

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: 83 (1992)

Heft: 16

Artikel: Elektronische Multifunktionszähler : kompakte und flexible Lösungen in der modernen Energiemesstechnik

Autor: Lütolf, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902855>

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: 13.10.2024

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

Elektronische Multifunktionszähler – kompakte und flexible Lösungen in der modernen Energiemesstechnik

R. Lütolf

Kompakte Funktionalität, hohe Messgenauigkeit und reduzierte Logistikkosten sind die primären Vorteile elektronischer Zähler. Der Beitrag zeigt verschiedene elektronische Messtechnologien zur Erfassung der elektrischen Leistung auf und demonstriert dann insbesondere eine auf dem Hall-Effekt basierende Lösung. Kombiniert mit vielfältigen Tariffunktionen und integrierter Tarifsteuerung sowie Kommunikationsschnittstellen stehen heute flexible Multifunktionszähler für Applikationen in Haushalt, Gewerbe und Industrie zur Verfügung.

Fonctionnalité et faible encombrement, précision de mesure élevée et frais logistiques diminués sont les principaux avantages des compteurs électroniques. L'article présente diverses technologies de mesure électroniques permettant d'enregistrer la puissance électrique et indique plus particulièrement une solution basée sur l'effet Hall. Combinés avec des fonctions tarifaires diverses, une télécommande tarifaire intégrée et des interfaces de communication, des compteurs à fonctions multiples sont aujourd'hui à disposition pour des applications domestiques, artisanales et industrielles.

Adresse des Autors
Dr. Remo Lütolf, Landis & Gyr Energy
Management AG, 6301 Zug.

Einleitung

Ferrariszähler stellen bis anhin unbestreitbar eine nahezu perfekte Lösung zur Erfassung des elektrischen Energieverbrauchs dar, und sie werden in manchen Bereichen noch für lange Zeit entsprechende Anwendung finden. Ihre Vorteile liegen primär in der ausgezeichneten Zuverlässigkeit und langen Lebensdauer, dies zusammen zu wirtschaftlichen Kosten.

Auf der anderen Seite ist deren Funktionalität deutlich limitiert, und aufkommende Bedürfnisse für neue Tarifstrukturen sowie Tarif- und Laststeuerung als auch die vor der Tür stehende Fernauslesung verlangen vermehrt nach elektronischen Lösungen. Eingeführt durch Landis & Gyr im Bereich der Hochpräzisionsmessung vor mehr

als 20 Jahren, haben elektronische Zähler ihre Vorteile bereits vielfach bewiesen.

Kundennutzen elektronischer Zähler

Die hauptsächlichsten Kundenvorteile elektronischer Zähler liegen in ihrer kompakten Funktionalität, umfassend Mehrfachtarife, integrierte Tarifsteuerung sowie automatische Auslesung, einer hohen Messgenauigkeit mit flacher Lastkurve, grossem Dynamikbereich und guter Langzeitstabilität, ferner gelingt es, dank weniger unterschiedlicher Zählertypen, vereinfachter Prüfung und Wartung die Logistikkosten zu reduzieren.

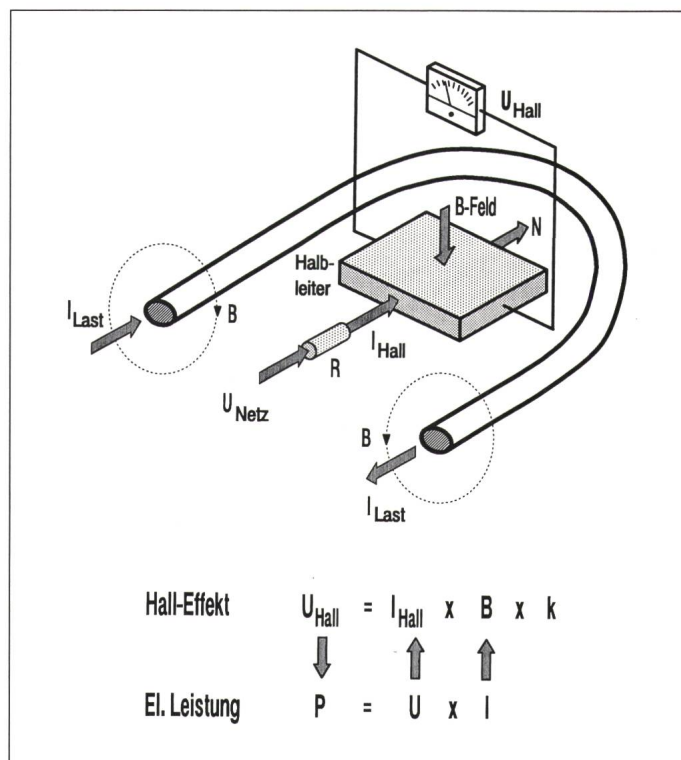


Bild 1
Prinzip des Hall-Effekts und Anwendung zur elektrischen Leistungsmessung

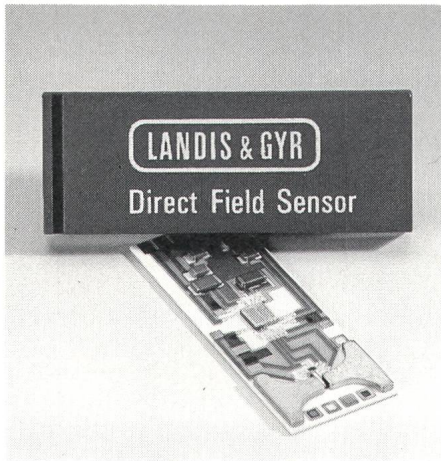


Bild 2 Direct Field Sensor DFS: Das auf einem Keramikträger montierte Hall-Element befindet sich vorne im Spalt zwischen den beiden magnetischen Flusskonzentratoren, der Signalverarbeitungschip dahinter generiert direkt eine zur Leistung proportionale Impulsfolge

Elektronische Messtechnologien

Für die Erfassung des Stromes und für die Multiplikation von Strom mal Spannung zur Berechnung der elektrischen Leistung sollen nachstehend die wichtigsten elektronischen Technologien aufgeführt werden.

Für die Messung des Stromes sind prinzipiell folgende Verfahren bekannt:

- Shunt
- Transformator
- Luftspule
- Hall-Effekt

Shunt-Lösungen eignen sich wegen der fehlenden galvanischen Trennung vor allem für einphasige Anwendung in Wechselstromzählern. Die bei Messwandlerzählern häufig eingesetzten Stromtransformatoren können für den Direktanschlussbetrieb nicht ohne weiteres übernommen werden, da sich bei der Präsenz von Gleichstromanteilen

nichtlineare Sättigungseffekte ergeben können. Bei der Verwendung von Luftspulen, zum Beispiel als Sekundärwindung eines eisenlosen Transformators oder im Luftspalt eines Transformatorkerns, muss das Messsignal zunächst integriert werden, um ein stromproportionales Signal zu erhalten, ferner ist wie beim Transformator die Erfassung von Gleichstromanteilen nicht möglich.

Auf dem Hall-Effekt basierende Prinzipien ermöglichen durch Messung des Magnetfeldes eine nahezu ideale Erfassung des Stromes und sind dank den halbleitertechnischen Integrationsmöglichkeiten auch zukunftsgerichtete Lösungen.

setzt, wird die Mark-Space-Multiplikation inzwischen auch bei einfacheren Messaufgaben verwendet. Die digitale Signalverarbeitung bietet grundsätzlich eine hohe Flexibilität in der Signalauswertung, bedingt jedoch die zusätzliche vorgängige Abtastung und Analog/Digitalwandlung der Strom- und Spannungssignale. Der Hall-Multiplikator nutzt geschickt die Eigenschaft des Hall-Effekts, nebst dem Magnetfeld eine zweite Eingangsgrösse multiplikativ mitzuerfassen.

Wie ersichtlich, kann durch Einsatz der Hall-Technologie gleichzeitig der Strom erfasst und mit der Netzspannung multipliziert werden. Dieses natürliche und inhärente Verfahren soll

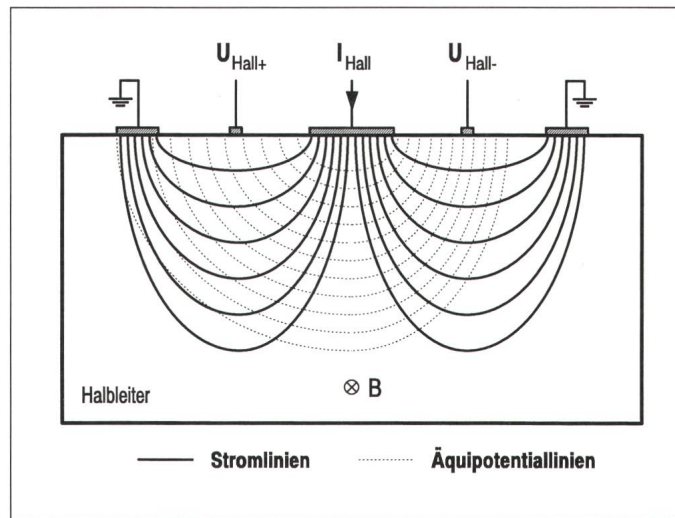


Bild 4 Vertikale Hall-Technologie des DFS (schematische Darstellung)

Für die Multiplikation von Strom mal Spannung kommen ebenfalls mehrere Methoden in Frage:

- Mark-Space-Multiplikation
- Digitale Multiplikation
- Hall-Multiplikator

Seit rund 20 Jahren bei elektronischen Hochpräzisionszählern einge-

deshalb im folgenden näher beschrieben werden.

Hall-Prinzip

Der Hall-Effekt kann gemäss Bild 1 in einem Halbleiter beobachtet werden, wenn ein durch das Element fließender Strom I_{Hall} einem dazu senkrecht einwirkenden Magnetfeld B ausgesetzt wird. Dann ist in der dritten Richtung eine Spannung U_{Hall} messbar, welche dem Produkt von I_{Hall} und B direkt proportional ist.

Das Magnetfeld B wird durch einen den Laststrom I führenden Leiter generiert, und der Strom I_{Hall} wird durch Einfügen eines Widerstandes R direkt proportional zur Netzspannung U . Damit repräsentiert die gemessene Hallspannung U_{Hall} direkt das Produkt von U mal I und ist daher die momentane elektrische Leistung P .

Es ist in diesem Zusammenhang sicher interessant zu wissen, dass der amerikanische Physiker Edwin Hall

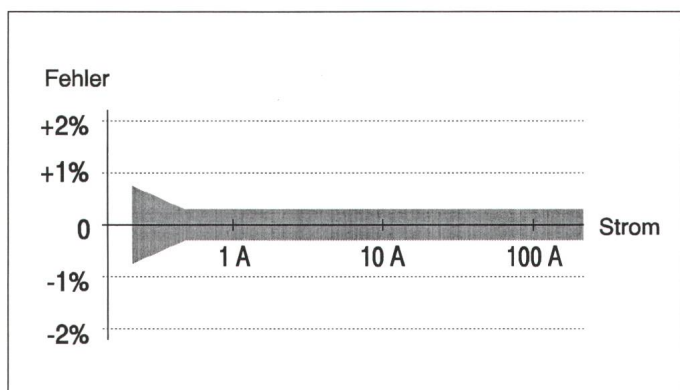


Bild 3 Der Direct-Field Sensor überstreicht einen weiten Dynamikbereich und erfüllt deutlich alle IEC-Anforderungen

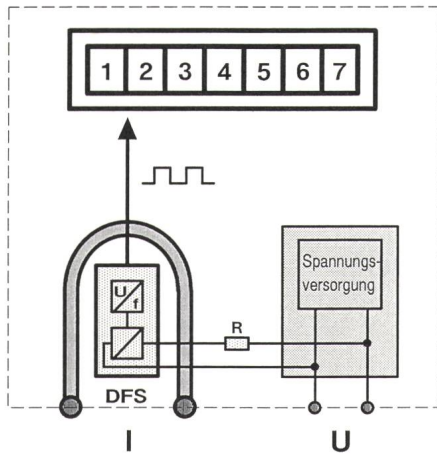


Bild 5 Prinzip eines Wechselstromzählers mit DFS

den Hall-Effekt 1879 einige Jahre früher entdeckte, als dass der italienische Ingenieur Ferraris den Ferraris-Motor erfand. Doch es bedurfte wesentlich längere Zeit, den Hall-Effekt für die elektrische Energiemessung nutzbar zu machen, und nur dank Einsatz moderner Halbleitertechnologien konnten die Schwierigkeiten im Bereich der Linearität, der Temperatur- und Langzeitstabilität sowie der Kosten zufriedenstellend gelöst werden.

Direct Field Sensor DFS

Die einmaligen und vielversprechenden Eigenschaften des Hall-Effekts veranlassten Landis & Gyr, diese Technologie näher zu untersuchen und in den eigenen Labors in der Schweiz ein Direct Field Sensor oder DFS genanntes Messelement zu entwickeln (Bild 2).

Der Sensor enthält ein kleines Hall-Element, welches zwischen zwei metallischen Magnetfeldkonzentratoren eingebettet liegt, und eine nachfolgende kundenspezifische integrierte Schaltung wandelt die analoge Hallspannung in digitale Ausgangspulse um, welche direkt Energieeinheiten repräsentieren.

Für den industriellen Gebrauch wird der DFS zusammen mit einer Stromschleife zu einer Messeinheit zusammengefügt und mittels eines Widerstandsnetzwerks computergesteuert kalibriert. Diese Elemente sind die Basis für eine weitere Integration in verschiedene Zähler.

Nachstehende Leistungsmerkmale des DFS sind hervorzuheben:

- Die Lastkurve überstreicht einen grossen Dynamikbereich von 25 mA bis über 100 A. Die Messgenauigkeit erfüllt dabei deutlich die IEC-Anforderungen Klasse 2 bzw. Klasse 1 (Bild 3).
- Der Sensor misst breitbandig von Gleichstrom bis zu mehreren Kilohertz, ferner eignet er sich gleich ideal für Direktanschluss- wie Wandlerzähler.
- Der Sensor hat eine kleine Temperaturabhängigkeit und kann in einem weiten Temperaturbereich von -40 °C bis zu 80 °C eingesetzt werden.
- Die Langzeitstabilität des DFS wurde mit Alterungsverfahren bei erhöhter Temperatur untersucht, wie sie in der Halbleiterindustrie bekannt sind. Die Sensoren wurden dabei während 1000 Stunden einer Temperatur von 165 °C ausgesetzt, was einer Zeit von mehreren Jahrzehnten bei 25 °C ent-

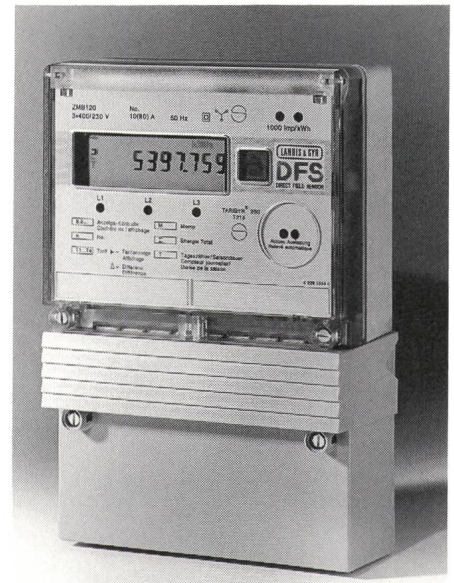


Bild 7 Multifunktionszähler der ZMB-Familie

spricht, und die beobachtete Drift war vernachlässigbar gering. (Dieser Vorteil wird bei Landis & Gyr-Zählern direkt ausgenutzt, indem diese im Werk einmalig kalibriert werden und somit ein wartungsfreies Messsystem sind.)

- Dank der miniaturisierten Bauweise und dem weitgehenden Einsatz digitaler Technologie verfügt der DFS über eine ausgezeichnete elektromagnetische Verträglichkeit.

All die guten vom DFS erreichten Resultate basieren primär auf einer wesentlichen Erfindung von Landis & Gyr, der sogenannten «Vertikalen Hall-Technologie» (Bild 4). Dabei wird das Hall-Element durch Transformation senkrecht zur Chipoberfläche integriert, und das Magnetfeld wirkt parallel zur Oberfläche. Der aktive Bereich des Hall-Elements liegt nun eingebettet in der Tiefe des Halbleitermaterials, optimal geschützt von externen Einflüssen, und alle Anschlüsse liegen ideal kontaktierbar oben in einer Ebene.

Prinzip von Wechselstrom und Drehstromzählern mit DFS

Durch die Verwendung eines DFS-Messelements und Hinzufügen einer Spannungsversorgung sowie eines mechanischen oder elektronischen Tarifregisters kann auf einfache Weise ein Wechselstromzähler realisiert werden (Bild 5).

Ein Drehstromzähler wird grundsätzlich auf die gleiche Weise realisiert, indem für jede der drei Phasen ein individuell kalibriertes DFS-Messmodul verwendet wird (Bild 6). Die Ausgangspulse sind dann zu addieren und können

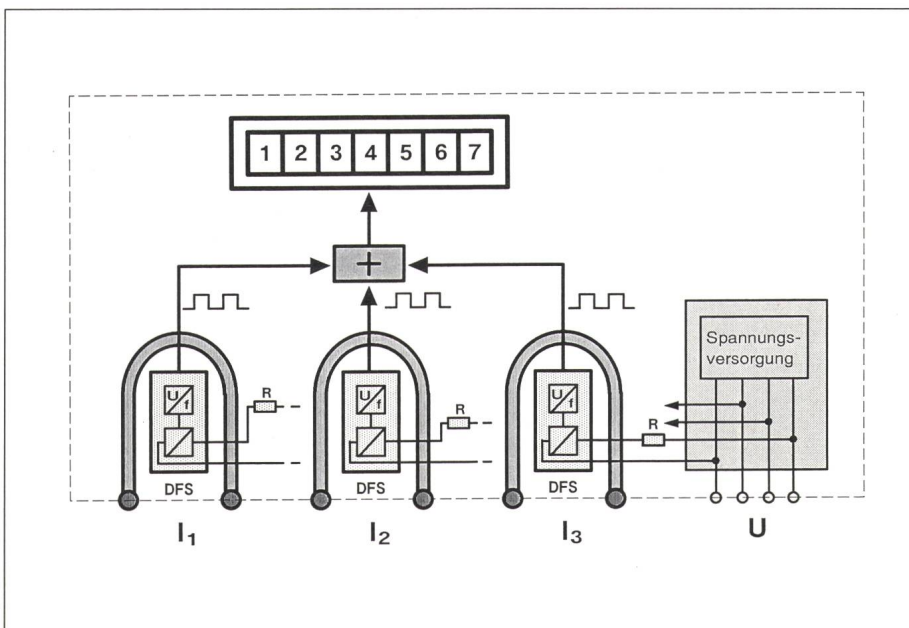


Bild 6 Prinzip eines Drehstromzählers mit DFS

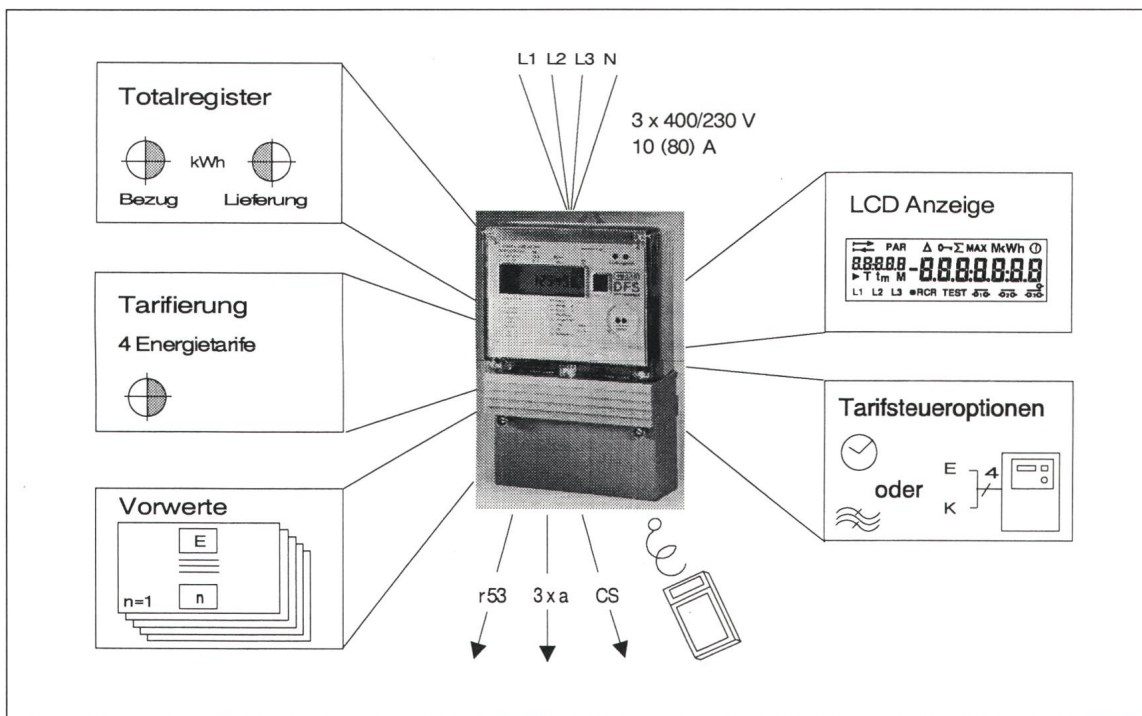


Bild 8
Multifunktionaler
Haushaltszähler
ZMB 120 T mit
Tarigr 213 für
Mehrfachtarife
und saisonale
Abspeicherung

einem Zählwerk oder Tarifiergerät zugeführt werden.

Die ideale Eignung des DFS als moderner Zählerbaustein und seine hohe Zuverlässigkeit konnten mit mehreren hunderttausend produzierten Zählern bereits erfolgreich dokumentiert werden. Diese stehen als Wechselstromzähler vor allem in Grossbritannien und als Drehstromzähler hauptsächlich in Skandinavien im Einsatz.

Elektronische Multifunktionszähler

Die Vorteile elektronischer Zähler können insbesondere durch die Integration zusätzlicher Funktionen stark erweitert werden:

- Mehrfache Energie- und Leistungstarife, inklusive Speicherung von Vorwerten (z.B. für saisonale Tarifierung).

- Tarifsteuerung mittels eingebautem Rundsteuerempfänger, Kalenderschaltuhr oder Funkempfänger; integrierte Relaiskontakte erlauben die Weitergabe der Kontrollsignale an die Strombezüger und die direkte Steuerung von Lasten.
- Kommunikationsschnittstellen für die automatische Auslesung mittels Handterminal oder zukünftige Fernablesung, wie beispielsweise

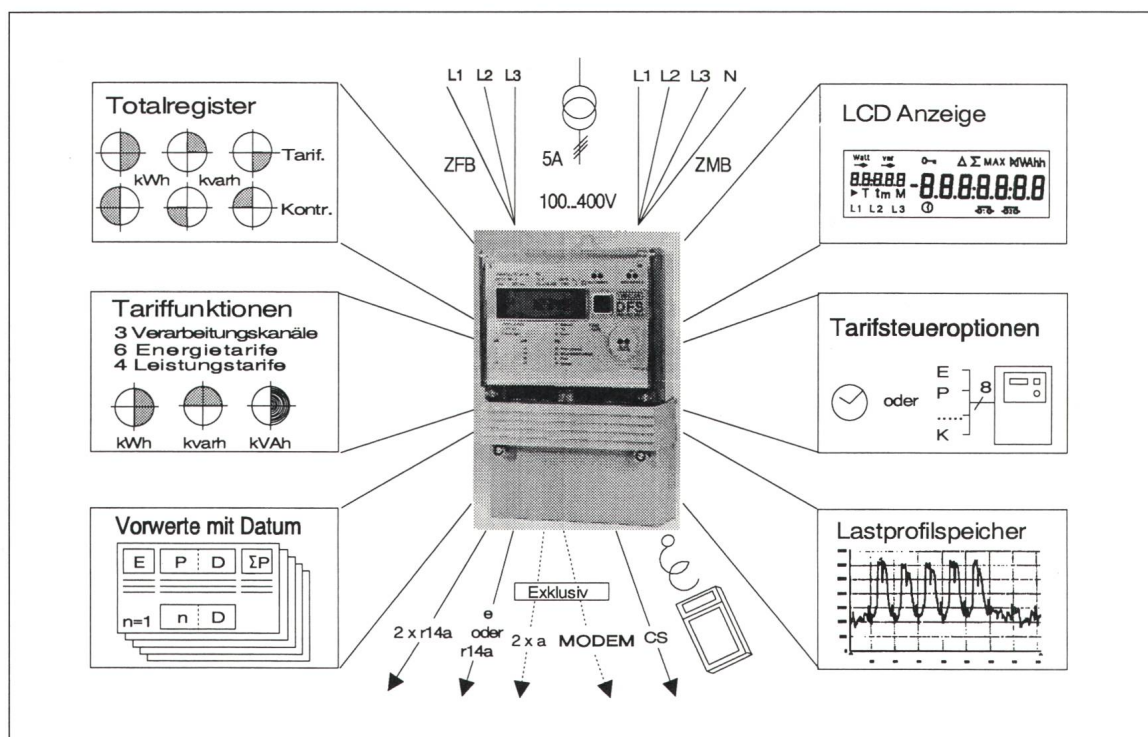


Bild 9
Multifunktionaler
Industrie-Kombi-
zähler ZMB 410 CT
mit Tarigr 400
für gleichzeitige
Messung und Tarifierung
der Wirk- und
Blindenergie

Zweiweg-Netzübertragung (Distribution Line Carrier) und telekommunikationsbasierte Lösungen (Modem, Infranet, ISDN).

- Erfassung komplexer Messgrößen im Bereich industrieller Applikationen, so die kombinierte Messung von Wirk- und Blindenergie oder die Berechnung der Scheinenergie.

Solche Multifunktionszähler stellen äusserst kompakte und installationsfreundliche Lösungen dar (Bild 7). Die spezifisch gewünschte Funktionalität kann weitestgehend mittels Parametrierung festgelegt und sogar später im Felde neuen Bedürfnissen flexibel angepasst werden. Heutige Investitionen sind somit zukunftssicher und die Logistikkosten für Lagerhaltung, Prüfung und Unterhalt lassen sich deutlich reduzieren.

Multifunktions-Drehstrom-Haushaltszähler

Bild 8 zeigt schematisch einen Multifunktions-Drehstrom-Haushaltszähler. Neben einem Messwerk für 10 (80) A verfügt dieser Zähler über integrierte Tariffunktionen mit bis zu vier Ener-

gien sowie Speichermöglichkeit von saisonalen Vorwerten. Optional können ein Rundsteuerempfänger oder eine Kalenderschaltuhr integriert werden, welche nebst den Tarifen bis zu drei Relaiskontakte steuern können. Über eine optische Schnittstelle können Tarifdaten ausgelesen oder Parametrierdaten gesetzt werden. Die DIN-konforme Klemmenpartie ermöglicht den Anschluss von bis zu 35 mm² starken Leitern, und die Tariffsignale werden schnell und zuverlässig über moderne Steckklemmen angeschlossen. Die bei der Zählerprüfung notwendige Trennung des Spannungskreises vom Stromkreis erfolgt automatisch beim Einstecken eines Spannungskontaktstiftes. Basierend auf demselben Konzept sind auch Versionen für Leistungsmessung sowie Wandleranschluss im Sortiment verfügbar.

Dieser moderne Zähler ist funktionskompatibel mit dem bereits seit mehreren Jahren eingeführten Tarigyr m213, welches bei Ferrariszählern direkt im Gehäuseoberteil integriert oder als Zusatzgerät EKM 213 auch auf dem Klemmendeckel montiert werden kann. Damit lassen sich selbst ältere Zähler modernisieren, so dass neue Tarifstrukturen relativ rasch und umfassend ein-

geführt werden können, zusammen mit automatischer Auslesung.

Multifunktions-Industrie-Kombizähler

In Bild 9 wird übersichtsmässig die bereits umfassende Komplexität eines industriellen Kombizählers dargestellt. Nebst der Wirkenergie misst dieser Zähler die Blindenergie in allen vier Quadranten. Der Tarifteil ermöglicht die Verarbeitung in mehreren Messkanälen mit bis zu acht Registern für Energie und Leistung, inklusive dazugehörigen Vorwertregistern. Als Option können Lastprofile mit 15 Minuten-Leistungswerten gespeichert werden. Die Tarifsteuerung erfolgt über externe Steuereingänge oder eine integrierte Kalenderschaltuhr. Impulsweitergabekontakte und Kommunikationsschnittstellen sichern die Systemintegration.

Dank ihrer vielfältigen Vorteile werden elektronische Multifunktionszähler zweifellos im Markt rasch Einzug finden. Die neue DFS-basierte ZMB-Familie von Landis & Gyr bietet vom Haushaltszähler über den Maximumzähler bis zum industriellen Kombizähler ideale Lösungen für alle modernen Zählerapplikationen.