

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	87 (1996)
Heft:	12
Artikel:	Wirtschaftliche Betrachtung der Betriebskosten von elektronischen und traditionellen (Ferraris) Zählern
Autor:	[s.n.]
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-902335

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: 05.12.2025

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

In jüngster Zeit sind einige Artikel über den elektronischen Elektrizitätszähler und die Vorteile für seine Hauptfunktion, die Messung elektrischer Energie, geschrieben worden. Es wurde in dieser Hinsicht noch keine Analyse veröffentlicht, die sich mit den wirtschaftlichen Vorteilen von elektronischen Zählern gegenüber Ferraris-Zählern befasst. Der vorliegende Artikel hat zum Ziel, die unterschiedlichen Arten von Betriebskosten des elektronischen Zählers im Vergleich zum Ferraris-Zähler aufzuzeigen.

Wirtschaftliche Betrachtung der Betriebskosten von elektronischen und traditionellen (Ferraris) Zählern

Kontaktadresse:
Enermet AG, Undermülistrasse 28, 8320 Fehraltorf.

Elektronische Zähler

Der Ferraris-Zähler wird seit langem als Ideallösung für die Messung des Verbrauchs von elektrischer Energie betrachtet. Er ist beliebt, vor allem wegen seiner vordilichen Zuverlässigkeit und seiner nachgewiesenen langen Lebensdauer. Seit einiger Zeit befinden sich Zähler auf dem Markt, die nach dem vollelektronischen Messprinzip arbeiten. Da die elektrische Leistung das Produkt aus Spannung und Strom ist, gibt es keine elektronische Lösung der Energiemessung ohne die Messung des Stroms. Zu diesem Zweck werden verschiedene Sensoren verwendet, die alle eine sehr kleine Impedanz (etwa 10–50 $\mu\Omega$) haben. Die wichtigsten Messprinzipien sind: Shunt, Luftspule, Transistor und Hall-Effekt-Sensor.

Um die elektrische Energie zu messen, müssen Strom und Spannung multipliziert und anschliessend mit einem Zeitfaktor versehen werden. Für diese Berechnung gibt es verschiedene Verfahren:

- MSA
- Digitalverfahren
- Hall-Methode
- Transkonduktanz

MSA-Modulation

Das MSA-System wird seit mehr als 20 Jahren bei Präzisionszählern (Klasse 0.2 und 0.5) verwendet. Seit etwa zehn Jahren wird es auch für Haushaltsszähler benutzt. Es beruht auf dem Prinzip eines doppelt modulierten Rechteck-Signals von einigen kHz, bei dem die Signalfrequenz mit der zu messenden Spannung und die Signalamplitude mit dem zu messenden Strom moduliert werden. Die Integration des doppelt modulierten Signals ergibt einen sehr genauen Leistungswert.

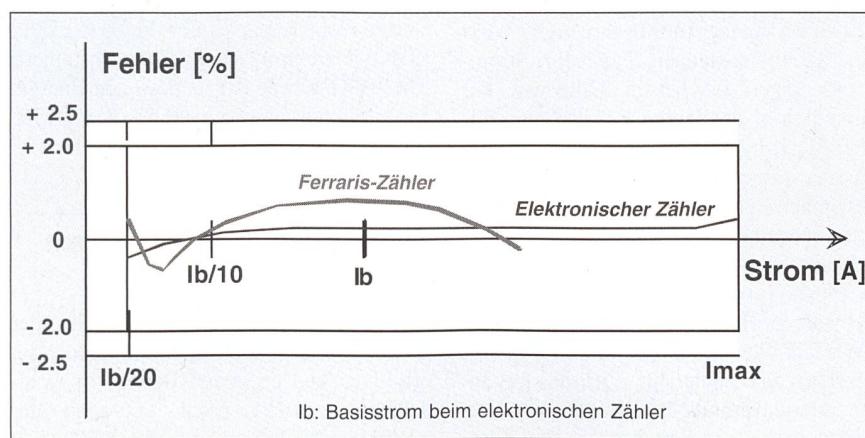


Bild 1 Vergleichskurven zwischen Ferraris-Zähler und elektronischem Zähler.

Digitale Umsetzung

Das numerische Verfahren beruht auf der analog-digitalen Umsetzung des Spannungs- und des Stromsignals mit Hilfe eines Abtastverfahrens. Nach der Abtastung folgt die digitale Umsetzung im allgemeinen durch einen Mikroprozessor. Dieses Verfahren ist erst relativ spät, nach Einführung kostengünstiger Lösungen im Bereich der Mikrocontrollertechnik, eingeführt worden.

Umsetzung durch Hall-Effekt

Bei dieser Methode wird ein Halbleiterkristall einem Magnetfeld ausgesetzt, das proportional zum zu messenden Strom ist, sowie einem Strom, der zur Eingangsspannung proportional ist. Die Hallsche Spannung, die am Ausgang des Kristalls gemessen wird, ist zur zu messenden Leistung direkt proportional. Dieses schwierige Verfahren verlangt eine Prüfung der Temperaturabweichungen bei «gain» und «offset» in Echtzeit. Zusätzlich müssen Vorkehrungen für die Langzeitstabilität und die Empfindlichkeit gegenüber unerwünschten Magnetfeldern (Betrug) getroffen werden.

Transkonduktanz-Umsetzung

Dieses Prinzip, das den Transkonduktanz-Koeffizienten di_c/dv_{be} der Transistoren verwendet, ergibt am Ausgang eines Differential-Paares ein Signal, das proportional zur aufgenommenen Leistung ist. Da der erforderliche Eingangsspeigel nur mit dem Shunt Sensor kompatibel ist, kann dieses Verfahren nur bei einphasigen Zählern verwendet werden. Dieser Art Schaltung ist temperaturanfällig und erfordert eine dauernde Kompensation.

Vorteile des elektronischen Zählers

Unabhängig vom verwendeten Messverfahren haben die elektronischen Zähler im Vergleich zu den traditionellen Ferraris-Zählern vier Vorteile:

1. grosser Dynamikbereich
2. niedriger Anlaufstrom
3. hohe Messgenauigkeit über den ganzen Bereich
4. keinerlei mechanische Abnutzung

Grosser Dynamikbereich

Die Dynamik ist definiert als Beziehung zwischen dem maximalen Strom I_{max} eines Zählers und seinem Basisstrom I_b . Was den Ferraris-Zähler betrifft, ist diese Dynamik sehr oft auf den Faktor 4 beschränkt, und typische Kenngrössen für diese Zähler sind 10(40) A oder 20(80) A. Diese Begrenzung ergibt sich aus Messschwankungen im gesamten Bereich sowie aus mechanischen Reibungsverlusten. Deren Einfluss ist vor allem im niedrigen Messbereich gross, was die Messfehler bei kleinem Strom vergrössert.

Beim elektronischen Zähler treten diese mechanischen Probleme nicht auf, und es werden bessere Dynamikwerte von 8,16 oder sogar 20 erreicht. Typische Kenngrössen

Gerät	Gebrauch pro Tag (h)		Leistung (W)		Verbrauchte Energie (kWh/J)		Verhältnis (Stand-by/total) (%)
	Stand-by*	aktiv	Stand-by*	aktiv			
TV	3,8	8	90	55,35	138,7	32,4	
Video	0,5	8	25	68,6	4,6	93,7	
Audio-Geräte	2,0	6	50	48,2	36,5	56,9	
Wecker	0,1	1,5	1,5	13,1	0,05	99,6	
Stromversorgungen	4	1,5	4	10,95	5,8	65,4	

* Durchschnittswerte, die je nach Modell und Baujahr beträchtlich schwanken können (grosse Verbesserungen während der vergangenen 3 Jahre).

Tabelle I Energieverbrauch von Haushaltgeräten

sen für elektronische Zähler sind 10(80) A; 5(80) A oder sogar 5(100) A. Der grosse Dynamikbereich hat zwei offensichtliche Vorteile:

- vom logistischen Standpunkt kann ein einziger Zählertyp für alle Arten von direkten Messungen verwendet werden
- die Messgenauigkeit ist bei einem Zähler mit hohem I_{max} -Wert auch bei niedrigen Strömen gewährleistet

Niedriger Anlaufstrom

Der Anlaufstrom ist beim elektronischen Zähler niedriger als beim Ferraris-Zähler. Im allgemeinen liegt er unter 25 mA pro Phase, wogegen beim Ferraris-Zähler üblicherweise mehr als 50 mA bei 10(40)-Zählern und 100 mA bei 20(80)-Zählern notwendig sind. In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, dass die Normen des Eidgenössischen Amtes für Messwesen (EAM) für den elektronischen und den Ferraris-Zähler unterschiedlich sind: bei einem Zähler der Klasse 2.0 werden für die elektronische Lösung ein Einschaltstrom von 0,5% des I_b , bei einem Ferraris-Zähler hingegen 1% des I_b vorgeschrieben.

Diese Unterschiede sind heute ausserordentlich wichtig, da immer mehr Geräte dauernd im Stand-by-Betrieb belassen werden (TV, Video, Anrufbeantworter, Wecker, Satellitenantennen, Fax, allg. Stromversorgungen usw.). Im Falle wo der Anlaufstrom des Zählers höher als ein solcher Stand-by-Strom ist, wird ein Teil der «grauen» Energie nicht oder nur teilweise berechnet, solange keine anderen stromverbrauchenden Geräte wie Lampen, Kühlenschrank, Herd usw. eingeschaltet sind.

Diese «graue» Energie wird in der Schweiz im Haushaltsbereich auf 486 Mio. kWh/Jahr oder 170 kWh/Jahr pro Haushalt geschätzt und entspricht 3,5% des gesamten Energieverbrauchs. Die grössten Verbraucher von «grauer» Energie sind Fernsehapparate und Videogeräte.

Tabelle I gibt eine Schätzung der Menge von «grauer» Energie, die von den wichtigsten Haushaltgeräten verbraucht werden. Satellitenantennen und Faxgeräte sind in dieser Aufstellung noch nicht berücksichtigt.

Die Gesamtmenge an «grauer» Energie, die von Haushaltsgeräten verbraucht wird, wird auf etwa 20 W geschätzt, was einem Strom von etwa 85 mA verteilt auf 2 Phasen entspricht. Beim Ferraris-Zähler befinden wir uns hier in einem kritischen Bereich, da dessen Einschaltstrom zwischen 50 und 100 mA pro Phase liegt.

Geht man von der Hypothese aus, dass der Ferraris-Zähler nur die Hälfte der tatsächlich verbrauchten Energie zählt, und dass diese Situation ungefähr 6 Stunden am Tag gegeben ist (4 h nachts und 2 h am Tag), resultiert daraus ein Energiewert von etwa 21 kWh pro Jahr und pro Haushalt, der von diesem Zählertyp nicht gemessen wird.

$$\begin{aligned}E_{n.c.} &= 230 \text{ V} \cdot 85 \text{ mA} \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 365 \\&= 21 \text{ kWh/Jahr}\end{aligned}$$

Diese Zahl entspricht 0,6% des durchschnittlichen Gesamtenergieverbrauchs eines Haushaltes (3370 kWh/Jahr). Interessanterweise konnte dieser theoretische Wert in einem Praxistest bestätigt werden. Während eines Jahres waren in 20 verschiedenen Haushalten je ein Ferraris-Zähler und ein elektronischer Zähler installiert. Die Unterschiede der gemessenen Energie lagen überall zwischen +0,5% und +0,7% zugunsten des elektronischen Zählers.

Messgenauigkeit auf der ganzen Bandbreite

Im Gegensatz zum Ferraris-Zähler, der zwar im Toleranzbereich bleibt, jedoch im positiven und negativen Bereich Schwankungen aufweist (Bild 1), zeigt der elektronische Zähler eine grosse Präzision und eine bemerkenswerte Linearität. Für

den Kunden ergibt sich daraus eine genauere und damit gerechtere Messung der tatsächlich verbrauchten Energie.

Bild 2 Elektronischer Enermet-Zähler mit MSA-Messprinzip und einem Eigenverbrauch von 0,5 W pro Phase.

Keinerlei mechanische Abnutzung

Aufgrund des verwendeten Messprinzips gibt es beim elektronischen Zähler keinerlei Reibung und somit auch keine Abnutzung. So kann die Energiemessung jahrelang mit unverminderter Genauigkeit erfolgen. Die Kontrolle durch offizielle Stellen wird dadurch vereinfacht, da sämtliche Wartungsarbeiten entfallen.

Eigenverbrauch der Zähler

Unter dem Eigenverbrauch versteht man die Menge an elektrischer Energie, die vom Zähler selbst konsumiert wird. Diese Energie, die dem Abonnenten nicht verrechnet wird, ist bei verschiedenen Typen sehr unterschiedlich. Beim Ferraris-Zähler hängt dieser Energieverbrauch in geringem Ausmass vom Stromfluss durch den Zähler ab, während er beim elektronischen Zähler davon unabhängig ist.

Eigenverbrauch der Ferraris-Zähler

Der Eigenverbrauch der Ferraris-Zähler ist bei allen Typen relativ konstant. Er beträgt ungefähr 1 W beim Spannungskreis und ungefähr 0,2 W bei I_b im Stromkreis. Bei Doppeltarifzählern muss auch der Verbrauch der Schaltspule berücksichtigt werden. Diese verbraucht während 66% der Zeit (Hochtarif) etwa 1,3 Watt. Daraus ergibt sich für die Ferraris-Doppeltarifzähler folgender durchschnittlicher Wert:

$$\begin{aligned} \text{Verbrauch} &= 3 \cdot 1 \text{ W} + 3 \cdot 0,1 \text{ W} + 0,66 \cdot 1,3 \text{ W} \\ &= 4,2 \text{ W} \end{aligned}$$

Eigenverbrauch des elektronischen Enermet-Zählers

Der Verbrauch der elektronischen Zähler variiert von einem Typ zum anderen, je nach dem verwendeten Messprinzip und seiner Funktionalität. Für alle Typen sind aber die Impedanz des Stromkreises und die Leistung für die Tarifschaltung so niedrig, dass dieser Stromverbrauch vernachlässigt werden kann. Bleibt also nur der Stromverbrauch des Spannungskreises. Beim hier vorgestellten Gerät (Bild 2), ist der Eigenverbrauch mit 0,5 W pro Phase besonders niedrig. Es gibt andere elektronische Zähler, die erheblich höhere Werte aufweisen, die manchmal sogar über denje-

nigen der Ferraris-Zähler liegen. Für den hier beschriebenen Enermet-Zähler beträgt der Verbrauch: $3 \cdot 0,5 \text{ W} = 1,5 \text{ W}$.

Der Eigenverbrauch eines Ferraris-Zählers liegt somit über 2,7 W, das heisst ungefähr 24 kWh/Jahr über jenem des elektronischen Enermet-Zählers. Multipliziert man diesen Unterschied mit den 240 000 Zählern der Stadt Zürich, ergibt der Unterschied 648 kW, was in etwa der Leistung einer 630-KVA-Transformatorenstation bei vollem Betrieb entspricht.

Unterschiedliche Betriebskosten

Vergleicht man die Betriebskosten eines Ferraris-Zählers mit jenen des vorgestellten elektronischen Zählers, ergibt sich eine doppelt positive Bilanz für den letzteren. Sowohl beim Eigenverbrauch als auch beim Einschaltstrom ergeben sich Einsparungen in der Grössenordnung von 24 kWh/Jahr + 21 kWh/Jahr = 45 kWh/Jahr. Legt man einen Preis von 15 Rp. pro kWh zugrunde, so ergibt dies Ersparnisse von Fr. 6.75 pro Jahr und Zähler. Das ergibt für die Lebensdauer eines Zählers von 30 Jahren bei einem Zins von 4% für den Barwert:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{G_t}{(1+i)^t} = G_0 \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} = G_0 \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Bei $n = 30$ Jahre und $i = 4\%$ ergibt dies: $17.3 \cdot G_0 = 17.3 \cdot \text{Fr. } 6.75 = \text{Fr. } 116.70$. Dieser Wert entspricht etwa 40% des Verkaufspreises eines Doppeltarif-Ferraris-Zählers.



Schlussfolgerung

Bei einer Kaufentscheidung zwischen Ferraris- und elektronischen Zählern vergleicht man oft nur den Anschaffungspreis, die Funktionen, die Verlässlichkeit und die zu erwartende Lebensdauer. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass elektronische Zähler andere, auf den ersten Blick unwe sentlich scheinende Vorteile haben, die aber wie im Falle des Enermet-Zählers Einsparungen in der Höhe von 40% des Kaufpreises des Geräts ermöglichen. Es stellt sich daher die Frage, ob beim Kauf eines Zählers nicht zusätzlich zum Kaufpreis die zu erwartenden Wartungs- und Betriebskosten über die Lebensdauer betrachtet werden sollten. Immerhin können sich einige Franken Unterschied beim Kauf des einen oder des anderen Gerätes im Laufe seiner Lebensdauer leicht kompensieren.

Literatur

A. Huser, R. Spalinger: Stromverbrauchserhebung in Haushalten (EDMZ, Bestellnummer 724.397.235.51d).

J. Roturier, A. Anglade: Energy-efficient information and communication technologies: a survey of world-wide programmes DA/DSM 95, Roma, Italy.

B. Aebscher, C. Bachmann, R. Brüniger: Der Miniwatt-Report (ETHZ), Distribution ENET, Postfach 142, 3000 Bern 6.

Office fédéral de la statistique: «La consommation d'énergie des ménages», ISBN 3-303-X.

Une version française de cet article est prévue pour l'un des prochains numéros du «Bulletin».

Stromschienensysteme CD/BD01

Grosse Klasse für kleine Ströme



Flexible Energieverteilung

Ob in Produktion, im Handel oder in Dienstleistungsunternehmen – die moderne Gebäudetechnik stellt wachsende Anforderungen an die Energieversorgung. Im Vergleich zu Kabelinstallationen sind Stromschienen bei vielen Anwendungen die klaren Gewinner.

Mit Schienen gewinnen

Zeitgewinn bei Planung und Montage, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit verschaffen allen Anwendern Kostenvorteile. Für die gesamte Planung benötigen Sie nur eine Zahl: die maximale Gesamtanschlussleistung. Für den Bereich von 25 A bis 100 A hat Klöckner-Moeller die Schienensysteme CD (25–40 A) und BD01 (40–100 A) entwickelt.

Einfach und sicher

Dank der einfachen Anschluss- und Verbindungstechnik werden alle Bauteile mit wenigen Handgriffen miteinander verbunden und sicher befestigt.

Mehr Informationen?

Klöckner-Moeller AG

9200 Gossau 071-385 00 77
8307 Effretikon 052-354 14 14
4133 Pratteln 061-816 90 90
3084 Wabern 031-961 55 77
1000 Lausanne 021-625 37 96

**Klöckner-Moeller
Power Direction**

Die Ordnung im Strom

