

# Günstiger Strom aus Flimser Wasserkraft

Autor(en): **Schenk, Dominik / Tanno, Gian-Andri**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **91 (1999)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940097>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Günstiger Strom aus Flimser Wasserkraft

■ Dominik Schenk, Gian-Andri Tannò

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?

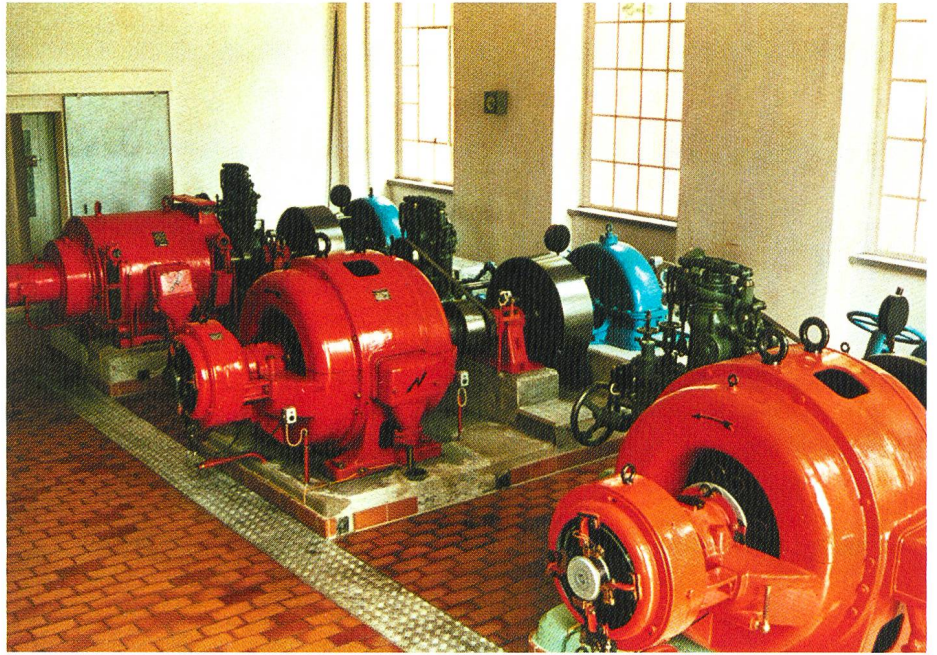
## Planung

Als nach 90 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 sollte.

Für den ersten Grundsatzentscheid wurde ein Vergleich möglichst verschiedener Lösungsmöglichkeiten eingeleitet. 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 beschafft 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 zudem die baulichen Anlage- teile der Fassung und die Gebäudehülle der Zentrale weiterverwendet werden. Ansonsten musste von der Einlaufschütze bis zum Auslaufkanal alles ersetzt werden.

Im nächsten Planungsschritt, dem Vorprojekt, wurde aufgrund einer wirtschaftlichen Optimierung die Ausbauwassermenge verdoppelt, wobei sich schon hier Geste- hungskosten im Bereich der Bezugspreise aus dem übergeordneten Netz abzeichneten. Die sorgfältige Abklärung weiterer möglicher

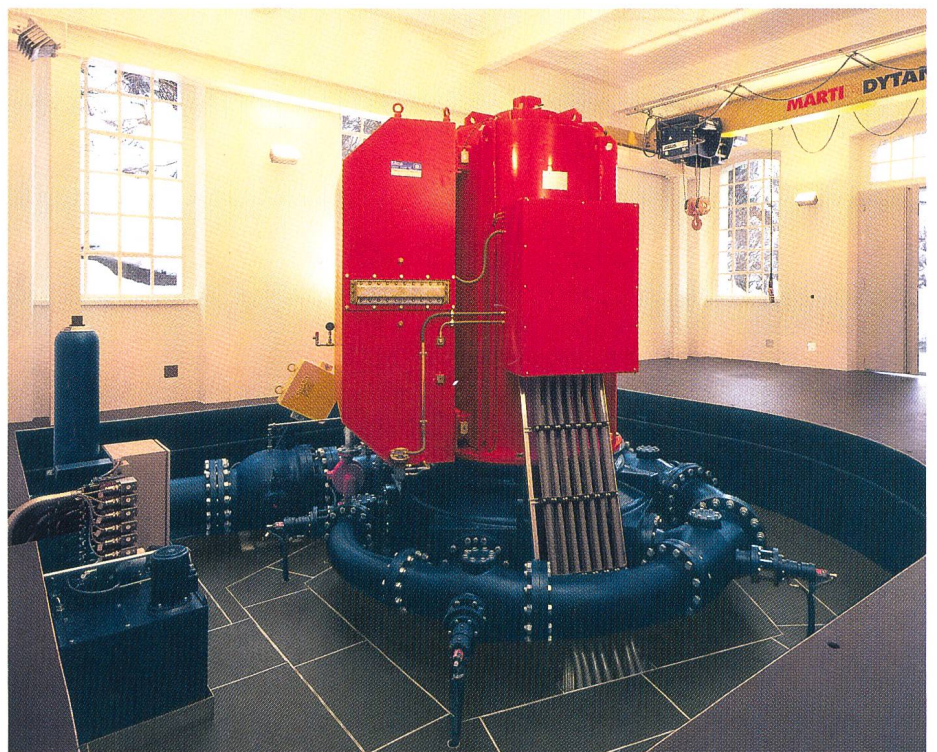


**Bild 1.** Die drei alten, eindüsigen Peltonmaschinen waren noch mit hydraulischen Reglern ausgestattet.

Projekthindernisse, wie sie sich etwa aus dem inhomogenen Baugrund oder Forderungen des Naturschutzes hätten ergeben können, zeigte auch diesbezüglich keine negativen Resultate. Unter diesen Bedingungen entschied sich das EW Flims, das Vorhaben weiterzuziehen und beim Kanton die Projekt- genehmigung zu beantragen.

## Günstige Gesteungskosten

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



**Bild 2.** Der neue Maschinensaal besticht durch seine Eleganz. Links am Generator ist der Luft-Wasser-Kühler befestigt.



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

dem gut zugänglichen und befahrbaren Druckleitungskorridor, begründen. 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 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 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 Steckmuffenrohren) gemachten Erfahrungen erfüllten die Erwartungen bezüglich einfacher Montage und kurzer Lieferfristen vollends und erlaubten eine sehr speditive Verlegung der 1500 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 einzigen Turbinen-Generatorgruppe der teureren Lösung mit zwei Maschinengruppen (eine kleine Winter- und eine grosse Sommerturbine) vor. Die eingesparten Kosten machen 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 einplante.

Besonders spannend wurde die Situation aber erst durch die Rechtsstreitigkeiten betreffend Restwasser, welche die Planungsarbeiten blockierten und die kantonale Projektgenehmigung lange Zeit in Frage stellten. 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 Baubeginn unterzeichnet werden. Angesichts der sonst üblichen Lieferfristen für diese Komponenten war man auf grosse Flexibilität sowohl der Lieferanten als auch der Bauherrschaft angewiesen.



**Bild 4. Das massive Betonwiderlager nimmt am Knickpunkt die riesige Auslennkraft der Druckleitung auf. Nach dem Auffüllen ist von allem nichts mehr zu sehen.**

Während der trockene Sommer 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 der 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 wenige Sekundenliter ab. Die Frage, wieviel Wasser für die in den zahlreichen Becken überwinterten Kleinlebewesen verbleiben 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 90 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



**Bild 5.** Das einfache Steckmuffensystem erlaubte die Montage der gusseisernen Druckleitung direkt durch den Bauunternehmer.

der Festlegung der Druckleitungsachse auf möglichst kleine Rodungsflächen geachtet, und das Land wurde nach dem Auffüllen sofort wieder begrünt.

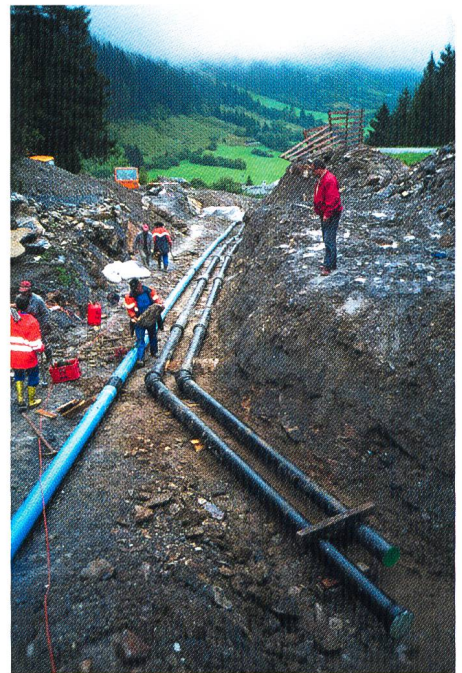
### Architektur

Das moderne Steuerhäuschen oben bei der Fassung steht in einem lebhaften Dialog zu seiner idyllischen Umgebung und bildet zugleich einen prägnanten Gegensatz zum alt-ehrwürdigen Zentralengebäude im Dorfkern. Dieser um die Jahrhundertwende vom bekannten Basler Ingenieur Heinrich Eduard Gruner erbaute zweistöckige Bau wurde äusserlich unverändert gelassen. Der im Mittel-

punkt stehende Maschinensaal war für die neue vertikalachsige Maschinengruppe zu niedrig, weshalb man die Maschinenfundamente 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 schlichte und konsequente Farbgebung verleiht dem Innern eine bemerkenswerte 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.



**Bild 7.** Der nasse Herbst und die Novemberkälte zwangen dazu, die abriebfesten Platten bei der Fassung unter einem beheizten Zelt Dach zu verlegen.



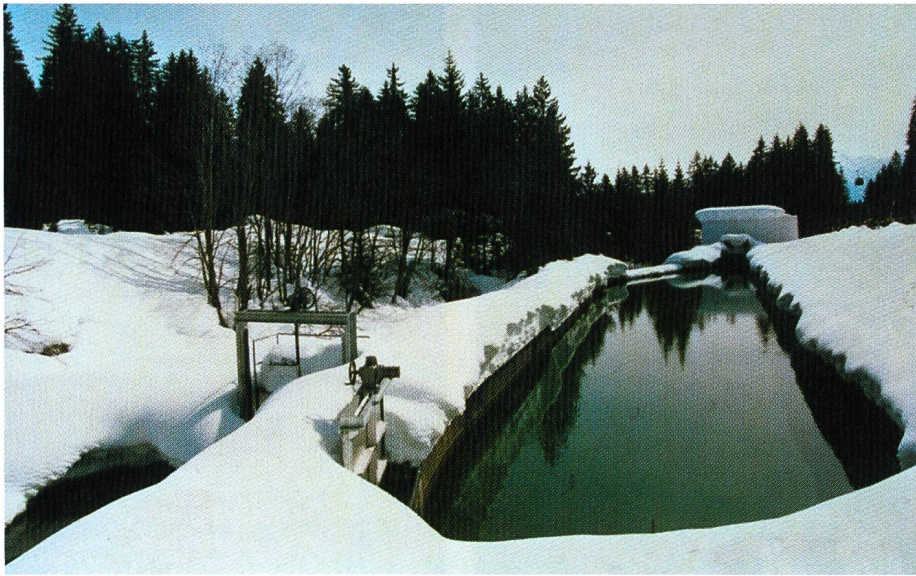
**Bild 6.** In den Druckleitungsgraben wurden zusätzlich eine Hochdruckleitung für die Beschneigungsanlage und streckenweise noch Trinkwasserleitungen verlegt.

### Luft-Wasser-gekühlter Generator

Direkt über der vertikalachsigen, fünfdüsigen Pelton turbine steht der sechspolige Synchron-generator. Die hohe Anzahl Düsen ermöglicht kleinere Turbinenschaufeln, ein kleineres Lauf rad 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 1650 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, gekühlt. Von dort wird die Wärme mittels eines Wasser-Glykol-Gemisches 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 gedämmt 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-595-Regler führt die Maschine in weniger als einer halben Minute auf die Nenndrehzahl. Der Generator mit einer Spannung von 950 V und einer Nennleistung von 2100 kVA speist die Energie über einen



**Bild 8. Das tief eingeschnitte Absetzbecken mit dem modern gestalteten Schieberhaus im Hintergrund.**

### Steckbrief Kraftwerk Stenna

Ausbauwassermenge	[Q <sub>max</sub> ]	850 l/s (bisher ca. 400 l/s)
Standort Fassung		Punt Gronda, 1298 m ü. M.
Standort Zentrale		Stenna, 1056 m ü. M.
Bruttofallhöhe	[H <sub>br</sub> ]	242 m
Druckleitung		Ø 700 mm, L = 1540 m
elektrische Maximalleistung (alle Verluste berücksichtigt)	[P <sub>el</sub> ]	1650 kW
Gesamtwirkungsgrad bei Vollast, inkl. Rohrreibungsverluste		82 %
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

Am Projekt Beteiligte	
Bauherrschaft Kraftwerk Stenna	EW Flims 7017 Flims-Dorf
Bauherrschaft Beschneigungsanlage	Weisse Arena AG 7031 Laax
Gesamtplanung und Bauleitung	ITECO Ingenieurunternehmung AG 8910 Affoltern am Albis
Architektonische Gestaltung	Gross + Rüegg Architekten 7016 Trin-Mulin
Maschinengruppe	Sulzer Hydro AG 6010 Kriens
Kraftwerksteuerung	COVAG Control Vetsch AG 7007 Chur
Druckleitung	Von Roll Tuyaux pression SA 2830 Choindéz
Stahlwasserbau	Fäh Maschinen- und Anlagenbau AG 8750 Glarus
Baumeisterarbeiten Los 1 + Los 3	Arge Erni und Capaul 7017 Flims-Dorf
Baumeisterarbeiten Los 2	Zindel & Co. Bauunternehmung 7004 Chur

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 Übergaberegulierung 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 Pikettendienst kann mit dem Laptop via Telefonleitung direkt auf das Leitsystem zugegriffen werden, und damit 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 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.

Adresse der Verfasser

Dominik Schenk, Gian-Andri-Tannò, Iteco Ingenieurunternehmung AG, Postfach, CH-8910 Affoltern a. A.