

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

**Band:** 91 (2000)

**Heft:** 17

**Artikel:** Schrägdachintegrierte Solaranlagen : wirtschaftlich und einfach installiert

**Autor:** Ruost, Daniel / Kottmann, Adrian

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-855583>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.11.2024

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

# Schrägdachintegrierte Solaranlagen – wirtschaftlich und einfach installiert

Auf dem Markt sind etliche Systeme für die Integration von Solarmodulen in ein Schrägdach erhältlich. Nicht alle aber sind einfach zu montieren oder genügen optischen und wirtschaftlichen Anforderungen. Der folgende Artikel stellt ein neues Dachintegrationssystem, Solrif, vor, mit welchem Schrägdach-Solarinstallationen absolut wirtschaftlich, architektonisch überzeugend und sehr einfach zu montieren sind.

Bis vor kurzem war eine gewisse Zurückhaltung gegenüber Schrägdach-Solarinstallationen nicht unberechtigt: Anwendungen der Solarenergie im Schrägdachbereich waren meistens aufgeständerte Anlagen oder dann kostspielige, architektonisch überzeugende, aber materialintensive Integrationslösungen.

#### Adresse der Autoren

Daniel Ruoss, Enecolo AG, Lindhofstr. 52  
8617 Mönchaltorf, info@enecolo.ch  
www.solarstrom.ch; Adrian Kottmann,  
Kottmann Energie AG, Brambergstr. 25  
6004 Luzern

Architekten bevorzugten klar die integrierte Lösung, Planer und Bauherrschaft oftmals wegen der Zusatzkosten die aufgeständerte Variante.

Die architektonisch befriedigendere integrierte Lösung galt es also im Hinblick auf grössere Wirtschaftlichkeit und einfache Montage weiterzuentwickeln. Auf Grund dieser Vorgaben und der Erfahrungen mit anderen Produkten entwickelte das Ingenieurbüro Enecolo AG, Mönchaltorf, in Zusammenarbeit mit der Firma Ernst Schweizer Metallbau AG, Hedingen, ein neues Dachintegrationssystem, welches diese Bedingungen erfüllt.

## Solar Roof Integration System, Solrif

Das neue System beruht auf der Idee einer erweiterten Funktion des Solarmodulrahmens. Der Rahmen hat zwar immer noch die Schutzfunktion für das Solarlaminat zu erfüllen, übernimmt aber gleichzeitig direkt die Funktion des Systems zur Dachintegration.

Eine Einheit besteht aus einem beliebigen Solarlaminat (Standardprodukt) und vier speziellen stranggepressten Aluminium-Profilen, die das Laminat wie einen Rahmen umschliessen. Optional sind die Profile mit einer beliebigen Farbe erhältlich. Als Dachelemente bilden sie eine dichte Dachhaut und ersetzen somit die konventionelle Dachabdeckung mit Dachziegeln, Schindeln oder anderen Materialien. Solrif lässt sich auch einfach mit diesen Dachelementen kombinieren, falls nicht der ganze Dachteil mit Solrif-Solarmodulen belegt werden soll.

Beliebige Solarmodule bilden zusammen mit Solrif ein wasserdichtes Dach und produzieren gleichzeitig elektrischen Strom. Das neue System eignet sich für praktisch alle Schrägdachvarianten, ob Alt- oder Neubauten, und erfüllt je nach Ausführung auch hohe ästhetische Ansprüche.

Da die Aluminiumprofile für jede Modulabmessung individuell zugeschnitten werden können, ist das System von der Grösse der verwendeten Lamine unabhängig und somit für alle Fabrikate und Typen geeignet.

## Montage der Module

Die Montage von Solrif-Modulen ist einfach und schnell. Sie entspricht dem Verlegungsprinzip von Dachziegeln. In horizontaler Richtung greifen die Profile so ineinander, dass sie längs gegeneinander verschoben werden können (Bilder 1

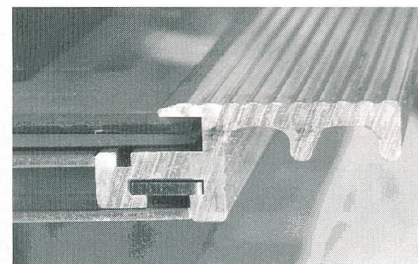


Bild 1 Solrif-Modul: Detailansicht von vorne

und 2). Dieser Aspekt ist auch sehr wichtig in Bezug auf die thermischen Ausdehnungen.

In vertikaler Richtung werden sie mittels Metallbügeln gehalten, die auf den Dachlatten befestigt sind (Bild 3). Durch diese Montageanordnung kann jedes Solrif-Modul wenn nötig einzeln

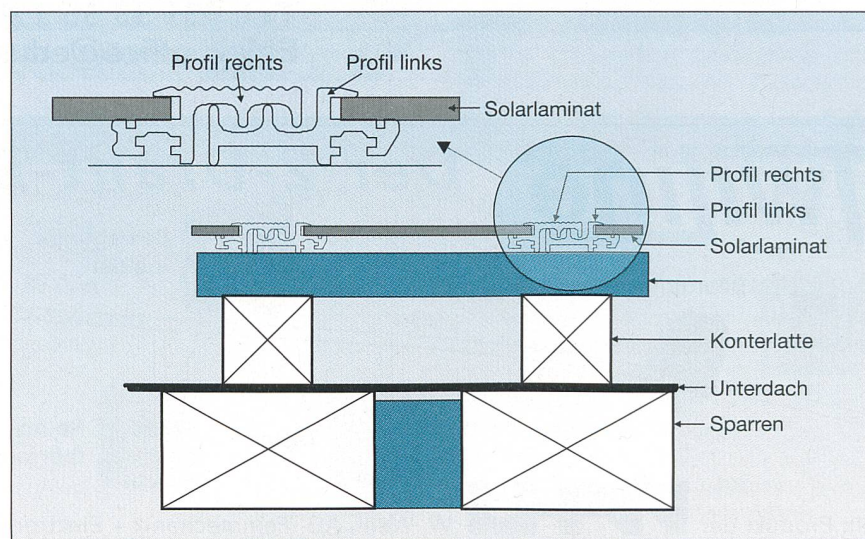


Bild 2 Solrif-Modul: Schnitt horizontal

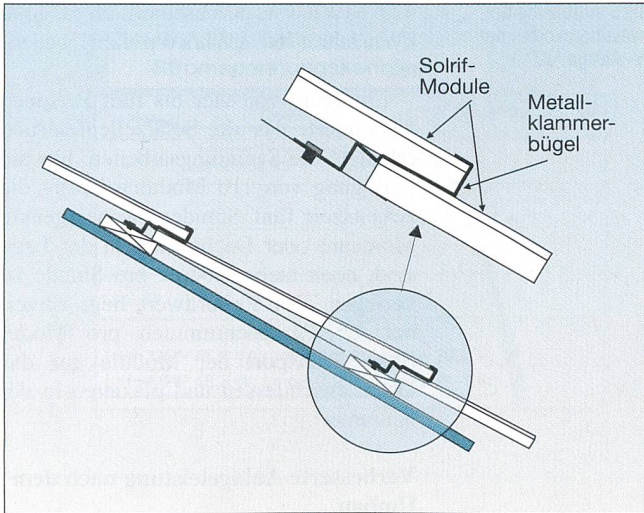


Bild 3 Solrif-Modul:  
Schnitt vertikal (in der  
Rahmenebene)

aus der Gruppe herausgenommen und ausgewechselt werden.

Die besondere Form der Profile begünstigt die Drainage von Regenwasser, Schnee und den darin gelösten Verunreinigungen, so dass die Solarzellen stets in der Lage sind, das Maximum an Strom zu produzieren.

Der Rahmen soll direkt beim Modulhersteller montiert werden. Anstelle eines Standardrahmens montiert der Solarmodulhersteller das Solrif-System und liefert dem Endkunden das fertige Solrif-Modul.

### Installation ABZ in Wollishofen – Erfahrungen und Resultate

Wie einfach zu verwenden und wie effizient das System ist, wird im Folgenden an einem konkreten Beispiel aufgezeigt. Im Rahmen der EWZ-Solarstrombörse liess die Allgemeine Baugenossenschaft Zürich, ABZ, in einer ihrer Kolonien in Zürich Wollishofen eine Schrägdach-Photovoltaik(PV)-Anlage installieren (*Bulletin SEV/VSE* 19/1999, S. 37). (Bild 4) Bei den beiden südostorientierten Schrägdachflächen der Reihenhäuser 55/57/59 und 61/63/65 wurde je eine PV-Anlage (26,52 kWp) pro Hausreihe dachintegriert. Sowohl das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich wie auch die ABZ verlangten eine ästhetisch möglichst optimale Lösung. Ausserdem mussten auch die Anforderungen an eine weiterhin dichte Dachhaut, ähnlich dem vorhandenen Ziegeldach, und an einen möglichst optimalen Energieertrag der Anlage erfüllt werden.

Die Arbeiten wurden Anfang Juli 1999 in Angriff genommen und konnten Mitte August 1999 abgeschlossen werden. Alle Solarlamine wurden durch die ausführende Firma Energieprojekte Kottmann

zuerst mit dem ausgewählten Unterkonstruktionssystem Solrif eingerahmt. Die Firma bildete zusammen mit einem erfahrenen Dachdecker das Montageteam. Die Ziegel wurden abgedeckt und Kabelkanäle gesetzt, es folgte eine neue Ziegellattung gemäss Rastermass und ein Bleilappen im Traufbereich. Mit einem Pneukran wurden die abgedeckten Ziegel, verpackt in Paletten, vom Dach entfernt und im gleichen Arbeitsgang die palettierten und vorsortierten Module aufs Dach gehoben.

Dann folgte die Montage der Halteklammern auf der Ziegellattung. Die Solrif-Module wurden in den Klammern eingefahren und auf der Ziegellattung plaziert. Auf Grund der universellen Profile und keinerlei vorstehender Kanten kann das Solrif-System sehr flexibel verlegt werden. Eine mechanische Befestigung findet nur über die Halteklammern und die Modulüberlappung statt. Nach Einde-

cken der Anlage wurden die Seitenbleche (Randabschlüsse) und die Firstbleche lateral montiert.

Die effektiven Dacharbeiten dauerten für die gesamte Anlage (6 Dächer, 400 m<sup>2</sup>) total nur fünf Arbeitstage. Der Einsatz mit der Multi-Kontakt-Steckverbindung ermöglichte zügiges Arbeiten. Durch die Wahl von Standardlaminaten mit einer Leistung von 85 Wp verringerten sich dank der grösseren Fläche im Vergleich zu anderen Systemen für die Schrägdachanwendung die Arbeitsgänge, was sich wiederum zeit- und kräftesparend auswirkte. Auch für den Spengler stellte die Konstruktion keine grossen Anforderungen dar, die Randabschlüsse sind Standardarbeiten.

Die Installationsarbeiten konnten somit ohne grosse Probleme und Störungen für die Mieter durchgeführt werden, und die PV-Anlagen wurden am 26. Juli 1999 bzw. am 6. August 1999 an das EWZ-Netz geschaltet.

### Tiefere Investitionskosten

Die Gesamtkosten der Anlage beliefen sich auf rund 563 000 Fr. (exkl. MWSt), wobei mit der Bundesunterstützung (3000 Fr./kWp) die effektiven Kosten ca. 404 000 Fr. betragen. Dies resultiert in spezifischen Gesamtkosten von 10.60 Fr./Wp inkl. Planung und Gebühren, aber ohne Subvention und exklusiv MWSt (die Zuordnung der Kosten ist Bild 5 zu entnehmen). Damit sind die Investitionskosten also wesentlich günstiger als bei herkömmlichen dachintegrierten Anlagen.

Das Beispiel zeigt, dass dachintegrierte Anlagen durchaus mit aufgeständerten konkurrieren können. In den So-



Bild 4 53-kWp-Solaranlage ABZ, Zürich

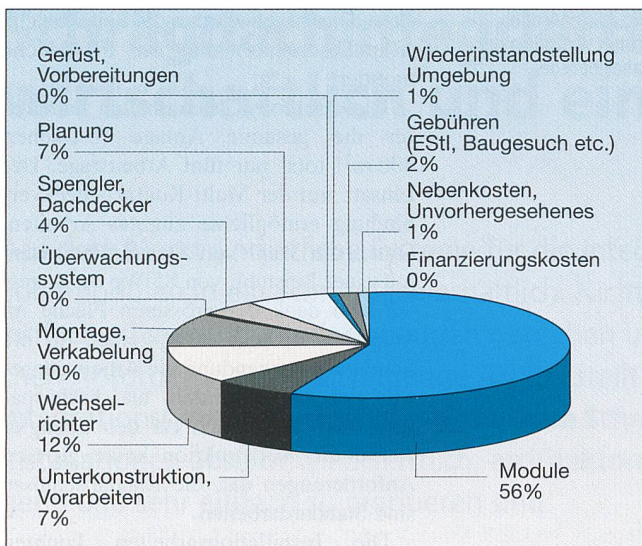


Bild 5 Aufteilung der Investitionskosten der PV-Anlage ABZ

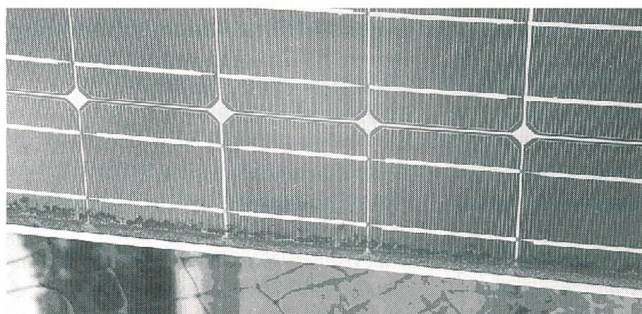


Bild 6 Moduloberfläche mit Algenbildung an der unteren Kante

larstrombörsen werden normalerweise nur die tiefsten Angebote berücksichtigt. Dank den Kostenreduktionen beim Einbausystem durch die Verwendung von Solrif und der dadurch ermöglichten kürzeren Montagezeit konnte dem EWZ ein günstiges Angebot, jedoch unter Berücksichtigung ästhetischer Gesichtspunkte, vorgelegt werden.

### Langzeiterfahrungen mit gerahmten Solarmodulen sowie Solrif

Im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsprojektes konnten anhand eines Umbaus einer 11-jährigen Anlage weitere aufschlussreiche Resultate gesammelt werden. Das Ziel des Projektes war die Erprobung des neuen Profilsystems Solrif betreffend Verschmutzungs- und Reinigungsverhalten und die Ermittlung der damit verbundenen Ertragsbeeinflussung.

Die Solaranlage in der Lindematt in Mönchaltorf wurde im Jahr 1988 gebaut. Das Solarzellenfeld bestand aus 110 Arco-M55-Modulen, wovon 108 Stück elektrisch in Betrieb waren. Die gerahmten Module waren auf Alu-Trapezbleche geschraubt und ergaben so ein dichtes Dach. Der mechanische Zustand der Anlage wurde als gut bewertet. Bei der

Elektroinstallation waren aber gewisse Mängel bekannt. Beispielsweise wurden nur einfach isolierte Kabel verwendet, des Weiteren hatte ein Modul seit mehreren Jahren ein zerbrochenes Glas, war aber funktionsfähig, und seit drei Monaten war ein String (serielle Verschaltung von Solarmodulen) nicht mehr in Betrieb. Die Nennleistung betrug 53 Wp/Modul oder rund 5,8 kW für die ganze Anlage. Bei den damals üblichen +/-10% resultierte eine effektive Anlagenleistung von rund 5,3 kWp. Der Jahresertrag der PV-Anlage lag im Bereich von 3800 bis 4600 kWh. Ab Inbetriebnahme bis zum Zeitpunkt der Sanierung betrug der Ertrag

43,5 MWh, was durchschnittlich ca. 4400 kWh/Jahr (760 kWh/kWp\*Jahr) bedeutet.

Ein Team von vier bis fünf Personen demontierte das alte Solarzellenfeld und erledigte die Sanierungsarbeiten. Für die Verlegung von 110 Modulen betrug die Arbeitszeit fünf Stunden, wobei geübte Monteure oder Dachdecker in der Lage sind, noch mehr Module pro Stunde zu verlegen. Der Rekordwert liegt zurzeit bei 4,5 Personenminuten pro Modul (inkl. Transport der Module auf das Dach, anschliessen und plazieren in der Klammer).

### Verbesserte Anlageleistung nach dem Umbau

Die Anlageleistung verbesserte sich durch den Umbau um ca. 15%. Von 110 Modulen hatte eines einen Glasbruch, und die Leistung zweier Module lag unter 50% des spezifizierten Wertes. Die Degradation der Module wirkte sich vor allem auf die Betriebsspannung aus. Die Dimensionierung der Eingangsspannung beim Wechselrichter ist in Anbetracht der Degradation neu berechnet worden.

Eine dauerhafte Verschmutzung war lediglich an der Unterkante des Moduls sicht- und auch messbar. Aus Tabelle I sind die Messergebnisse vor der Sanierung und nach dem Umbau ersichtlich.

Um die normierte Gesamtleistung zu ermitteln, wurde mittels eines Solarimeters die aktuelle Globalstrahlung in der Modulebene gemessen. Die vom Wechselrichter angezeigte Leistung wurde auf 1000 W/m<sup>2</sup> Einstrahlung und 25 °C Zelltemperatur normiert.

Zur besseren Übersicht beim Leistungsvergleich wurde die Messung an der alten Anlage umgerechnet auf die gleiche Anzahl angeschlossener Strings bzw. Module. Bei der Modulleistung ist deutlich eine Steigerung zu erkennen, die auf das Reinigen der Module und das Auswechseln des zweiten Wechselrichters

	Anlage alt gemessen	String korrigiert	Anlage neu 1. Messung	2. Messung
Einstrahlung	1015 W/m <sup>2</sup>	1015 W/m <sup>2</sup>	938 W/m <sup>2</sup>	664 W/m <sup>2</sup>
Zelltemperatur	55 °C	55 °C	55 °C	35 °C
Gemessene Leistung	2710 W	2710 W	2980 W	2630 W
Normierte Gesamtleistung <sup>1</sup>	2670 W	2830 W	3466 W	4140 W
Anzahl der angeschl. Module	102	108	108	108
Leistung pro Modul	26 W	26 W	32 W	38 W

<sup>1</sup> 1000 W/m<sup>2</sup>; T<sub>cell</sub>=25 °C

Tabelle I: Leistungsvergleich der gesamten Anlage

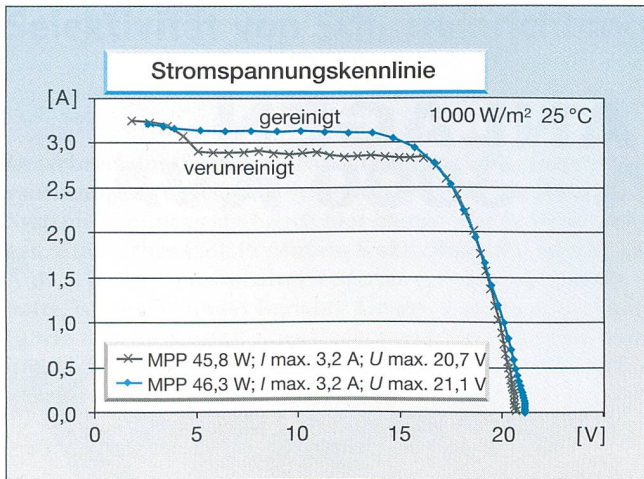


Bild 7 I-U-Kennlinie eines Moduls, ungereinigt und nach der Reinigung

zurückzuführen ist. Diese Erkenntnis spiegelt sich im Kennlinienvergleich, vor und nach der Reinigung, wieder. Deutlich ist aber auch, dass noch andere Faktoren eine Rolle spielen.

Nach zweifacher Messung an der erneuerten Anlage resultierte eine auffällig grosse Messdifferenz der umgerechneten STC-Modulleistungswerte. Die Ursache liegt im nach unten begrenzten Arbeitsbereich des Wechselrichters. Bei höheren Temperaturen – und damit kleineren Spannungen – ist der Wechselrichter nicht in der Lage, den MPP ausreichend nachzuführen. Der Wechselrichter arbeitet nur bis ca. 85 V Eingangsspan-

nung. Bei neuen Modulen genügt das, bei der alterungsbedingten Spannungsreduktion ist dies aber nicht mehr ausreichend.

Bild 7 zeigt den Einfluss der Verschmutzung auf die Leistung. Es werden zwei Kennlinien desselben Moduls, im ungereinigten und im gereinigten Zustand, dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass der Einfluss der Verschmutzung sich hauptsächlich auf den Strom auswirkt. Die Spannung ist erwartungsgemäss gering betroffen. Die Leistung im Maximalen Leistungspunkt (MPP) ist deshalb weniger beeinflusst, da die Spannung stabil bleibt. Die Stromdifferenz liegt bei

etwa 8%. Auf das ganze Feld bezogen dürfte die Verschmutzung höher sein, weil der Modul-Mismatch zunimmt. Auffällig ist auch der Kurvenverlauf im linken Kennlinien-Bereich. Zurückzuführen ist dieses Phänomen auf die starke Verschmutzung im unteren Modulbereich. Die restliche Laminatoberfläche weist keine Spuren von dauerhafter Verschmutzung auf.

Da die untere Zellenreihe auf Grund der Verschmutzung nicht in der Lage ist, gleich viel Strom zu erzeugen wie die obere Reihe, liefern die beiden unteren Zellenreihen keinen Strom, bis die Spannung der oberen Reihe nicht mehr ausreicht.

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass das Verschmutzungsproblem an der unteren Laminatkante unterschätzt wird und sich in einigen Fällen drastisch auswirkt. Je nach Plazierung der Solaranlage, zum Beispiel in Industrienähe oder Nähe zu einer Eisenbahnstrecke, sind die Ablagerungen nach wenigen Jahren sichtbar und beeinflussen die energetischen Eigenschaften des Moduls.

Solrif kann diesen beschriebenen Erfahrungen entgegenwirken auf Grund seines 3/4-Rahmens: Die untere Laminatkante wird nicht gerahmt, dadurch begünstigt die besondere Form der Profile die Drainage von Regenwasser, Schnee und der darin gelösten Verunreinigungen, so dass die Solarzellen stets in der Lage sind, das Maximum an Strom zu produzieren.

## Ausblick

Das Solrif-System ist ein überzeugendes Dachintegrationssystem, welches einen weiteren Schritt zur Kostenreduktion und zur technischen Verbesserung bedeutet. Weitere Anstrengungen sind jedoch auch auf der Modulebene und bei den übrigen Systemkomponenten notwendig, sowohl im Hinblick auf technische Verbesserungen wie auch bezüglich Kostenreduktion.

## Les installations solaires intégrées aux toits en pente – économiques et faciles à installer

On trouve sur le marché un certain nombre de systèmes permettant d'intégrer des modules solaires à un toit en pente. Mais tous ne sont pas faciles à monter ni ne répondent aux exigences optiques et économiques. L'article ci-dessus présente un nouveau système d'intégration aux toits, appelé Solrif, permettant de réaliser des installations solaires de toits en pente de manière absolument économique, très simple à monter et convaincante sur le plan architectural.

# IMV

INVERTOMATIC VICTRON  
ENERGY SYSTEMS

## USV - ANLAGEN 300 VA - 3000 KVA



### IMV (Schweiz) AG

Schaffhauserstrasse 115, 8302 Kloten Tel. 01 - 804 70 70, fax 01 - 804 70 71

Müllerstrasse 7, 2562 Port bei Biel Tel. 032-332 99 00, fax 032-332 99 01

Via Cantonale, 6595 Riazzino Tel. 091-850 52 20, fax 091-850 52 20

e mail: [sales.ch@imv.com](mailto:sales.ch@imv.com) • Web: [www.imv.ch](http://www.imv.ch)

Safe and managed  
**power**  
is our business