

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>



Bild 1 Der neue Maschinensaal besticht durch seine Eleganz. Links am Generator ist der Luft-Wasser Kühl er 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 Tannö

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 Anlage Teile 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-

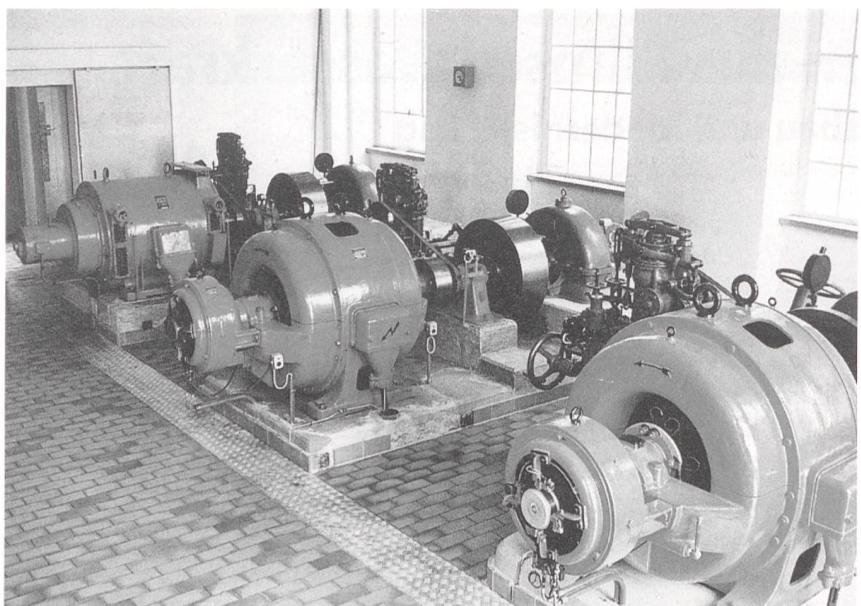


Bild 2 Die drei alten, eindüsigen Peltonmaschinen waren noch mit hydraulischen Reglern ausgestattet.

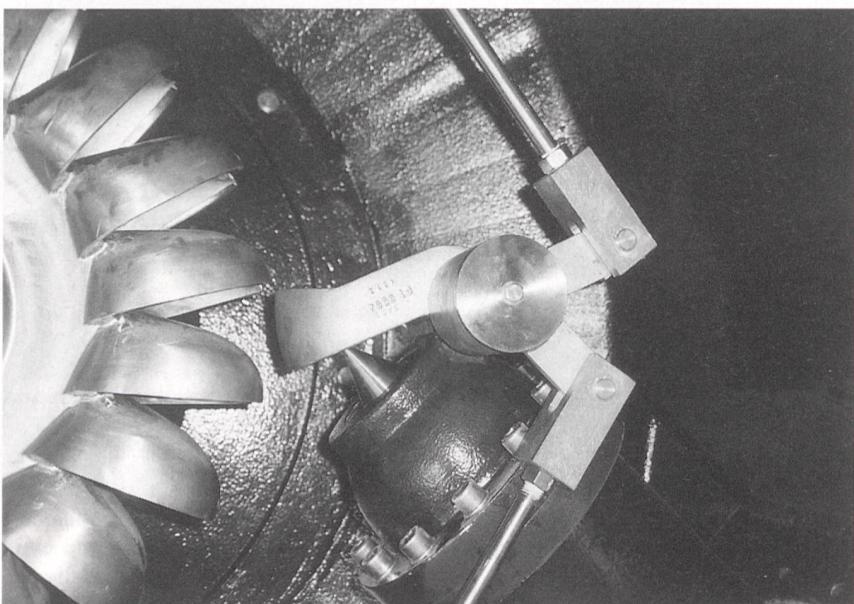


Bild 3 Blick von unten auf das Turbinenlaufrad und auf eine der fünf Düsen mit dem Strahlablenker.

wassermenge verdoppelt, wobei sich schon hier Gestehungskosten 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 Forderun-gen des Naturschutzes hätten ergeben

können, zeigte keine negativen Resultate. Unter diesen Bedingungen entschied sich das EW Flims, das Vorhaben weiterzu-ziehen und beim Kanton die Projektge-nehmigung zu beantragen.

Günstige Gestehungskosten

Bemerkenswert sind die Gestehungs-kosten von weniger als 5 Rp./kWh für eine praktisch vollständig neu gebaute Anlage, die allen Ansprüchen an den Umweltschutz, die Sicherheit, den Be-dienungskomfort und an die Ästhetik ge-nügt. Sie lassen sich nicht alleine mit den vorteilhaften Standortbedingungen, wie etwa den gut zugänglichen und befahr-baren Druckleitungskorridor, begründen.

Adresse der Autoren

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

Zu den niedrigen Erstellungskosten bei-getragen haben insbesondere auch die bereits in der Planungsphase durchge-führten System- und Preisvergleiche bei den wichtigsten Komponenten, die früh-zeitige Koordination mit anderen Bau-vorhaben und ein ausgeprägtes Kosten-bewusstsein bei allen Entscheiden, 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 Kom-ponenten 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 teu-ren) Verzögerungsrisiken bedingt durch schlechte Witterung, anspruchsvolle Montagevorgänge oder Lieferverzug. Die mit dem gewählten System (Gusslei-tung mit Steckmuffenrohre) gemachten Erfahrungen erfüllten die Erwartungen bezüglich einfacher Montage und kurzen Lieferfristen vollends und erlaubten eine sehr speditive Verlegung der 1540 m lan-gen Leitung.

Bei der Synergie mit anderen Bauvor-haben half das Glück etwas mit, konnten doch in den gleichen Rohrgraben noch eine Hochdruckleitung für eine neue Be-schneiungsanlage, Signal- und Elektro-kabel sowie streckenweise Trinkwasser-leitungen verlegt werden. In das Schie-berhaus bei der Fassung wurde zudem die ganze Pumpen- und Steueranlage für die Schneekanonen integriert. Finanziell ge-sehen hatte sich der erhöhte Planungs- und Koordinationsaufwand schlussend-lich für alle Beteiligten sehr bezahlt ge-macht.

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

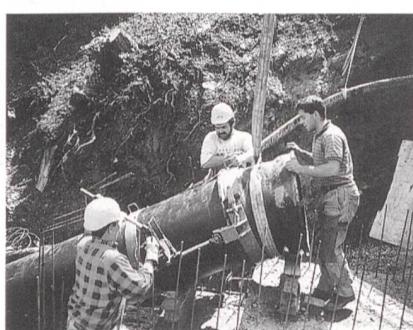


Bild 4 Das einfache Steckmuffensystem erlaubte die Montage der gusseisernen Druckleitung direkt durch den Bauunternehmer.

einzigsten Turbinen-Generatorgruppe der teureren Lösung mit zwei Maschinengruppen (eine kleine Winter- und eine grosse Sommerturbine) vor. Die eingesparten Kosten machten die bei Niedrigerwasser 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 kantonalen 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 überwinternden Kleinlebewesen verblei-

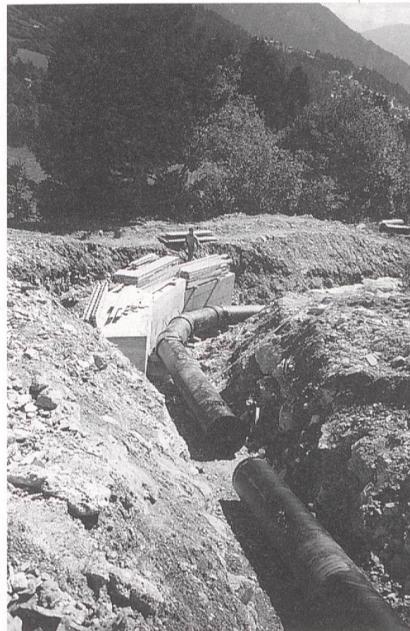


Bild 5 Das massive Betonwiderlager nimmt an diesem Knickpunkt die riesige Auslenkungskraft der Druckleitung auf. Nach dem Auffüllen ist von allem nichts mehr zu sehen.

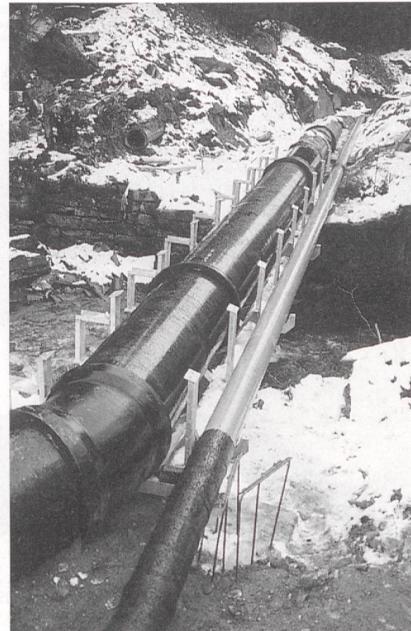


Bild 6 Wie hier bei der ungedeckten Rohrbrücke sichtbar, wurde neben der Kraftwerksdruckleitung noch eine Hochdruckleitung für die Beschneiungsanlage verlegt.

ben soll, bildete Gegenstand von länger dauernden Untersuchungen. Schlussendlich wurde eine Restwassermenge festgelegt, die deutlich über dem gesetzlichen Minimum liegt. Somit führt die Flem 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 Druckleitungsachse 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 altehrwürdigen Zentralengebäude im Dorfkern. Dieser um die Jahrhundertwende vom bekannten Basler Ingenieur Heinrich Eduard Gruner erbaute zweistöckige Bau wurde äußerlich unverändert gelassen. Der im Mittelpunkt stehende Maschinensaal war für die neue vertikalachsige Maschinengruppe zu niedrig, weshalb man die Maschinensfundamente auf eine tiefere

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 verleiht dem Innern eine bemerkenswerte, schlichte Ästhetik und hebt 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, fünfdüsigen Pelonturbine steht der sechs-polige Synchrongenerator. Die hohe Anzahl Düsen ermöglicht kleinere Turbinschaufeln, 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 eingeschneit bieten die Anlagen der Wasserfassung ein besonderes Bild.

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

Im Vergleich mit der alten Maschinengruppe, mit mechanischen Turbinenreglern, 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 Nendrehzahl. Der Generator mir einer Spannung 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 Blindenergieanteils im Netz Flims übernimmt ebenfalls der neue Generator und sorgt damit für eine optimale Übergaberegelung mit den übergeordneten Lieferanten im 60-kV-Verteilnetz. Ein vollnumerischer Schutz ist für die Sicherheit und Transparenz bei auftretenden mechanischen und elektrischen Störungen verantwortlich.

Die Steuerung, Alarmierung und Wasserbewirtschaftung wird von einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) übernommen. Diese ist über einen Profibus in das Leitsystem des EW Flims eingebunden. Damit können die gesamte Anlage visualisiert und alle betriebsrelevanten Daten angezeigt werden. Eine Videokamera überwacht die Wasserfassung. Über ein Lichtwellenleiterkabel werden alle Betriebsdaten von der Fassung an das Leitsystem übertragen. Die Rohrbruchüberwachung wird mit einer

redundanten Übertragung sichergestellt. Für den Pikettdienst kann mit dem «Laptop» 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 Rahmenbedingungen und mit einer konsequenten Kostenoptimierung möglich ist, trotz tiefen Strompreisen, trotz nahender Strommarktöffnung, eine konkurrenzfähige Energieproduktion mit Wasserkraft zu realisieren.

Für das Elektrizitätswerk Flims bedeutet dies günstigen Strom für seine Kunden, Sicherung von interessanten Arbeitsplätzen und eine gewisse Unabhängigkeit durch die Verstärkung der Eigenproduktion, welche mit dem bestehenden Kraftwerk Bargaus und dem neuen Kraftwerk 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 $\phi 700 \text{ mm}, L = 1540 \text{ m}$	1670 kW (bisher rund 600 kW)
elektrische Maximalleistung (P_{el}) (alle Verluste berücksichtigt)	83%
Gesamtwirkungsgrad bei Vollast (inkl. Rohreibungsvorluste)	
Maschinengruppe	1 fünfdüsiige, 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 I 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 Pnom.
- 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 äussert 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

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

Import und Grosshandel



- Solarmodule
- Laderegler
- Kompakte Sparlampen 12/24 V E27
- Spez. Gleichstromstecker für Solaranlagen
- 12V-Aussenlampen mit Bewegungsmelder
- Praktische Hand- und Taschenlampen
- Solarteichpumpen
- Ventilatoren
- DC/DC-Wandler
- Sonnenkocher/Dörrer
- Solarviehhüter
- Wechselrichter
- Solarmobil-Akkus
- 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.

SOLAR neogard

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

Ihr Partner für Solartechnik:

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

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

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:** Solarmodul-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!)

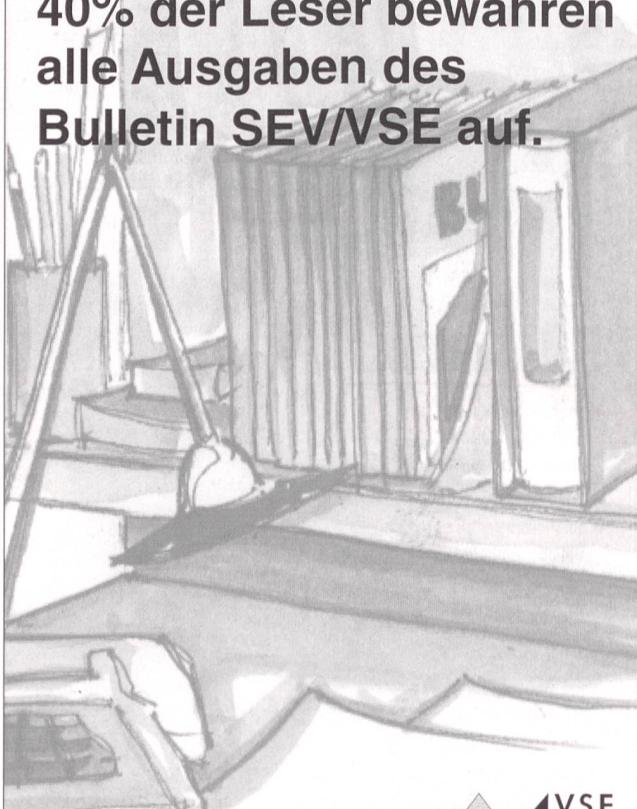
**Solarex-Solarmodule direkt ab Fabrik:
Verlangen Sie ein Projekt-Angebot!**

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

Muntwyler
Energetik AG
Ziegeler-Matt
CH-3052 Zollikofen
Tel. 031 911 50 63
Fax 031 911 51 27

SolarCenter
MUNTWYLER
Sonnenenergie - Stromversorgung - Installation

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



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

**SEV
ASE
VSE
UCS**