

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	85 (1994)
<b>Heft:</b>	24
<b>Artikel:</b>	Weit entfernt von Zenith : Überlegungen zur photovoltaischen Stromerzeugung in der Schweiz
<b>Autor:</b>	Küffer, Kurt / Roth, Stefan
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-902641">https://doi.org/10.5169/seals-902641</a>

### 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:** 15.01.2026

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

Die Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) sind überzeugt, dass aufgrund heutigen Wissens und heutiger Technik die neuen erneuerbaren Energien in naher Zukunft keinen wesentlichen Anteil an der Stromversorgung erwarten lassen. Was nicht heißen will, dass es sich dabei nicht um einen willkommenen Zuschuss handelt. Es sind jedoch weitere intensive Bemühungen erforderlich, um längerfristig einen grösseren Beitrag an die Stromversorgung zu erreichen. Die Elektrizitätswerke sind gerne bereit diese Entwicklung zu unterstützen. Wesentliche Beiträge sind vorerst von näherliegenden Technologien und Massnahmen zu erwarten. Diesen sind auch höhere Prioritäten zuzuordnen, wie der weitergehenden Isolation im Gebäudebereich, der umweltfreundlich betriebenen Wärmepumpe sowie der solaren Wärmenutzung generell.

# Weit entfernt vom Zenith

## Überlegungen zur photovoltaischen Stromerzeugung in der Schweiz

■ Kurt Küffer und Stefan Roth

### Vor dem Startschuss

Anfang 1990 zählte man in der Schweiz 55 Photovoltaik-Netzverbundanlagen. Sie wiesen eine totale Leistung von 325 Kilowatt (kW) auf. Die erwartete Stromproduktion pro Jahr betrug 350 000 bis 450 000 Kilowattstunden (kWh). Dies entsprach in etwa dem Stromverbrauch von gegen hundert Haushaltungen.

Von den total 55 Anlagen befanden sich 70% in Privatbesitz sowie je 15% in öffentlicher Hand bzw. in Händen von Elektrizi-

tätswerken. Empfehlungen des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE), privaten Betreibern von Anlagen grosszügige Rückliefertarife anzubieten, gehen schon auf das Jahr 1988 zurück.

### Aufschwung für Solares

1990 wurde bekanntlich das seit einigen Jahren herrschende faktische Moratorium im Kraftwerkbau in ein formelles Kernenergiemoratorium umgegossen und im Energieartikel die verstärkte Förderung neuer erneuerbarer Energien beschlossen. In der Folge erfuhren alternative Stromerzeugungsquellen einen beachtlichen kon-



Bild 1 Photovoltaik-Anlage auf Alp Findels (erstes Solardach mit massgefertigten Photovoltaik-Ziegeln)

#### Adresse der Autoren:

Kurt Küffer, Direktor NOK,  
Stefan Roth, Ressortleiter Neue Energiesysteme,  
Parkstrasse 27, Postfach, 5401 Baden.

## Photovoltaische Stromerzeugung

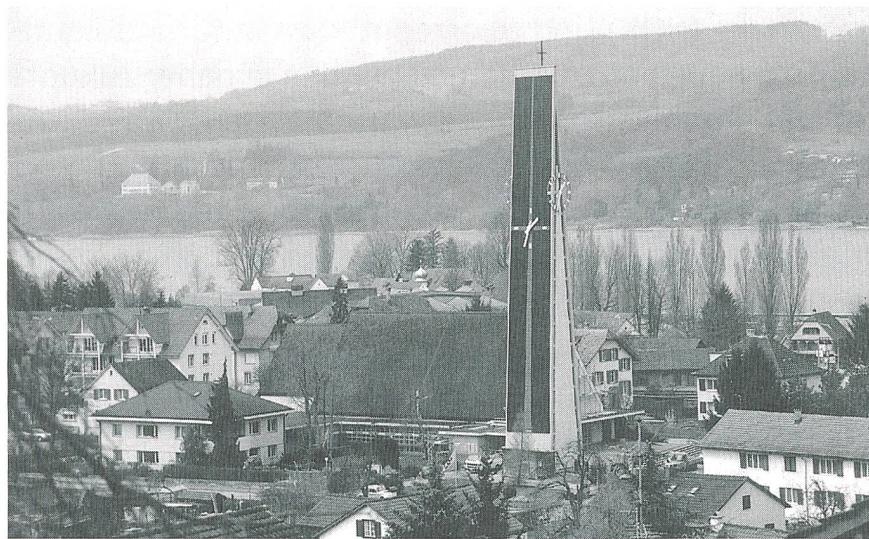


Bild 2 Kirche Steckborn. Die südliche Turmseite trägt eine 19,4-kW-Photovoltaik-Anlage

zeptuellen, publizistischen und energiepolitischen Auftrieb, der sich etwa folgendermassen manifestierte:

- Ein Solarprogramm «zenpho» will den Versorgungsauftrag der Elektrizitätswirtschaft so ergänzen, dass nach 25 Jahren 10% des Netzebezugs beim Endverbraucher photovoltaisch erzeugt werden müssen!
- Die Arbeitsgemeinschaft Schweizerische Vereinigung für Sonnenenergie/Tour de Sol/SGS prägte zum Solarjahr 91, am 700. Geburtstag der Schweizerischen Eidgenossenschaft, das Postulat: «Für jede Schweizer Gemeinde eine Solaranlage von 1 kW bis 1 MW».
- Das bundesrätliche Aktionsprogramm «Energie 2000» veranschlagt den Beitrag der (neuen) erneuerbaren Energien Photovoltaik, Wind, Biomasse zur Stromerzeugung auf 0,5% im Jahr 2000. Die Photovoltaik wird als wichtige Stromerzeugungsquelle bezeichnet. Sie wird der höchsten Förderungsstufe zugeordnet, und ein Anteil von 0,1% ist als Zielsetzung genannt.

Das Aktionsprogramm des Bundesrates blieb in der Zielsetzung im Vergleich mit andern Solarprogrammen einigermassen bescheiden, fast im Gegensatz zur öffentlichen Stimmungslage, welche die Möglichkeiten der Solarenergie als Folge der Diskussion um einen Ausstieg aus der Kernenergie weit überschätzte.

Im Rahmen des Aktionsprogrammes «Energie 2000» erklärten sich die schweizerischen Elektrizitätswerke bereit, die Photovoltaik auf den Prüfstand zu heben. Neben den Erfahrungen beim Bau und Betrieb solcher vielgestaltiger Anlagen, die mit dem Netz verbunden sind, interessieren auch die qualitativen Aspekte des Stromanfalls. Denn es ist naheliegend, dass Solar-

energie eher sommerlastig und zufallsbedingt, weil wetterabhängig, anfällt. Es galt also herauszufinden, ob neue erneuerbare Energien wenigstens teilweise hochwertige Energie ersetzen können (d.h. dann anfallen, wenn der Verbrauch hoch ist), oder ob sie nur helfen, den Sommerüberschuss der hydraulischen Stromproduktion noch zu vergrössern. Welche Gestehungskosten sind zu erwarten? Wo müssen Forschung und Entwicklung einsetzen? Es galt Überlegungen anzustellen im Hinblick auf vorhandene Potentiale und längerfristige Trends. Die Chancen der Solarenergie für die Stromerzeugung lassen sich am besten mit Hilfe konkreter Anlagen und nicht wie bis anhin auf dem Papier studieren.

### Das NOK-Programm

Die NOK lancierte darum 1991 das Projekt einer 1-Megawatt-Solarkette, die über das ganze NOK-Versorgungsgebiet verstreute verschiedenartige Photovoltaik-An-

lagen energetisch über das elektrische Verbundnetz und ausserdem zur Überwachung über ein messtechnisches Netz miteinander koppeln würde. Die Leistung von insgesamt 1 Megawatt (MW) mochte – verglichen mit der Leistung des NOK-Wasserwerkspark von rund 2000 MW – klein erscheinen. Sie stand nicht im Vordergrund, ging es ja darum, möglichst verschiedene Typen von Photovoltaik-Anlagen unter den unterschiedlichsten Umweltbedingungen zu prüfen und auszuwerten.

### Zwischenbilanz

Rund vier Jahre seit der Bestandesaufnahme 1990 zeigt ein Blick auf die gesamtschweizerische Zwischenbilanz im Sektor Photovoltaik erfreuliche Aktivitäten:

Zurzeit sind in der Schweiz nach Angaben des VSE rund 600 Photovoltaik-Anlagen mit einer Spitzenleistung von über 4 MW<sub>p</sub> (Megawatt peak) in Betrieb. Etwa 100 dieser Anlagen gehören schweizerischen Elektrizitätswerken. Die Gesamtheit der Anlagen produziert im Jahresdurchschnitt etwa 3,3 Millionen Kilowattstunden (kWh). Diese Strommenge entspricht (verteilt auf die jeweiligen Jahreszeiten) in etwa dem Stromverbrauch von rund 900 Haushaltungen im Sommer und 300 Haushaltungen im Winter. Gemessen am Landesverbrauch der Schweiz blieb der Anteil des photovoltaisch erzeugten Stroms sehr bescheiden (etwa 0,005% des Landesverbrauchs).

Die NOK hat im Rahmen der 1991 beschlossenen 1-MW-Solarkette bisher fünf Photovoltaik-Anlagen in Betrieb genommen. Es handelt sich um die Anlagen am Hauptsitz der NOK in Baden (2,5 kW<sub>p</sub>), «Alp Findels» (Bild 1) in der Gemeinde Pfäfers SG (13,3 kW<sub>p</sub>), «Steckborn TG» (19,4 kW<sub>p</sub>) (Bild 2), «Desertasol» auf

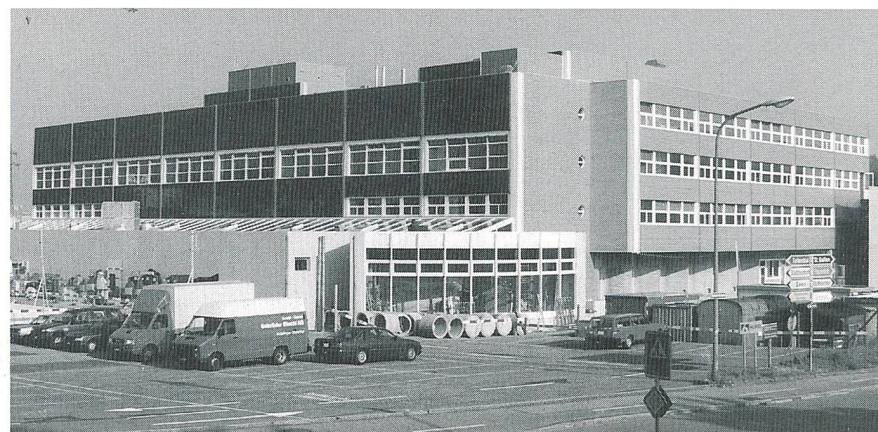


Bild 3 Fassadenintegrierte Photovoltaik-Anlage am Neubau der Betriebsleitzentrale der Genossenschaft Migros Winterthur/Schaffhausen. Die Solarmodule sind vollständig in die Fassade integriert und ersetzen das an den andern Fassadenbereichen verwendete Sinusblech

Caischavedra bei Disentis GR (97,9 kW<sub>p</sub>) und «Migros Winterthur» (66 kW<sub>p</sub>). Darüber hinaus wurde die 50-kW<sub>p</sub>-Photovoltaik-Anlage auf dem Dach der Kabelwerke Brugg finanziell unterstützt.

Diesen Frühling wurde die fassadenintegrierte Photovoltaik-Anlage am Neubau des Betriebsgebäudes der Genossenschaft Migros Winterthur/Schaffhausen in Betrieb genommen (Bild 3). Die Spitzenleistung dieser grössten fassadenintegrierten Photovoltaik-Anlage der Schweiz beläuft sich auf 66 kW<sub>p</sub>. Die Betriebsdaten der Anlage werden «live» auf einem Grossbildschirm im Migros-Hobby-Center Winterthur-Grüze übertragen. Umweltbewussten Automobilisten steht eine Solartankstelle für Elektromobile zur Verfügung. Die gesamte Spitzenleistung dieser NOK-Photovoltaik-Anlagen beträgt über 200 kW<sub>p</sub>. Die ab 1995 ins Verbundnetz einspeisbare Strommenge wird etwa 150 000 kWh pro Jahr erreichen. Das sieht vielleicht nach einem bescheidenen Ergebnis aus. Immerhin liesse sich damit der gesamte Grossviehbestand des Landes elektrisch melken... wenn man die zeitlichen Unterschiede von Stromanfall und Strombedarf einmal ausser acht lässt.

### Erkenntnisse und Erfahrungen

Photovoltaik-Anlagen lassen sich in der Schweiz ohne grössere Umtreibe verwirklichen. Als Faustregel lässt sich aus unseren bisherigen Erfahrungen mit Pilotanlagen ableiten, dass sich die Baukosten pro Kilowatt auf 25 000 Franken belaufen. In diesem Ansatz sind allerdings besondere Messeinrichtungen, die bei Pilotanlagen notwendig sind, kostenmässig noch nicht berücksichtigt. Bei einer extremen Versuchsanordnung wie auf dem 3454 m ü.M. gelegenen Jungfraujoch kommt das Kilowatt installierte Leistung auf über 40 000 Franken zu stehen.

Die Stromproduktion ist extrem witterungsabhängig. Selbstverständlich fällt nur Tagstrom an. Von den 8760 Jahresstunden dienen im Landesdurchschnitt 850 Vollaststunden der Photovoltaik-Netzstromproduktion. In Hochgebirgsgegenden mit günstigeren Strahlungsbedingungen sind bis zu 1200 Vollaststunden pro Jahr möglich. Bei fassadenintegrierten Projekten vermindert sich die Jahreserzeugungszeit wegen des ungünstigen Einfallswinkels der Sonne auf weniger als 600 Vollaststunden. – Dem Sonnenstand nachgeführte Zellen produzieren rund 1,3 (einachsig nachgeführt) bis 1,5 (zweiachsig nachgeführt) Mal mehr als fix montierte mit optimaler Neigung.

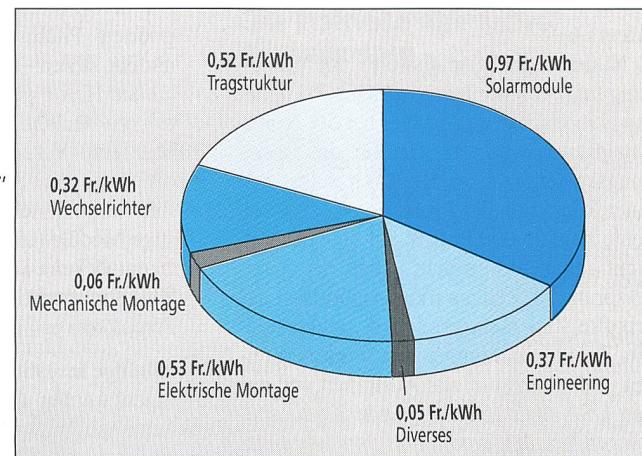
Seit 1990 – also seit dem Einsetzen von solaren Förderprogrammen in der Schweiz

– hat sich der spezifische Preis von Solarzellen für Projekte der NOK keineswegs verringert. Im Gegenteil: Die Lieferanten kündigen ihre Bereitschaft auf, die «gedrückten Preise der vergangenen Aufbaujahre» weiterhin im Sinn von Goodwill-Aktionen aufrechtzuerhalten. Sie wollen in Zukunft auch einmal schwarze Zahlen schreiben können. Ansonsten könnte eine Weiterentwicklung der solaren Komponenten nicht mehr finanziert werden. Kostspielige Forschungsaufwendungen der Grossen im Solarbusiness bleiben heute auch bei tendenziell wiederanziehendem Wirtschaftswachstum zurückgestellt.

Neben den immer noch gedämpften konjunkturellen Aussichten wirken die beim Bau und Betrieb jüngerer Anlagen gewonnenen Erfahrungen ebenfalls dämpfend auf die Einschätzung der Marktchancen. Anga-

genereller Verbilligungen und technologischer Verbesserungen als erreichbar genannt wurde, muss als unrealistisch bezeichnet werden. Eine Reduktion auf etwa 30 MW<sub>p</sub> wird diskutiert. Das Tätigen von Investitionen zur Erreichung eines zu ambitionierten Ziels ist aus unternehmerischer Sicht nicht zu verantworten. Denn gegenüber dem heutigen Stand mit total 4 MW<sub>p</sub> Leistung, installiert in 600 Photovoltaik-Anlagen, würde dies eine mehr als siebenfache Vergrösserung des Photovoltaik-Parks ohne Gewinn wesentlicher neuer Erkenntnisse bedeuten. Es ist an der Zeit, eine breite Öffentlichkeit nüchtern und ehrlich über diese Sachlage zu informieren. Sollten nichtsdestotrotz Konsumenten bereit sein, die heutigen Kosten der Solarproduktion freiwillig zu tragen, sind wir auch bereit, am weiteren Ausbau mitzuwirken.

Diagramm 1 Stromgestehungskosten der Photovoltaik(PV)-Anlage «ZV Baden», Baujahr 1990  
Nominalleistung 2,54 kW<sub>p</sub>, Jahresertrag 2,18 MWh, Investitionskosten 76,00 kFr., Annuität 7,1% pro Jahr, Betrieb und Unterhalt 1,0% pro Jahr, Stromgestehungskosten 2,82 Fr./kWh



ben zu den von den NOK betriebenen Anlagen bezüglich Investitionskosten und Stromgestehungskosten finden sich in den Diagrammen 1–5. Die Stromgestehungskosten bewegen sich zwischen 1,94 Fr./kWh im Fall der Anlage «Caischavedra» und 3,29 Fr./kWh im Fall der Anlage «Kirche Steckborn». Die Investitionskosten pro Kilowatt Spitzenleistung schwanken zwischen 23 000 Fr./kW<sub>p</sub> im Fall der Anlage «Kirche Steckborn» und 33 400 Fr./kW<sub>p</sub> im Fall der Anlage «Alp Findels». Es handelt sich klar um Pilotanlagen. Bei Serienprodukten wäre selbstverständlich eine Einsparung möglich, aber nicht in einem Ausmass, das die Grössenordnung der Kosten ändert lässt.

Angesichts dieser Rahmenbedingungen sind innerhalb der nächsten Jahre keine markanten Änderungen gegenüber der heutigen Situation zu erwarten. Ein bereits angepasstes «Energie-2000»-Ziel, 50 MW<sub>p</sub> elektrische Spitzenleistung und eine Jahresproduktion von 30 Millionen kWh aus Photovoltaik, wie es aufgrund von Einschätzungen der Preisentwicklung auf dem Markt für Solarzellen sowie in Erwartung

Was für die solare Stromerzeugung gilt, nämlich im Vergleich mit konventionellen Stromquellen hohe Kosten pro Kilowattstunde (ohne klaren Trend nach unten), gilt nicht in gleicher Art für die solare Wärmeerzeugung. Sie darf bereits heute schon kurzfristig als sinnvolle Energiequelle für breite Nutzung bezeichnet werden. Solare Wärme hat sich in südländischen Ländern, zum Beispiel Israel, bereits ordentlich etabliert.

### Photovoltaik: nächste Schritte

Für Projektanten, Bauer und Betreiber künftiger Photovoltaik-Anlagen gilt – wie bereits in der Vergangenheit – der Rückliefertarif von 16 Rappen pro Kilowattstunde als eine Art «Mass aller Dinge». Die 16 Rappen sind eine echte Herausforderung und ein äusserst grosszügiges Entgegenkommen der Elektrizitätswerke. Langfristig geht es gar darum, die 16-Rappen-Markte zu unterbieten. Das Ziel, 16 Rappen pro Kilowattstunde (bei 850 Vollaststunden) ist, wie Sensitivitätsanalysen zeigen, wohl

## Photovoltaische Stromerzeugung

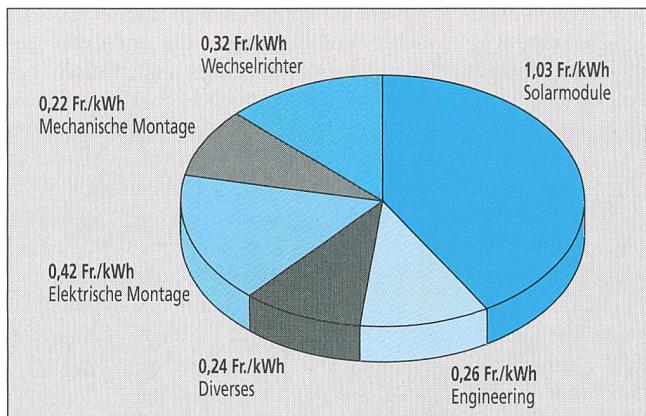


Diagramm 2 Stromgestehungskosten der PV-Anlage «Alp Findels»

Baujahr 1991, Nominalleistung 13,32 kW<sub>p</sub>, Jahresertrag 14,42 MWh, Investitionskosten 444,49 kFr., Annuität 7,1% pro Jahr, Betrieb und Unterhalt 1,0% pro Jahr, Stromgestehungskosten 2,50 Fr./kWh

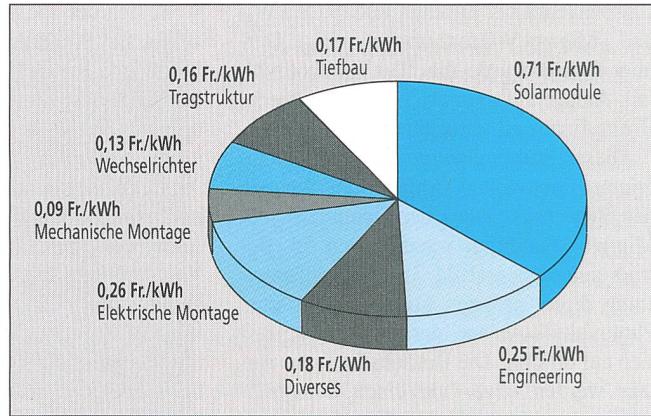


Diagramm 3 Stromgestehungskosten der PV-Anlage «Caischavedra»

Baujahr 1993, Nominalleistung 97,89 kW<sub>p</sub>, Jahresertrag 120,60 MWh, Investitionskosten 2897,00 kFr., Annuität 7,1% pro Jahr, Betrieb und Unterhalt 1,0% pro Jahr, Stromgestehungskosten 1,94 Fr./kWh

äusserst schwierig zu erreichen (siehe Diagramm 6).

Nimmt man beispielsweise an, Verzinsung und Abschreibung betragen 7,1% der Investitionskosten (25 Jahre bei 5% Nominalzins), so wird das Ziel für die Gestehungskosten von 16 Rp./kWh selbst mit einer Reduktion der Investitionskosten von heute rund 25 000 Fr./kW auf 5000 Fr./kW nicht annähernd erreicht. Auch ein Quantensprung im Zellenwirkungsgrad lässt das erhoffte Ziel nicht erreichen. Spektakulären Zeitungsmeldungen aus Forscherkreisen in der Schweiz, aus Australien und aus den USA über bahnbrechende Kostensenkungen bei der Produktion von leistungsfähigeren Solarzellen ist zurzeit nur die Rolle des berühmten Strohhalms beizumessen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass freistehende und auf bestehende Gebäude aufgepflanzte Photovoltaik-Anlagen einzig der Erprobung von Komponenten dienen können. Eine Breitenförderung solcher Anlagen dagegen ist bei den stets knappen Finanzen nicht zu verantworten.

Etwas günstiger ist die Sachlage bei gebäudeintegrierten Photovoltaik-Anlagen vom Typ «Alp Findels», «Kirche Steckborn» oder «Migros Winterthur». Dank der teilweisen Substitution der konventionellen Fassadenoberfläche durch Solarpanels lassen sich die Investitionskosten der Photovoltaik-Anlage reduzieren. Allerdings ist der Zielwert 16 Rp./kWh theoretisch und langfristig nur bei Einhalten folgender Bedingungen möglich:

- Die Kostenersparnis durch Substitution der konventionellen Fassadenoberfläche müsste vollumfänglich der Solaranlage gutgeschrieben werden. Ein hoher Substitutionsbeitrag wird nur beim Ersatz von Fassadenoberflächen der oberen Preisklasse erzielt.

– Die Investitionskosten der fassadenintegrierten Photovoltaik-Anlage – nicht nur der Zellen – sind drastisch, um mehr als die Hälfte gegenüber heutigen Werten, zu senken. Dieser Weg führt nur über eine Vereinfachung und Standardisierung der Systemtechnik. Es sind flächenspezifisch möglichst kostengünstige Module (in amorpher Technologie) zu entwickeln. Dabei sinkt allerdings der Wirkungsgrad der Zellen und damit die Produktion pro m<sup>2</sup>.

Künftige Investitionen in photovoltaische Anlagen werden also noch vermehrt und ausschliesslich zugunsten der Verbesserung von Komponenten und Solarzellen für Pilotanlagen mit revolutionär neuer Technologie unter Optimierung der Anlagen- und Einbautechnik zu tätigen sein. Die mengenbetonte Ausweitung der solaren Stromproduktion steht nicht im Mittelpunkt.

Mit Mitteln des Bundes werden zum Beispiel Photovoltaik-Anlagen auf Schulhäusern gemäss dem Förderprogramm im Rahmen von «Energie 2000» in angemessener Weise und soweit verantwortbar in die Breite entwickelt, dies zur Demonstration der Möglichkeiten und Grenzen sowie zur Entwicklung realistischer Vorstellungen bezüglich Solarenergie bei der Jugend. Der Behörde wird der Entscheid zugunsten weiterer Demonstrationsanlagen der Photovoltaik nicht immer leicht fallen, fehlen doch solche Mittel zwangsläufig für die übrigen Infrastrukturaufgaben für Schulen und Universitäten.

Von seiten der Elektrizitätswirtschaft besteht die Bereitschaft, zusätzlich zu der bisherigen Unterstützung der Photovoltaik in Form eigener Anlagen und von Partneranlagen sowie von Messprogrammen, an 150 Anlagen zur Beurteilung von Komponenten und Standorten die Weiterentwicklung an gezielten Objekten voranzutreiben.

Die dabei produzierbare Strommenge steht – entsprechend dem Charakter solcher Anlagen – wiederum nicht im Mittelpunkt.

Bekanntlich besteht für allgemeine Forschungsvorhaben im Elektrizitätsbereich ein Projekt und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL). Zusätzlich wird die Schaffung eines separaten Fonds der Elektrizitätswirtschaft für die Technologieförderung von Photovoltaik-Anlagen geprüft. Ziel eines solchen Fonds wäre die Förderung innovativer Prinzipien und Methoden zur Erzielung der absolut notwendigen qualitativen Verbesserung bezüglich Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit, wie sie durch die Errichtung von 1000 gleichen Anlagen nach dem Modell einer früher diskutierten Breitenentwicklung nie erreicht werden könnte. Angesichts der Beschränktheit der insgesamt verfügbaren Mittel und der heute viel zu hohen Kosten der Photovoltaik gilt die eigentliche Herausforderung eindeutig der qualitativen Weiterentwicklung der Solartechnologie, einer Technologie mit auf sehr lange Sicht zu verstehender Zukunftschance. Kurz- und mittelfristig muss man sich jedoch vor übertriebenen Hoffnungen hüten.

### Solarenergie – Chance für die Dritte Welt?

Etwas anders stellt sich die Frage eines Einsatzes der Photovoltaik in Entwicklungsländern. Zwar kann sich eine Technologie, die für reiche Industrieländer zu teuer ist, auch in Dritt Weltländern nicht zu einem Standbein der Stromversorgung innerhalb einer einigermassen überschaubaren Frist von 40 Jahren entwickeln. In ländlichen unterentwickelten Regionen ohne jegliche Stromversorgung aber kann die Photovoltaik durchaus in der Lage sein, zur

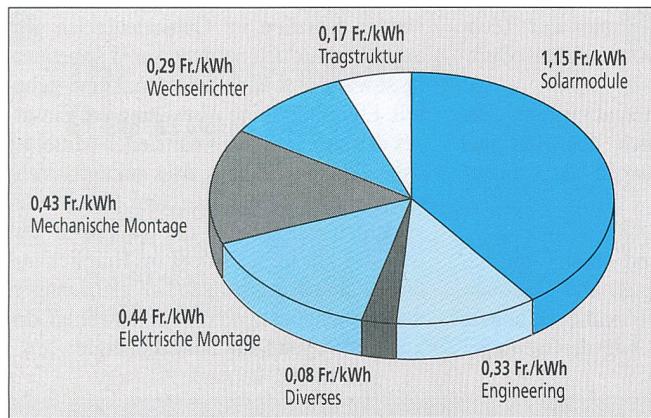


Diagramm 4 Stromgestehungskosten der PV-Anlage «Kirche Steckborn»

Baujahr 1993, Nominalleistung 19,44 kWp, Jahresertrag 11,02 MWh, Investitionskosten 448,00 kFr., Annuität 7,1% pro Jahr, Betrieb und Unterhalt 1,0% pro Jahr, Stromgestehungskosten 3,29 Fr./kWh

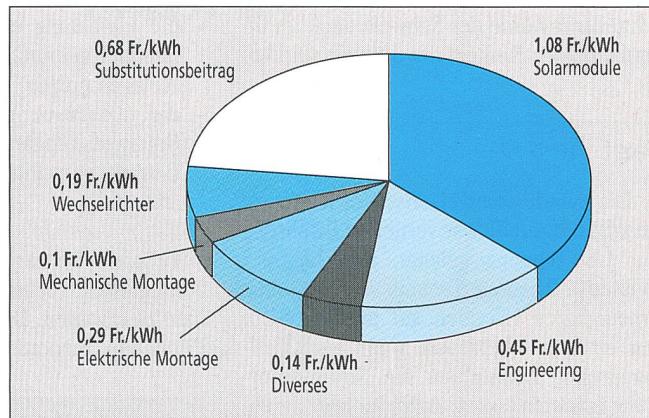


Diagramm 5 Stromgestehungskosten der PV-Anlage «Migros Winterthur»

Baujahr 1994, Nominalleistung 66,30 kWp, Jahresertrag 35,68 MWh, Investitionskosten 988,67 kFr., Annuität 7,1% pro Jahr, Betrieb und Unterhalt 1,0% pro Jahr, Stromgestehungskosten 2,24 Fr./kWh

Verbesserung der Lebensbedingungen beizutragen. Dem Aspekt der Erhöhung der Lebensqualität unter solchen Bedingungen kommt gewiss höhere Priorität zu, als der Verbesserung der Umweltqualität mittels Photovoltaik in entwickelten Ländern. Die Rolle, die den neuen erneuerbaren Energien in den Entwicklungsländern im Hinblick auf die Entwicklung der Exportmärkte

für die europäische Industrie zukommt, gilt es allerdings abzuklären. Dies ist aber Sache der Exportindustrie und der Entwicklungsexperten des Bundes. Immerhin können die Erfahrungen der Elektrizitätswirtschaft wertvolle Dienste leisten. Auch in diesem Bereich ist natürlich die Aussage unwiderlegt, dass ein Entwicklungsfranken nur einmal ausgegeben werden kann.

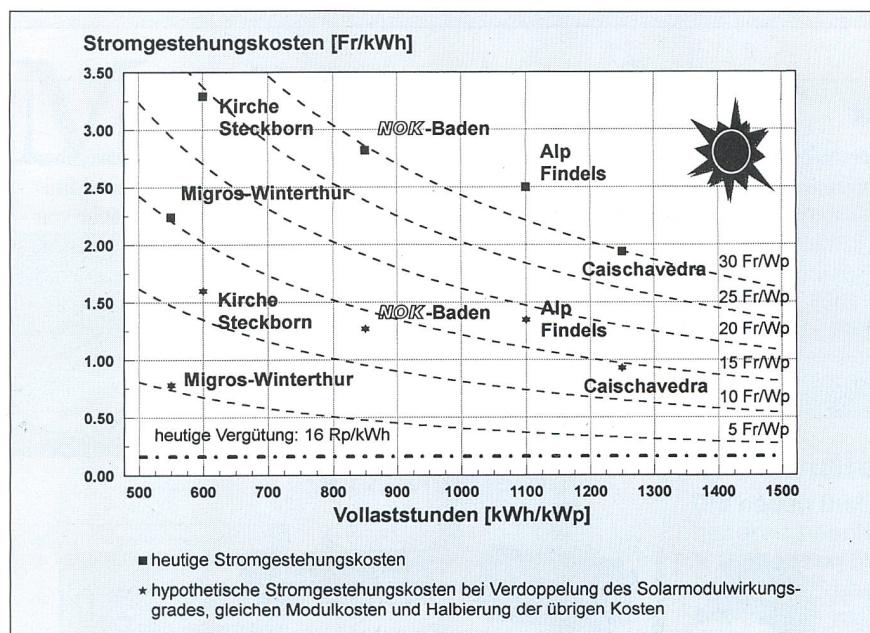


Diagramm 6 Stromgestehungskosten bei den einzelnen Photovoltaik-Anlagen der 1-MW-Solarkette der NOK

Die Gestehungskosten von Strom aus Photovoltaik-Anlagen sind hauptsächlich abhängig von den Investitionskosten (in Franken pro installiertes Watt Leistung; Parameter der Kurvenschar) sowie den meteorologischen Bedingungen, welche sich in den jährlichen Vollaststunden niederschlagen. Im Diagramm sind die Stromgestehungskosten folgender in Betrieb stehender Photovoltaik-Anlagen als Quadrate eingetragen:

Kirche Steckborn: 19,4 Kilowatt Disentis, Caischavedra: 97,8 Kilowatt  
 NOK Baden: 2,54 Kilowatt Migros Winterthur: 66,2 Kilowatt  
 Alp Findels: 13,3 Kilowatt

Zur Bestimmung des langfristigen Senkungspotentials der Stromgestehungskosten wurde angenommen, der Solarmodulwirkungsgrad würde bei gleichen Modulkosten verdoppelt und die Kosten der übrigen Systemkomponenten könnten um die Hälfte reduziert werden. Daraus ergäben sich die mit Sternen markierten errechneten Werte für die Stromgestehungskosten. Der heutige von den Elektrizitätswerken vergütete Preis für Solarstrom beträgt im Mittel 16 Rp./kWh. – Fazit: Strom aus Photovoltaik bleibt bis auf weiteres kometenhafte teuer.

### Eine kraftvolle Alternative: Wärmepumpen

Wie bereits erwähnt, liegt die solare Wärmenutzung viel näher an der Schwelle der Wirtschaftlichkeit als die Photovoltaik. Der VSE hat kürzlich festgehalten, dass in der Schweiz über 30 000 elektrisch betriebene Wärmepumpen im Einsatz stehen, was einer Verdoppelung seit 1987 entspricht.

Dies ist eine erfreuliche Entwicklung, wenn sie auch lange hat auf sich warten lassen und mit Sorgfalt gepflegt werden muss. Denn die elektrisch, also umweltfreundlich betriebenen Wärmepumpen nutzen auf direktem Weg Solarenergie in Form von warmer Luft, warmem Wasser, warmem Erdreich. Ob man vielleicht den Begriff Wärmepumpe auf Solarwärmepumpe erweitern sollte?

Die Elektrizitätswirtschaft setzt sich auch in diesem Bereich für rationelle Energie Nutzung ein: Die auf dem Markt angebotenen Wärmepumpensysteme bedürfen der Weiterentwicklung und Ertüchtigung, damit die benötigte Antriebsenergie immer effizienter zum Einsatz kommt. Eine bedeutende Stellung kommt in diesem Zusammenhang dem schweizerischen Testzentrum für Wärmepumpen in Winterthur-Töss zu, das die NOK zusammen mit den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ) betreibt. Hier werden die Wärmepumpen auf Herz und Nieren geprüft und dies mit beträchtlichem Aufwand, weil hier kurzfristig vor allem im Sanierungsbereich mit der heute vorhandenen und weiter zu entwickelnden Technik ein erhebliches Potential wirtschaftlich genutzt werden kann.

Eine starke Ausweitung der Zahl der elektrisch betriebenen Wärmepumpenheizungen – und von Fernheizungen unter Nutzung von Abwärme – im dichtbesiedelten

## Photovoltaische Stromerzeugung

Mittelland würde der Schweiz auch im internationalen Kontext den Rücken stärken.

### Fazit

Die Nordostschweizerischen Kraftwerke sind aufgrund ihrer vertieften Erfahrung zur Überzeugung gelangt, dass heutiges Wissen und heutige Technik von den neuen erneuerbaren Energien auf mittlere Sicht nur einen bescheidenen, wenn auch willkommenen Zustupf an die Stromversorgung erwarten lassen. Angesichts des grossen Potentials sind jedoch weitere Anstrengungen notwendig, um längerfristig einen grösseren Beitrag an die Stromversorgung zu erreichen.

Die Elektrizitätswerke sind bereit, diese Entwicklung zu unterstützen, indem sie unter anderem:

- den von privaten Photovoltaik-Anlagen erzeugten Überschussstrom in ihr Netz aufnehmen und gemäss den Empfehlungen der Energienutzungsverordnung vergüten
- in vielen Fällen mit unterschiedlichen Trägerschaftsmodellen Hand bieten, wenn Dritte bereit sind, auf freiwilliger Basis die echten, hohen Kosten des Photovoltaikstromes zu bezahlen

- die Errichtung eines Fonds zur Technologieförderung von Photovoltaik-Anlagen prüfen
- die qualitative Weiterentwicklung der Solartechnologie durch den Bau und Betrieb von Pilotanlagen aktiv unterstützen

Grössere Beiträge sind vorerst von näherliegenden Technologien und Massnahmen zu erwarten. Diesen sind auch höhere Prioritäten zuzuordnen, wie der weiterge-

henden Isolation im Gebäudebereich, der umweltfreundlich betriebenen Wärmepumpe sowie der solaren Wärmenutzung generell. Eine sorgfältige Abwägung des Einsatzes der beschränkten finanziellen Mittel ist dabei der beste Garant, dass zukunftsträchtigen Technologien dann zum Durchbruch verholfen wird, wenn die Zeit dafür reif ist. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Suche nach grundsätzlich effizienteren und kostengünstigeren Möglichkeiten der Stromerzeugung aus Sonnenenergie.

## Bien loin du zénith

### Quelques considérations sur la production d'électricité d'origine solaire en Suisse

Tenant compte des connaissances et de la technique actuelles, les Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse (NOK) sont persuadées que les nouvelles énergies renouvelables ne devraient fournir qu'une contribution marginale à la production d'électricité. Ceci ne veut pas dire qu'elles ne constituent pas un apport bienvenu. D'intenses efforts sont toutefois ici nécessaires pour réussir à augmenter à long terme leur contribution à l'approvisionnement en électricité. Les entreprises électriques sont volontiers disposées à soutenir ce développement. Des contributions importantes sont attendues en premier lieu de technologies et de mesures faciles à réaliser. La priorité doit dans ce domaine être accordée à des solutions telles qu'une meilleure isolation dans le secteur des bâtiments, l'utilisation de la pompe à chaleur compatible avec l'environnement ainsi que celle de chaleur solaire en général.

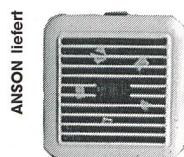
### Solarstrom für jedermann in Winterthur

Anlässlich der Einweihung der 66-kW<sub>p</sub>-Solaranlage der NOK am neuen Betriebsgebäude der Migros Winterthur am 9. November stellten die Anlagebetreiber ein neues Beteiligungsmodell für den Verkauf von Solarstrom vor. Für 275 Franken kann jeder seine «Mini-Solaranlage» mit 21 Watt Leistung während 20 Jahren nutzen. Dies entspricht einem Sechstel eines Solarmodules oder einer Fläche von 1742 cm<sup>2</sup>. Der erwartete Energieertrag beträgt jährlich 11 kWh. Jedermann, insbesondere auch Mieter, sollen die Möglichkeit haben, sich aktiv an der solaren Stromproduktion zu beteiligen und damit ihren persönlichen Teil an das bundesrätliche Aktionsprogramm «Energie 2000», das unter anderem bis ins Jahr 2000 insgesamt 0,5% der Stromproduktion aus neuen erneuerbaren Energien vorsieht, beizutragen. Auskünfte erteilt E. Bodenmann, Städtische Werke Winterthur, Telefon 052 267 61 82.



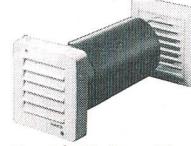
elektrische Abluftventile

für zentrale Abluftanlage in Mehrfamilienhäusern. Energiesparend. 220 V, nur 10 W. Für Neuanlagen und Sanierungen. — Beratung und Angebot von:



Kleinventilatoren ANSON

Flach ohne Stutzen 156×156 und nur 46 mm tief. Auch für Bad/WC. 220 V, 100 m<sup>3</sup>/h. Leise und zuverlässig. Ein Qualitätsprodukt der ANSON AG:



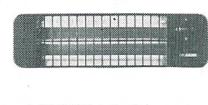
Bad/WC-Ventilatoren für Außenwand-Einbau

die „Fensteröffnen“ überflüssig machen. ANSOMATIC 220 V/15 W, 100 m<sup>3</sup>/h, komplett mit Schalter, Futterrohr, Aussengitter. Referenzliste, Beratung und Offerte von:



für die permanente Bad/WC-Entlüftung

ANSON Ventilatoren mit Wärmerückgewinnung. Grosse Heizkostensparnis in Schulen, Spitäler, öffentl. Gebäuden etc. Selbstamortisierend. Referenzliste, Beratung und Offerte von:



ANSON-Infrarotstrahler für Badezimmer/WC

für wohlige Sofortwärme. Sparsam, weil Zentralheizung später ein- und früher ausgeschaltet werden kann. Einfach einzubauen. 220 V 2000 W. — Für Ihr Wohlbefinden von ANSON:



Nachlauf-Zeitschalter

in modernster IC-Technik. Zuverlässig. Für Treppenhausbeleuchtung, Bad/WC-Ventilatoren etc. AP- und UP-Modelle. Beste Qualitätsprodukte. Preisgünstig von:

**ANSON AG 01/461111**

**Nr. 1 für Bad/WC-Ventilatoren!**

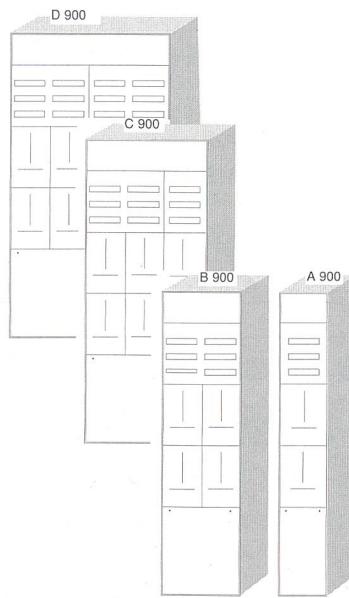
**Ihr zuverlässiger Partner für:**

- Reinzeichnen und Bearbeiten von MSR und Elektroschemata auf CAD
- Erstellen und Verwalten von Symbolbibliotheken
- Scannen, Ergänzen und Korrigieren von Dokumentationen
- Prozessautomation (SPS)
- Prozessleitsysteme
- Betriebswirtschaftliche Ausbildung für Ingenieure
- Organisationsberatung, Rentabilitätsberechnungen

**IEL-TECH - AG**  
Elektrotechnische Planungen  
Güterstrasse 133, 4053 Basel  
Tel. 061 361 04 10, Fax 061 361 04 23

**GARDY SA**

immer in Ihrer Nähe



Biel

Tel 032 41 26 55  
Fax 032 41 41 05

Birsfelden

Tel 061 311 22 75  
Fax 061 311 22 79

Chur

Tel 081 24 53 33  
Fax 081 24 35 68

Conthey

Tel 027 36 36 62  
Fax 027 36 52 51

Davesco

Tel 091 51 65 41  
Fax 091 52 36 49

Genève

Tel 022 827 10 20  
Fax 022 343 95 48

Préverenges

Tel 021 801 04 71  
Fax 021 892 45 94

Vicques

Tel 066 35 64 65  
Fax 066 35 59 31

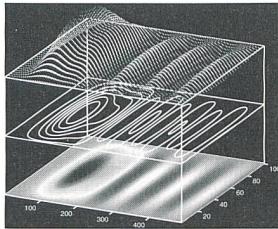
Zürich

Tel 01 312 22 33  
Fax 01 312 22 46

**GARDY SA**

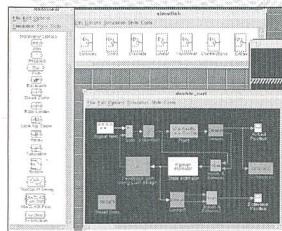
Preiswerte Qualität zur richtigen Zeit

# MATLAB®



- ◆ Datenanalyse
  - ◆ Simulation
  - ◆ Regelung
  - ◆ Regleroptimierung
  - ◆ Datenerfassung
  - ◆ Echtzeitumsetzung
- effizient mit

MATLAB  
SIMULINK  
Toolboxen, SigLab



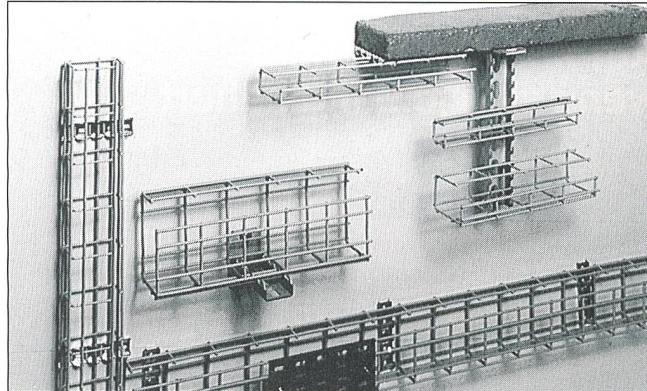
**COMSOL**

COMSOL AG, BERNER TECHNOPARK  
MORGENSTR.129, CH-3018 BERN  
TEL 031 998 44 11, FAX 031 998 44 18  
E-MAIL: INFO@COMSOL.CH

MATLAB ist ein eingetragenes Warenzeichen der Firma The MathWorks, Inc.

Ein Produkt von:

The  
**MATH  
WORKS**  
Inc.



## G-Kanäle u. kleine Gitterbahnen

Die neuen Installationskanäle (Pat.) aus halogenfrei hellgrau beschichtetem Gitterdraht von LANZ.

- 6 Größen 50×50 bis 100×150 mm, Länge 2 m.
- Platzsparend an Decken ab 56 mm Gesamthöhe.
- Montage rasch und preisgünstig: Nur Hakenschienen oder Hakenschienen-Stützen anschrauben – G-Kanäle oder kleine Gitterbahnen einhängen – Kabel seitlich einlegen – fertig!

Sofort lieferbar: von LANZ 062/78 21 21

Fax 062/76 31 79 und Ihrem Elektrogrossisten.



**LANZ G-Kanäle und kleine Gitterbahnen interessieren mich! Bitte senden Sie Unterlagen.**

**Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!**

Name/Adresse/Tel.: \_\_\_\_\_



**lanz oensingen ag**  
CH-4702 Oensingen · Telefon 062 78 21 21

Frohe Festtage und ein glückliches neues Jahr

Nos voeux les meilleurs pour Noël et Nouvel An

Migliori auguri per Natale e l'Anno Nuovo

Ihre Agentur

Votre agence

Vostra agenzia

**GARDY SA**

## Energienetze messen, beurteilen VIP System 3

Vielseitiger Leistungs- und Oberschwingungsanalytator misst, registriert, speichert 3-phasig, gleichzeitig:

- V, A, kW, kVar, kVA
- kWh, kVarh, cos-phi
- 1 ... 25 harm. OS
- mittlere und effektive Lastspitzen erweiterbar, protokoll- und grafikfähig



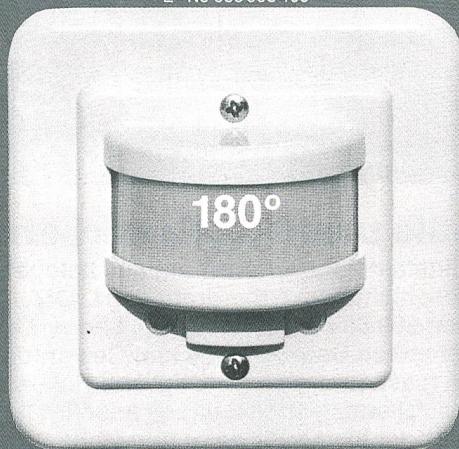
Partner für Elektro-Energie-Optimierung · erfahren · kompetent · individuell beratend seit 1965

 **detron ag**

Zürcherstrasse 25, CH 4332 Stein  
Tel. 064-63 16 73 Fax 064-63 22 10

## Automatisch Licht, wenn sich jemand nähert...

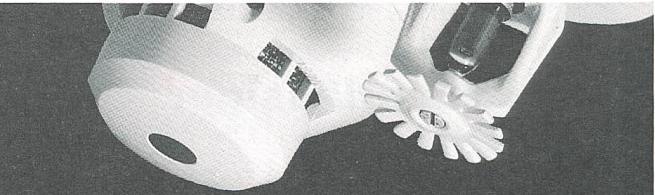
E-No 535 993 400



### Der erste Schweizer UP-Bewegungsmelder

- mit prozessorgesteuerter Elektronik
- 180 Grad Erfassungsbereich
- mit blockierbarem Handschalter
- mit Timer, Dämmerungssensor, 2000 Watt Schaltleistung
- für Standard-, Befestigungs- und Abdeckplatten

 **M. Züblin AG** Glattalstr. 519, CH-8153 Rümlang  
Tel. 01 / 818 08 09, Fax 01 / 818 08 29



**Soucieux de qualité.** Nous sommes fiers de vous offrir une approche globale de la sécurité incendie. Séparément ou combiné: détection; installation sprinkler; CO<sub>2</sub>; mousse. La solution optimale de l'étude à la réalisation.



**abarisk sa**

La sécurité au sérieux

1, rue de l'Industrie  
1020 Renens  
Tél. (021) 634 77 77

**EWD**

Für unser modernes Stromversorgungsunternehmen suchen wir nach Vereinbarung einen/eine

### Elektro-Ingenieur/-in HTL

als

### Bereichsleiter/-in Anlagen

Der Verantwortungsbereich dieser vielseitigen Kaderposition umfasst folgende Schwerpunkte:

- Bau, Betrieb und Unterhalt der Anlagen (2 Kraftwerke, 3 Unterwerke, 146 Trafostationen)
- Überwachung und Optimierung modernster Fernwirk- und Rundsteuertechnik-Systeme (LS 8020, FPR7, DG 20 usw.)
- Zuständigkeit für das Planungs- und Konstruktionsbüro, das Landinformationssystem (LIS) sowie die Technische EDV

Der Bedeutung dieser Aufgaben entsprechend erwarten wir ausgewiesene Erfahrung im Bereich der Stromversorgung, Interesse an zukunftsorientierten EDV-Lösungen, überdurchschnittliche Einsatzbereitschaft sowie aufgeschlossene Führungseigenschaften.

Im Rahmen der kantonalen Personalverordnung ergeben sich interessante Anstellungsbedingungen. Bei Bedarf können wir eine geeignete Wohnung zur Verfügung stellen.

Bitte senden Sie Ihre Unterlagen unserem administrativen Betriebsleiter, **Herrn J. Guler**. Er steht Ihnen auch für telefonische Auskünfte gerne zur Verfügung. Absolute Diskretion ist dabei selbstverständlich.

### Elektrizitätswerk der Landschaft Davos

Talstr. 35, 7270 Davos Platz – Tel. 081/44 13 44