

# Emil und der Strom : ein Konzept zur Visualisierung des Stromverbrauchs in Privathaushalten

Autor(en): **Müller, Urs / Gasser, Stefan**

Objektyp: **Article**

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 (Jahr): **82 (1991)**

Heft 19

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-903022>

## **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.

# Emil und der Strom

## Ein Konzept zur Visualisierung des Stromverbrauchs in Privathaushalten

Urs Müller und Stefan Gasser

**Obwohl viel über Stromsparen geredet und geschrieben worden ist, sind positive Veränderungen in Privathaushalten bisher eher bescheiden geblieben. Nach Ansicht der Autoren liegt ein wichtiger Grund darin, dass der Normalverbraucher keine direkte Möglichkeit hat, die Auswirkungen seiner Sparbemühungen zu überprüfen. Dieser Artikel enthält einen Vorschlag, wie eine dazu notwendige Energieverbrauchsanzeige aussehen könnte.**

**Bien que l'on parle et écrit beaucoup sur les économies d'électricité, les changements positifs dans les ménages privés sont plutôt modestes. Selon l'opinion des auteurs, une raison essentielle est que le consommateur normal n'a aucune possibilité de vérifier directement l'effet de ses efforts d'économie. Cet article contient une proposition sur un indicateur de consommation d'énergie adapté à ce contrôle.**

### Adresse der Autoren

Urs Müller, Dipl. El.-Ing. ETH, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Elektronik, ETH Zentrum, 8092 Zürich, und  
Stefan Gasser, Dipl. El.-Ing. ETH, Abteilung Energie, Amstein + Walthert AG, 8050 Zürich.

### Ausgangssituation

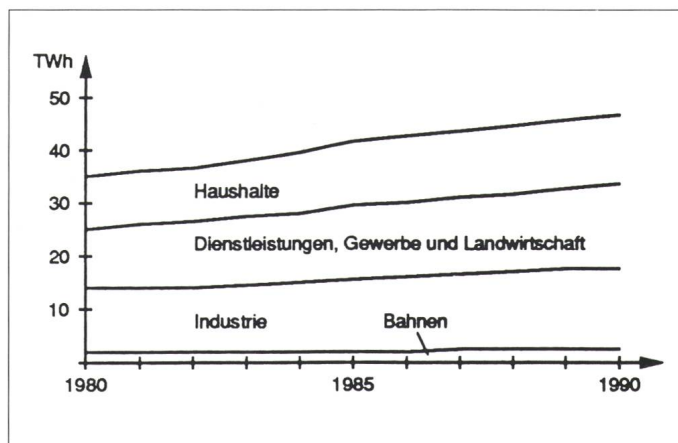
Über 90% des Gesamtverbrauchs an elektrischer Energie in der Schweiz entfallen zu ungefähr je einem Drittel auf die Sektoren Industrie und Dienstleistungen (wozu auch Gewerbe und Landwirtschaft gezählt wird) sowie auf Privathaushalte (Bild 1). Die Zunahme des Stromverbrauchs ist in den Privathaushalten und den Dienstleistungsbetrieben am grössten. Sparmassnahmen in diesen beiden Sektoren scheinen deshalb im Hinblick auf die Zukunft besonders wichtig zu sein. Ein sorgfältiger Umgang mit der elektrischen Energie ist also etwas, das alle angeht und nicht allein Sache von Banken und Industrie ist.

Im Dienstleistungssektor sind grossangelegte, zum Teil vom Bund finanzierte Untersuchungen über Sparmöglichkeiten in grossen Gebäuden im Gange und haben bereits erstaunliche und ermutigende Resultate gezeigt [1, 2]. Privathaushalte bestehen dagegen naturgemäss aus dezentral verwalteten, kleinen Gebäuden. Entsprechend schwierig ist deshalb die breite Einführung konkreter Sparmassnahmen. Energiesparprogramme vom Bund, wie Bravo oder Energie 2000, sollen

dazu beitragen, sowohl das Einkaufsverhalten als auch das Verbrauchsverhalten der privaten Elektrizitätskonsumenten zu verändern.

Über Erfolge dieser Kampagnen lässt sich bis heute wenig sagen, doch ist zu befürchten, dass die Verhaltensänderungen bei den einzelnen Stromkonsumenten nicht von Dauer sein werden, wenn die Konsumenten keine Rückmeldung über die Auswirkungen ihrer Sparbemühungen erhalten. Gewisse Elektrizitätswerke haben daher angefangen, auf den Stromrechnungen zusätzlich zum Gesamtstromverbrauch auch den Differenzbetrag zur letzten Zählerablesung anzugeben, was eine mögliche Art von Rückmeldung darstellt. Doch ist eine Zeitdauer von einem Jahr (in diesem Abstand nehmen die meisten Elektrizitätswerke die Zählerablesungen vor) viel zu lange, um die Stromkonsumenten wirkungsvoll bei ihren Sparbemühungen zu unterstützen. Notwendig wären Rückmeldungen im Abstand von Wochen oder noch besser von Tagen.

Solche kurzzeitigen Rückmeldungen über den Erfolg von Verhaltensänderungen praktiziert man auch in vielen anderen Bereichen des Alltags.



**Bild 1**  
Gesamtverbrauch elektrischer Energie der letzten zehn Jahre in der Schweiz  
Quelle: Bulletin SEV/VSE 82(1991)8  
TWh: Energieverbrauch in Terawattstunden

So kontrollieren zum Beispiel bei einer Diät die meisten Leute regelmässig ihr Gewicht; auch eine Sportveranstaltung wäre kaum sehr spannend, wenn die Resultate erst zwei Monate später bekanntgegeben würden. Durch die Möglichkeit einer täglichen Erfolgskontrolle könnte ein entsprechender Ansporn mit Sicherheit auch für das Stromsparen geschaffen werden.

## Ein Konzept zur Visualisierung des Stromverbrauchs

Für die Kontrolle des Verbrauchs elektrischer Energie müsste also ein Anzeigergerät zur Verfügung stehen, an dem die Haushaltsmitglieder jederzeit mühelos aktuelle Daten ablesen

könnten. Zwar sind Energiemessgeräte keine neue Erfindung, doch haben die heute bekannten Geräte zwei entscheidende Nachteile:

1. Sie sind für Fachleute gebaut worden und für den Laien dementsprechend verwirrend und schwierig zu bedienen.
2. Ihr Anschluss ist relativ aufwendig, sofern man sich nicht auf die Verbrauchsmessung einzelner, nicht fest installierter Geräte beschränken will. Für das Stromsparen ist jedoch in erster Linie die Kenntnis des Gesamtenergieverbrauches eines Haushaltes wichtig.

Messgeräte für den Gesamtverbrauch eines Haushaltes, wie man sie heute kennt, sind aber nicht transportabel und daher für den genannten Zweck ungeeignet – schliesslich möch-

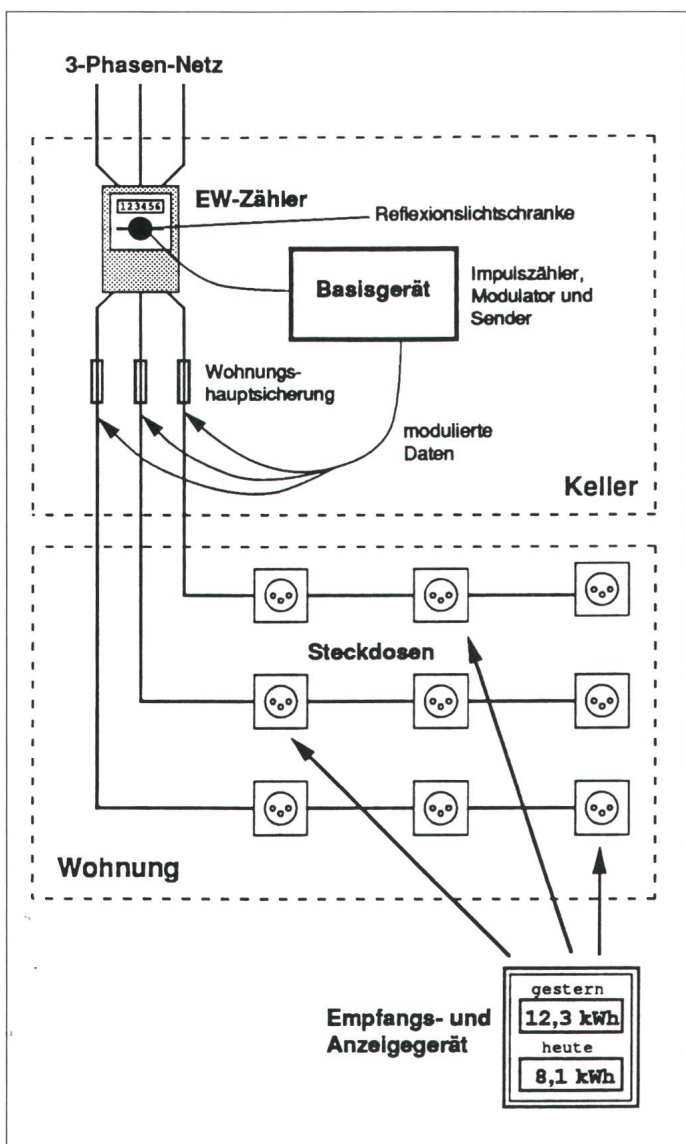
te man sich nicht jedes Mal für das Ablesen zum Stromanschluss in den Keller begeben! Ideal wäre also ein kleines Gerät, welches in jedem bewohnten Raum eines Haushaltes mit wenigen Handgriffen installiert werden könnte.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen entstand folgendes Konzept für eine Stromverbrauchsüberwachung:

- Am zentralen Einspeisepunkt in einem Haushalt werden die interessierenden elektrischen Grössen Energie und Leistung gemessen und als Information auf das 230-V-Netz aufmoduliert. Ein handliches Empfangsgerät, welches in irgendeine Steckdose des Haushaltes eingesteckt werden kann, zeigt die gemessenen Werte an. Die Idee der Datenübertragung über das 230-V-Netz ist nicht neu; sie wird heute bereits in verschiedenen professionellen Messsystemen für die Kontrolle des elektrischen Energieverbrauchs angewendet [3].

- Das Empfangs- und Anzeigergerät soll möglichst einfach abzulesen sein. Zu viele Knöpfe und Messmodi sollten also bewusst vermieden werden. Die Anzeige muss etwa gleich einfach abzulesen sein, wie der Tachometer und Kilometerzähler eines Autos. Der Umgang mit dieser Art von Energiemesssystemen könnte auch dazu beitragen, die Angst der Nichtfachleute vor den physikalischen Grössen der Elektrizität abzubauen.

- Die Möglichkeit, die elektrischen Grössen jederzeit ablesen zu können, würde bei den Konsumenten auch das Verständnis für den Unterschied zwischen Leistung und Energie fördern. Der Zusammenhang von elektrischer Leistung und Energie könnte für den Laien so selbstverständlich werden, wie es die analoge Relation zwischen Geschwindigkeit und zurückgelegtem Weg heute schon ist. Ein solches Verständnis ist eine wichtige Grundlage für die Interpretation von Energiestatistiken und damit auch eine wichtige Voraussetzung für eine sachliche politische Diskussion über die Zukunft der Energieversorgung unseres Landes. Die Autoren sind überzeugt, dass durch die tägliche Auseinandersetzung mit diesem Messsystem die Beziehung zu den beteiligten elektrischen Grössen auf spielerische Art und Weise gefördert werden kann. Von diesem Gedanken geleitet entstand auch der Titel des Artikels, nach dem bekannten Roman von Erich Kästner: «Emil und die Detektive».



**Bild 2**  
Blockschaltbild  
eines installierten  
Stromverbrauchs-  
Messsystems

## Eine Realisierung

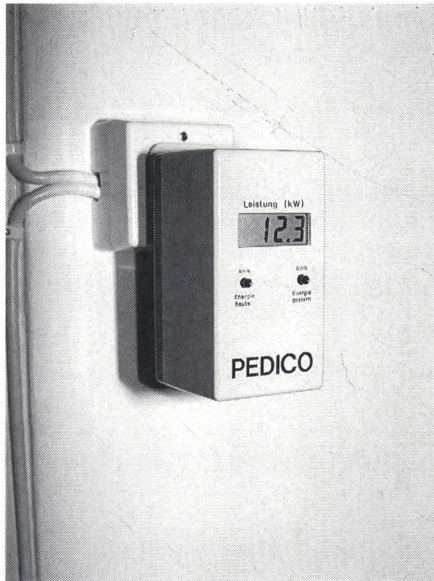
Am Institut für Elektronik der ETH Zürich ist im Rahmen einer Studienarbeit ein Prototyp einer solchen elektrischen Energieverbrauchsanzeige für den Haushalt, mit dem Namen PEDICO (*Power and Energy Display for COsumers*), realisiert worden. Diese Arbeit wurde vom Institut für Elektronik gemeinsam mit der Ingenieurfirma Amstein und Walther betreut. Das Gesamtsystem besteht im wesentlichen aus drei logischen Blöcken (Bild 2):

- Messen der elektrischen Grössen Leistung und Energie am Haushaltseingang
- Übertragen der Messwerte über das 230-V-Netz innerhalb der Wohnung
- Decodieren und Anzeigen der Messwerte

Wie bereits erwähnt, gehörte es zu den Zielsetzungen dieser Entwicklung, dass das Anzeigegerät möglichst einfach zu bedienen und abzulesen sein soll. Die realisierte Variante beschränkt sich daher auf eine ständige Anzeige der momentan verbrauchten Gesamtleistung des betrachteten Haushaltes. Diese kann mit zwei Tastschaltern auf Energieverbrauch umgeschaltet werden. Der eine Schalter bewirkt die Anzeige der bis zur Stunde verbrauchten Gesamtenergie des aktuellen Tages. Mit dem anderen Schalter kann die verbrauchte Energie des vorangegangenen Tages abgerufen werden. Die Umschaltung der Energiemessung auf einen neuen Tag erfolgt durch eine interne Uhr jeweils um vier Uhr morgens. Das gesamte Empfangs- und Anzeigegerät ist klein genug, um in einem Steckergehäuse Platz zu finden (Bild 3). Die Anzeige selbst besteht aus vier 1 cm grossen LCD-Ziffern, welche auch aus mittlerer Distanz bequem abgelesen werden können.

## Die Messung

Für die Leistungs- und Energiemessung wird direkt der Stromzähler eines Haushaltes herangezogen. Neuere Zähler besitzen bereits einen Ausgang, welcher eine definierte Anzahl Impulse pro Kilowattstunde abgibt. Bei den älteren Zählern können solche Impulse durch eine optische Abtastung der Ferrarisscheibe erzeugt werden. Die Ferrarisscheibe, welche bei praktisch allen Zählern von aussen sichtbar ist, rotiert mit einer zum mo-



**Bild 3 Empfangs- und Anzeigegerät Pedico**  
Das Empfangs- und Anzeigegerät (PEDICO steht für *Power and Energy Display for COsumers*). In der Anzeige steht der momentane Gesamtleistungsverbrauch des Haushaltes. Mit den beiden Knöpfen kann kurzzeitig auf den Energieverbrauch des aktuellen oder des vorangegangenen Tages umgeschaltet werden

mentanen Leistungsverbrauch proportionalen Geschwindigkeit. Sie weist an einem Punkt eine schwarze Markierung auf. Mit Hilfe einer einfachen Reflexionslichtschranke kann die Anzahl der Umdrehungen gezählt werden.

Mit dieser «Zählermethode» lässt sich der Aufwand einer eigenen Leistungsmessung umgehen, und die Installation des Sendegerätes wird wesentlich vereinfacht. Ein Nachteil der Zählermethode, welcher jedoch in Kauf genommen werden kann, ist die relativ grosse Trägheit des Messsystems. Die Reaktionszeit auf eine Änderung liegt, abhängig vom momentanen Leistungsverbrauch, in der Grössenordnung einer Minute.

Der Gesamtenergieverbrauch kann einfach durch Auszählen der Zählerimpulse und Anwendung eines geräteabhängigen Umrechnungsfaktors berechnet werden. Für die Bestimmung der Leistung ist im Sendegerät eine Echtzeituhr eingebaut, welche auch für die Rückstellung auf Null der Tagesenergiemessungen gebraucht wird.

Das realisierte Basisgerät ist in der Lage, verschiedene Stromzähler (bis zu 8) gleichzeitig zu überwachen. Die Messdaten für verschiedene Haushalte werden mit einer eindeutigen Adresse versehen und im Zeitmultiplexverfahren gesendet. Ein Anzeigegerät

wertet dann nur jene Daten aus, welche mit seiner eingestellten Adresse übereinstimmen. Durch entsprechende Konfiguration des Basisgerätes können somit verschiedene Haushalte angeschlossen werden. Bei Haushalten mit mehreren Stromzählern (Elektroheizung) kann der Gesamtenergieverbrauch im Sendegerät berechnet und auf einem einzigen Empfangsgerät angezeigt oder die Messwerte der verschiedenen Zähler können verschieden adressiert und auf separaten Empfangsgeräten angezeigt werden.

## Die Datenübertragung

Für die Datenübertragung über das 230-V-Netz wird eine Amplitudenmodulation auf einem 120-kHz-Träger und ein fehlererkennender Code verwendet. Für die Realisierung der Datenstrecke konnte auf die Erfahrungen von früheren Studien- und Diplomarbeiten zurückgegriffen werden [4–7]. Auf eine Anwendung der für die Datenübertragung auf dem 230-V-Netz vielversprechenden Bandspreiztechnik (Spread Spectrum) [8] wurde hier aus Gründen der Komplexität vorerst verzichtet.

Die gewählte Datenübertragungsrate beträgt 300 Baud (Bit pro Sekunde), wobei eine Erhöhung auf 600 Baud denkbar ist. Ein vollständiger Messwertsatz (Adresse, Leistung, Energie heute und Energie gestern) besteht aus 104 Bit, womit bis zu 2,8 Messwertsätze pro Sekunde übertragen werden können. Diese werden auf die angeschlossenen Haushalte verteilt, was bei vier Haushalten einen minimalen zeitlichen Abstand der Messwerte von 1,4 Sekunden ergibt.

## Die Anzeige

Im Empfangsgerät werden die zuletzt korrekt empfangenen Messdaten gespeichert und solange angezeigt, bis diese durch neue, ebenfalls korrekt empfangene Daten ersetzt werden. Einzelne durch Netzstörungen verfälschte Messwerte wirken sich also nicht negativ auf die Anzeige des Empfangsgerätes aus. Wenn über einen grösseren Zeitraum keine gültigen Meldungen empfangen werden können, so wird davon ausgegangen, dass das Basisgerät defekt oder nicht mehr angeschlossen ist. In diesem Fall steht auf der Anzeige solange eine Fehlermeldung, bis wieder gültige Daten empfangen werden.

## Die Installation

Der Anschluss des Basisgerätes an einen Stromzähler ist denkbar einfach. Bei moderneren Zählern mit Impulsausgang genügt das Einstecken eines entsprechenden Kabels. Bei den älteren Zählern muss eine Reflexionslichtschranke montiert werden. Dies kann mit einem Klebband geschehen. Das Basisgerät ist für beide Arten der Impulszählung eingerichtet.

Die Einspeisung des Sendesignals in alle angeschlossenen Phasen des 230-V-Netzes geschieht beim Versuchsaufbau über eine entsprechende Steckdose. Eine der Phasen wird dabei auch zur Speisung des Basisgerätes benutzt. Beim späteren Einsatz eines solchen Messsystems würde das Basisgerät am besten von einem Vertreter des Elektrizitätswerkes installiert. In diesem Fall könnte sowohl die Speisung des Basisgerätes als auch die Einspeisung des Sendesignals direkt beim Zähler geschehen (die Anschlussklemmen des Zählers sind versiegelt und infolgedessen für nichtautorisierte Personen nicht zugänglich).

Die Konfiguration des Basisgerätes kann mit einem PC, Laptop oder Notebook-Computer über eine eingebaute RS 232-Schnittstelle vorgenommen werden. Über die gleiche Schnittstelle können auch die verschiedenen Messwerte abgefragt und, bei Bedarf, auf einem Massenspeicher des PC registriert werden. Aus Datenschutzgründen werden im Messsystem selbst kleine Daten über längere Zeit gespeichert.

## Zusammenfassung und Ausblick

Am Anfang dieses Artikels steht die These, dass eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg von Stromsparbemühungen in Privathaushalten in der für Laien verständlichen Visualisierung des elektrischen Energieverbrauchs besteht. Eine ständige Überprüfbarkeit des Energieverbrauchs fördert gleichzeitig das Verständnis für die physikalischen Grössen «Leistung» und «Energie» beim Normalverbraucher. Dies kann auch zu einer sachlicheren politischen Auseinandersetzung mit dem Thema elektrische Energieversorgung beitragen.

Alsdann wird ein Konzept für ein System zur Anzeige des elektrischen Energieverbrauchs vorgestellt, welches einfach anzuwenden wäre und auch problemlos und schnell in Privathaushalten installiert werden könnte. Im zweiten Teil des Artikels wird die konkrete Realisierung eines solchen Messsystems in einer Studienarbeit an der ETH Zürich beschrieben.

Das fertiggestellte Messsystem soll in naher Zukunft in kleiner Stückzahl produziert werden. Sein praktischer Einsatz soll Aufschluss über die technische Tauglichkeit, die Akzeptanz sowie seine Auswirkungen in Privathaushalten geben. Als serienreifes Produkt schliesslich könnte es zu einem wichtigen Instrument der Energieberatungsstellen der Elektrizitätswerke werden. Solche Beratungsstellen, welche momentan bei vielen Wer-

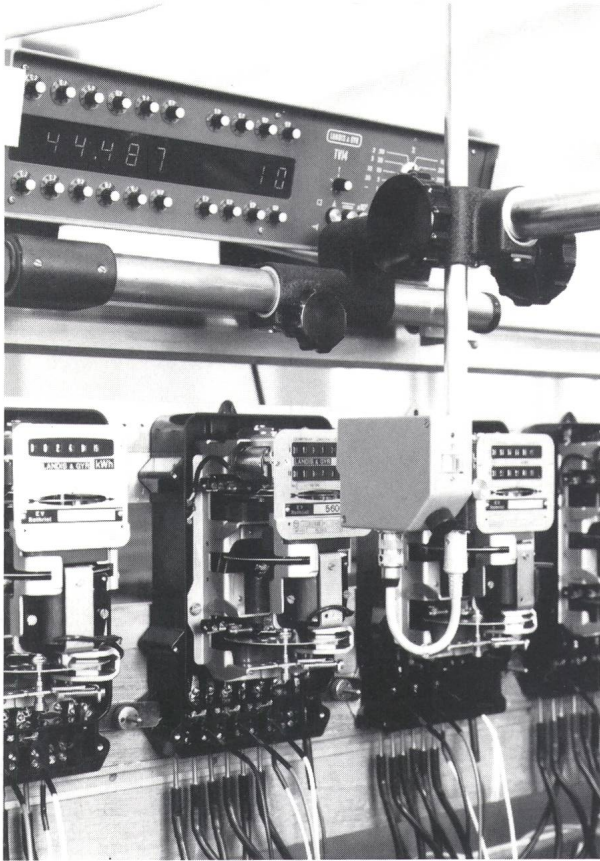
ken im Entstehen sind, haben bereits auf die Notwendigkeit neuer Hilfsmittel für die Haushaltenergieberatung hingewiesen.

## Literatur

- [1] *Stefan Gasser* u.a.: Methoden zur Optimierung des Elektrizitätsverbrauchs. Amstein + Walther/INTEP, Zürich, im Auftrag des BEW, Dezember 1990.
- [2] Start zu einer neuen fachlichen Kompetenz. 1. Ravel-Tagung (Tagungsband), 23. Mai 1991, Kursaal Bern.
- [3] Elektrizitätsmessmethoden. Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich, im Auftrag von BEW und KRE, Oktober 1990.
- [4] *Roger Lapuh* und *Andreas Frischknecht*: Zentrale Visualisierung, Erfassung und Kontrolle des privaten Elektroenergieverbrauchs. Semesterarbeit am Institut für Elektronik, WS 1990/91.
- [5] *Thomas Mathis*: Schnelle Datenübertragung auf dem 220-V-Netz. Diplomarbeit am Institut für Elektronik, SS 1990.
- [6] *Christoph Trautweiler* und *Memmo Tamburri*: Signalübertragung auf 220-V-Netzleitung. Studienarbeit am Institut für Elektronik, WS 1989/90.
- [7] *Erich Rueede* und *Herbert Gross*: Hometronic Bussystem. Studienarbeit am Institut für Elektronik WS 1989/90.
- [8] *H.P. Bär* und *H. Ochsner*: Vergleich verschiedener Modulationsverfahren zur Übertragung von binären Informationssignalen über das 220-V-Lichtnetz. Institut für Kommunikationstechnik, ETH Zentrum, Zürich, Dezember 1979.

**Dank:** An dieser Stelle möchten die Autoren dem Vorsteher des Instituts für Elektronik, Prof. Dr. *W. Guggenbühl*, für seine Unterstützung dieses Projekts danken. Der Dank gilt auch den Studenten *Martin Hilfiker* und *Markus Peyer* für den Bau und die Inbetriebnahme des Messsystems im Rahmen ihrer Studienarbeit, sowie *Thomas Mathis* für die Betreuung dieser Arbeit.

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein  
 Association Suisse des Electriciens  
 Associazione Svizzera degli Elettrotecnici  
 Swiss Electrotechnical Association

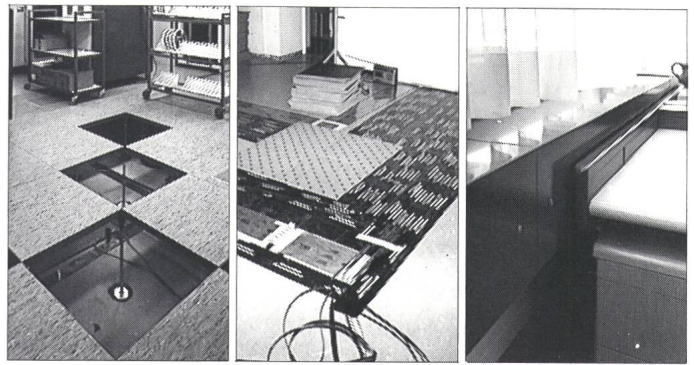


## Die SEV-Prüfstelle Zürich

- prüft die Sicherheit elektrischer Niederspannungserzeugnisse
- kalibriert die Genauigkeit von elektrischen Messinstrumenten (Kalibrierdienst)
- führt Abnahmen, Expertisen und Beratungen durch

Unsere Fachspezialisten stehen Ihnen zur Verfügung. **Rufen Sie uns an!**

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein,  
 Prüfstelle Zürich  
 Seefeldstrasse 301,  
 Postfach, 8034 Zürich  
 Telefon 01 / 384 91 11  
 Telefax 01 / 55 14 26  
 Telex 817 431



## Faux-planchers LANZ Câble plat LANZ Canaux d'allèges LANZ

3 possibilités modernes pour la pose de câbles et de conduites dans des bâtiments administratifs et commerciaux:

- un entretien et une offre élimineront tout équivoque quant aux prix, montage et possibilité d'extension
- la visite d'objets de références permet la comparaison avec les propres besoins.

Téléphonez à **lanz oensingen sa** 062/78 21 21

- Les faux-planchers       Les câbles plats
- Les canaux d'allèges m'intéressent. Prière d'envoyer la documentation.

- Pourriez-vous me/nous rendre visite? Avec préavis!

Nom, adresse: \_\_\_\_\_

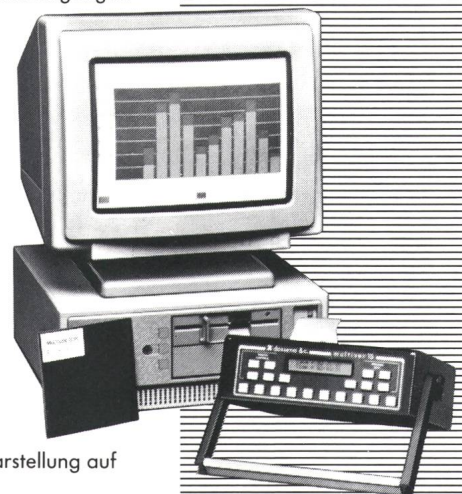


**lanz oensingen sa**  
 CH-4702 Oensingen · téléphone 062 78 21 21

# NETZ-ANALYSE

## Multiver 1-3S

Messen, speichern und analysieren von Störungen, Schaltvorgängen und Oberwellen in Einphasen-, Dreiphasen- und Gleichstromnetzen. Unabhängige Grenzwertschalter für V, A, cos  $\Phi$ , kW, kVAR und Hz lassen sich programmieren und den 6 vorhandenen Ausgängen zuordnen. Mehrere Geräte parallelschaltbar. Schnittstelle RS 232 und Software-Paket für Netz-Analysen und graphische Darstellung auf dem PC.



## CARLO GAVAZZI

Carlo Gavazzi AG Grabenstrasse 25  
 CH-6340 Baar Telefon 042-33 45 35  
 Telefax 042-31 68 50 Telex 868756

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein  
Association Suisse des Electriciens  
Associazione Svizzera degli Elettrotecnici  
Swiss Electrotechnical Association



## Wirksame Blitzschutzanlagen



Blitzschutzanlagen sind nicht billig. Sie können sogar teuer zu stehen kommen, wenn unsachgemäss geplant und ausgeführt, denn nachträgliche Änderungen sind immer mit hohen Kosten verbunden. Zudem besteht die Gefahr, dass derartige Anlagen im Ernstfall ihren Zweck nicht erfüllen.

Wir kennen die Probleme des Blitzschutzes und die optimalen Lösungen hierfür.

Wir stehen Privaten, Ingenieurunternehmen und kantonalen Instanzen zur Verfügung für Planung, Beratung, Kontrollen, Branduntersuchungen und Instruktionkurse.

**Auskunft:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein, Starkstrominspektorat  
Seefeldstrasse 301, Postfach, 8034 Zürich  
Telefon 01/384 9111 – Telex 817431 – Telefax 01/55 14 26