

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 90 (1999)

Heft: 10

Artikel: Günstiger Strom aus Flimser Wasserkraft : Kraftwerk Stenna : Ausbau und Modernisierung

Autor: Schenk, Dominik / Tannò, Gian-Andri

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-901943>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Günstiger Strom aus Flimser Wasserkraft

Kraftwerk Stenna – Ausbau und Modernisierung

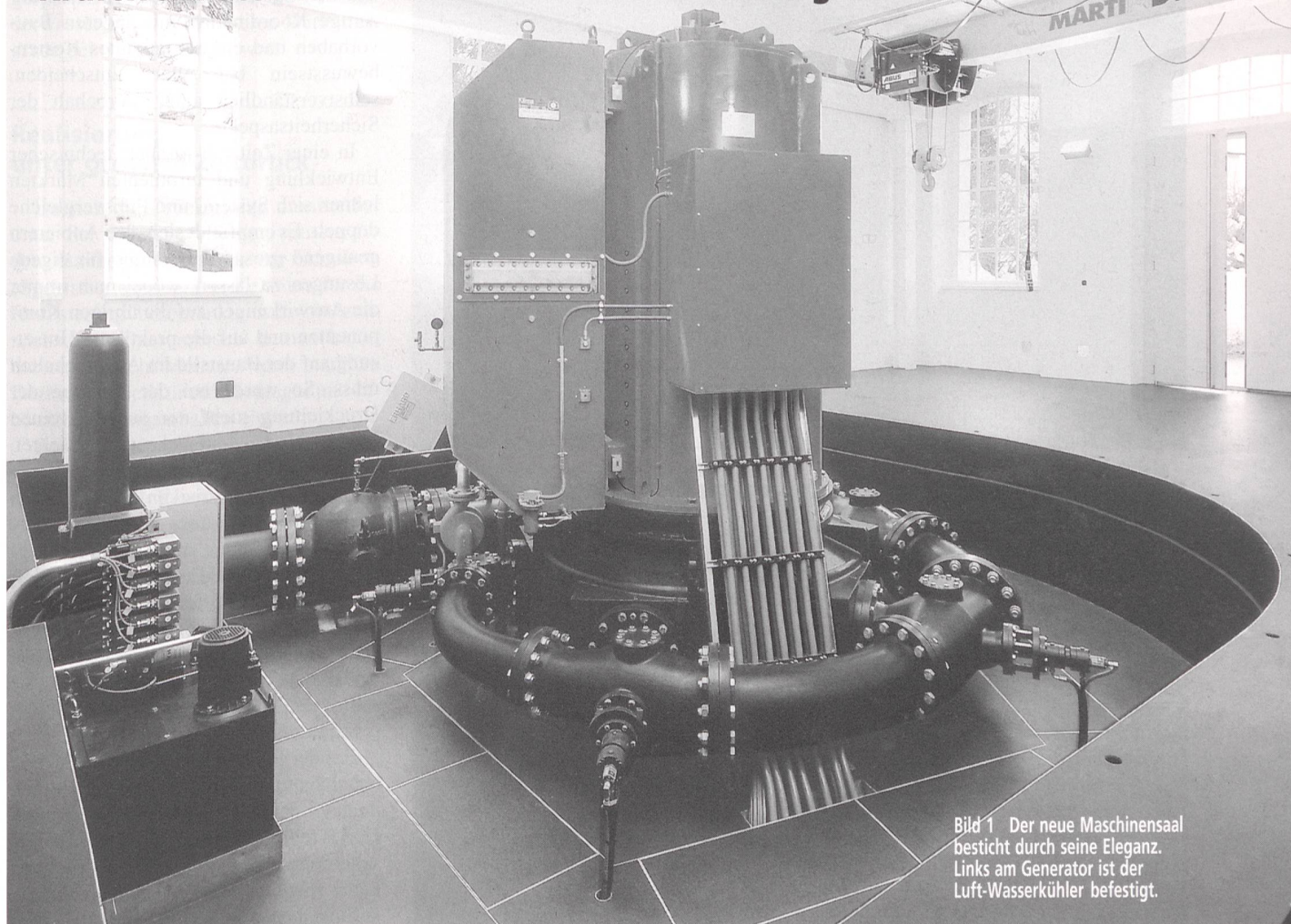


Bild 1 Der neue Maschinensaal besticht durch seine Eleganz. Links am Generator ist der Luft-Wasserkühler befestigt.

Gute und noch ungenutzte Standorte für neue Wasserkraftwerke in der Schweiz sind bekanntlich rar geworden, heutzutage konzentrieren sich die Investitionen auf die Erhaltung und Verbesserung bestehender Anlagen. Dem Bauherrn stellt sich vorerst die Frage, ob sein Vorhaben wirtschaftlich vertretbar sei. Die Preisunsicherheiten der nahenden Strommarktliberalisierung verlangen nach grösseren Sicherheitspolstern. Weshalb hat sich das EW Flims für das Projekt entschieden?

■ Dominik Schenk, Gian-Andri Tannò

Planung

Als nach neunzig Betriebsjahren an der Druckleitung immer öfters Schäden auftraten und der Betriebsaufwand für die drei kleinen Maschinengruppen bald zu gross wurde, stellte sich die Frage, was mit dem Kraftwerk Stenna geschehen soll.

Für den ersten Grundsatzentscheid führte man einen Vergleich möglichst verschiedener Lösungsmöglichkeiten durch. Das Spektrum reichte dabei von der Abbruchvariante bis zum Ausbau mit erhöhtem Nutzgefälle. Da solche Vergleiche nur so gut wie ihre Grundlagen sind, mussten unter anderem genaue Kenntnisse über die hydrologischen Verhältnisse verschafft werden. Diese konnten relativ zuverlässig aus den täglich

registrierten Produktionsdaten und einigen benachbarten Abflussmessstationen abgeleitet werden.

Es war klar, dass man für den Weiterbetrieb die altersschwache Druckleitung und die Maschinen auf jeden Fall ersetzen musste und somit ein Sanierungsprojekt praktisch einem Neubau gleichkam. Um spätere Überraschungen zu vermeiden, wurden die rechtlichen Aspekte bereits in dieser Phase mit den Behörden abgeklärt. Nicht unbedingt als wirtschaftlichste, aber dennoch als zweckmässige und sicher machbare Lösung erwies sich die Beibehaltung der bisherigen Disposition. Hierbei konnten die baulichen Anlagenteile der Fassung und die Gebäudehülle der Zentrale weiter verwendet werden. Ansonsten musste von der Einlaufschütze bis zum Auslaufkanal alles ersetzt werden.

Im nächsten Planungsschritt, dem Vorprojekt, wurde aufgrund einer wirtschaftlichen Optimierung die Ausbau-

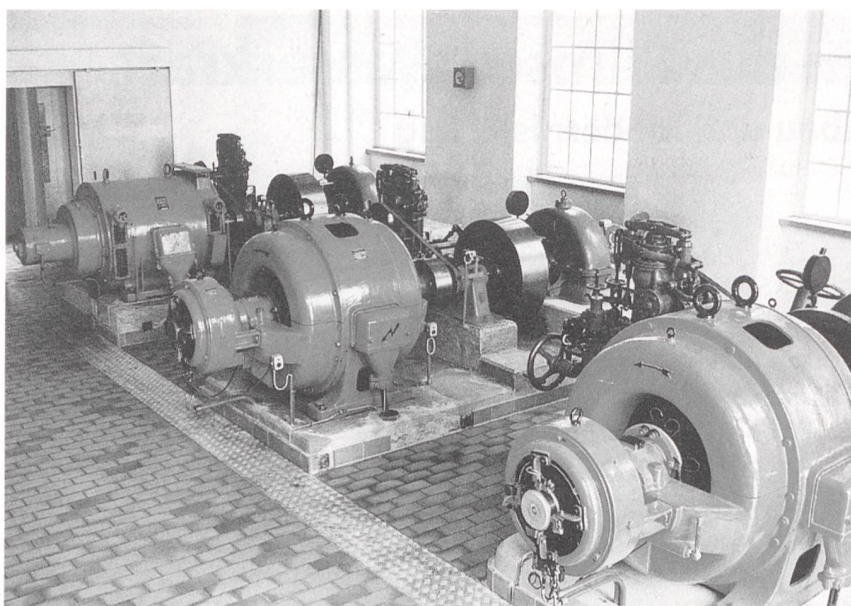


Bild 2 Die drei alten, eindüsigen Peltonmaschinen waren noch mit hydraulischen Reglern ausgestattet.

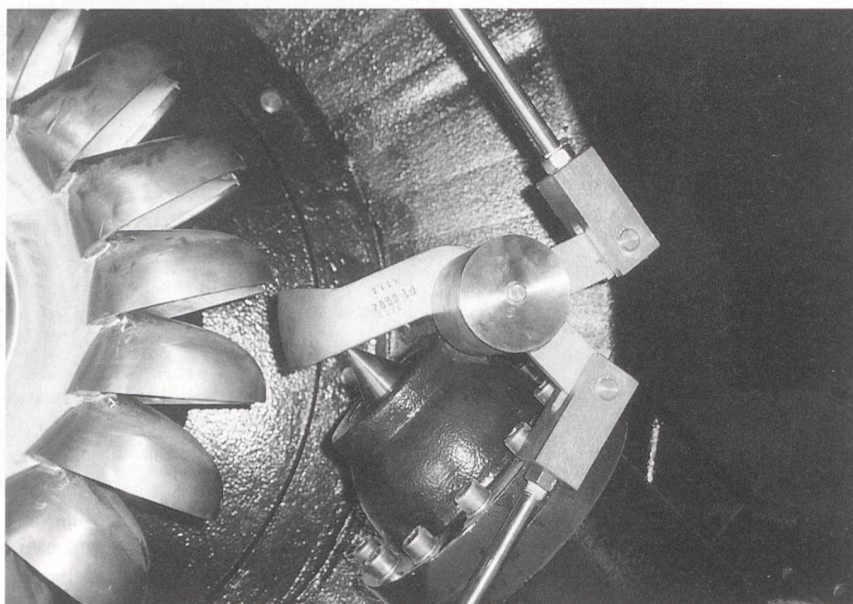


Bild 3 Blick von unten auf das Turbinenlaufrad und auf eine der fünf Düsen mit dem Strahlableiter.

wassermenge verdoppelt, wobei sich schon hier Gesteungskosten im Bereich der Bezugspreise aus dem übergeordneten Netz abzeichneten. Die sorgfältige Abklärung weiterer möglicher Projekt Hindernisse, wie sie sich etwa aus dem inhomogenen Baugrund oder Forderungen des Naturschutzes hätten ergeben

können, zeigte keine negativen Resultate. Unter diesen Bedingungen entschied sich das EW Flims, das Vorhaben weiterzuziehen und beim Kanton die Projektgenehmigung zu beantragen.

Günstige Gesteungskosten

Bemerkenswert sind die Gesteungskosten von weniger als 5 Rp./kWh für eine praktisch vollständig neu gebaute Anlage, die allen Ansprüchen an den Umweltschutz, die Sicherheit, den Bedienungskomfort und an die Ästhetik genügt. Sie lassen sich nicht alleine mit den vorteilhaften Standortbedingungen, wie etwa den gut zugänglichen und befahrbaren Druckleitungskorridor, begründen.

Adresse der Autoren

Dominik Schenk und Gian-Andri Tannö
ITECO Ingenieurunternehmung AG
Alte Obfelderstrasse 68
Postfach
8910 Affoltern am Albis

Zu den niedrigen Erstellungskosten beigetragen haben insbesondere auch die bereits in der Planungsphase durchgeführten System- und Preisvergleiche bei den wichtigsten Komponenten, die frühzeitige Koordination mit anderen Bauvorhaben und ein ausgeprägtes Kostenbewusstsein bei allen Entscheidungen, selbstverständlich unter Vorbehalt der Sicherheitsaspekte.

In einer Zeit mit rasanter technischer Entwicklung und turbulenten Märkten lohnen sich System- und Preisvergleiche doppelt. Es empfiehlt sich, den Anbietern genügend grosse Spielräume für eigene Lösungen zu lassen, wobei man immer die Auswirkungen auf die übrigen Komponenten und auf die praktische Umsetzung auf der Baustelle im Auge behalten muss. So wurde bei der Vergabe der Druckleitung nicht nur auf die reinen Liefer- und Montagekosten geachtet, sondern auch auf die (oftmals sehr teuren) Verzögerungsrisiken bedingt durch schlechte Witterung, anspruchsvolle Montagevorgänge oder Lieferverzug. Die mit dem gewählten System (Gussleitung mit Steckmuffenrohre) gemachten Erfahrungen erfüllten die Erwartungen bezüglich einfacher Montage und kurzen Lieferfristen vollends und erlaubten eine sehr speditiv Verlegung der 1540 m langen Leitung.

Bei der Synergie mit anderen Bauvorhaben half das Glück etwas mit, konnten doch in den gleichen Rohrgraben noch eine Hochdruckleitung für eine neue Beschneigungsanlage, Signal- und Elektrokabel sowie streckenweise Trinkwasserleitungen verlegt werden. In das Schieberhaus bei der Fassung wurde zudem die ganze Pumpen- und Steueranlage für die Schneekanonen integriert. Finanziell gesehen hatte sich der erhöhte Planungs- und Koordinationsaufwand schlussendlich für alle Beteiligten sehr bezahlt gemacht.

Um Kosten einzusparen, mussten nur selten Kompromisse eingegangen werden. So zog man die Lösung mit nur einer



Bild 4 Das einfache Steckmuffensystem erlaubte die Montage der gusseisernen Druckleitung direkt durch den Bauunternehmer.

einzigsten Turbinen-Generatorgruppe der teureren Lösung mit zwei Maschinengruppen (eine kleine Winterturbine und eine grosse Sommerturbine) vor. Die eingesparten Kosten machten die bei Niederwasser etwas schlechteren Wirkungsgrade bei weitem wieder wett.

Realisierung unter grossem Zeitdruck

Da sich die Druckleitung unmittelbar unter der Skipiste befindet, musste für den Baubeginn das Ende der Skisaison abgewartet werden. Der Zeitraum für die Realisierung beschränkte sich bis zum nächsten Wintereinbruch demnach auf theoretisch acht Monate, wenn man den Dezember noch für die Montage- und Inbetriebsetzungsarbeiten einplant.

Besonders spannend wurde die Situation aber erst durch die Rechtsstreitigkeiten betreffend Restwasser, welche die Planungsarbeiten und die kantonsrätliche Projektgenehmigung lange Zeit blockierten. Erst danach konnte das Flimser Stimmvolk über das Projekt befinden. Durch diesen lange hinausgezögerten Bauentscheid konnten die Bestell- und Vergabeverträge für die Turbine und die Druckleitung nicht wie sonst üblich einige Monate, sondern erst eine Woche vor dem Baubeginn unterzeichnet werden. Angesichts der sonst üblichen Lieferfristen für diese Komponenten war man auf grosse Flexibilität sowohl der Lieferanten als auch der Bauherrschaft angewiesen.

Während der trockene Sommer 1998 die Arbeiten an der neuen Druckleitung begünstigte, führten der sehr nasse Herbst und der frühe Wintereinbruch zu erheblichen Behinderungen, galt es doch in dieser Periode wegen den üblicherweise kleinen Abflussmengen die Arbeiten am Wehr und an der Fassung vorzunehmen. Trotz allem konnte das Kraftwerk planmässig noch vor Weihnachten dem Betrieb übergeben werden.

Restwasser und Landschaftsschutz

Für den Betrieb eines Wasserkraftwerkes muss dem Gewässer entlang der Ausleitstrecke gezwungenermassen Wasser entnommen werden. Während im Sommer das nasse Element im Überfluss vorhanden ist, nimmt die Abflussmenge im Hochwinter bis auf weniger als hundert Sekundenliter ab. Die Frage, wieviel Wasser für die in den zahlreichen Becken überwinterten Kleinlebewesen verblei-

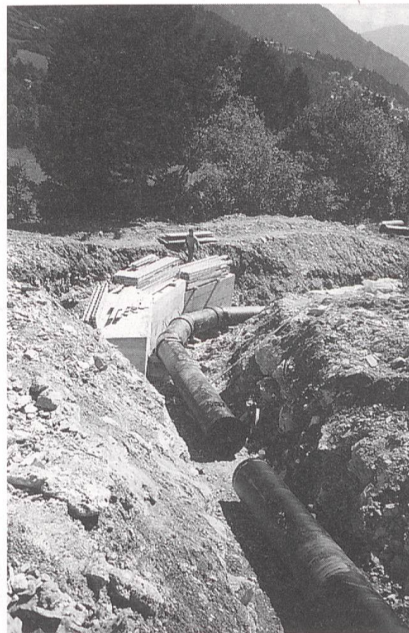


Bild 5 Das massive Betonwiderlager nimmt an diesem Knickpunkt die riesige Auslenkkraft der Druckleitung auf. Nach dem Auffüllen ist von allem nichts mehr zu sehen.

ben soll, bildete Gegenstand von länger dauernden Untersuchungen. Schlussendlich wurde eine Restwassermenge festgelegt, die deutlich über dem gesetzlichen Minimum liegt. Somit führt die Fleim seit dem Ausbau des Kraftwerkes erstmals seit neunzig Jahren wieder den ganzen Winter hindurch reichlich Wasser, auch wenn dies die Energieproduktion drastisch schmälert und dazu führt, dass die Gemeinde während des Hochwinters mehr Strom aus dem übergeordneten Netz beziehen muss.

Ein weiteres wichtiges Anliegen war, die Landschaft im reizvollen Flimser Wandergebiet möglichst zu schonen. So wurde bei der Festlegung der Druckleitungssachse auf möglichst kleine Rodungsflächen geachtet, und das Land wurde nach dem Auffüllen sofort wieder begrünt.

Architektur

Das moderne Steuerhäuschen oben bei der Fassung steht in einem lebhaften Dialog zu seiner idyllischen Umgebung und bildet zugleich einen prägnanten Gegensatz zum altherwürdigen Zentrallengebäude im Dorfkern. Dieser um die Jahrhundertwende vom bekannten Basler Ingenieur Heinrich Eduard Gruner erbaute zweistöckige Bau wurde äusserlich unverändert gelassen. Der im Mittelpunkt stehende Maschinenraum war für die neue vertikalachsige Maschinengruppe zu niedrig, weshalb man die Maschinenfundamente auf eine tiefere



Bild 6 Wie hier bei der ungedeckten Rohrbrücke sichtbar, wurde neben der Kraftwerksdruckleitung noch eine Hochdruckleitung für die Beschneigungsanlage verlegt.

Ebene legte. In diesem völlig neu gestalteten Saal fügen sich moderne, elegante Formen perfekt in die von den alten, hohen Stichbogenfenstern geprägten Innenfassaden.

Die klare und konsequente Farbgebung verleihen dem Innern eine bemerkenswerte, schlichte Ästhetik und heben die knallfarbigen Maschinen besonders hervor. Die hellen Wände und Decke lassen den Raum grösser scheinen, und nachts hüllt die indirekte Halogenbeleuchtung den Saal in ein angenehmes, beinahe festliches Licht.

Luft- und wassergekühlter Generator

Direkt über der vertikalachsigen, fünf-düsigen Pelton-turbine steht der sechspolige Synchron-generator. Die hohe Anzahl Düsen ermöglicht kleinere Turbinenschaufeln, ein kleineres Laufrad und somit höhere Umdrehungszahlen. Das nur 70 cm Durchmesser aufweisende Rad ist ohne Getriebe auf der verlängerten Generatorwelle fliegend gelagert und dreht mit 1000 U/min.

Bei voller Leistung von 1670 kW produziert der Generator gut 60 kW Abwärme. Um diese vor allem im Sommerhalbjahr anfallende Wärme abzuführen, entschied man sich für eine Luft-Wasser-Kühlung. Die durch den Generator zirkulierende Luft wird dabei in einem ersten Wärmetauscher, der wie ein grosser Rucksack am Generator befestigt ist, ge-



Bild 7 Tief eingeschnitten bieten die Anlagen der Wasserfassung ein besonderes Bild.

kühlt. Von dort wird die Wärme mittels eines Wasser-Glykologemisches an den zweiten Wärmetauscher im Unterwasser abgegeben. Dieses System ist zwar etwas teurer als eine konventionelle Ventilatorerlüftung, hat aber den entscheidenden Vorteil, dass der Schall im und um das Gebäude stark gedämmt wird.

Im Vergleich mit der alten Maschinen- gruppe, mit mechanischen Turbinenreg- lern, ist es erstaunlich, wie schnell die Anlage beim Anfahren synchronisiert und an das Netz zuschaltet. Der DTL- Regler führt die Maschine in weniger als einer halben Minute auf die Nenn- drehzahl. Der Generator mit einer Span- nung von 950 V und einer Nennleistung von 2100 kVA speist die Energie über einen Blocktransformator in das 8,4-kV- Netz ein. Die Kompensation des Blind- energieanteils im Netz Flims übernimmt ebenfalls der neue Generator und sorgt damit für eine optimale Übergabere- gelung mit den übergeordneten Lieferanten im 60-kV-Verteilnetz. Ein vollnume- rischer Schutz ist für die Sicherheit und Transparenz bei auftretenden mechani- schen und elektrischen Störungen verant- wortlich.

Die Steuerung, Alarmierung und Was- serbewirtschaftung wird von einer spei- cherprogrammierbaren Steuerung (SPS) übernommen. Diese ist über einen Profi- bus in das Leitsystem des EW Flims ein- gebunden. Damit können die gesamte Anlage visualisiert und alle betriebs- relevanten Daten angezeigt werden. Eine Videokamera überwacht die Wasserfas- sung. Über ein Lichtwellenleiterkabel werden alle Betriebsdaten von der Fas- sung an das Leitsystem übertragen. Die Rohrbruchüberwachung wird mit einer

redundanten Übertragung sichergestellt. Für den Pikettdienst kann mit dem «Lap- top» via Telefonleitung direkt auf das Leitsystem zugegriffen werden, und da-

mit ist ein rascher Überblick über die gesamte Anlage gewährleistet.

Fazit

Entgegen der oft gehörten Meinung hat sich am Beispiel Flims gezeigt, dass es unter den dargelegten Rahmenbedin- gungen und mit einer konsequenten Kostenoptimierung möglich ist, trotz tiefen Strompreisen, trotz nahender Strommarktöffnung, eine konkurrenz- fähige Energieproduktion mit Wasser- kraft zu realisieren.

Für das Elektrizitätswerk Flims bedeu- tet dies günstigen Strom für seine Kun- den, Sicherung von interessanten Ar- beitsplätzen und eine gewisse Unabhän- gigkeit durch die Verstärkung der Eigen- produktion, welche mit dem bestehenden Kraftwerk Bargaus und dem neuen Kraft- werk Stenna nun 72% des gesamten Stromverbrauchs im Netz Flims deckt.

Mit dieser Investition bekennt sich das Elektrizitätswerk Flims klar zur bald hundertjährigen Tradition der sauberen Stromproduktion aus Wasserkraft.

Ausbauwassermenge (Q_{\max})	850 l/s (bisher etwa 400 l/s)
Standort Fassung	Punt Gronda, 1298 m ü. M.
Standort Zentrale	Stenna, 1056 m ü. M.
Bruttofallhöhe (H_{br})	242 m
Druckleitung ϕ 700 mm, $L = 1540$ m	
elektrische Maximalleistung (P_{el})	1670 kW (bisher rund 600 kW)
(alle Verluste berücksichtigt)	
Gesamtwirkungsgrad bei Vollast	83%
(inkl. Rohrreibungsverluste)	
Maschinengruppe	1 fünfdüsige, vertikalachsige Peltonturbine 1 Synchrongenerator 1000 U/min., 2100 kVA
Erwartete Energieproduktion	
pro Jahr	7,7 GWh
davon im Sommerhalbjahr	6,0 GWh
davon im Winterhalbjahr	1,7 GWh

Tabelle 1 Steckbrief Kraftwerk Stenna.

De l'hydro-électricité avantageuse à Flims

Centrale Stenna – extension et modernisation

Il est rare de nos jours de pouvoir encore trouver de bons emplacements pour de nouvelles centrales hydrauliques; les investissements sont en conséquence réalisés principalement dans l'entretien et l'amélioration d'installations existantes. Le maître d'ouvrage se pose en premier la question de savoir si son projet est rentable. Du fait de la libéralisation prochaine du marché de l'électricité, les incertitudes concernant les prix exigent une grande marge de sécurité. Pourquoi l'entreprise électrique de Flims a-t-elle tranché en faveur du projet?

Die grösste Auswahl von Sinuswechselrichtern für Solar- und Mobilanlagen.



COMPACT

Alles in einem Gerät:

- Wechselrichter
- Batterielader
- Solarladeregler
- Vielseitige Anwendungen.
1200/1800/3000W.

SI series

Leistungsstarke
Sinuswechselrichter für
professionelle Anwendungen.

- Leistungen :
400 - 600 - 800 - 1200 -
2300 - 3500W.
- Überlastung :
3,5 mal P_{nom}.
- 3-Phasen-System von
3000 - 10500W.



TWINPOWER

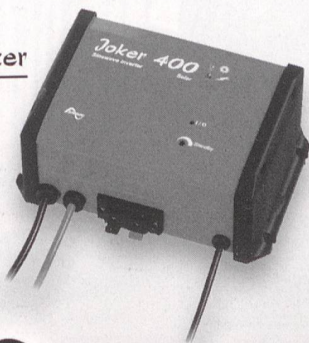
Das komfortabelste Gerät
für Solaranlagen in
Ferienhäusern.

- 1000 - 1200 oder 2000W
mit 30A Solarladeregler.
- Höchster Wirkungsgrad
auch bei kleinsten Lasten.

Joker

Sinuswechselrichter
200 - 400 - 800W zu
äusserst interessanten
Preisen.

- Solarladeregler als
Option.
- Vielseitige
Einsatzmöglichkeiten.



STUDER INNOVATIVE TECHNIK - Z.I. Le Chablé - CH-3977 Granges
Tel. ++41 27 458 49 49 - Fax ++41 27 458 49 48
E-Mail: info@studer-inno.com - Internet: <http://www.studer-inno.com>

HOLINGER SOLAR AG CH-4410 LIESTAL

Rheinstrasse 17 Tel: 061 921 07 57 / 69 Fax

Photovoltaik
Thermische Solaranlagen
Regenwassernutzung

Leicht-Elektromobile Beratung
Elektro, Telefon Planung
Energiespar-Technik Ausführung

Distributor

E-Mail: holinger_solar_ag@bluewin.ch



SOLAR-STROMVERSORGUNG

Hausgemachtes von Milli- bis Megawatt

autarke Batterie-Systeme oder Netz-Einspeisungen;
perfekte Ästhetik für Flach- oder Schrägdach; modula-
rer und preiswerter Aufbau; höchste Wirkungsgrade.

SOLAR-WARMWASSERANLAGEN

Wärme à discretion, schon ab 4 m²

für Brauchwasser und Heizungsunterstützung;
Kompakt-Anlagen oder massgeschneidert; Flach- oder
Vakuum-Kollektoren, Steuerungen und Speicher.

REGENWASSERNUTZUNGEN

Trinkwasserverschwendung ade!

spart Trinkwasser und Gebühren; für WC, Garten und
Waschen; Filter, Pumpen, Tanks etc.



Import und Grosshandel

- | | |
|---|------------------------|
| • Solarmodule | • Solarbatterien |
| • Laderegler | • Neonröhren |
| • Kompakte Sparlampen 12/24 V E27 | |
| • Spez. Gleichstromstecker für Solaranlagen | |
| • 12V-Aussenlampen mit Bewegungsmelder | |
| • Praktische Hand- und Taschenlampen | |
| • Solarteichpumpen | • Solarviehhüter |
| • Ventilatoren | • Wechselrichter |
| • DC/DC-Wandler | • Solarmobil-Akkus |
| • Sonnenkocher/Dörre | • Zeitschalter 12 Volt |
| | • 12V-Kühlschränke |

Neu

**Montageziegel für Solarmodule und Sonnenkollektoren
in verschiedenen Formen und Farben**

Realisierung von Insel- und Netzverbundanlagen sowie Spezial-
anfertigungen.

Interessante Konditionen für Wiederverkäufer!

Verlangen Sie den 56seitigen Solarkatalog.

Neuheit: Solardusche für Camping, Schrebergarten, Swimming-
pool und Ferienhaus.

S O L A R
neogard

Ihr Partner für Solartechnik:

Neogard AG
Oberkulmerstrasse, 5728 Gontenschwil
Abt. Solar- und Energietechnik
E-Mail: info@neogard.ch
Internet: <http://www.neogard.ch>

Telefon: 062 767 00 50
Telefax: 062 767 00 67

Shell (Switzerland)
Baarermatte
6340 Baar

Tel 041 769 44 44
Fax 041 769 45 52
E-mail: tellShell@ope.shell.com



Solarmodule

Solarsysteme

Solaranlagen

Ihr Solarplaner

energie^{büro}
sustainable energy consulting

Wasserwerkstrasse 93
8037 Zürich
T 01 363 50 70
F 01 363 73 04
info@energiebuero.ch
www.energiebuero.ch

40% der Leser bewahren
alle Ausgaben des
Bulletin SEV/VSE auf.

Neu: Verschmutzungstolerante Solarmodule mit Leistungsgarantie



Verschmutzungstolerante Solarmodule von Solarex mit Leistungsgarantie für Fassaden- und Grossanlagen ab 20 kW_p erhalten Anlagenbauer und Wiederverkäufer ab 1999 zu Dollarpreisen direkt ab Fabrik. **Neu:** Solarmodule-Technologie «Millennia» für Gross- und Fassadenanlagen.

Weiterhin bauen wir Ihnen auch schlüsselfertige Anlagen mit 12 VDC, 24 VDC oder 230 V. Verlangen Sie die speziellen Gratis-Offertformulare!

Bestellen Sie jetzt das 330seitige **MUNTWYLER SolarHandbuch** bzw. das **Manuel Solaire 2000/2001** (nur Fr. 10.- plus Porto)!

**Solarex-Solarmodule direkt ab Fabrik:
Verlangen Sie ein Projekt-Angebot!**

Bestellen Sie jetzt gleich Ihr SolarHandbuch:
Telefon 031 911 50 63, Fax 031 911 51 27
Neu: www.solarcenter.ch

Muntwyler
Energie Technik AG
Ziegel-Matt
CH-3052 Zollikofen
Tel. 031 911 50 63
Fax 031 911 51 27

MUNTWYLER

Sonnenenergie · Stromversorgung · Installation



Ihre Werbung am richtigen Platz.
Wir beraten Sie gerne. Tel. 01/448 86 34

