

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 100 (2009)
Heft: 3

Artikel: Messwandler in der Energiemesstechnik
Autor: Vock, Edgar
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856365>

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: 19.03.2025

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

Messwandler in der Energiemesstechnik

Rüstung für die Liberalisierung

Messanlagen in den Netzebenen 1 bis 3, teilweise bis 5, sind langlebige, kapitalintensive Anlagen, welche mit einem Planungshorizont von vielen Jahrzehnten ausgelegt und berechnet werden. Eine solche Messanlage besteht aus den Messwandlern, den Messleitungen oder Signalleitungen sowie den Zählern mit allenfalls nachgeschalteten Geräten (Übertragungseinrichtung, Coder usw.). Durch die Aktivitäten rund um die Marktöffnung sind sämtliche Netzübergänge und Verbindungen zwischen Verteilnetzbetreibern auf der gleichen Netzebene sowie sämtliche Einspeisungen, aber auch freie Kunden mit Lastgangmessungen auszurüsten. Dies führt zu Bau-Installationsarbeiten an Anlageteilen, welche oft seit vielen Jahren unberührt präzise ihre Funktion erfüllen. Solche Eingriffe bieten Gelegenheit, bestehende Messanlagen zu modifizieren bzw. die Arbeitspunkte der Wandler zu überprüfen und allenfalls neu festzulegen. Dies ist Ansporn genug für den nachstehenden Artikel.

Um hohe Spannungen und hohe Ströme messen zu können, sind Geräte nötig, die diese nicht direkt messbaren Spannungen und Ströme in messbare Grössen umwandeln. Solche Geräte werden als Messwandler bezeichnet. In welcher Form sie auch gebaut sind, sei dies als einzelne Ge-

Edgar Vock

räte für Freiluft, Innenraum, gasisolierte Anlagen oder zusammengebaut als Messgruppen; sie alle reduzieren hohe Spannungen und hohe Ströme in einem genauen Verhältnis in messbare Grössen (Spannung beispielsweise auf 100 V bei Nennspannung und Strom auf 5 bzw. 1 A bei Nennstrom). Messwandler gelten als sehr stabile, robuste, langlebige und genaue Instrumente.

Strom- und Spannungswandler (Messwandler) werden in der Energietechnik vorwiegend für Schutz- und Messtechnik verwendet. Unter Messtechnik wird in der Schweiz in diesem Zusammenhang meist Zählung gemeint. Dabei geht es also um die Messung von elektrischer Energie und Leistung.

Der Inhalt dieses Dokuments soll sich auf die messtechnischen Anforderungen (Messung der elektrischen Energie und Leistung) beschränken, bezogen auf induk-

tive Messwandler. Die schutztechnischen Ansprüche sind nicht gleichzusetzen mit den messtechnischen. Dabei wird vorausgesetzt, dass Messwicklungen (Spannungswandler) und Messkerne (Stromwandler) rein für Messzwecke getrennt und unabhängig sind, im Gegensatz zu Relaiswicklungen und Relaiskernen, welche für Schutz und andere Zwecke verwendet werden. Ferner ist für Messzwecke – sofern sie für die Energieverrechnung eingesetzt werden – zu beachten, dass die gesetzlichen Anforderungen eingehalten und die entsprechenden amtlichen Justierungen, Eichungen und Beglaubigungen der Messwandler durchgeführt werden.

Gesetzliche Vorgaben

Eine vollständig überarbeitete Verordnung des gesetzlichen Messwesens sind vom Bundesrat genehmigt und am 30. Oktober 2006 in Kraft gesetzt worden. Die Gründe dieser gesetzlichen Vorgaben liegen in der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung und tragen den bilateralen Abkommen mit der EU Rechnung.

Zentrales Element der Erneuerung ist die neue Messmittelverordnung – eine Totalrevision der Eichverordnung (Verordnung vom 17. Dezember 1984 über die Qualifizierung

von Messmitteln). Der Text der Verordnung ist im Internet zu finden [1]. Die Verordnung über Messgeräte für elektrische Energie und Leistung regelt wie bis anhin die gesetzlichen Anforderungen an die Elektrizitätszähler und Messwandler.

Messwandler für Verrechnungszwecke mit einer Nennspannung von <52 kV sind wie bisher der amtlichen Eichpflicht unterworfen. Messwandler ab einer Spannung von >52 kV sind von der amtlichen Eichpflicht befreit. Eine amtliche Prüfung für diese Wandler ist nicht mehr möglich.

Für induktive wie auch kapazitive Messwandler ist wie bisher die Eichgültigkeit zeitlich nicht beschränkt. Der Grund, warum Wandler mit einer Spannung >52 kV von der amtlichen Eichpflicht befreit sind, liegt beim nicht erforderlichen Verbraucherschutz für Energiemessung in diesem Spannungsbereich. Grundsätzlich könnte diese Grenze gemäss Auskunft des Bundesamts für Messwesen noch tiefer angesetzt werden, da der Verbraucherschutz für Energiemessung bereits ab etwa 16 kV eher selten nötig ist. Weil die Eichung aber eine sehr effiziente und kostengünstige Methode zur Sicherstellung der Qualität ist, wurden Wandler mit einer Betriebsspannung <52 kV auch weiterhin der amtlichen Eichpflicht unterstellt belassen. Das will aber nicht heissen, dass Wandler >52 kV ungeprüft in Verkehr gebracht werden sollen. Vielmehr übt hier keine staatliche Stelle mehr eine Überwachungsfunktion aus. Es liegt im Verantwortungsbereich des Betreibers, vor der Inbetriebnahme eine angemessene Kalibrierung und Prüfung des Wandlers zu veranlassen.

Empfehlenswert ist, diese Prüfung (einer amtlichen Prüfung entsprechend) von einer neutralen Stelle vornehmen zu lassen.

Die Kosten dieser Prüfungen von einer neutralen Stelle bewegen sich

- für 50- und 110-kV-Wandler bei ca. 8% der Anschaffungskosten,
- für 220-kV-Wandler bei ca. 4% der Anschaffungskosten
- und für 400-kV-Wandler bei ca. 2,5% der Anschaffungskosten.

Spannungswandler

Spannungswandler sind eigentlich nichts anderes als im Leerlauf betriebene Transformatoren. Dementsprechend werden die

Eigenschaften der Spannungstransformation ausgenutzt mit dem Schwerpunkt, dass diese Transformation von elektrischen Spannungen sehr genau im vorgegebenen Übersetzungsverhältnis zu erfolgen hat.

In Hochspannungsanlagen werden für Verrechnungsmessungen Wandler mit einer Klassengenauigkeit von 0,1 bzw. 0,2, in Mittelspannungsanlagen oft auch Klassengenauigkeit 0,5, eingesetzt.

In Hochspannungsnetzen werden üblicherweise die Wandler in Sternschaltung geschaltet. Dabei wird sekundärseitig der Sternpunkt geerdet. Bei einer V-Schaltung der Wandler (verbreitet in isolierten Mittelspannungsnetzen) wird sekundärseitig der Mittelpunkt geerdet.

In Niederspannungsanlagen, üblich 0,4 kV, werden selten Spannungswandler eingesetzt. Allerdings kann dies in Kraftwerksanlagen mit sehr hohen Kurzschlussströmen durchaus sinnvoll sein, nämlich wenn eine Potenzialtrennung zweckmässig ist oder wenn in einem Kurzschlussfall bei hohen Strömen eine Sicherung nicht mehr in der Lage ist, den Stromkreis zu unterbrechen.

Spannungswandler werden mit einer sehr kleinen Belastung betrieben. Auf eine korrekte Bebürdung der Spannungswandler ist zu achten. Bei unkorrekter Bebürdung wird die Messgenauigkeit beträchtlich beeinflusst.

Aus Sicht der Messgenauigkeit sollten Spannungswandler sekundärseitig eigentlich nicht abgesichert werden, da der Spannungsabfall über der Sicherung direkt als Messungenauigkeit wirksam ist. Allerdings ist zwingend, den Personen- und Materialschutz höher zu bewerten als diese kleine Menge ungemessener Energie. Die Messungenauigkeit durch eine Absicherung kann minimiert werden, indem schraubbare Schmelzsicherungen > 10 A statt Sicherungsautomaten eingesetzt werden. Automaten sind nicht zu empfehlen, weil die Kontakte, die mit relativ kleiner Kraft aufeinanderdrücken, nach einer gewissen Zeit oxidieren und damit einen nicht zu unterschätzenden Übergangswiderstand aufweisen. 10- und 16-A-Schraubversicherungen weisen einen markant kleineren Innenwiderstand auf als Sicherungen < 10 A.

Stromwandler

Stromwandler werden mit einer sehr kleinen magnetischen Flussdichte betrieben. Wir können einen Stromwandler als Stromquelle betrachten (eingepprägter Strom). Dadurch ist ein Stromwandler immer im «Kurzschluss» zu betreiben. Bei offenen Ausgangsklemmen bzw. Betrieb im Leerlauf des Wandlers würde durch den

eingepprägten Strom die Spannung auf gefährlich hohe Werte ansteigen. Nebst der Gefahr für Personen wäre die Zerstörung des Wandlers die Folge.

Der Nennausgangsstrom von Stromwandlern beträgt üblicherweise 1 oder 5 A. Die Nennleistungen betragen je nach Baugröße und Spannung 5 bis 120 VA. Die Klassengenauigkeit der Stromwandler ist in Hochspannungsanlagen wie bei Spannungswandlern üblich 0,1 bzw. 0,2, in Mittelspannungsanlagen auch 0,5.

Der Überstromfaktor (heute auch Sicherheitsfaktor genannt) gibt an, beim wievielfachen Nenneingangsstrom der Wandler in die Sättigung gerät. Vorausgesetzt wird dabei eine Bebürdung mit der Nennbebürdung des Wandlers.

Als Bürde bezeichnet man beim Stromwandler den Scheinwiderstand der angeschlossenen Geräte einschliesslich Zulei-

tung. Stromwandler sind normalerweise mit dem 1,2-fachen, je nach Ausführung auch 1,5-fachen Nennstrom innerhalb der angegebenen Genauigkeit dauernd belastbar.

Auf eine korrekte Bebürdung der Stromwandler ist zu achten. Bei unkorrekter Bebürdung werden einerseits die Messgenauigkeit und andererseits der Überstromfaktor (Sicherheitsfaktor) sehr stark beeinflusst. In Hochspannungsanlagen ist sekundärseitig der Eingang oder Ausgang zu erden. Üblich ist für die Messung die Eingangsseite.

Bebürdung der Messwandler

Durch den zunehmend vermehrten Einsatz der modernen statischen Zähler mit höherer Genauigkeit, verglichen mit den mechanischen Ferrariszählern, und dem kleineren Eigenverbrauch der Strom- und Spannungsspulen, sind auch neue Überlegungen bezüglich der Leistungsanpas-

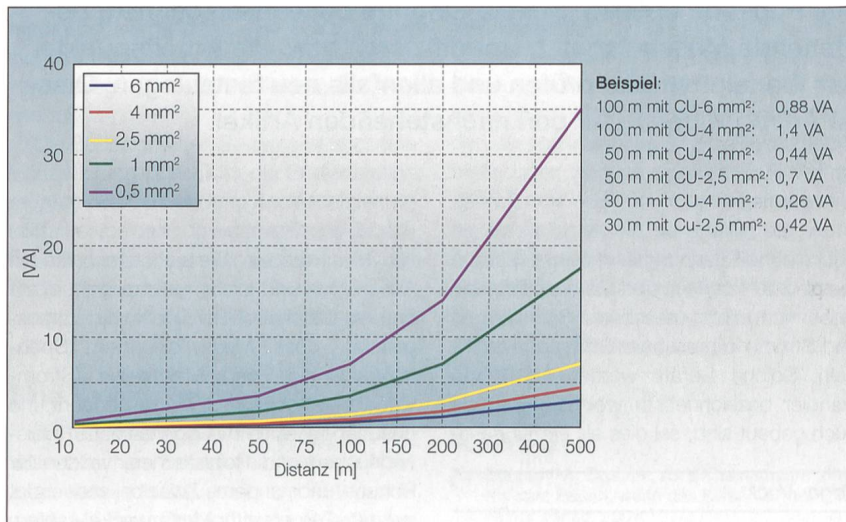


Bild 1 CU-Widerstände – Messleitungen Stromkreise 1 A.

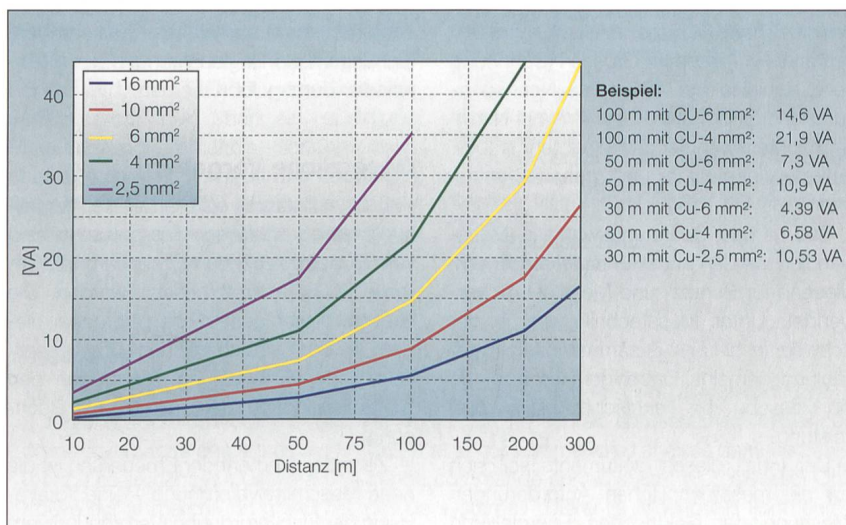


Bild 2 CU-Widerstände – Messleitungen Stromkreise 5 A.

sung der vorgeschalteten Messwandler nötig.

Die Spannungsspulen alter mechanischer Zähler weisen eine Impedanz von einigen 100 Ω auf, gegenüber >1 MΩ bei statischen Zählern.

Ähnlich verhalten sich die Eigenschaften der Stromspulen. Die Wandlerbelastung durch die Stromspulen ist praktisch vernachlässigbar. Einzig massgebend ist damit die Belastung der Messleitung Wandler-Zähler.

Die Erfahrung aus der Praxis zeigt, dass viele Messwandler (Strom- und Spannungswandler) leistungsmässig überdimensioniert sind. Das bewirkt, dass die daran angeschlossenen Messinstrumente – vorwiegend Zähler mit minimalem Eigenverbrauch – die Wandler in einen ungünstigen Arbeitspunkt führen. Die Folge davon ist eine mit einem unzulässig hohen Fehler behafteten Energie- und Leistungsmessung.

Dabei ist fatal, dass solche Messfehler anlässlich einer Kontroll- oder Inbetriebsetzungsmessung nicht gemessen und somit nicht festgestellt werden können.

Eine sorgfältige Planung bei Neuanlagen ist deshalb unabdingbar. Aber auch bei Umrüstungen von Messungen – Austausch der mechanischen Zähler durch statische Zähler – ist eine genaue Überprüfung der gesetzlichen Vorgaben und damit der Zulässigkeit der Messung erforderlich.

Mögliche Massnahmen

Entsprechend der Verordnung des EJPD über Messgeräte für elektrische Energie und Leistung vom 19. März 2006 (ab 30. Oktober 2006 in Kraft) Art. 15 Ziff. 3 dürfen in Messketten aus Zählern und Wandlern Verbindungsleitung und Wandlerbelastung insgesamt einen zusätzlichen Fehler von höchstens 20% der Fehlergrenze des Zählers bewirken.

Beispiel

| | | |
|-------------------|---------|---------|
| Wandler | Kl. 0,2 | Kl. 0,2 |
| Zähler | Kl. 0,5 | Kl. 0,2 |
| Zusatzfehler max. | 0,1% | 0,04% |

Um dieser Anforderung gerecht zu werden, sind Wandler unbedingt korrekt zu bebürden; d.h., die Wandler sind so zu bebürden, dass der Arbeitspunkt jeweils in einem definierten Bereich innerhalb der Klassengenauigkeit liegt.

a) Spannungswandler

Gegebenenfalls sind Spannungswandler mit einer Zusatzbürde parallel zum Messkreis zu versehen. Dabei ist zu beachten, dass solche Zusatzbürden möglichst nahe beim Spannungswandler zu platzieren sind. Damit wird verhindert, dass ein unzulässiger Spannungsabfall über die Messleitung

| | 5 A | 1 A |
|--|-----|-----|
| Möglichkeit Beeinflussung korrekte Bebürdung | ☺ | ☹ |
| Personen- und Materialgefährdung beim offenen Stromkreis | ☺ | ☹ |
| Kosten | ☺ | ☺ |
| Grösse (Abmessungen) | ☺ | ☺ |
| Fremdeinstreuung | ☺ | ☹ |
| Messbarkeit in Betrieb (Zählergenauigkeit) (Messgenauigkeit der Wandler ist in Betrieb nicht messbar) | ☺ | ☹ |
| Grosse Länge Messleitung (>150 m) | ☹ | ☺ |
| Lagerhaltung | 1) | 1) |

Tabelle 1 Gegenüberstellung Vorteile/Nachteile 5-A- bzw. 1-A-Kerne.

1) Unterschiedlich, je nach Betrieb.

(Wandler-Zusatzbürde) generiert wird. Streng genommen, müsste in den meisten Fällen eine situativ abgestimmte Impedanz (ind.) als Zusatzbürde eingesetzt werden. Allerdings zeigt die Praxis, dass ein ohmscher Widerstand genügt, abgestimmt auf die entsprechende Anlage.

b) Stromwandler

Für eine gesetzlich geforderte Genauigkeit ist eine korrekte Bebürdung bzw. eine entsprechende Dimensionierung der Stromwandler unabdingbar. Eine optimale Bebürdung bezüglich Überstromfaktor und Genauigkeit liegt bei ca. 80% der Nennbürde. Die meisten der eingesetzten Wandler setzen eine Minimalbürde von 25% der Nennbürde voraus, um die Genauigkeitsklasse einzuhalten.

Bei 5-A-Kernen kann eine optimale Bebürdung weitgehend durch eine geeignete

Dimensionierung der Messleitung erreicht werden. Bei 1-A-Kreisen ist diese Methode ungeeignet.¹ Aus sicherheitstechnischen Gründen ist von einem Seriewiderstand im Stromkreis abzusehen. Diese Aussage wird auch vom Metas (Bundesamt für Metrologie) unterstützt und wurde sogar schriftlich mitgeteilt.

Bis zu einer Distanz von ca. 150 m (Wandler-Zähler) sind dringend Messkerne mit sek. 5 A empfohlen. 1-A-Kerne sind in diesem Bereich erfahrungsgemäss in den seltensten Fällen korrekt bebürdet.

Aus Sicherheitsgründen ist in Stromwandlerkreisen eine Messleitung mit mind. 2,5 mm² zu dimensionieren. Im nachfolgend aufgeführten Diagramm sind Messleitungen mit kleineren Querschnitten als 2,5 mm² bloss zur Illustration der Wirkung aufgeführt, haben aber in der Praxis keinerlei Bedeutung. Bei grösseren Distanzen

Résumé:

Transformateurs de mesure dans la technologie de métrologie énergétique

Les préparatifs à la libéralisation. Les dispositifs de mesure des niveaux de réseau 1 à 3, et partiellement jusqu'au niveau de réseau 5, sont des installations à longue durée de vie exigeant un investissement de capital important. Les opérations de planification qui les concernent se basent sur un horizon de plusieurs décennies. Ces dispositifs de mesure sont constitués de transformateurs de mesure, de lignes de mesure ou de lignes de transmission des signaux, ainsi que de compteurs, qui sont pour leur part éventuellement dotés d'appareils auxiliaires supplémentaires (dispositifs de communication, codeurs, etc.). En vertu de l'ouverture du marché, tous les points de passage entre des réseaux distincts, toutes les connexions entre gestionnaires de réseaux situés sur le même niveau de réseau ainsi que tous les points d'injection et tous les clients non captifs doivent être équipés de dispositifs de mesure de la courbe de charge. Il s'ensuit que des travaux de construction et/ou de montage seront effectués sur des parties d'installations qui pourraient en principe remplir leurs fonctions de manière précise et fiable sans aucun besoin d'intervention. Une raison qui a été jugée suffisante pour rédiger cet article.

articles spécialisés

(>200 m) haben 1-A-Kerne durchaus ihre Berechtigung (Bild 1 und 2).

Zusammenfassung

Diese Fakten zeigen, dass eine gute Planung der Wandlerdimensionierung und eine entsprechende Bebüdung der Strom- und Spannungswandler von sehr grosser Wichtigkeit ist. Dies gilt ganz besonders bei Hochspannungsmessungen mit hohen Leistungen; denn eine Erkennung einer fehlerbehafteten Spannung infolge unkorrekter Bebüdung beim Spannungswandler bzw. eines fehlerbehafteten Stroms

beim Stromwandler kann während des Betriebs nicht gemessen und aufgezeigt werden, auch durch Kontrollmessungen nicht.

Bis zu einer Distanz von ca. 150 m (Stromwandler-Zähler) sind dringend Messkerne mit sek. 5 A empfohlen. Bei einer Distanz von >200 m haben 1-A-Kerne ihre Berechtigung. Auf eine korrekte Bebüdung der Wandler ist grossen Wert zu legen, da unkorrekte Bebüdungen zu merkbaren Messfehlern führen.

Obwohl Wandler im Hochspannungsnetz (>52 kV) vom Gesetz her nicht mehr amtlich geprüft werden müssen, ist eine

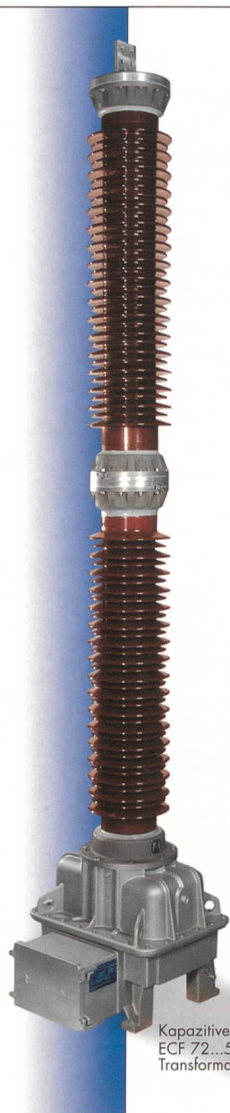
gleichwertige Prüfung von einer neutralen Stelle empfehlenswert.

Referenz

[1] <http://legnet.metas.ch>

Angaben zum Autor

Edgar Vock ist Leiter des Ressorts Zähler und Messdaten bei den Nordostschweizerischen Kraftwerken AG. Er befasst sich seit vielen Jahren mit der Thematik Hochspannungsmessungen und Genauigkeit der Messung/Zählung. Edgar Vock ist Mitautor des Metering Code und auch Mitglied der VSE-Kommission Messung und Messdatenaustausch.
edgar.vock@nok.ch



Kapazitiver Spannungswandler
ECF 72...525
Transformateur de tension capacitif



Umspannwerk Crans-près-Céligny (JOF300 und ECF300)
Poste de Crans-près-Céligny (JOF300 et ECF300)

Schweizer Präzision
im weltweiten Einsatz
für Schutz- und Mess-
zwecke in Stromnetzen
bis 525 kV



20.-24. April 2009
Halle 12, Stand B19

Précision suisse mon-
dialement appliquée
pour la protection
et la mesure dans
les réseaux électriques
jusqu'à 525 kV

PIFFNER Messwandler AG
PIFFNER Transformateurs de mesure SA
CH-5042 Hirschthal



SINCE 1927



Tel. +41 62 739 28 28
Fax +41 62 739 28 10
E-mail sales@pmw.ch
www.pmw.ch