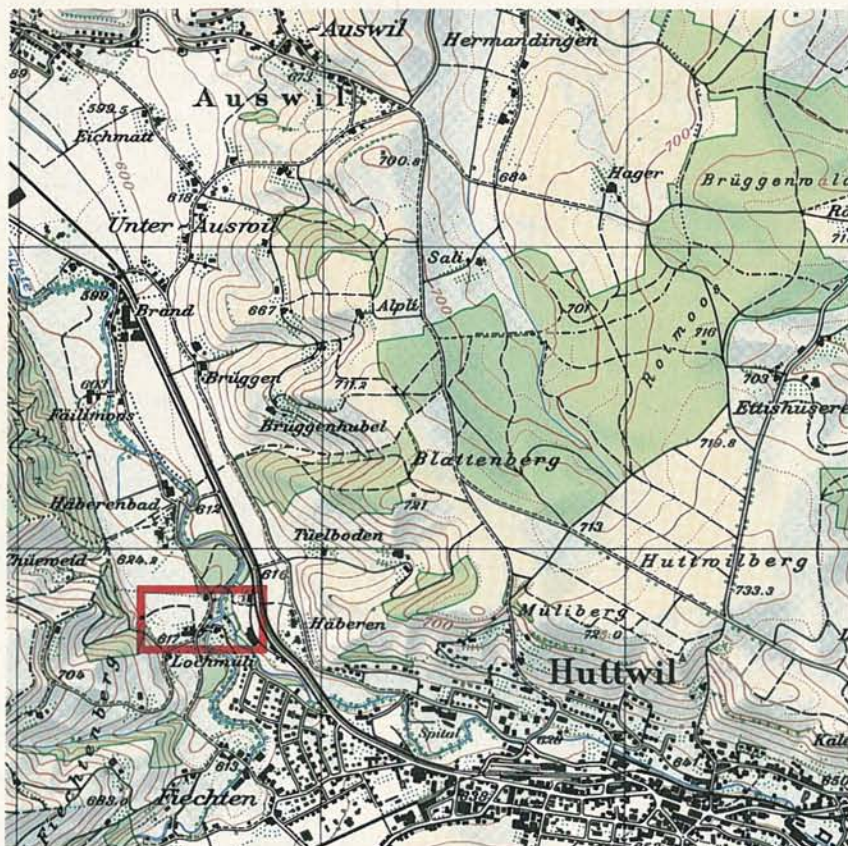
Liste des travaux et des composants de l'installation

Moulin de Vicques

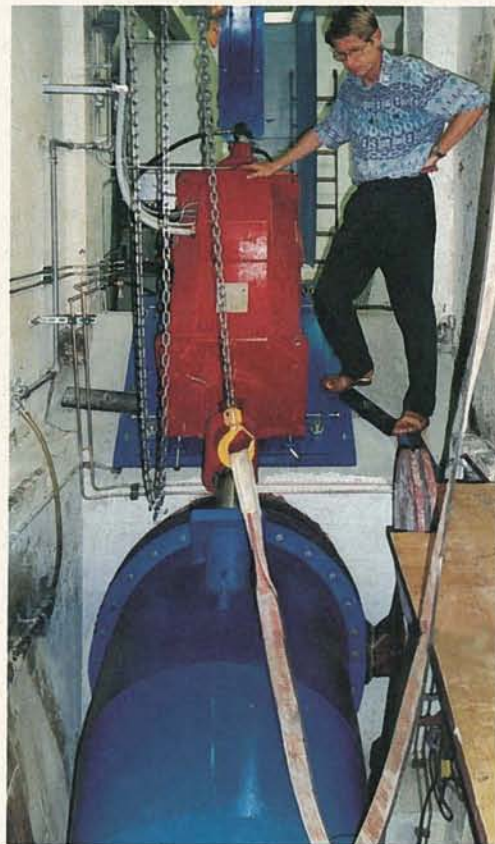
Travaux de génie-civil, vannes et dégrilleur	Frais (1986)	Bureaux d'études et fournisseurs
Refection du barrage de la prise d'eau Reconstruction du canal en béton armé Reconstruction de la chambre d'eau en béton armé Aménagement d'un local technique dans le sous-sol du bâtiment	110'000.- env.	J-P Bourquin, Ing. civil EPFZ/SIA, Broc (FR)
Dégrilleur automatique de type à tôle perforée et à racleurs, s'enclenche automatiquement en fonction de la différence de niveau entre amont et aval (indication du degré de colmatage). Grille grossière à l'entrée du canal, nettoyage manuel	15'000.- env.	W. Hiltbrunner S.A., Viques (JU)
Vanne de décharge à l'amont du dégrilleur. Cette vanne s'ouvre automatiquement en cas de découplage du générateur (défaillance ou panne électro-mécanique) pour éviter un emballement permanent de la turbine. Vanne de tête avec régulation du niveau amont. (Cette vanne s'ouvre automatiquement en cas de hautes eaux pour limiter le débit vers le canal et dériver corps flottants et sédiments vers le lit de la rivière.)	15'000.- env.	D. Buntschu, Bösingen (FR)
Equipement électro-mécanique		
Turbine Type Kaplan à axe horizontal à simple réglage (distributeur fixe et pales de la roue réglables en marche)	90'000.- env.	<u>Construction:</u> J-M Chapallaz, Ing. EPFL/SIA, Ste-Croix (VD) <u>Fabrication:</u> Société Industrielle de la Doux, St-Sulpice (NE)
Génératrice synchrone 40kVA 220/380V Régulateur électronique charge/fréquence Pour maintenir une fréquence fixe, dérive l'énergie excédentaire de la génératrice sur des résistances de dissipation au moyen d'une commande à thyristors. Régulateur de niveau Commande l'ouverture des pales de la turbine pour maintenir un niveau constant dans le canal, ce qui permet à la turbine de produire un maximum d'énergie avec le débit d'eau à disposition. Synchronisation automatique Permet le passage automatique de la turbine d'un régime isolé au fonctionnement en parallèle sur le réseau. Aucune intervention de l'exploitant n'est nécessaire pour cette opération.	30'000.- env.	H. Kobel, Elektroapparatebau, Affoltern i.E. (BE)
Total	260'000.-	
Financement	30% par l'Administration Fédérale des Blés	

Huttwil / BE

Strickwarenfabrik



Usine de tricotage



- Erneuerung einer Anlage von 1914
 - Doppelt regulierte Kaplan turbine, 40 kW
 - Niederdruckanlage mit 5,8 m Fallhöhe
 - Autom. Klappwehr mit Fischtreppe
 - Auslegung auf 400 - 1'200 Sekundenliter
 - Netzparallelbetrieb
 - Gesamtkosten : Fr. 600'000.-
- *Rénovation d'une installation de 1914*
 - *Turbine Kaplan à double réglage, 40 kW*
 - *Installation à basse pression avec chute de 5,8 m*
 - *Vanne-clapet automatique avec échelle à poissons*
 - *Conception pour 400 - 1200 litres par seconde*
 - *Fonctionnement en parallèle au réseau public*
 - *Coût total : Fr. 600'000.-*

Die Anlage Lochmühle wurde nach der Jahrhundertwende im Zuge der industriellen Revolution gebaut. Nachdem das Mühlrad ausgedient hatte, galt es, einen jungen Textilbetrieb mit Elektrizität zu versorgen, denn es fehlte damals ein öffentliches Netz. Seit 1914 unverändert in Betrieb, versah diese Anlage während fast 80 Jahren ihren Dienst. Nach rein ökonomischen Gesichtspunkten hätte die Anlage eigentlich bereits in den 60er Jahren stillgelegt werden müssen. Kaufinteressenten gab es keine, und die damals tiefen Energiepreise mit den lächerlichen Rücklieferntarifen gaben der buchhalterischen Betrachtungsweise einer Liquidation der Anlage recht. Doch schon damals gab es kluge und vorausschauende Unternehmer, die auch ökologische und ideelle Werte in ihre Planung einschlossen und dafür sorgten, dass solche Anlagen heute wieder ihren wertvollen Beitrag im Dienste unserer strapazierten Umwelt leisten können.

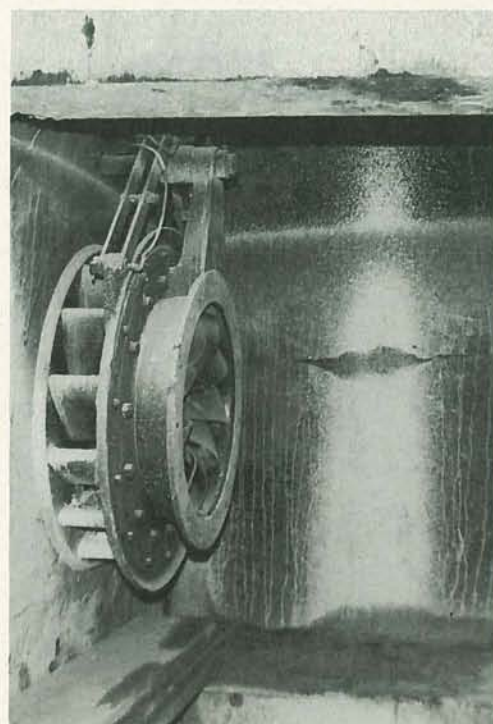
L'installation „Lochmühle“ fut construite au début de ce siècle, au moment de la Révolution industrielle. Après avoir servi comme roue de moulin, celle-ci continua ses services pour alimenter en électricité une nouvelle exploitation textile, car à cette époque-là il n'y avait pas encore de réseau public. Depuis 1914 et durant 80 années, cette installation fonctionna sans changement, bien que dans les années 60 elle aurait dû être mise hors service pour des raisons écologiques.

Comme il n'y avait pas d'acheteurs potentiels et que les prix de l'énergie étaient à l'époque tellement bas, avec des tarifs de reprise du courant ridicules, les considérations comptables étaient favorables à la liquidation de l'installation. Mais en ce temps-là, il y avait déjà des entrepreneurs sensés et prévoyants qui inclurent des valeurs écologiques et idéalisées dans leurs propres études et veillèrent ainsi à ce que de telles installations puissent de nos jours apporter à nouveau une contribution en faveur d'un environnement tellement malmené.

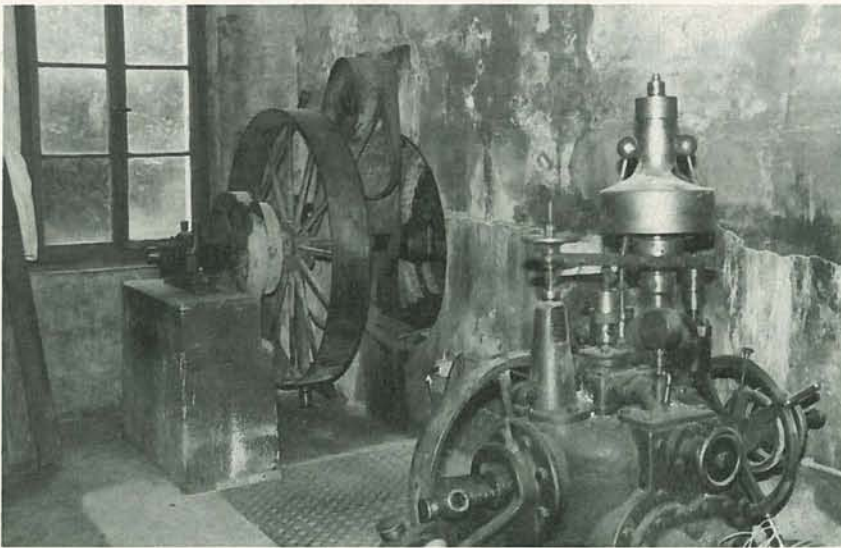
Renovation

Im Jahre '89 wurde die Planung für eine umfassende Renovation aller Anlageteile des Kleinwasserkraftwerkes Lochmühle durch Kurt Loosli, den heutigen Besitzer und Inhaber der Strickwarenfabrik FRILLO, in Auftrag gegeben. Zusammen mit einem beratenden Elektroingenieur wurden die Umbaupläne entwickelt und im Frühjahr '90 konnte nach ca. 6monatiger Bauzeit eine vollständig renovierte Anlage mit neuer Kaplan-Rohrturbine ihren Betrieb aufnehmen. Allerdings wurde diese Turbine wegen technischen Mängeln nach 5 Jahren ersetzt.

Im einst mit Wasser gefüllten Schacht sah man die alte Francis-Schachtturbine (das Saugrohr ist hier bereits demontiert) ...



Dans la chambre anciennement remplie d'eau, on pouvait voir la vieille turbine à chambre ouverte (le tube d'aspiration a déjà été démonté)...



... mit Riemengetriebe und Fliehkraftregler auf der anderen Seite. Vergleichen Sie dazu den Umbau der „Scierie de Moutier“ auf S. 57. Dort wurde die Francisturbine beibehalten und nur der Regler ersetzt.

... avec transmission à courroie et régulateur centrifuge du côté opposé. A ce sujet, comparer avec la transformation „Scierie de Moutier“ à la page 57, pour laquelle la turbine Francis fut conservée mais le régulateur changé.



Trotz zahlreicher Funktionen und Programmiermöglichkeiten sieht heute diese standardmässige Kleinwasserkraftwerksteuerung sehr schlicht aus.

Malgré de nombreuses fonctions et facilités du logiciel, cette commande standardisée pour petites centrales hydrauliques se présente assez simplement.

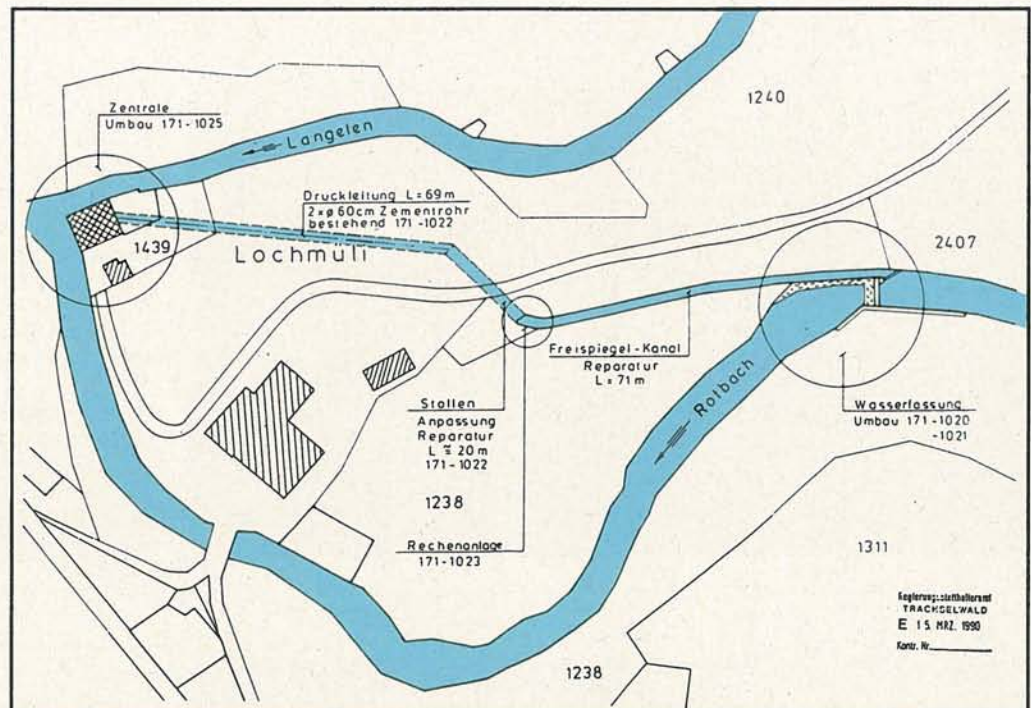
Anlagebeschreibung

Das Wasser des Rotbaches in Huttwil wird bei der Wehranlage mit einem hydraulisch gesteuerten Klappwehr gestaut. Mittels ca. 70 m Freispiegelkanal wird es den zwei Druckleitungen mit je 60 cm Lichtweite zugeführt. Im Kanal sitzt ein einfacher Rechenreiniger, der vor allem im Herbst und bei Gewittern das Turbinenwasser von Laub und Schwemmgut befreit. Die ebenfalls ca. 70m langen Rohre werden in der Zentrale durch ein Hosenrohr gefasst und leiten das Druckwasser einer doppelt geregelten Kaplan-Rohrturbine zu. Diese ist in einem Winkel von ca. 45° geneigt. Ein Synchrongenerator ist direkt mit der Antriebswelle der Turbine gekoppelt und sorgt für bestmögliche Umsetzung der mechanischen Kräfte in Elektrizität.



In diesem Haus am Zusammenfluss der Langeten und des Rotbaches ist die Zentrale untergebracht.

La centrale a été installée dans cette maison, au confluent du „Langeten“ et du „Rotbach“.



Praktisch neu gebaut wurden die Wasserfassung und die Turbinenzentrale. Der Stollen musste leicht saniert werden und der Einlauf wurde mit einem Rechen versehen, der automatisch gereinigt wird. Die Konzessionsurkunde von 1914 musste nur geringfügig abgeändert werden, da die wesentlichen Punkte (Wassermenge, Bruttohöhe, Ausleitstrecke) gleich blieben, was eine Neukonzession unnötig machte.

En principe, la centrale et le captage d'eau furent reconstruits. Il fallut toutefois améliorer la galerie et installer une grille sur l'entrée d'eau, avec nettoyage automatique. L'acte de concession de 1914 a dû être légèrement modifié, puisque les données essentielles avaient été conservées (débit d'eau, hauteur brute, tronçon de dérivation). Une nouvelle demande de concession était donc inutile.

Niederdruckanlagen - hohe Bauinvestitionen

Niederdruckanlagen besitzen die Eigenschaft, dass grosse Wassermengen bei kleinem Gefälle transportiert werden müssen. Das bedingt je nach Anlagesituation breite Zulaufkanäle und -rohre sowie Maschinen mit grossem Schluckvermögen. Bei Niederdruckanlagen bedeutet jeder Zentimeter Höhenunterschied wertvolle Energie. Das Oberwasser muss daher bei solchen Anlagen möglichst hoch gehalten werden, was andererseits zusätzliche Überschwemmungsgefahr bedeutet.

Die Lösung mit dem vorliegenden hydraulischen Klappwehr hat sich während der bisher vierjährigen Betriebsdauer ausgezeichnet bewährt. Nicht nur lässt sich der Oberwasser-Pegelstand zentimetergenau halten, auch bei rascher Veränderung der Zuflussmenge (Gewitter) reagiert dieser Wehrtyp bis zur vollständigen Freigabe des ganzen Bachquerschnittes exakt auf jeden Betriebszustand. Der Hochwasserschutz darf hier als optimal bezeichnet werden.



Das alte Schützenwehr, an dessen Stelle jetzt das...

L'ancien barrage à vanne plane qui a été remplacé...



...neue Wehr mit der Fischtreppe (links) steht.

... par le nouveau barrage avec une échelle à poissons (à gauche).



Dieses Hosenrohr führt das Wasser aus den beiden Druckrohren zur Turbine.

Ce tuyau-culotte amène l'eau des deux conduites forcées vers la turbine.



Mit einem Mobilkran musste die Wehrklappe von einem nahen Strässchen ans richtige Ort gehievt werden.

Il a fallu soulever la vanne-clapet du barrage à l'aide d'une grue mobile stationnée dans une ruelle adjacente, pour la mettre en place à l'endroit voulu.

Kaplanturbinen - die Qualität ist entscheidend.

Die ausgewählte Kaplanmaschine, ein kostengünstiger Typ aus Schweden, erfüllte die gestellten Anforderungen nicht. Nachstehend beschreibt Kurt Loosli den Sachverhalt wie folgt:

„Dieses Fabrikat wurde im Planungsjahr '89 unter verschiedenen Anbietern und auf Empfehlung unserer Beratungsfirma ausgewählt, weil hier ein besonders günstiges Kosten-Nutzenverhältnis vorlag und solche Maschinen sowohl in Schweden selbst als auch im weiteren Ausland bereits im Einsatz standen. Leider habe ich es versäumt, diese Empfehlungen kritisch zu hinterfragen und abgesicherte, messbare Anforderungen mit entsprechenden Pönalitäten bei Nichteinhaltung der Werte festzulegen. Ein neutraler Turbinenfachmann hätte beigezogen werden müssen. Dieser hätte meinen damaligen Kaufentscheid mit Sicherheit in eine andere Richtung gelenkt.

Grundsätzlich ist der Einsatz einer Kaplanmaschine mit der damit verbundenen Trockenlegung des Turbinenhauses (vorher Francis-Schacht mit Wasserkammer) richtig. Sowohl bezüglich Energieausbeute wie

Wohnqualität (Feuchtigkeit) des Turbinenhauses haben wir eindeutige Verbesserungen erreicht.

Hingegen haben sich im Verlaufe der Zeit an der Maschine selbst schwerwiegende Mängel bemerkbar gemacht. Infolge Undichtheit bei der Laufradverstellung füllte sich die Laufradbirne mit Wasser, so dass der Verstellmechanismus blockierte. Ferner waren Probleme an der Lagerung der Antriebswelle aufgetreten, deren Abdichtung bis heute noch nicht befriedigend ist.

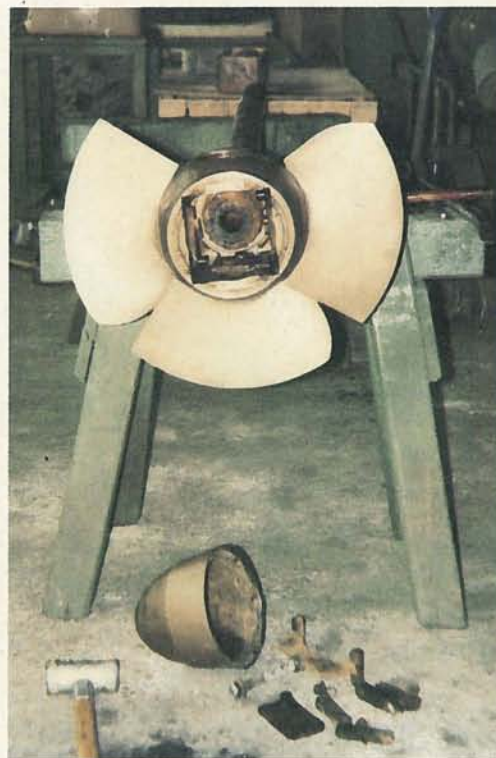
Diese Mängel machten ein mehrmaliges Ausbauen der Maschine mit teuren Reparaturkosten notwendig. Ferner hat sich herausgestellt, dass der lineare und mechanisch fest verbundene Zusammenhang von Laufrad/Leitapparat sowie das Fehlen eines Spülvorgangs an der Maschine zu einem schlechten Jahreswirkungsgrad führen.

Das Pech wollte es zudem, dass der Inhaber der schwedischen Lieferfirma kurz nach Einbau unerwartet verstarb, so dass es durch unregelmäßige Nachfolgerfragen äusserst schwierig wurde, Garantieleistungen zu erhalten.“



Beim 1990 eingebauten Modell waren die Leitschaufeln mit den Laufradschaufeln über ein Gestänge fest gekoppelt, was nicht immer ideal ist.

La turbine de 1990: Les aubes directrices sont rigidement accouplées avec les aubes du rotor via une tringlerie, ce qui n'est pas toujours une solution idéale.



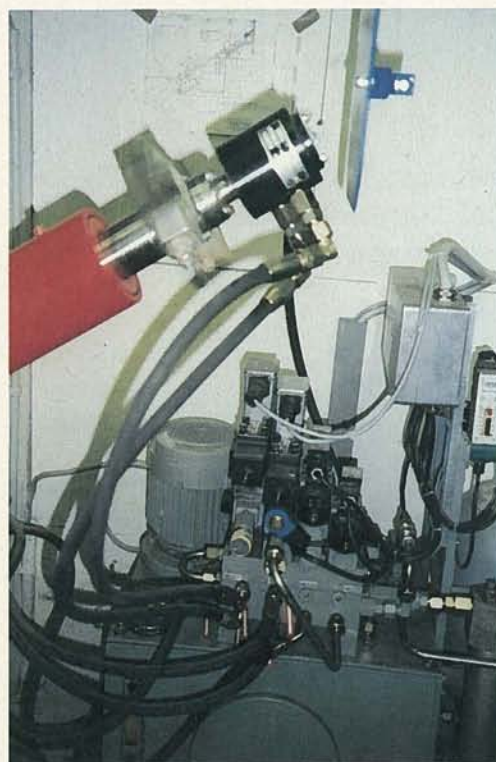
Beschädigter Verstellmechanismus infolge schlechter Abdichtung.

Par suite d'un manque d'étanchéité, le bulbe du rotor s'est rempli d'eau, endommageant et bloquant ainsi le mécanisme de réglage des aubes.



Neue Turbine von 1995:
Vorrichtung für die Verstellung der Leitschaufeln

*La nouvelle turbine de 1995:
Le servo-moteur hydraulique pour la commande des aubes directrices*



Im Vordergrund am Ende der Hohlwelle der Verstellapparat für die Laufradschaufeln, dahinter das Hydraulikaggregat.

Au premier plan le mécanisme de commande des pales de la roue; en arrière la pompe hydraulique.

Gewonnene Erfahrungen

Aus den hier gewonnenen Erfahrungen lassen sich folgende Ratschläge ableiten:

- **Planer:** Die Ausbildung und Erfahrung des projektverantwortlichen Planers müssen dem Bauherrn bekannt sein. Wenn Zweifel an der fachlichen oder erfahrungsmässigen Voraussetzung bestehen, darf sich der Bauherr nicht scheuen, weitere Fachleute beizuziehen.
- **Referenzen** sind über alle Produktehersteller, inklusive Planer einzuholen. Mit einer ausdrücklich verlangten vollständigen Referenzliste über eine längere Zeitperiode lassen sich auch weniger gelungene Objekte erfassen. Die Erfahrungen solcher Anlagen sind die wertvollsten.
- Immer schriftlich festzuhalten sind: Genauer Leistungsumfang, Verantwortlichkeiten, Garantien, messbare Sollwertleistungen, Pönalitäten bei deren Nichteinhaltung, Regelung bei Kostenüberschreitung etc.
- **Versicherungen:** Die Maschinenbruch- und Betriebsausfallversicherung ist in jedem Fall empfehlenswert, da sonst das Risiko nicht berechenbar ist und schnell in astronomische Höhe steigen kann. Die Angelegenheit ist nie endgültig: Nach längerem störungsfreiem Betrieb kann der Versicherungsnehmer immer noch entscheiden, ob er später das Betriebsrisiko zu Gunsten der Prämienersparnis selbst tragen will.

- **Turbine:** Im Gegensatz zu kleinen Peltonturbinen können doppelt regulierte Kaplanmaschinen nicht billig sein. Für die Ausschreibung (Einholen und Vergleichen der Offerten) des „Herzens der Anlage“ sollten unabhängige Fachleute konsultiert werden. Neben dem Festlegen der Liefer- und Montagebedingungen sind unbedingt Garantien für den Wirkungsgrad und für Schadenfälle erforderlich.

- **Bauliche Veränderungen:** Bei baulichen Anpassungen sind mit Vorteil Pauschalangebote von den ausführenden Firmen einzuholen. Verlassen Sie sich keinesfalls auf Schätzungen sogenannter Allroundplaner. Es könnte sonst böse Überraschungen geben.

Vergessen Sie jedoch ob all den vielen Empfehlungen nicht, dass Sie mit Ihrem Renovationsvorhaben einen wertvollen Beitrag zur dezentralen Energieversorgung leisten.

Obwohl Sie davon ausgehen können, dass Ihnen weder unsere Energiepolitiker noch sonst irgend jemand für Ihr Engagement jemals ein Merci vorbeibringen wird, werden Sie in Ihren Bemühungen nicht nur die Freunde der Kleinwasserkraftwerkler auf Ihrer Seite haben, auch die nachfolgende Generation wird Ihnen ein Kränzli winden, sei Ihr Beitrag auch noch so klein.

Kontaktadressen:

Betreiber:
Kurt Loosli
Strickwarenfabrik FRILLO
4950 Huttwil
Tel. 062 / 962 11 19

Automatische Wehre

Barrages à vannes-clapets automatiques

Aufgabe aller automatischen Wehre ist einerseits den Oberwasserspiegel zwecks optimaler Energieausnutzung möglichst hoch zu halten und andererseits den Bachquerschnitt bei einem Hochwasser freizugeben, damit keine Überschwemmungen entstehen. Da sie rund um die Uhr unabhängig von Bedienungspersonal arbeiten, bieten sie diesbezüglich eine grössere Sicherheit als manuell betätigte Wehre.

Wehre mit Gegengewicht oder Schwimmkörper und gewisse Schlauchwehrtypen funktionieren automatisch und ohne Energiezufuhr. Der oben beschriebene Wehrtyp wird jedoch mittels Wasserspiegelsonde, Elektromotor und Hydraulikzylinder betätigt, ist also auf eine Stromversorgung angewiesen. Seine Vorteile bestehen darin, dass dank moderner Elektronik und freier Wahl des Ortes der Messsonde mehr Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen (z.B. automatisches Spülen, Berücksichtigung der Wasserspiegellhöhe weit oberhalb oder unterhalb des Wehres) und dass die Steuerung der Wehrklappe mit derjenigen der Turbine verbunden werden kann.

Gerade dies stellt aber hohe Anforderungen an die Regeltechnik, wie das Beispiel von Huttwil deutlich zeigt. Kommt noch dazu, dass den hydraulischen Verhältnissen Rechnung getragen werden muss; denn bedingt durch die Trägheit des weit nach hinten gestauten Wassers reagiert der Oberwasserspiegel sehr langsam auf ein Öffnen oder Schliessen der Turbine:

Le but de tout barrage à vanne-clapet automatique est, d'une part, de maintenir le niveau d'eau amont aussi haut que possible en vue d'un profit énergétique optimal et, d'autre part, de déverser les eaux de crue dans la rivière afin d'éviter une inondation. Etant donné qu'un tel barrage fonctionne sans personnel d'exploitation, il offre une plus grande sécurité qu'une retenue à vanne manuelle.

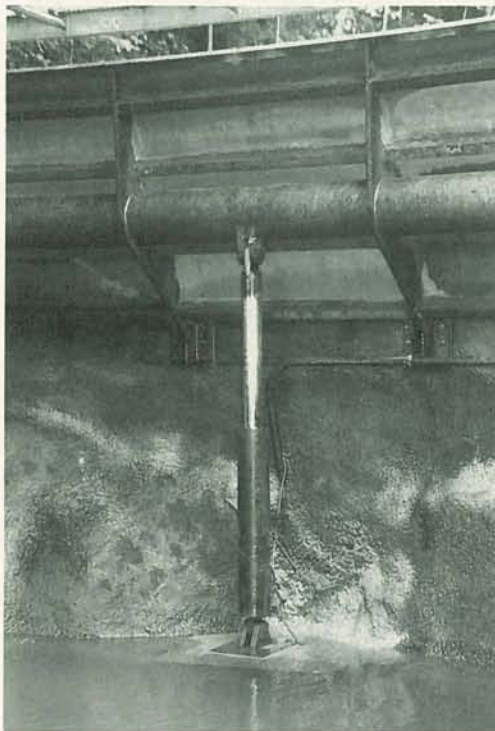
Les vannes à contre-poids ou à flotteur ainsi que certains types tubulaires fonctionnent de manière automatique et sans apport d'énergie. Le type de vanne décrit ci-dessus est actionné par un capteur de niveau d'eau, un moteur électrique et un vérin hydraulique, ce qui implique donc une alimentation électrique. Grâce à son équipement électronique moderne et à un positionnement indifférent du capteur de niveau, ce type de barrage possède de plus larges possibilités de commande (p.ex. purge automatique, prise en compte de la hauteur du niveau bien plus en amont ou en aval du barrage); par ailleurs, la commande de sa vanne peut être coordonnée avec celle de la turbine.

Mais ceci pose de hautes exigences à la technique de régulation, comme le montre nettement l'exemple de Huttwil. Ainsi, il faut tenir compte des conditions hydrauliques existantes; en effet, conditionné par l'inertie de l'eau retenue bien plus en arrière, le niveau d'eau amont réagit très lentement à l'ouverture ou la fermeture de la turbine:

HINWEIS
CONSEIL

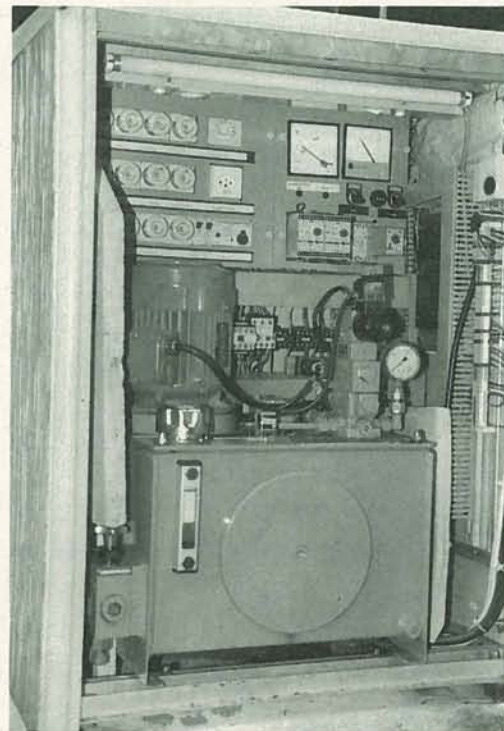
Öffnet sich die Turbine bei steigendem Oberwasserspiegel, so dauert es lange, bis sich dies bei der Sonde bemerkbar macht. Die Hochwasserklappe muss dann mit dem Reagieren etwas zuwarten, denn beim raschen Öffnen würde der Wasserstand zu schnell sinken, was zur Folge hätte, dass Klappe und Turbine sofort wieder schließen würden. Daraus ergäbe sich eine Pendelbewegung, die sich erst nach einiger Zeit auf einen gewissen Punkt einstellen würde. Bis dahin würde viel Wasser und Energie verschwendet werden. Richtige Programmierung und angemessene Verzögerungszeiten beugen solchen Zuständen vor.

Lorsque la turbine s'ouvre à la suite de la montée du niveau amont, le capteur de niveau doit intervenir avec une certaine temporisation sur l'ouverture de la vanne de crue. Sans cela, le niveau baisserait trop vite, entraînant alors la fermeture immédiate de la vanne-clapet et de la turbine. Il s'ensuivrait un mouvement pendulaire qui n'atteindrait son équilibre qu'après certain un laps de temps. Beaucoup d'eau et d'énergie seraient entre-temps perdues, ce que l'on évite par une programmation correcte des temporisations.



Der Hydraulikzylinder der Wehrklappe....

Le vérin hydraulique de la vanne-clapet du barrage...



.... wird über diesen Schaltkasten mit der Ölpumpe gesteuert.

... est piloté par la pompe à huile via cette armoire de commande.

Daten und Kosten

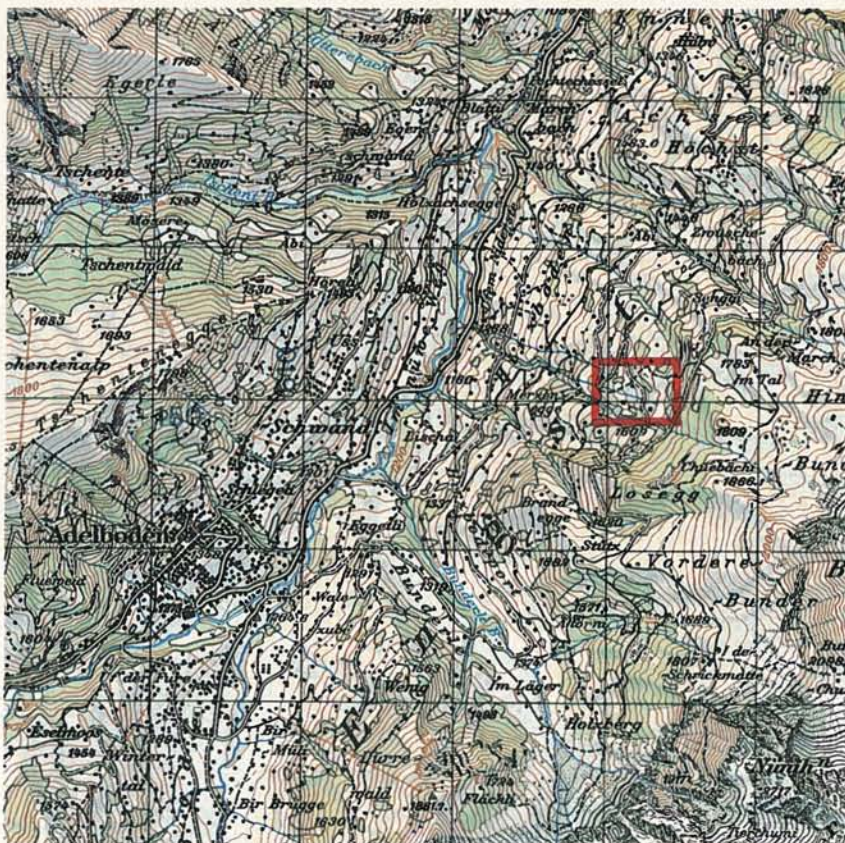
Frilo Huttwil

Baulicher Teil - Stahlwasserbau	Kosten (Fr.)	Hersteller / Lieferant
Fassung (Bauarbeiten am Wehr und Einlauf)	*)	Lokale Baufirma
Wehrklappe inkl. Hydraulikaggregat u. Steuerung	*)	Wiegert & Bähr
Damm Balken, Schwimmbalken	*)	selbst konstruiert
Bedienungssteg mit Geländer	*)	Lanz AG, Huttwil
Fischtreppe	*)	Lokale Baufirma
Automatische Rechenanlage	*)	Wiegert & Bähr
Reparaturarbeiten am Kanal	*)	Laich, Avegno TI
Anpassung des Stollens	*)	Laich, Avegno TI
Umbau der Zentrale inkl. Fassade, Einbau der Turbine	80'000.-	Lokale Baufirma
Elektromechanische Ausrüstung		
Neue Turbine (Kaplan Rohrturbine, 5,8 m Fallhöhe, max. 1200 l/s, doppelt reguliert) inkl. Saugrohr und Doppelklappe	*)	Gugler, Österreich
Generator	*)	Hitzinger
Schaltschrank mit Turbinenregler und SPS-Steuerung	*)	Firma EKATA, Weier i. E.
Pegelsonde Fassung	*)	
Durchflusswasserstandsregler	*)	
Elektriker (Montage und Verdrahtung)	*)	Lokale Elektrofirma
Netzanschluss, Netzschutz, Zähler	*)	Lokale Elektrofirma
Verschiedenes		
Konzept, Planung, Beratung	*)	-----
Bauleitung	*)	-----
Inbetriebnahme	*)	
Total Anlagekosten	600'000.-	
Finanzierung / Unterstützungsbeiträge		
35% der Zinskosten während 4 Jahren durch den Kanton Bern	300'000.-	
Bankdarlehen KB Bern	*)	

*) Keine Angaben verfügbar

Adelboden / BE

Voralp Hirzboden



Préalpage Hirzboden



- 3 Alpbetriebe mit 30 Kühen
- Inselbetrieb
- Peltonturbine 2,5 oder 4 Kilowatt
- 4 oder 7 l/sec. Betriebswassermenge
- 100 m Fallhöhe
- Fassung eines kleinen Quellbaches
- 380-Volt Drehstrom
- Erstellung im Oktober 1991
- Betrieb der Melkmaschinen, Kühlschrank und Beleuchtung
- Gesamtkosten : Fr. 55'000.-
(Unterstützung durch Lehrlinge einer Elektrofirma)

- 3 alpages avec 30 vaches
- Fonctionnement en îlotage
- Turbine Pelton 2,5 ou 4 kilowatts
- Débit d'eau d'exploitation 4 ou 7 l/seconde
- Hauteur de chute nette de 100 m
- Captage d'un petit ruisseau de source
- Courant triphasé 380 Volt
- Réalisation en octobre 1991
- Alimentation des trayeuses, du réfrigérateur et de l'éclairage
- Coût total : Fr 55'000.-
(Aide apportée par des apprentis d'une entreprise d'électricité)

Dies ist ein Beispiel einer einfach aufgebauten und praktisch ohne Wartung funktionierenden Hochdruckanlage, wie man sie in grosser Anzahl auf Alpbetrieben vorfindet. Das Projekt kam durch einen tatenfreudigen und uneigennützig denkenden Pensionär zustande, der dank seinen technischen Kenntnissen die gesamte Projektleitung übernehmen konnte. Mit dem unkomplizierten und spontanen Einsatz aller beteiligten Personen, (z.B. der Lehrlinge einer grosszügigen Elektrofirma oder der Kantonsbehörde) konnte die Anlage in einer äusserst kurzen Planungs- und Bauzeit und erst noch kostengünstig realisiert werden.

Die kleine Pelton-turbine versorgt drei Heimwesen auf der Voralp Hirzboden mit Strom. Für die Sennen bedeutet dies eine erhebliche Erleichterung, denn sie müssen nicht mehr von Hand melken, und die Wohnräume sind heller und wärmer geworden, was sie zu schätzen wissen, wenn sie jedes Jahr bis Mitte Dezember dort oben hausen - aus dieser Sicht kommt diese Anlage einem „kleinen Wunder“ gleich.

Il s'agit ici de l'exemple d'une installation à haute pression, construite fort simplement et ne demandant presque pas d'entretien, comme on les trouve dans de nombreuses exploitations alpines. Le projet vit le jour grâce à un retraité actif et plein d'idées, qui par ses connaissances techniques prit en charge toute l'étude du projet. La participation spontanée d'un certain nombre de personnes (p.ex. les apprentis d'une entreprise d'électricité ou les fonctionnaires cantonaux) permit de réaliser l'installation non seulement en une courte période d'étude et de construction, mais encore à un prix avantageux.

La petite turbine Pelton alimente ainsi en courant trois dispositifs de l'alpage Hirzboden. Cela permet aux vachers de simplifier grandement leur travail (ne plus traire à la main), de mieux éclairer et chauffer leurs locaux d'habitation; ce qu'ils apprécient beaucoup lorsqu'ils doivent y séjourner chaque année jusqu'à la mi-décembre. Ainsi on peut dire que cette installation est un vrai „petit miracle“.

Leben ohne Luxus

Wie an manch anderen Orten bleiben auch die Bauern aus dem Engstligental bis in den Winter hinein auf den hochgelegenen Voralpen, bis das dort eingebrachte Heu verfüttert ist. Erst danach ziehen sie mit ihrem Vieh hinunter ins Tal und zurück in die moderne Zivilisation. Auf der Voralp Hirzboden, wo vom Mai bis in den Dezember hinein gewirtschaftet und gewohnt wird, herrschten noch vor drei Jahren teilweise Bedingungen wie im letzten Jahrhundert: Gemolken wurde noch von Hand, Stube und Stall wurden mit Petrollampen beleuchtet.

Fritz Schüpbach, ein ehemaliger Swissair-Techniker, der seit seiner Pensionierung hobbymässig Kleinst-Wasserkraftwerke

plant und baut, wurde auf diese Situation aufmerksam und nahm Kontakt mit den drei betroffenen Bauernfamilien auf. Zuerst wollte er mittels einer Solaranlage Strom und etwas Komfort auf die Voralp bringen. Dann aber entdeckte er den nahegelegenen Quellbach, und bald wurde mit einer Turbine eine, wie er sagt, sieben mal billigere Lösung gefunden. Für ihn war dies nicht sein erstes Stromversorgungsprojekt auf einer Alp, und auch nicht das erste, bei dem er auf die Unterstützung der Zürcher Elektrofirma Hans K. Schibli AG zählen durfte: Diese führte ein Lehrlingslager auf der Voralp durch und stellte so unzählige Arbeitsstunden gratis zur Verfügung.



Die Elektrikerlehrlinge installierten bei allen drei Heimwesen die Sicherungsverteilung mit einer Fernsteuerung für die Reduktion des Betriebswassers.

Les apprentis électriciens installèrent sur les trois dispositifs de l'alpage des disjoncteurs télécommandés afin de réduire le débit d'eau d'exploitation.

Turbine mit Spargang

Weil gegen den Herbst hin die Schüttung des Quellbächleins abnimmt, musste eine wassersparende Lösung gefunden werden. Als erstes wurde mehr Gefälle ausgenützt, indem man den Turbinenstandort etwas tiefer als das unterste Heimwesen legte. Dies verursachte längere Elektrozuleitungen, welche aber über grosse Strecken in den selben Graben wie die Druckleitung gelegt

werden konnten. Zweitens wurde bei der Turbinendüse ein von jedem Heimwesen aus fernbedienbares Stellmötörchen installiert, mit welchem der Wasserstrahl von 7 auf 4 Liter pro Sekunde reduziert werden kann. Die grössere Leistung von gut 4kW bei 7 Sekundenlitern braucht man eigentlich nur, wenn gleichzeitig an allen drei Orten gemolken wird.



Über diesen Hebelmechanismus stösst das ferngesteuerte Elektromotörchen die Düsennadel nach vorn und verringert so den Durchfluss von 7 auf 4 Liter pro Sekunde. Die Leistung sinkt dabei von 4,2 auf 2,8 kW, der manometrische Druck steigt hingegen infolge geringerer Reibungsverluste von 8,5 auf 10 bar.

Ce mécanisme à levier pousse en avant le pointeau de tuyère télécommandé par un petit moteur électrique et, ainsi, réduit le débit de 7 à 4 litres par seconde. Ce faisant, la puissance diminue de 4,2 à 2,8 kW, la pression manométrique croît par contre de 8,5 à 10 bars par suite de plus faibles pertes par frottement.

Das Konzessionsprojekt

Die folgenden Ausschnitte aus dem nur sieben Seiten umfassenden Bewilligungsgesuch beweisen, dass es für die Erlangung der Konzession nicht (immer) eine Doktorarbeit braucht:

Dokumentation

Zwecks Erstellung des Mikrokraftwerkes Hirzboden haben die nachgenannten 3 Bergbauern eine Interessengemeinschaft gebildet.

Hans Fuhrer-Born (Rinderwald) Achseten
Fritz Inniger (Ried) Frutigen
Walter Inniger (Hirzboden) Adelboden

Die drei Alpen sind im Privatbesitz der Obgenannten. Sie befinden sich im Gebiet Hirzboden. Auf Plan Nr. 1 und 2 sehr gut ersichtlich. Ab Adelboden ist das betreffende Gebiet durch eine gut ausgebaute Fahrstrasse erreichbar.

Die drei Hirten sömmeren durchschnittlich 35 Grossvieheinheiten, davon 20 Kühe. Die Alpbewirtschaftungszeiten sind folgendermassen:

Fritz Inniger: 15. Mai - 24. Dezember

Hans Fuhrer und Walter Inniger: 15. 5. - 25. 6./1. 9. - 10. 10.
und 1. 11. - 20. 12.

Es ist eine unbestrittene Tatsache, dass die Bewirtschaftung der Alpen, nebst dem volkswirtschaftlichen Wert, einen enorm grossen Landschaftsschutzwert darstellt. Trotzdem werden bereits viele Alpen aus Rentabilitätsgründen oder infolge Mangels an Fachpersonal nicht mehr bestossen und verganden dadurch. Eine Möglichkeit diesem Trend entgegenzuwirken, ist den Hirten (oder Hirtenfamilien) die Arbeit und den Aufenthalt auf der Alp zu erleichtern. Die obgenannten Alphirten haben sich deshalb entschlossen, die vorhandene Wasserkraft für den Betrieb eines Turbinengenerators zu nutzen.

Mit einer einfachen Wasserfassung wird das benötigte Wasser dem Bach entnommen und mittels einer durchschnittlich 50 cm tief im Boden verlegten Druckleitung zum Turbinenhäuschen (bzw. Turbinenschacht) geleitet. Dort wird das ca. 400 m weiter oben gefasste Wasser dem Bach wieder zugeführt. Sowohl die Wasserfassung als auch der Turbinenschacht werden so erstellt, dass sie sich sehr gut in die Landschaft einfügen. Die Zuleitung des Stromes vom Turbinenschacht zu den drei Alpbetrieben erfolgt mittels in den Boden verlegten Kabelleitungen.

Mit der Errichtung dieser Anlage ist es möglich, den Hirten auf der Alp einen bescheidenen Komfort zu bieten, ihnen die Arbeit zu erleichtern und sie damit der Alpwirtschaft zu erhalten.

Zum Schluss möchte ich noch auf den heutzutage zweifellos sehr wichtigen ökologischen Aspekt hinweisen. Es ist naturgemäss von grossem Vorteil in bezug auf Umweltbelastung, wenn die Melkmaschinen, statt mit Benzinmotoren (Abgas und Lärm), elektrisch angetrieben werden.

In diesem Sinne bitte ich Sie höflich um Erteilung der Konzession.

Geschätzte Erstellungskosten:

Auf beigeheftetem Blatt dargestellt.

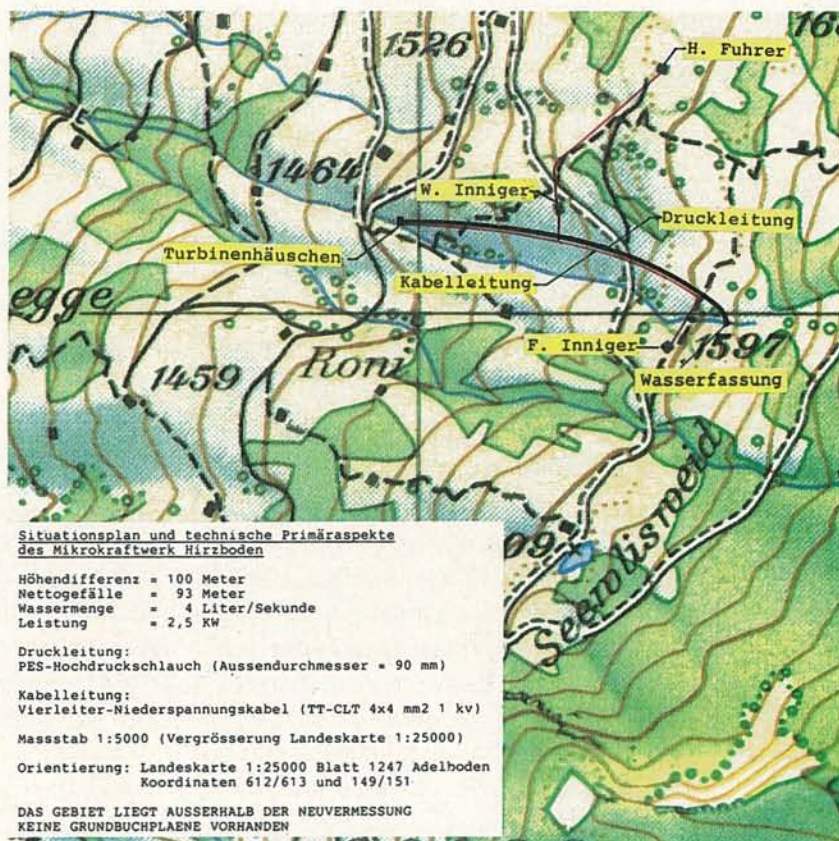
22. Juli 1991

Der Projektverfasser:

Fritz Schüpach
Hagenholzstrasse 28
8302 Kloten

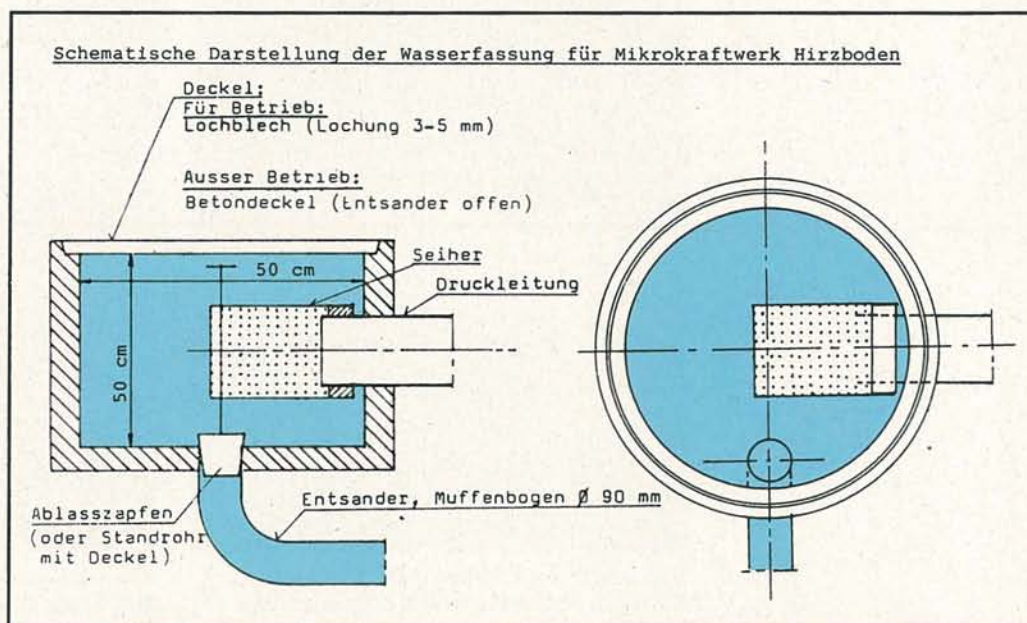
Zusammen mit dem Bewilligungsgesuch wurde diese Dokumentation mit den treffenden Kommentaren eingereicht.

Cette documentation, complétée par des commentaires appropriés, fut expédiée avec la demande d'autorisation.



Planbeilage zum Konzessionsgesuch: Auf einer vergrösserten Landeskarte 1:25'000 wurden die Leitungen, die Fassung und der Turbinenstandort genau eingetragen.

Plan joint à la demande de concession: un agrandissement d'une carte du territoire à 1:25'000 avec le tracé précis des conduites, du captage et de l'emplacement de la turbine.



Dem Gesuch ebenfalls beigelegt wurde ein Plan der Fassung.

Un plan du captage fut également joint à la demande d'autorisation.

Modellfall Kanton Bern: Leitverfahren für Bewilligungen

Nur fünf Monate nach der Einreichung des Gesuchs erfolgte die Erteilung der Wasserrechtskonzession mit allen zusätzlich notwendigen Bewilligungen (Bauten ausserhalb der Bauzone und fischereipolizeiliche Bewilligung).

Das Kantonale Wasser- und Energiewirtschaftsamt (WEA) sorgte nicht nur für die Konzession, sondern bemühte sich auch selber um die beiden zusätzlichen Bewilligungen, indem es das eingereichte Gesuch

mit allen Beilagen an die Raumplanungs- und an die Fischereibehörde weiterleitete. Um die öffentliche Planaufgabe brauchte sich der Bauherr nicht zu kümmern, denn auch diese wurde durch das gleiche kantonale Amt veranlasst. Der Konzessionentscheid wurde sinnvollerweise erst nach Erhalt der beiden erforderlichen Bewilligungen und nach Ablauf der gesetzlichen Einsprachefrist gefällt.

Kurze Bauzeit

Für den Bau von Alpkraftwerken ist eine geeignete Jahreszeit zu wählen, nämlich dann, wenn die Sennen wenig Arbeit haben und der Boden nicht gefroren ist. So wurde noch im selben Herbst die Anlage gebaut und sogleich fertiggestellt. Natürlich half jedermann mit. Das Turbinenhäuschen aus Beton wurde von den Sennen selber gebaut, den Aushub für die Druckleitung besorgte ein Nachbar mit seinem Kleinbagger, die

elektrischen Installationen übernahmen die Lehrlinge der Firma Schibli und das ganze überwachte Fritz Schüpbach, der pensionierte Swissair-Techniker.

Natürlich musste es auch mit den Lieferungen der Turbinen-Generator-Gruppe, der elektrischen Ausrüstung und der Druckleitung rassig gehen. Alles klappte im ersten Anlauf und ohne Verzögerungen!



Das schlicht gebaute Turbinenhäuschen steht gut versteckt neben dem Bächlein.

L'abri de la turbine, construit fort simplement, est bien caché à proximité du ruisseau.



Blick ins Innere des Turbinenhäuschens. Die Frequenz kann zwischen 45 und 55 Hertz gewählt werden. Wegen den Übertragungsverlusten ist die Spannung auf 400 Volt (anstatt 380) eingestellt.

Vue à l'intérieur de l'abri de la turbine. Il est possible de sélectionner la fréquence entre 45 et 55 hertz. La tension du courant a été réglée à 400 volts (au lieu de 380) à cause des pertes de transport.

Einfache und gute Fassung

Kaum zu sehen ist die Wasserfassung. Ein ins Bachbett versenktes Betonrohr mit dem Durchmesser von 50 cm ist durch ein Lochblech, das Steinchen am Eindringen in die Fassung hindert, abgedeckt. Unten im Rohr ist seitlich der direkte Einlauf zum Druckrohr angebracht, der aber zusätzlich noch durch einen Seiher (Sieb) geschützt ist. Dank der Tatsache, dass es sich hierbei nicht etwa um einen stark geschiebeführenden Wildbach handelt, sondern um einen Quellbach, der auch bei Starkregen kaum Geschiebe führt, genügt diese einfache Bauweise mit dem relativ kleinen Absetzvolumen für einen problemlosen Betrieb. Dringen aber trotzdem kleine Steinchen bis in die Druckleitung vor, so macht sich das höchstens durch ein Rasseln im Turbinengehäuse bemerkbar und stört den Betrieb weiter nicht. Allerdings wurde darauf geachtet, dass die Lochung des Lochbleches deutlich kleiner ist als die Düsenöffnung bei der Turbine, damit dort nichts steckenbleibt. Weil im Bereich der Fassung wenig Gefälle vorhanden ist und somit das Lochblech waagrecht liegt, sammelt sich darauf gelegentlich Schmutz an, der aber leicht wieder weggewischt werden kann.



Das überströmte Lochblech der Fassung ist kaum sichtbar. Absichtlich wurde ein rostendes Blech gewählt.

La tôle perforée du captage, immergée dans le courant, est à peine visible. Elle a été choisie exprès en métal pouvant rouiller.

Betrieb und Unterhalt

Neben dem erwähnten Reinigen der Fassung wird diese bei Betriebsstillstand mit einem Schachtdeckel abgedeckt und geschützt. Der Ablasszapfen wird geöffnet und somit fließt allenfalls eindringendes Wasser sofort wieder zurück in den Bach.

Die Druckleitung bleibt somit im Winter leer und ist vor Frostschäden geschützt. Im Alltagsbetrieb während der Alpsaison traten bisher nie Schwierigkeiten auf. Alle Teile sind von guter Qualität und bedürfen praktisch keiner Wartung.

Sicherheit

Die Elektroinstallationen wurden durch die Elektrikerlehrlinge unter Aufsicht des Lehrmeisters ausgeführt, die Turbinen-Generatorgruppe wurde durch die Lieferfirma installiert. Dies bot Gewähr, dass Personen, Gebäude und Maschinen vor Elektrounfällen sicher geschützt sind.

Aus Sicherheitsgründen war die automatische Verwertung der Überschussenergie in einem Boiler leider nicht möglich. Denn ein normales Überdruckventil, das im Fal-

le einer Überhitzung ein Zerbersten des Boilers verhindern würde, genügt nicht, da es verkalken oder aus einem anderen Grund nicht mehr funktionieren könnte. Zwar wurde in dem einen Haus ein 50-Liter-Boiler mit einer Zeituhr installiert, der während den Schwachlastzeiten aufgeheizt wird, aber der grösste Teil der überschüssigen Energie wird nach wie vor im Turbinenabwasser vernichtet.

Kosten

Mit gesamthaft Fr. 55'000.- fielen die Realisierungskosten niedrig aus. Zum einen liegt das am Anlagentyp (Hochdruck) und den günstigen natürlichen Voraussetzungen (Quellbach ohne Geschiebe, einfaches und gut erschlossenes Gelände), zum anderen natürlich an den vielen geschenkten Ar-

beitsstunden des Planers und der Lehrlinge.

Pro installierte Kilowattleistung wurden somit etwa Fr. 13'000.- investiert, was aber nicht viel heissen will, denn bei etwas mehr oder weniger Leistung hätten sich die Gesamtkosten nur geringfügig verändert.

Kontaktadressen:

Projekt:
Fritz Schüpbach

Betreiber:
Hans Fuhrer-Born
Rinderwald
3725 Achseten
Tel. 033 / 673 23 40

Druckleitung: Schlauch anstatt Rohrstücke?

Conduite forcée : des tuyaux flexibles au lieu de tubes rigides ?

Bei der Druckleitung stand der Projektant vor der Wahl: Schlauchrollen oder Rohrstücke? Er entschied sich für die Schlauchrollen, denn diese liessen sich relativ leicht selber verlegen und zusammenfügen. Das asphaltierte Strässchen erleichterte den Transport dieser schweren Rollen.

Schlauchrollen gibt es nur etwa bis zu Nennweiten von 10 cm. Darüber, d.h. ab Wassermengen von 10 bis 15 Sekundenlitern müssen wegen den Reibungsverlusten Rohrstücke mit grösseren Durchmessern aus Kunststoff, Faserzement, Metall oder auch Holz (Dauben) gewählt werden.

Wichtig ist, dass die Druckleitung gut im Boden verankert wird, vor allem bei den Biegungen. Am besten betoniert man sie dort ein, wobei das Rohr an dieser Stelle mit einer Schelle zu versehen ist, damit es nicht durchrutscht (vor allem bei Kunststoffrohren!). Bei grösseren Wassermengen oder Hochdruckanlagen ist zusätzlich eine Eisenarmierung nötig, da in diesen Verankerungspunkten grosse Kräfte in verschiedenen Richtungen auftreten können.

Le concepteur du projet se trouvait devant le choix d'une conduite forcée, étant soit en tuyaux en rouleau, soit en tubes rigides. Il opta pour les tuyaux flexibles, vu la simplicité pour les mettre en place et les raccorder. Le chemin asphalté facilitait le transport de ces rouleaux pesants.

Les tuyaux en rouleau ne sont disponibles que jusqu'à un diamètre de 10 cm; au-dessus d'un débit de 10 à 15 litres par seconde et à cause des pertes par frottement, il faut prévoir des diamètres plus grands et, par conséquent, des tronçons de tubes en plastique rigide, en fibrociment, métal ou même en bois (doutes).

Il est important de bien ancrer la conduite forcée dans le sol, surtout aux points de changement de direction, qu'il est préférable d'enrober de béton, en y réalisant des embases pour que la conduite ne puisse pas se déplacer par glissement (surtout pour les tubes en plastique). Dans le cas des débits plus importants ou de haute pression, il faut prévoir ces embases en béton armé, car ces points d'ancrage sont soumis à des forces importantes s'exerçant dans diverses directions.

**HINWEIS
CONSEIL**

Daten und Kosten

Hirzboden

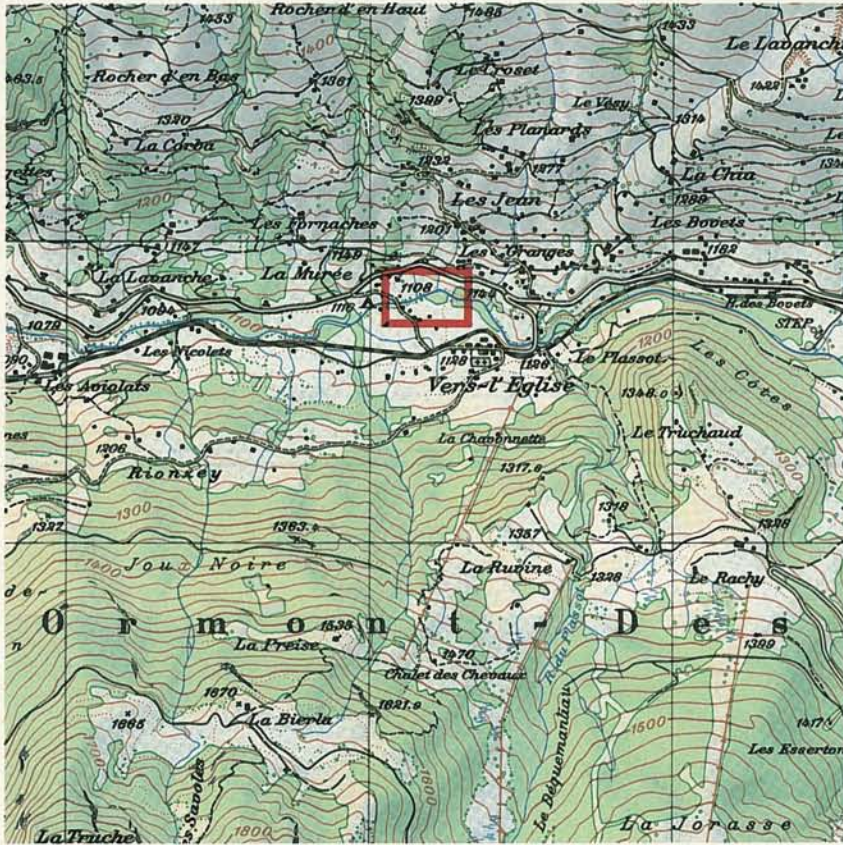
Baulicher Teil	Kosten (Fr.)	Hersteller / Lieferant	
Fassung (Brunnenring Innen-Ø 50cm)	1'000.-		
Turbinenhäusschen (Eigenbau)	3'000.-	Schalmaterial gemietet, Fertigbeton vom Strässchen aus hinaufgepumpt	
Druckleitung			
Aushub 40-60 cm tief	5'000.-	günstig dank Nachbar mit Kleinbagger	
Hochdruckschlauch (PES, Aussen-Ø 90 mm, 400 m, inkl. 3 Verbindungsstücke)	4'600.-	Streng-Plastic AG	
Elektromechanische Ausrüstung			
Turbine (Typ Pelton, 1 Düse, Fallhöhe 100m, Nennwassermenge 4/7 l/s) inkl. Generator 7 kW, 220/380 Volt, bürstenlos Lastregler Heizelemente für Überschusslast Durchflussbegrenzer (Elektromotörchen mit Hebelmechanismus)	20'000.-	Sigrist, Sachseln, Kobel, Affoltern i.E.	
Hauptverteiler, Schaltungen, Sicherungen, 900m Kabelleitungen, drei Fernsteuerungen	11'000.-	Material Einstands-kosten	Fa. Schibli, Zürich
Verschiedenes			
Konzept, Planung, Beratung und Bauleitung	2'000.-	symbolisches Honorar	F. Schüpbach
Elektriker (Techn. Bearbeitung, Planung und Arbeit)	--.-	gratis	Fa. Schibli, Zürich
Verpflegung der Lehrlinge	2'500.-		
Bewilligungs-, Konzessionsgebühren	250.-		
Weiteres	5'650.-		
Gesamtkosten	55'000.-		

Die Kosten für die elektrischen Installationen wären bei Verrechnung der Materialkosten zum Verkaufs- anstatt Einstands-kostenpreis und bei Verrechnung der Stundenlöhne nach Schätzungen der ausführenden Firma von Fr.11'000.- (plus 2'500.- für die Verpflegung) auf etwa Fr. 100'000.- gestiegen.

Vers-l'Eglise / VD

Scierie avec une roue à eau

Sägerei mit Wasserrad



- Essentiellement réalisé par le propriétaire
- Nouvelle roue à eau avec générateur de 28 kVA et courant triphasé 380 Volt
- Ancienne roue à eau pour la scierie
- Fonctionnement en parallèle au réseau public
- Production annuelle 125'000 kWh
- Débit d'eau d'exploitation 1000 l/sec.
- Hauteur de chute de 2,8 m
- Coût total : Fr. 124'000.-

- Vorwiegend im Eigenbau erstellt
- Neues Wasserrad für Generator mit 28 kVA und 380-Volt Drehstrom
- Altes Wasserrad für Sägebetrieb
- Netzparallelbetrieb
- Jahresproduktion 125'000 kWh
- 1000 l/sec. Betriebswassermenge
- 2,8 m Fallhöhe
- Gesamtkosten : Fr. 124'000.-

La scierie de 'Vers-l'Eglise' à entraînement par eau possède une seconde roue à eau depuis l'été 1991. Jean-Philippe Busset injecte 400 kilowatt-heures chaque jour dans le réseau électrique, grâce à sa propre construction métallique moderne.

Au cours de la fête d'inauguration, Monsieur Busset fit une démonstration frappante de la force de l'eau, en déviant le courant d'eau vers l'ancienne roue en bois qui entraîne toujours la vieille scie alternative à cadre. Le premier verre de vin venait à peine d'être vidé que le tronc de sapin enserré était déjà scié en dix planches!

Le fonctionnement normal actuel n'est pas aussi spectaculaire lorsque la nouvelle roue métallique produit du courant via un alternateur asynchrone. A l'exception d'un martellement assourdi, on ne perçoit quasiment rien de la force décuplée par l'eau, prélevée de la 'Grande Eau' et coulant vers la scierie dans le vieux canal en bois. Hélas, la construction élégante de la roue métallique échappe à la vue, du fait de son bardage complet pour la soustraire au risque de gel hivernal.

Seit dem Sommer 1991 besitzt die wassergetriebene Sägerei in Vers-l'Eglise ein zweites Wasserrad. Mit dieser modernen, stählernen Eigenkonstruktion speist Jean-Philippe Busset täglich um die 400 Kilowattstunden ins Netz.

Die Kraft des Wassers demonstrierte Herr Busset sehr anschaulich während der Einweihungsfeier, als er das Wasser zum alten Holzrad weiterleitete, welches noch immer die alte Gattersäge antreibt: Kaum war das erste Weinglas leer, war auch schon der eingespannte Fichtenstamm in zehn Bretter zersägt!

Weniger spektakulär ist der heutige Normalbetrieb, wenn das neue Stahlrad über einen Asynchrongenerator Strom produziert. Ausser einem dumpfen Stampfen und Rauschen nimmt man kaum etwas von der Gewalt des Wassers wahr, welches der Grande Eau entnommen und über den alten Holzkanal dem Sägereibetrieb zufließt. Leider ist das stählerne Rad wegen der Frostgefahr im Winter vollständig verkleidet, so dass die elegante Konstruktion dem Auge verborgen bleibt.

Histoire familiale

Son grand-père utilisait déjà la vieille roue à eau en bois pour exploiter la scierie. Or l'eau refluit vers le torrent, généralement inutilisée, puisque cette roue ne marchait que quelques heures par jour. Cela importunait le jeune Jean-Philippe Busset. Ami Nicollier, un constructeur de minicentrales hydrauliques, demeurant quelques kilomètres en aval, encourageait sans cesse son ami Jean-Philippe à entreprendre enfin quelque chose contre ce „gaspillage d'énergie“. Ainsi les deux camarades décidèrent de se mettre ensemble à l'oeuvre, Monsieur Busset apportant son cerveau, ses mains et son tire-ligne, son ami puisant tuyaux et conseils dans ses vastes ressources expérimentales.



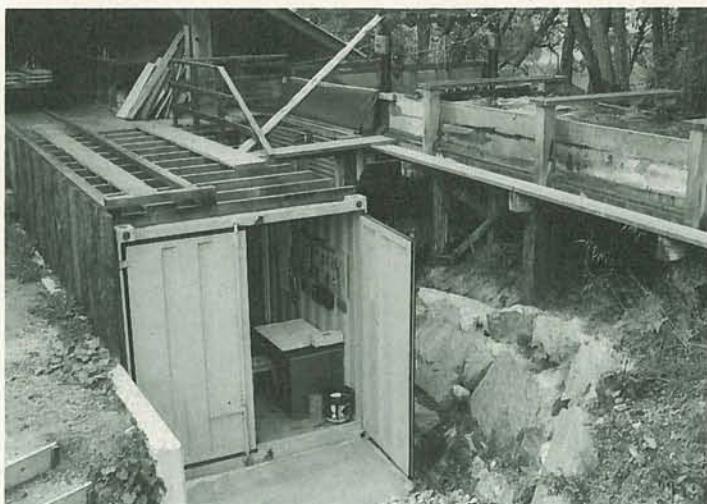
Avec grand intérêt les invités de l'inauguration écoutent les explications du constructeur.

Mit grossem Interesse hören die Gäste an der Einweihungsfeier den Erläuterungen des Erbauers zu.

Conditions favorables pour la construction

Bien des choses existaient déjà: le captage, le dessableur, le canal et le bâtiment avec la vieille roue de moulin. Ainsi la hauteur de chute et le débit d'eau étaient donnés. Il fallait encore trouver une construction adéquate pour la nouvelle roue et le logement des pièces électromécaniques (jeu d'engrenages, générateur et équipements électriques). Monsieur Busset, un dessina-

teur en bâtiment accompli, conçut la roue à eau en acier d'après ses propres idées, en se servant bien entendu de la vieille roue en bois comme modèle. Une entreprise de construction métallique fut chargée de l'exécution et il fallut faire appel à une grue pour soulever la roue de plusieurs tonnes et la placer dans les paliers correspondants.



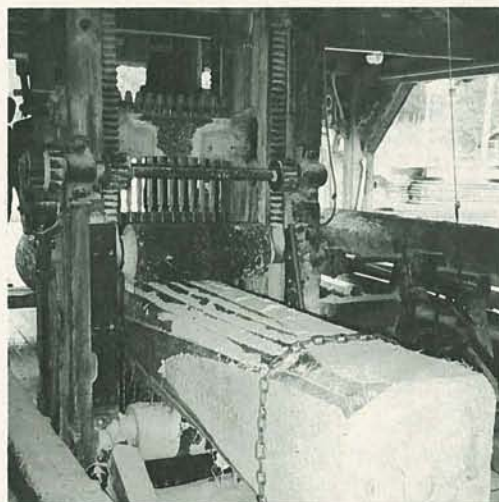
La simplicité caractérise cette installation. La transmission et le générateur sont installés dans le container en bas à gauche. On ne voit malheureusement rien de la roue en acier.

Einfachheit kennzeichnet die Anlage: Vom Stahlrad sieht man leider nichts. Im Container links unten sind das Getriebe und der Generator untergebracht.



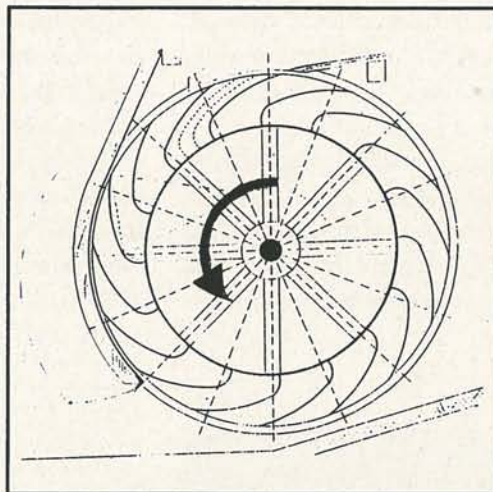
La vieille roue à eau en bois actionne les machines de la scierie....

Das alte Holzrad treibt verschiedene Sägereimaschinen an....



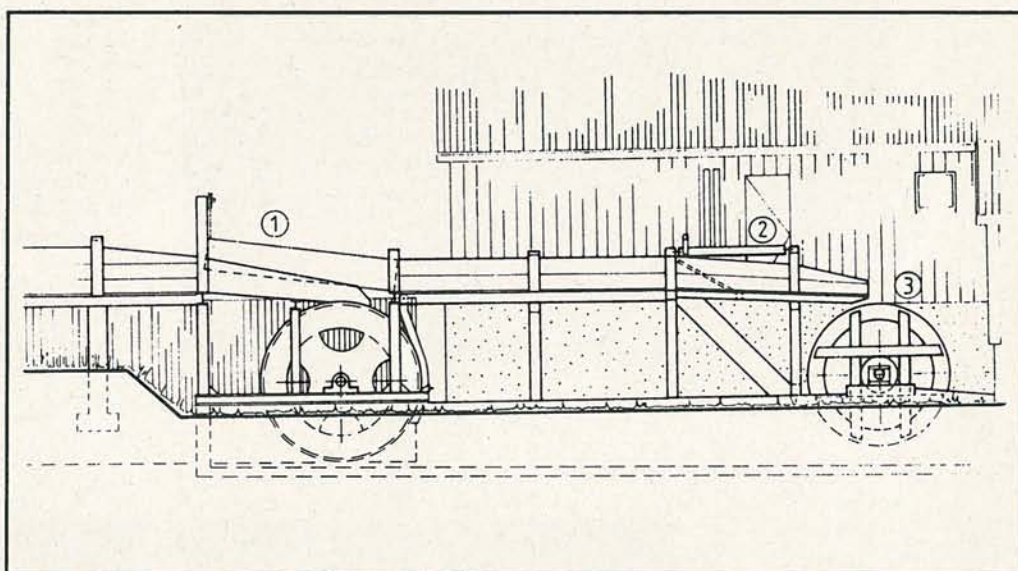
...par exemple une vieille scie à lames multiples.

...beispielsweise eine Gattersäge.



Plan de construction de la nouvelle roue à eau.

Konstruktionsplan des neuen Wasserrades.



L'installation remplit maintenant deux tâches: Avec deux cadres en bois relevables on peut choisir entre trois états de service:

1. Le premier cadre est levé: l'eau tombe sur la roue en acier qui actionne la génératrice.
2. Le premier cadre est en position baissée l'eau coule donc sur le second cadre. Si celui-ci est levé l'eau tombe directement dans le canal de fuite sans être utilisée.
3. Les deux cadres sont baissés. L'eau coule jusqu'à la vieille roue qui entraîne les machines de la scierie.

Grâce à sa construction robuste en bois, le canal de fuite est protégé de dommages causés par la chute d'eau.

Die Anlage kann jetzt auf zwei Arten verwendet werden. Mit zwei aufziehbaren Holzrahmen kann man zwischen drei verschiedenen Betriebszuständen wählen.

1. Ist der erste Holzrahmen oben, schiesst das Wasser auf das stählerne Wasserrad, welches den Generator antreibt.
2. Im abgesenkten Zustand fließt das Wasser weiter zum zweiten Holzrahmen. Ist dieser oben, so fällt das Wasser zwischen den beiden Wasserrädern ungenutzt in den Unterwasserkanal.
3. Um das alte Holzrad, an welches diverse Sägereimaschinen gekoppelt sind, in Rotation zu versetzen, werden beide Holzrahmen gesenkt.

Die stabile Konstruktion der Holzkanäle bietet ausreichend Schutz vor Beschädigung durch die herabstürzenden Wassermassen.

Transmission et multiplication de la vitesse de rotation

Ensuite, Monsieur Busset dut encore trouver la transmission appropriée pour multiplier la vitesse de rotation. Ce faisant, il dut admettre les conditions initiales suivantes: la fréquence de rotation du générateur résulte de la fréquence du réseau électrique public; par ailleurs, il existe une plage optimale de vitesses de rotation de la roue hydraulique en fonction du diamètre de celle-ci et du débit d'eau d'exploitation.

La transmission se compose de deux éléments: un multiplicateur de vitesse planétaire et une transmission à courroie (simple et d'un bon rendement!). Monsieur Busset détermina la vitesse de rotation idéale de la roue à eau en faisant varier le diamètre de la petite poulie de la transmission à courroie. Si la multiplication de la vitesse avait été trop grande ou trop petite, la roue n'aurait pas récupéré de manière optimale l'énergie

hydraulique disponible. A l'extrême, il se pourrait même que le générateur, dont la vitesse de rotation est fixée, puisse entraîner la roue à eau, au lieu de l'être par celle-ci, ce qui conduirait le générateur à prélever du courant sur le réseau, au lieu de lui en fournir.

La roue à eau fournit ainsi au générateur la puissance maximale possible, la vitesse optimale déterminée valant 19,6 t/min.



Au moyen d'une grue on a placé la roue à eau en acier dans les paliers.

Mit einem Kran wurde das stählerne Wasserrad in die Lager gehievt.



Transmission de puissance : A l'arrière plan le multiplicateur planétaire, à gauche la transmission à courroie, au premier plan la génératrice avec le tuyau d'air pour la réfrigération.

Kraftübertragung auf den Generator: Hinten rechts das Planetengetriebe, links das Riemengetriebe, vorne der Generator mit dem Luftrohr für die Kühlung.

Assez d'eau et exploitation ininterrompue

Monsieur Busset déclara au cours de l'inauguration „Déjà deux ans en service et 17'000 heures de marche“. Ce qui équivaut pratiquement à très peu de pannes!

Cela est certainement dû à ses réalisations soignées, comme p.ex. la lubrification des paliers des roues à eau, dispositif qu'il a lui-même mis au point. La simplicité et la robustesse de la technique utilisée favorisent aussi la fiabilité de l'installation. La roue à eau laisse passer le feuillage, les petits rameaux et les matériaux flottants sans occasionner de pannes. La présence

assidue de l'exploitant est un autre avantage non négligeable pour la sécurité d'exploitation.

Une autre raison contribue à garantir une marche permanente de la roue: la „Grande Eau“ est suffisamment alimentée tout au long de l'année par les eaux de fonte des neiges provenant du 'Névé des Diablerets'. Il semble que ce torrent ne posera jamais de problème d'eau résiduelle. La concession existe depuis l'année 1860, un temps suffisamment long donc pour avoir observé le régime du cours d'eau.



Vue de détail: Palier de l'arbre avec mécanisme de graissage, réalisé par le propriétaire lui-même.

*Detailansicht: Selbstgebaute Wellenlager (appui de l'arbre) mit Schmier-
vorrichtung.*

Sécurité pour l'homme et les machines

En cas de panne de courant et pour éviter des accidents, l'armoire de commande déconnecte automatiquement l'installation du réseau.

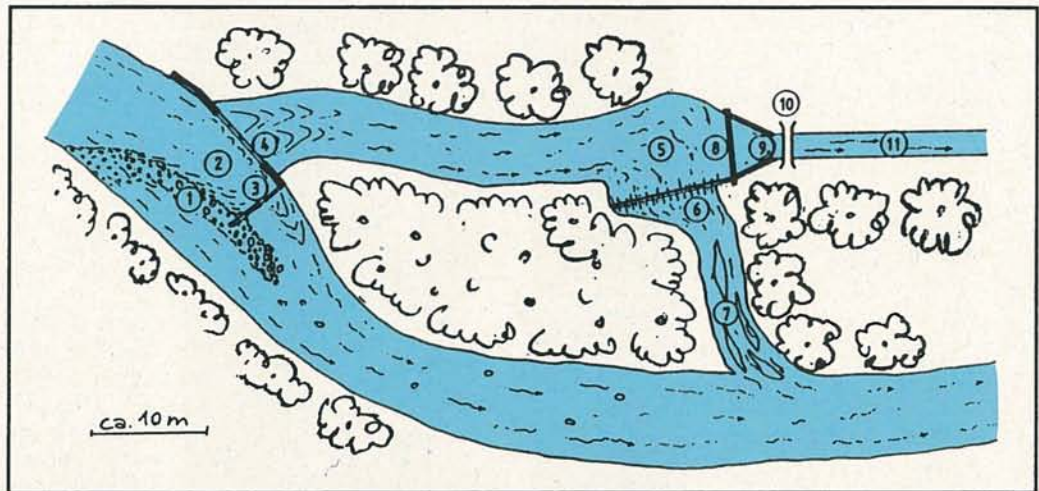
Pour assurer la protection contre la foudre, on a relié la mise à la terre aux fers d'armature du béton, réalisant ainsi une liaison entre le container, le châssis et l'armature du béton.

Bonne intégration dans le paysage

Les éléments constructifs du captage furent limités au minimum, malgré le débit d'eau important. Sur ce point, la nature s'est montrée fort complaisante: Le banc de gravier reposant en diagonale sur le lit du torrent provoque une retenue naturelle de l'eau, ce qui rend superflue la mise en place d'un seuil artificiel formant barrage. La petite digue de retenue disposée latéralement, avec sa vanne de purge, suffit pour dévier assez d'eau dans le canal. Grâce à la

pente relativement élevée de la rivière, aucun reflux et donc risque d'inondation n'est à craindre, ce qui évite des investissements importants pour la protection contre les crues.

Le canal en bois, qui relie le dessableur à la scierie, se marie fort bien avec les bâtiments; quant à la vieille roue en bois, malheureusement peu visible de la route, elle fait penser aux bons vieux temps de grand-mère.



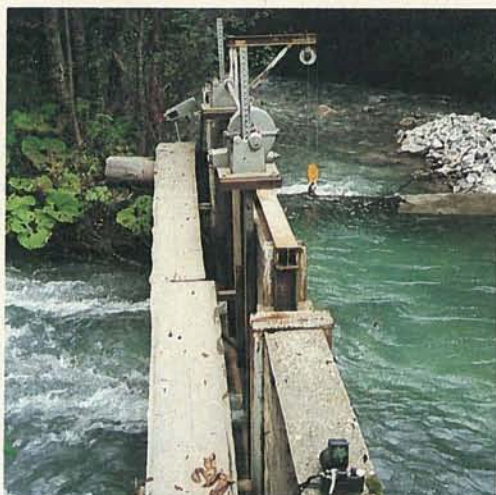
- ① Banc de cailloux
- ② Retenue
- ③ Vanne de purge
- ④ Vanne d'entrée
- ⑤ Dessableur
- ⑥ Seuil de fond
- ⑦ Déversoir
- ⑧ Poutre immergée
- ⑨ Seuil de fond
- ⑩ Petit pont en bois
- ⑪ Canal en bois

- ① Kiesbank
- ② Aufstau
- ③ Spülschütz
- ④ Einlaufschütz
- ⑤ Sandfang
- ⑥ Sohlschwelle
- ⑦ Überlauf
- ⑧ Tauchbalken
- ⑨ Schwelle
- ⑩ Holzbrücke
- ⑪ Holzkanal



Embellissement du paysage: On a réalisé le captage avec une intervention minimale dans le lit du fleuve. Le canal d'amenée façonné naturellement, offre avec le dessableur, sous forme d'étang, un espace vital pour les animaux et les plantes. Au premier plan, la poutre immergée retient les matériaux flottants, l'eau surabondante coule par-dessus le seuil de fond.

Bereicherung der Landschaft: Die Fassung an der Grande Eau wurde mit einem absolut minimalen Eingriff ins Flussbett realisiert. Der anschließende kurze und natürlich gestaltete Kanal und der weiherartige Sandfang erfreuen das Auge und bilden einen Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Der Tauchbalken im Vordergrund hält Schwemmaterial zurück, das überschüssige Wasser fließt links über die Sohlschwelle.



Vue d'aval dans la petite retenue. Les vannes coulissantes peuvent être hissées avec un treuil à câble.

Blick stromabwärts in den kleinen Aufstau. Die Gleitschützen lassen sich über einen Kabelzug heben.

Augmentation du prix de rachat du courant élevé dès octobre 1993!

L'exploitant chiffre l'ensemble des coûts de l'installation à Fr. 124'000.-. Or le canal d'amenée d'eau et le dispositif de captage existaient déjà auparavant et, par ailleurs, Monsieur Busset réalisa lui-même bon nombre de travaux. Ses dons artisanaux, l'excellent équipement de son atelier et de nombreux amis lui furent d'un grand appui. Il ajoute en outre: „Et les innombrables heures de travail qui y furent consacrées sont modestement évaluées“.

Dès le 1er octobre 1993 la société d'élec-

tricité locale paiera un tarif de rachat de 16 centimes par kilowatt-heure. (Avant c'était à peine 9 cts.) Ainsi l'installation de Monsieur Busset est devenue parfaitement rentable puisque le prix de revient du kilowatt-heure s'élève à environ 11 centimes.

Ce calcul se base sur une production annuelle de courant de 125'000 kWh (fonctionnement pendant 347 jours par année), en tenant compte de l'entretien, de l'amortissement et d'un certain taux d'intérêt annuel.

Evaluation

Il va de soi qu'il ne s'agit pas là d'une installation ayant été conçue de A à Z d'après les aspects ultramodernes et économiques; bien plus, elle a été développée lentement, au cours des années. Les modestes dépenses d'investissement par kilowatt de puissance installée, chiffrées à Fr. 6'600.-, sont nettement au-dessous de la moyenne. Cela est dû d'une part au travail personnel du propriétaire et, d'autre part, au fait que le barrage de retenue, le captage et le dessableur, habituellement

fort coûteux, existaient déjà et n'exigeaient pas d'être agrandis.

Etant donné que cette installation fonctionne pratiquement sans interruption, on peut aussi lui attribuer la meilleure note au niveau de la fiabilité.

Le rendement énergétique global se situerait à environ 71 %.

En 1997, après 50'000 heures de service, l'installation fonctionnait toujours impeccablement.

Perspectives d'avenir

A la question de savoir s'il avait maintenant l'intention de s'engager dans les affaires de construction de moulins et de petites centrales hydrauliques, Monsieur Busset

répondit que ce travail lui avait donné d'énormes satisfactions. A tel point qu'il serait prêt à construire et électrifier de nombreuses autres roues à eau...