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: 86 (1995)

Heft: 19

Artikel: Kostenfaktor Zählerablesung : wirtschaftlich optimale Ableseperioden für Zähler : eine Massnahme des Demand Side Managements

Autor: Zumbrunn, Werner

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902489

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: 10.12.2025

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

Die Installation und der Unterhalt von Zählern, deren periodische Ablesung und die Verrechnung der gemessenen Energiemengen sind wichtige Dienstleistungen der Energieversorgungsunternehmen für ihre Kunden. Im Interesse der Kunden müssen diese Dienstleistungen wirtschaftlich erbracht werden. Die Kosten werden von mehreren Faktoren bestimmt; diese sind zu optimieren. Einer der wichtigsten Faktoren ist der zeitliche Abstand zwischen zwei Ablesungen.

Kostenfaktor Zählerablesung

Wirtschaftlich optimale Ableseperioden für Zähler – eine Massnahme des Demand Side Managements

■ Werner Zumbrunn

Die Energieversorgungsunternehmen (EVU) mit einem Gebietsmonopol für leitungsgebundene Energieträger werden in der Zukunft vermehrt vor die Aufgabe gestellt sein, ihre Dienstleistungen möglichst wirtschaftlich zu erbringen. Dies könnte nicht zuletzt unter dem Druck zur Öffnung der bis anhin abgeschotteten Märkte erfolgen.

Eine der vielen Dienstleistungen wird im folgenden genauer analysiert. Es handelt sich um die Installation und den Unterhalt von Zählern, deren periodische Ablesung und die Verrechnung der gemessenen Energiemengen. Die damit verbundenen Kosten setzen sich aus den folgenden Teilen zusammen:

- Kapitalkosten der Zähler (Abschreibung und Verzinsung)
- Kosten für die ordnungsgemässe Wartung der Zähler (Prüfung, Überholung usw.) sowie für den Ausbau, die Reparatur oder den Ersatz defekter und den Einbau neuer Zähler
- Kosten für die (periodische) Ablesung der Zähler
- administrative Kosten für die Verrechnung der Energieverbräuche.

Zusätzliche Kosten entstehen, wenn bei einer Ablesung festgestellt wird, dass ein Zähler defekt ist:

- administrative Kosten (Meldung des Defekts an die Zählerabteilung, Schätzung des nicht registrierten Verbrauchs und Eingabe der entsprechenden Daten ins Verrechnungssystem)
- entgangene Erlöse, weil zugunsten des Kunden der geschätzte Verbrauch immer unter dem Erwartungswert liegen muss.

Aus der Aufzählung der wichtigsten Kostenfaktoren geht hervor, dass die optimale Bewirtschaftung der Zähler eine ziemlich komplexe Aufgabe ist.

Minimale Kosten mit optimalen Ableseperioden

Um das Problem angehen zu können, müssen verschiedene *Annahmen* getroffen werden:

a) Pro Tarifgruppe wird ein einheitlicher Zählertyp verwendet. Die durchschnittlichen Kosten pro Zähler und Zeiteinheit seien k_z. Sie setzen sich zusammen aus Amortisations- und Zinskosten und den Kosten für Wartung, Unterhalt, Reparatur oder Ersatz.

b) Die Ablesung und Verrechnung der Zählerstände einer einzelnen Messstelle verursacht (pro Ablesung) durchschnittliche Kosten im Betrag von K_a. Sie hängen unter anderem vom verwendeten Ablesesystem sowie von der Kunden- und der Zählerdichte ab.

c) Die durchschnittlichen Kosten als Folge von defekten Zählern hängen direkt von der Ausfallrate a ab. Sie ist während der

Adresse des Autors:
Werner Zumbrunn, Dipl. El.-Ing. ETH, Hallenweg 9, 4132 Muttenz.

Nutzungsdauer der Zähler annähernd konstant. Folglich ist die Wahrscheinlichkeit $F(T)$, dass ein Zähler zwischen zwei Ablesungen im zeitlichen Abstand von T ausfällt, annähernd exponentialverteilt [1]:

$$F(T) = 1-\exp(-aT) \quad (1)$$

Die EVU verwenden aus naheliegenden Gründen Zähler, deren Ausfallwahrscheinlichkeit zwischen zwei Ablesungen klein ist. Unter dieser Voraussetzung kann man statt Formel (1) mit genügender Genauigkeit die Formel (2) verwenden:

$$F(T) = aT \quad (2)$$

Nach der Entdeckung eines defekten Zählers entstehen administrative Folgekosten; sie werden unter der Grösse Z (pro Ausfall) zusammengefasst. Im wesentlichen sind sie bedingt durch das Verfahren für die Schätzung des nicht registrierten oder die Korrektur des falsch registrierten Verbrauchs. Dieses Verfahren ist für die EVU des öffentlichen Rechts meistens in einer Verordnung festgelegt. Als Beispiel ist hier der Wortlaut der entsprechenden Verordnung für die Industriellen Werke Basel (IWB) zitiert: «Lässt sich das Mass der Korrektur durch eine technische Prüfung nicht bestimmen, wird der Bezug (Verbrauch) auf der Basis der vor der letzten Feststellung des Fehlers abgelesenen Zähleranzeige unter angemessener Berücksichtigung der Angaben des Benützers von den IWB festgelegt» [2].

Selbstverständlich kann der Kunde gegen die auf der Schätzung beruhende Rechnung Einsprache erheben. Über diese Einsprache entscheidet das EVU durch den Erlass einer rekursfähigen Verfügung; diese kann an die nächsthöhere Instanz weitergezogen werden. Um den teuren Instanzenweg zu vermeiden, das Risiko des Unterliegens klein zu halten und nicht zuletzt im Interesse des Kunden, wird das EVU den Verbrauch unter dem Erwartungswert festlegen. Es muss dabei berücksichtigen, dass die Standardabweichung der Verbrauchswerte infolge wetterbedingter Einflüsse (Aussentemperaturen, Sonnenscheindauer usw.) ohne weiteres 10% betragen kann. Als Folge wird das EVU im Mittel einen Einnahmenverlust erleiden. Er entspricht einem Prozentsatz p des Erwartungswertes des Erlöses. Dieser ist gleich dem Produkt aus dem erwarteten, spezifischen Erlös $\hat{e}$ (Erlös/Zeit) und der Zeit T zwischen zwei Ablesungen. Der entgangene Erlös D beträgt deshalb im Mittel:

$$D = p\hat{e}T \quad (3)$$

Jetzt kann der durchschnittliche Aufwand $S(T)$ pro Zählerableseperiode T ermittelt werden:

$$S(T) = Tk_z+K_a+aT(Z+p\hat{e}T) \quad (4)$$

Daraus ergeben sich die durchschnittlichen Kosten pro Zeiteinheit:

$$S(T)/T = k_z+K_a/T+a(Z+p\hat{e}T) \quad (5)$$

Die Suche nach dem Minimum der Kosten führt auf die kostenoptimale Ableseperiode T_{opt}:

$$T_{opt} = \sqrt{(K_a/ap\hat{e})} \quad (6)$$

Eingesetzt in Gleichung (5) ergeben sich die folgenden minimalen Kosten:

$$S(T_{opt})/T_{opt} = \sqrt{4ap\hat{e}K_a}+k_z+aZ \quad (7)$$

Der prinzipielle Verlauf der Kosten als Funktion der Ableseperiode gemäss Gleichung (5) ist aus Bild 1 ersichtlich. Der wichtigste Parameter ist der Erwartungswertes des Erlöses; je grösser dieser Wert ist, desto kürzer müssen die Ableseperioden sein und desto höher sind die Kosten pro Messstelle.

Die Formel (7) lässt vorerst drei naheliegende Schlussfolgerungen zu: Die durchschnittlichen Kosten K_a für die Ablesung der Zählerstände einer einzelnen Messstelle und die administrativen Kosten Z als Folge eines defekten Zählers sind möglichst tief zu halten; die Schätzung der nicht registrierten Verbräuche muss möglichst genau erfolgen (kleines p).

Schon schwieriger ist das Kriterium für die Wahl der besten Zähler: Kleinere Ausfallraten senken einen Teil der Kosten, erhöhen aber die Zählerkosten k_z. Des weiteren geht aus Formel (7) hervor, dass bei Grosskunden (grosses $\hat{e}$) die Kosten sehr hoch werden können. Hier schaffen redundante Zähler Abhilfe.

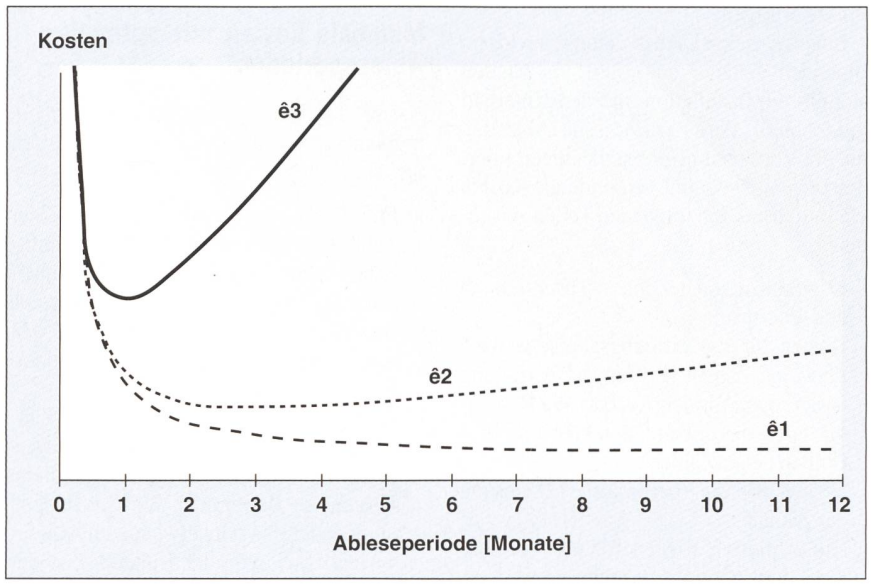

Bild 1 Kosten als Funktion der Ableseperiode

Prinzipieller Verlauf der Kosten $S(T)/T$ in Abhängigkeit von der Ableseperiode T, mit dem Erwartungswert $\hat{e}_i$ des Erlöses als Parameter, wobei $\hat{e}_3 > \hat{e}_2 > \hat{e}_1$.

Die Kosten redundanter Zähler

Werden bei einer Messstelle anstelle eines einzigen Zählers n Zähler installiert, die alle voneinander unabhängig sind, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass alle Zähler zwischen zwei Ablesungen ausfallen, aufgrund von Formel (2):

$$F(T) = a^nT^n \quad (8)$$

«Unabhängig» bedeutet hier insbesondere auch, dass die Ausfälle nicht Folge äusserer Ereignisse wie Überspannungen usw. sind. Die durchschnittlichen Kosten werden somit:

$$S(T)/T = nk_z+K_a/T+a^nT^{n-1}(Z+p\hat{e}T) \quad (9)$$

Auch für diesen allgemeinen Fall existieren optimale Ableseperioden und entsprechende minimale Kosten. Allerdings lässt sich die Lösung nicht mehr geschlossen darstellen. Sie ist deshalb im konkreten Fall mit numerischen Methoden zu suchen.

Beispiele

Im folgenden werden drei Beispiele näher untersucht. Die Zahlenwerte stammen aus der Praxis eines grossen, städtischen Stromversorgungsunternehmens. Bei der Interpretation der Resultate ist zu beachten, dass bei anderen EVU je nach Struktur der Organisation und des Versorgungsgebietes

Liste verwendeter Formelzeichen

k_z	Durchschnittliche Kosten pro Zähler (Amortisation, Verzinsung, Wartung, Auswechslung, Reparatur usw.)
K_a	Durchschnittliche Kosten der Ablesung und Verrechnung der Zählerstände einer einzelnen Messstelle
T	Zeitlicher Abstand zwischen zwei Ablesungen
$F(T)$	Wahrscheinlichkeit, dass ein Zähler zwischen zwei Ablesungen ausfällt
a	Ausfallrate der Zähler während der Nutzungsdauer
Z	Administrative Kosten nach der Entdeckung eines defekten Zählers (Meldung des Defekts an die Zählerabteilung, Schätzung des nicht registrierten Verbrauchs und Eingabe der entsprechenden Daten ins Verrechnungssystem)
p	Durchschnittlicher, prozentualer Verlust infolge der Verbrauchsschätzung
$\hat{e}$	Erwartungswert des spezifischen Erlöses (Erlös/Zeit)
$S(T)$	Durchschnittlicher Aufwand pro Messstelle und pro Zählerableseperiode, inbegriffen eine Ablesung
n	Anzahl redundanter Zähler

sowie abhängig von der Energieart und den verwendeten Zählern die Kosten gegenüber den Beispielen beträchtlich abweichen können.

Beispiel 1:
Ferraris-Doppeltarif-Drehstromzähler

Diese Zähler werden für Haushalte und kleine Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsunternehmen verwendet; der Tarif ist saisonal nicht differenziert. Der jährliche Verbrauch kann maximal 200 000 kWh betragen, entsprechend jährlichen Stromkosten von rund 30 000 Franken.

Die Ausfallrate ist 0,07%/Jahr; sie liegt in einem für europäische Länder üblichen Bereich [3]. Die Kosten pro Zähler betragen wegen der geringen Anschaffungskosten, der ausserordentlich kleinen Ausfallrate und wegen der langen Nutzungsdauer k_z = 16 Fr./Jahr. Die durchschnittlichen Kosten K_a für die Ablesung und Verrechnung der Zählerstände einer einzelnen Messstelle sind rund 20 Franken. Bei Ausfall eines Zählers können die Erlöse mit einem durchschnittlichen Verlust von 10% geschätzt werden (p = 0,1). Die administrativen Kosten aufgrund eines defekten Zählers, Z, betragen in etwa 100 Franken; sie sind wegen der kleinen Ausfallrate unerheblich.

Mit diesen Zahlenwerten würden sich Ableseperioden ergeben, die grösser als 3 Jahre, und Kosten, die kleiner als 29 Franken/Jahr wären. Aus verschiedenen Gründen ist jedoch eine maximale Ableseperiode von einem Jahr erwünscht. Die Kosten pro Zähler sind deshalb im Minimum 36 Franken/Jahr (bei kleinem Verbrauch) und im Maximum 38 Franken/Jahr. Da die Kosten der ausgereiften Ferraris-Zähler kaum gesenkt werden können, müssen sich die Bemühungen zur Kostenreduktion vor allem auf zwei Punkte beschränken: Minimierung der Kosten der Ablesung und Verrechnung sowie möglichst genaue Schätzung des nicht oder falsch registrierten Verbrauchs.

Beispiel 2: Ferraris-Drehstromzähler mit elektronischem Tarifgerät zur Erfassung der Leistung

Dieser Zähler löst ein älteres Modell ohne Tarifgerät ab und wird für Kunden mit einem Leistungspreistarif verwendet; der jährliche Verbrauch je Kunde übersteigt normalerweise 100 000 kWh, entsprechend jährlichen Stromkosten von rund 15 000 Franken.

Die Ausfallrate ist 0,6%/Jahr, und die jährlichen Kosten eines Zähler betragen im Mittel 86 Franken. Wegen der grossen Anzahl von älteren Zählern ohne Tarifgerät ist die Ableseperiode vorläufig noch 1 Monat.

Mit Hilfe der Formel (9) können nun diejenigen Kunden bestimmt werden, bei denen ein redundanter Zähler eingesetzt werden sollte. Zu diesem Zweck wird ermittelt, ab welchem Erlös die gesamten Kosten beim Einsatz von zwei Zählern unter die gesamten Kosten beim Einsatz eines einzigen Zählers sinken. Die Resultate sind in Tabelle I dargestellt; ein Fazit ist, dass bei einer Ableseperiode von 1 Monat redundante Zähler nur bei sehr grossen Kunden notwendig wären.

Die gleiche Rechnung kann nun im Hinblick auf den späteren Wechsel zu einer Ableseperiode von 1 Jahr durchgeführt werden. Die Resultate der Berechnung sind in Tabelle II dargestellt; sie zeigen, dass die Kosten deutlich gesenkt werden können, obwohl mehr redundante Zähler eingesetzt werden müssen. Des weiteren geht aus der Berechnung hervor, dass im Hinblick auf den Wechsel der Ableseperiode bereits ab einem Jahreserlös von ungefähr 150 000 Franken pro Kunde Doppelmesseinrichtungen installiert werden müssen.

Beispiel 3: Fernablesung

Die in den Tabellen I und II aufgeführten Kosten – auf der Grundlage eines konventionellen Zählerablesedienstes berechnet – bilden den Massstab für die Kosten einer Fernablesung, wobei zu beachten ist, dass es auf alle Fälle Zähler braucht. Die Telecom-Gebühren eines entsprechenden Anschlusses betragen 360 Fr./Jahr, abgesehen vom Geräte- und Installationsaufwand in der Grössenordnung von einigen tausend Franken [4]. Da beim herkömmlichen System selbst bei Grösstkunden (10 Mio. Fr./Jahr) die Kosten ohne die Kosten der Zähler kleiner als die Telecom-Gebühren sind, ist die Zählerfernablesung heute noch generell unwirtschaftlich, insbesondere für die überwiegende Anzahl der mittleren und kleinen Kunden.

Schlussfolgerungen

Wenn von den äusserst preiswerten, zuverlässigen und langlebigen Ferrariszählern auf Zähler mit Tarifgeräten oder auf elektronische Zähler gewechselt wird, gewinnen die Ausfallraten als indirekte Kostenfaktoren neben den direkten Kosten

Periode	Anzahl Zähler	Erlös pro Kunde		Kosten pro Kunde	
[Monate]		von [Fr./Jahr]	bis [Fr./Jahr]	von [Fr./Jahr]	bis [Fr./Jahr]
1	1	15 000	1 709 000	327.35	412.05
1	2	1 709 000	10 000 000	412.05	412.25

Tabelle I Kosten bei monatlicher Ablesung in Abhängigkeit von Erlös und Anzahl Zähler
Die Kosten sind angegeben für Zähler mit elektronischem Tarifgerät.

Periode	Anzahl Zähler	Erlös pro Kunde		Kosten pro Kunde	
[Monate]		von [Fr./Jahr]	bis [Fr./Jahr]	von [Fr./Jahr]	bis [Fr./Jahr]
12	1	15 000	144 000	116	193
12	2	144 000	10 000 000	193	228

Tabelle II Kosten bei jährlicher Ablesung in Abhängigkeit von Erlös und Anzahl Zähler
Die Kosten sind angegeben für Zähler mit elektronischem Tarifgerät.

der Anschaffung zunehmend an Bedeutung. Der Einfluss dieser indirekten Kosten lässt sich nur richtig gewichten, wenn sämtliche Faktoren gebührend berücksichtigt und optimiert werden. Der einzige Hinderungsgrund für eine Optimierung kann sein, dass die Zählerhersteller keine Ausfallraten und Nutzungsdauern garantieren können oder wollen. Bis anhin konnten die EVU wegen der ausgereiften Konstruktion der Ferraris-Zähler auf Garantiewerte verzichten. Das Aufkommen von komplexeren, elektronischen Zählern und Tarifgeräten ändert jedoch die Situation grundlegend: Die Gefahr wächst, dass Geräte mit zu grossen Ausfallraten und zu kurzen Nutzungsdauern auf den Markt gebracht werden. Die EVU müssen deshalb in Zukunft und im Interesse ihrer Kunden von den Zählerherstellern die entsprechenden Garantien verlangen.

Lecture des compteurs – important facteur de coûts

Intervalles optimisés de lecture des compteurs – une mesure du Demand-Side-Management

L'installation et l'entretien des compteurs, leur lecture périodique et la facturation de l'énergie mesurée sont d'importants services des entreprises d'électricité. Les frais de ces services sont déterminés par différents facteurs (voir encadré). Ils comprennent les coûts moyens de compteur kz pour l'amortissement, les intérêts, la maintenance, le remplacement, la réparation, etc., les coûts moyens Ka pour la lecture par point de mesure, l'intervalle T entre deux lectures, le taux de défaillance a des compteurs pendant la durée d'utilisation et, à partir de cela, la probabilité $F(T)$ qu'un compteur tombe en panne entre deux lectures, les frais administratifs Z provoqués par un défaut de compteur, la perte moyenne en pour cent p par suite d'une sous-estimation de la consommation après un défaut de compteur et enfin la valeur d'attente $\hat{e}$ des recettes pour les fournitures d'énergie pendant une période de lecture. Un des facteurs déterminants les plus importants est l'intervalle de temps entre deux lectures. L'article montre comment celui-ci peut être optimisé (fig. 1).

Literatur

[1] *R. Braun* und *G. Schmidt:* Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von HGÜ. etz 114(1993)23/24, S. 1462 ff.

[2] Kanton Basel-Stadt/Systematische Gesetzessammlung: § 55 Absatz 3 der Verordnung betreffend die Abgabe von Elektrizität vom 22. August 1989.

[3] *H. Veenstra:* Trends beim Einsatz von Zählern im europäischen Umfeld. ETG-Informationstagung vom 11. Mai 1995 in Luzern.

[4] Interessengemeinschaft Intelligente Gebäude der Kommunikations-Modell-Gemeinde Basel: Schlussbericht Intelligente Gebäude BSL.03. Suter+Suter AG, Basel. 1992.

Kennen Sie die ETG?

Die Energietechnische Gesellschaft des SEV (ETG) ist ein *nationales Forum* zur Behandlung aktueller Probleme der elektrischen Energietechnik im Gesamtrahmen aller Energieformen. Als *Fachgesellschaft des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins* (SEV) steht sie allen interessierten Fachleuten und Anwendern aus dem Gebiet der Energietechnik offen.

Auskünfte und Unterlagen erhalten Sie beim Schweizerischen Elektrotechnischen Verein, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf, Telefon 01 956 11 11.