Messungen als Basis von Stromverbrauchsanalysen

Autor(en): **Huser, A. / Minder, R.**

Objekttyp: **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): **81 (1990)**

Heft 22

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-903184

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Messungen als Basis von Stromverbrauchsanalysen

A. Huser und R. Minder

Bei vielen grösseren Gebäuden dürften noch Stromsparmöglichkeiten bestehen, die eine sorgfältige Analyse des Verbrauchs rechtfertigen. Die Basis für eine solche Untersuchung und die Festlegung geeigneter Massnahmen ist eine fundierte und differenzierte Messung des effektiven Energieeinsatzes. Der Beitrag stellt grundsätzliche Überlegungen bezüglich solcher Messungen zusammen und schildert erste praktische Erfahrungen.

Bon nombre de bâtiments disposent encore de possibilités d'économies justifiant une analyse soigneuse de la consommation. Une analyse de ce genre ainsi que l'élaboration de mesures appropriées se basent sur l'évaluation raisonnable et nuancée de l'utilisation effective de l'énergie. L'article réunit quelques considérations fondamentales sur de telles évaluations et présente les premières expériences obtenues en pratique.

Adresse der Autoren
Alois Huser, Dipl. Ing. ETH und
Dr. *Rudolf Minder*, Elektrowatt
Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestr. 36,
8034 Zürich

Einleitung

Die optimale Nutzung der vorhandenen Energie-Ressourcen ist ein unbestrittenes umwelt- und versorgungspolitisches Postulat ersten Ranges. Sowohl auf der politischen Ebene als auch bei der Energiewirtschaft besteht ein weitgehender Konsens, dass vermehrte Anstrengungen zum haushälterischen Umgang mit Energie notwendig und sinnvoll sind. Es wird kaum bestritten, dass in vielen Sektoren des Energieumsatzes grosse Sparpotentiale vorhanden sind, die oft auch wirtschaftlich erschlossen werden können.

Über die Sparpotentiale in den verschiedenen Verbrauchssektoren sind in den letzten Jahren diverse Studien veröffentlicht worden. Diese basieren aber auf statistischen Annahmen und sind deshalb für den Einzelverbraucher wenig aussagekräftig. Auch bei Verbrauchern, die zur selben Kategorie gehören, streuen die Kennzahlen für den Energie- und insbesondere für den Stromverbrauch beträchtlich. Um das Sparpotential eines bestimmten Verbrauchers (z.B. eines Verwaltungsgebäudes) zu ermitteln und entsprechende Massnahmen vorzuschlagen, ist eine individuelle Stromverbrauchsanalyse erforderlich. Die Durchführung solcher Analysen, die Erarbeitung von Massnahmen, die Abschätzung der Sanierungskosten und die anschliessende Erfolgskontrolle erfordern deshalb eine enge Zusammenarbeit von Fachleuten aus den verschiedensten Fachgebieten.

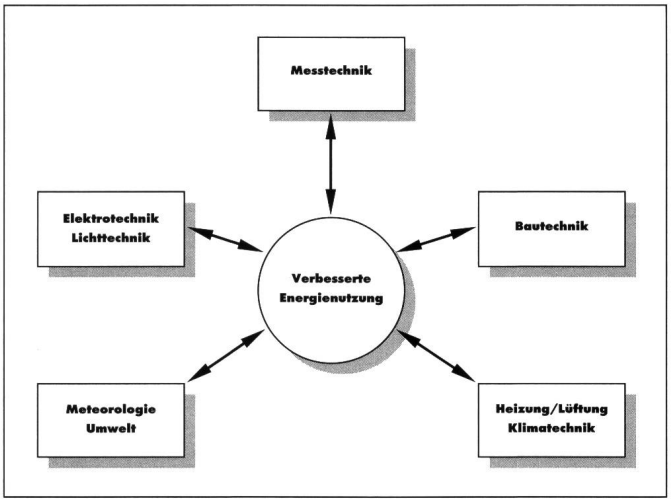
Diesen Sachverhalt zeigt die Darstellung in Bild 1.

Das Ziel einer Verbrauchsanalyse besteht darin, wirtschaftlich akzeptable Massnahmen aufzuzeigen, die eine Minderung des Primärenergiebezuges bewirken. Dabei sollen alle Energieträger und Energieverbraucher einbezogen werden, damit man einen Gesamtüberblick erhält und Zusammenhänge erkennen kann.

Bei einem Dienstleistungsgebäude übersteigen die Stromkosten meistens die Ausgaben für die fossilen Energieträger Öl oder Gas. So ist der Benützer des Gebäudes sehr interessiert, nicht nur den Wärmeverbrauch, sondern auch den Strombezug genau zu analysieren und Massnahmen für dessen effizienten Einsatz durchzuführen.

Von grösster Wichtigkeit ist dabei ein stufenweises Vorgehen, um nach jedem Teilschritt eine Standortbestimmung durchführen und die Zwischenresultate beurteilen zu können.

Bild 1
Interdisziplinäre Zusammenarbeit



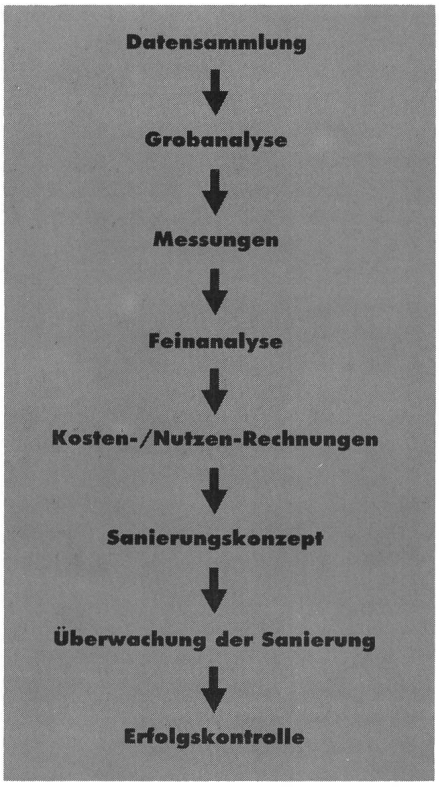


Bild 2 Vorgehen bei der Analyse

Die Vorgehensweise ist in Bild 2 schematisch dargestellt.

Die einzelnen Teilschritte umfassen dabei typischerweise folgende Arbeiten:

Grobanalyse
- grobe Erfassung des Ist-Zustandes
- Empfehlung für weiteres Vorgehen
- Hinweise auf allfällige Sofortmassnahmen

Messungen
- Erfassung der zu untersuchenden Messgrössen über einen bestimmten Zeitraum
- Aufzeichnung auf einem elektronischen Datenträger
- Graphische Darstellung, z.B. auf einem Personal-Computer, und/oder weitere Auswertungen

Feinanalyse
- Bestandesaufnahme vor Ort
- Gespräch mit den Benützern
- Einsatz von Spezialisten
- Energieflussbild
- Ermittlung spezifischer Verbrauchswerte und deren Vergleich mit Durchschnittswerten

Sanierung
- Bestimmung von Massnahmen, deren Wirkung und Kosten
- Durchführung und Überwachung vorgeschlagener Verbesserungen

Erfolgskontrolle
- Überprüfen von ausgeführten Sanierungen durch Messungen unter Berücksichtigung allfälliger Nutzungsänderungen

Messtechnik

Einen zentralen Punkt in der beschriebenen Methodik stellt die messtechnische Ermittlung wichtiger Verbrauchswerte dar.

Die Ablesung des Zählers durch das Elektrizitätswerk erfolgt bestenfalls monatlich. Für eine fundierte Analyse reichen die Kenntnisse des monatlichen Gesamtbezugs jedoch nicht aus. Es ist nötig, den Verbrauch von Teilen des Gebäudes oder sogar einzelner Verbraucher zu erfassen, so z.B. von Klimaanlage, Kopierzentrale, Personalrestaurant usw. Nur so können zuverlässige Angaben gemacht werden über die Betriebsweise von Anlagen und das Verhalten der Benutzer. Sinnvoll ist es auch, dem Planer eine Rückmeldung zu liefern und ihm zu zeigen, wie eine Anlage im Betrieb wirklich läuft. Für die spätere Sanierung leistet das Messprotokoll wertvolle Dienste als optimale Planungsgrundlage.

Energie ist das Produkt aus Leistung und Zeit. Bisher las man die Leistung meist vom Typenschild der Anlage ab und liess die Zeit durch den Benutzer abschätzen. Beides ist zu ungenau und kann zu groben Fehlschätzungen führen. Das Typenschild gibt die Leistung bei Nennbetriebsbedingungen an, die aber nur selten auftreten. Auch die Abschätzung der Zeit ist problematisch, denn wer gibt schon freiwillig zu, dass er Energie verschwendet und das Licht nicht löscht oder den Kopierautomaten über das Wochenende nicht abstellt?

Eine zuverlässige Aufschlüsselung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Verbraucher kann folglich nur mit gezielten Messungen durchgeführt werden. Damit wird eine fundierte Aufnahme des Ist-Zustands ermöglicht, welche die Grundlage für Verbesserungsmassnahmen und deren Bewertung mit Kosten-Nutzen-Berechnungen bildet.

Strom zu messen scheint auf den ersten Blick einfach zu sein; um eine exakte Leistungs- und Energiemessung durchzuführen, sind jedoch nebst den geeigneten Instrumenten Fachkenntnisse und Erfahrungen nötig.

Das folgende Kapitel gibt eine kurze Einführung in die mathematische Beschreibung der elektrischen Energie.

Mathematische Beschreibung der elektrischen Energie

Der *elektrische Energieverbrauch* ergibt sich aus der Integration der Leistung über der Zeit:

$$E = \int p(t) \cdot \mathrm{d}t \qquad (1)$$

Die *elektrische Leistung* $p(t)$ ist das Produkt aus Spannung $u(t)$ [Volt] mal Strom $i(t)$ [Ampère]:

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \qquad (2)$$

Normalerweise hat man es in der Haustechnik mit Wechselstrom der Frequenz $f = 50$ Hz zu tun. Strom und Spannung verlaufen sinusförmig:

$$u(t) = \hat{u} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) \qquad (3)$$

mit $\hat{u}$ als Scheitelspannung.

Im allgemeinen Fall sind Strom und Spannung an einer Last nicht in Phase. Abhängig von der Gerätekennlinie tritt eine *Phasenverschiebung* um den Winkel φ auf, so dass gilt:

$$i(t) = \hat{\imath} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t - \varphi) \qquad (4)$$

Der nach (2) berechnete zeitliche Verlauf der Leistung ist ebenfalls sinusförmig, und der Mittelwert beträgt:

$$P = \frac{\hat{u} \cdot \hat{\imath}}{2} \cdot \cos\varphi \qquad (5)$$

Diese Leistung wird *Wirkleistung P* [W] genannt. Der *Leistungsfaktor* ist gleich $\cos\varphi$.

Der Leistungsfaktor ist ein Mass für den Anteil der Wirkleistung an der gesamten Scheinleistung. Ist der Faktor gleich eins, so bildet der Verbraucher einen rein ohmschen Widerstand, d.h. die Scheinleistung [VA]

$$P = \frac{\hat{u} \cdot \hat{\imath}}{2}$$

ist gleich der Wirkleistung.

Einige häufig auftretende Leistungsfaktoren:

Glühlampe:	1
Widerstandsheizung:	1
Motoren:	etwa 0,8
Fluoreszenz-Lampe	
- mit induktivem Vorschaltgerät:	0,45
- mit elektronischem Vorschaltgerät:	0,97

Es ist zu beachten, dass bei den Motoren der Leistungsfaktor sich je nach Betriebspunkt ändert.

Die Phasenverschiebung um den Winkel φ bewirkt, dass neben der Wirkleistung auch noch eine *Blindleistung Q* [VAR] erzeugt wird.

$$Q = \frac{\hat{u} \cdot \hat{\imath}}{2} \cdot \sin\varphi \qquad (6)$$

Die *Scheinleistung S* [VA] ist die geometrische Summe von Wirk- und Blindleistung.

Die *Effektivwerte* der Spannung $u(t)$ und der Stromstärke $i(t)$ werden durch ihre quadratischen Mittelwerte definiert. Für sinusförmigen Verlauf gilt:

$$U = \hat{u}/\sqrt{2} \text{ und } I = \hat{i}/\sqrt{2} \qquad (7)$$

und somit wird:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \qquad (8)$$

Die Betriebsspannungen und das Schaltvermögen von Sicherungen (z.B. 10 A) werden immer als Effektivwerte angegeben.

Messanalyse

Vor jeder Messung müssen die Ziele, d.h. die zu ermittelnden Daten, genau definiert werden. Damit vermeidet man unnötigen Aufwand. Messungen sind arbeits- und zeitintensiv; einige Gedanken zum Vorgehen am Beginn zahlen sich immer aus.

Folgende Fragen müssen vor der Messung beantwortet werden:
- Was will ich mit der Messung herausfinden?
- Messe ich nur einen Verbraucher oder eine Verbrauchergruppe?
- Wenn Verbrauchergruppe: Sind die Verbraucher bekannt (Anzahl, Leistungsfaktor usw.)?
- Ort der Messung?
- Ist ein Zähler vom Elektrizitätswerk vorhanden?
- Ist der Leistungsbezug über eine definierte Zeitperiode konstant?
- Ist der Verbraucher am einphasigen Netz angeschlossen, oder hängt er am Vierleiternetz?
- Wenn am Vierleiternetz: Ist die Last symmetrisch?

In der Haustechnik unterscheidet man zwischen der Drehstromleistung im Vierleiternetz mit Neutralleiter und der Einphasen-Wechselstromleistung. Bei der Messung der Drehstromleistung unterscheidet man noch weiter zwischen symmetrischer und unsymmetrischer Belastung (Bild 3).

Falls die Spannung und der Leistungsfaktor bekannt und konstant sind, genügt es, den Strom zu messen und daraus die Leistung zu berechnen. Die Netzspannung schwankt in der Schweiz um 3% vom Sollwert, die Genauigkeit dieser Berechnung ist damit höchstens in der gleichen Grössenordnung.

Ist die Last eines Strombezügers gleichmässig auf die drei Phasen verteilt, genügt im Prinzip eine einphasige Leistungsmessung. Eine kurze Überprüfung dieses Sachverhalts genügt jedoch nicht, denn oft ändern sich die Verhältnisse bei verschiedenen Betriebspunkten.

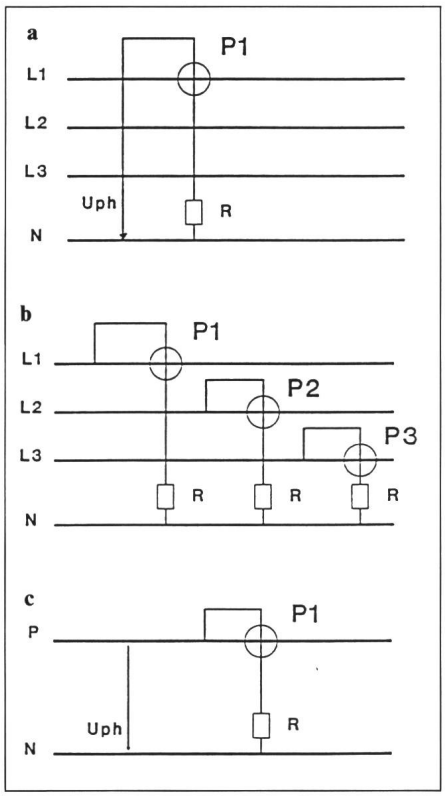


Bild 3 Leistungsmessung

a im Vierleiter-Drehstromnetz bei symmetrischer Belastung Totalleistung P = 3×P1

b im Vierleiter-Drehstromnetz bei unsymmetrischer Belastung Totalleistung P = P1 + P2 + P3

c im Einphasen-Wechselstromnetz Totalleistung P = P1

Wenn der Strombezug über eine definierte Zeitperiode konstant ist, reicht eine Momentanmessung aus, um den Energiebezug zu bestimmen. Die Energie wird durch das Produkt von Betriebszeit und Leistung gebildet. Die Betriebszeit kann relativ einfach mit einem Betriebsstundenzähler gemessen werden.

In allen anderen Fällen muss die Leistung kontinuierlich gemessen und aufsummiert werden.

Die Ableseintervalle des Energieverbrauchs oder das Integrationsintervall einer Leistungsmessung sind dem Messzweck anzupassen:
- Jahreswerte zur Ermittlung des Totalverbrauchs eines Gebäudes für die Bestimmung der Energiekennzahlen.
- Saisonwerte zur Ermittlung des Energieverbrauchs für Heizzwecke im Winter oder Klimatisierung im Sommer.

Das Integrationsintervall bei einer automatischen Messwerterfassung soll so gewählt werden, dass ein Tages- oder Wochengang aufgezeichnet werden kann. Häufig werden 5, 15 oder 60 Minuten als Intervall gewählt.

Verschiedene Messsysteme

Mit fünf Gerätetypen können praktisch alle Anwendungsfälle abgedeckt werden:
- Einphasen-Messgerät, das zwischen Steckdose und Verbraucher geschaltet wird
- Betriebsstundenzähler
- Zangenwandler mit Stromanzeige
- Messgerät mit optischer Abtastung der EW-Zähler
- Leistungsmessgerät mit Zangenwandler und Spannungsabgriffen

Die Verbrauchsmessung an einem Elektrogerät, das an einer Steckdose angeschlossen wird, kann problemlos durch Zwischenschalten eines Zählers zwischen Steckdose und Gerätestecker durchgeführt werden. Verschiedene Elektrizitätswerke und industrielle Betriebe stellen Interessenten solche kWh-Zähler zur Verfügung.

Alle anderen der obgenannten Geräte können nur von qualifiziertem Fachpersonal eingesetzt werden.

Der Betriebsstundenzähler und der Zangenwandler mit Stromanzeige sind ebenfalls Geräte, welche billig in der Anschaffung und einfach einzusetzen sind. Mit den Zangen kann einfach der momentane Strom gemessen werden. Durch Multiplikation mit der Spannung erhält man die Scheinleistung. Dieser Wert nützt aber nur etwas, falls die Leistung ungefähr konstant bleibt und sowohl Leistungsfaktor als auch Betriebsverhalten bekannt sind.

Ein Betriebsstundenzähler kann benützt werden, um die Einschaltzeit einzelner Geräte zu ermitteln. Er wird parallel zum Gerät geschaltet und misst somit die aufsummierte Einschaltzeit des betreffenden Gerätes.

Durch Montage eines optoelektronischen Abtasters am Zähler des Elektrizitätswerkes kann der Strombezug kontinuierlich aufgezeichnet werden. Die Anzahl Umdrehungen der Zählerscheibe pro bestimmte Zeiteinheit wird erfasst und in einem Speichergerät abgelegt. Es existieren bereits einige solche Geräte auf dem Markt. Sie haben den Vorteil, dass keinerlei Eingriffe in die elektrische Installation vorgenommen werden müssen und können somit auch durch Personal ohne Installationskonzession eingesetzt werden.

Elektrizitätsmessmethoden im In- und Ausland

Das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) und die Kommission für rationelle Elektrizitätsanwendung (KRE) beauftragten im Juni 1990 die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG mit der Ausarbeitung einer Übersicht und Beurteilung der Messmethoden im In- und Ausland.

Diese Studie ist inzwischen fertiggestellt worden und kann gegen Ende dieses Jahres bei der BEW-Dokumentationsstelle, 3003 Bern, bezogen werden.

Der Bericht stellt etablierte wie auch noch in der Entwicklung stehende Methoden und Geräte für verschiedene Anwendungen vor und bewertet sie bezüglich Aufwand und Anwendbarkeit. Es zeigte sich, dass für einige Bedürfnisse (z.B. für die gleichzeitige Messung von vielen Verbrauchern in einem Gebäude) effiziente Verfahren noch fehlen.

Um neue Ideen und Methoden zu diskutieren und den Erfahrungsaustausch der auf diesem Gebiete tätigen Firmen und Forschungsinstitute zu fördern, ist für nächstes Jahr ein Workshop vorgesehen.

Mit dieser Methode ist man allerdings auf das Vorhandensein eines Zählers angewiesen. In vielen Fällen ist nur ein Zähler für den Gesamtbezug eines Gebäudes vorhanden. Falls einzelne Unterabgänge gemessen werden müssen, ist ein Leistungsmessgerät mit Zangenwandlern und Spannungsabgriffen erforderlich.

Ideal sind Geräte, die einerseits eine sofortige Anzeige der erfassten Grösse erlauben und anderseits ein elektrisches Signal zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stellen.

An ein modernes Leistungsmessgerät sind folgende Anforderungen zu stellen:

- Einrichten der Messgeräte ohne Unterbrechen des Stromkreises.
- Messung von Wirk- und Blindleistung.
- Automatische Messwertaufnahme und Speicherung über mehrere Tage oder sogar Wochen
- Daten sollen von einem handelsüblichen Personal-Computer gelesen und ausgewertet werden können.

Zu solchen Geräten wird meist eine passende Software angeboten, welche folgende Eigenschaften haben sollte:

Sie muss
- einfach lernbar, menügesteuert und zeitsparend sein,
- Darstellung mittels Graphiken ermöglichen,
- Integration und Statistik beherrschen,
- beliebig wählbare Zeitachsen und Auflösung haben,
- Austausch der Daten mit den bekanntesten Statistik- und Analysenprogrammen anbieten.

Bild 4 zeigt den schematischen Ablauf der Datenerfassung und Auswertung eines Systems, das die obgenannten Anforderungen erfüllt.

Qualität der Messung

Messen heisst vergleichen. Die Genauigkeit dieses Vorgangs hängt von der Fertigkeit der die Messung ausführenden Person und von der Qualität der Messinstrumente ab. Eine Messung kann nicht beliebig genau sein; sie beinhaltet immer eine Messungenauigkeit. Das Messergebnis ist nicht absolut, es liegt innerhalb eines Vertrauensbereichs.

Beim Einsatz der Messgeräte muss vorher geprüft werden, welche Genauigkeit die Messung verlangt und ob die eingesetzten Instrumente bezüglich Messbereich und Auflösung der zu messenden Grösse angepasst sind. Die folgende Liste gibt die Definition einiger häufig benutzter Grössen an, welche für die Qualität einer Messung wichtig sind:

Reproduzierbarkeit:
Damit wird angegeben, um wieviel ein Messresultat bei wiederholter Messung einer konstanten Eingangsgrösse schwankt.

Empfindlichkeit:
Sie gibt an, in welchem Verhältnis die Anzeige oder die Ausgangsgrösse zur Messgrösse steht.

Genauigkeit:
Damit wird die Differenz zwischen wahrem Wert der physikalischen Grösse und dem Messwert ausgedrückt. In vielen Fällen garantiert der Hersteller die Genauigkeit in Prozenten vom Messwertmaximum. Der Messfehler überträgt sich aber als Absolutwert auf den ganzen Bereich. Ein Voltmeter der Güteklasse 1,5 z.B. (was gleichbedeutend ist mit 1,5% Fehler auf den Endausschlag) sei auf den 0 . . . 300-V-Bereich eingestellt. Der garantierte Absolutwert des Fehlers beträgt somit im ganzen Bereich 1,5% von 300 V, d.h. ±4,5 V. Messen wir mit dem Instrument in diesem Bereich eine Spannung von 50 V, so beträgt die Relativgenauigkeit 9%.

Messbereich:
Er wird durch die Werte von Skalenanfang und Skalenende bestimmt.

Auflösung:
Sie gibt die minimale Änderung der physikalischen Grösse an, die zu einer Messwertänderung führt. Sie ist infolge Hysterese höher als der Kehrwert der Empfindlichkeit.

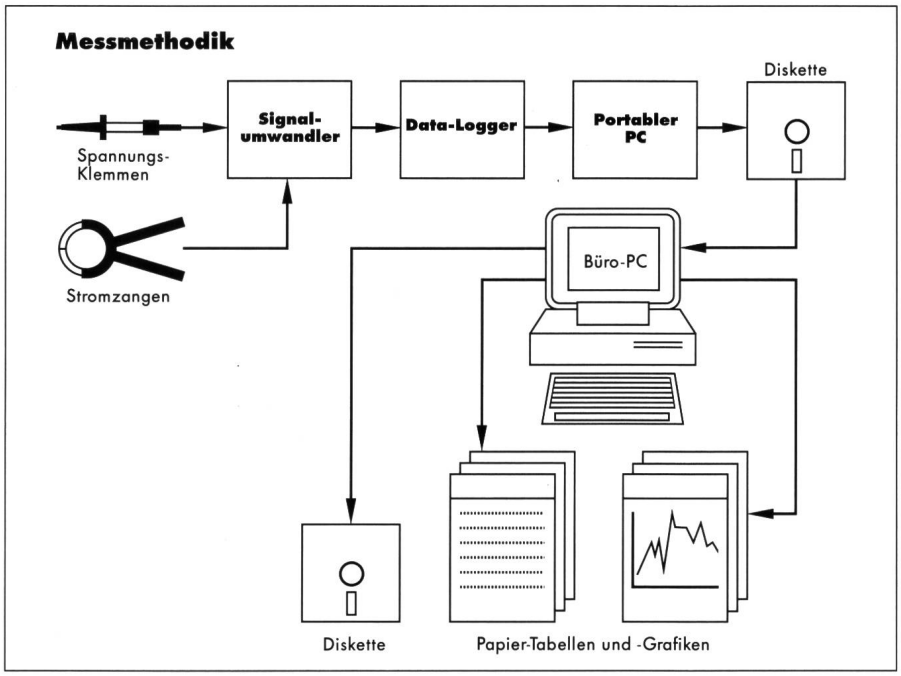


Bild 4 Messmethodik bei Stromverbrauchsanalysen

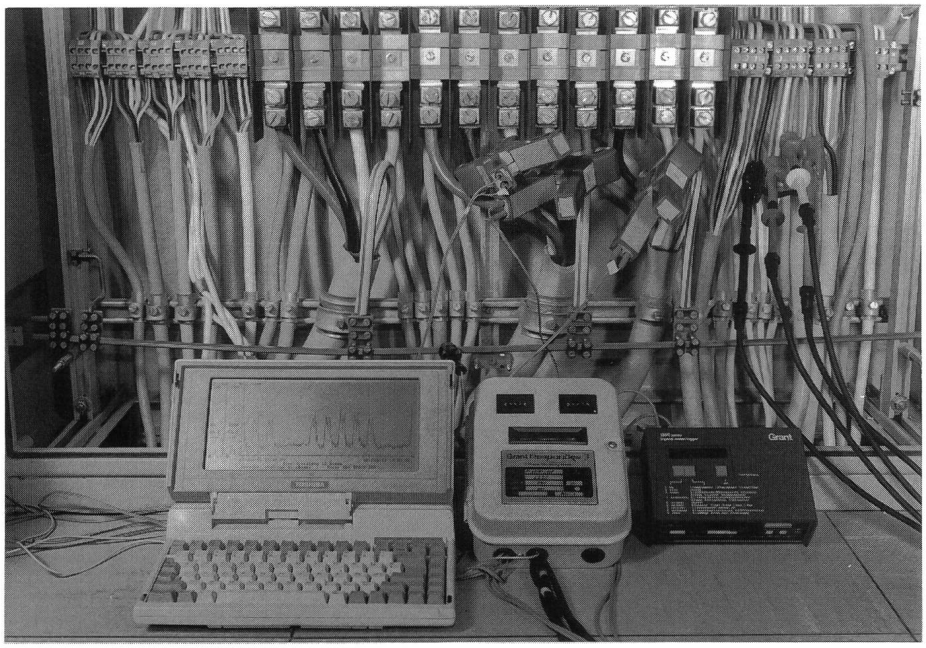


Bild 5 Messung in einer Elektrounterverteilung

Dynamik:
Sie beschreibt das Verhalten des Messgeräts gegenüber schnellen Schwankungen der Messgrösse.

Die Gewichtung der einzelnen Eigenschaften wird durch die Ansprüche an die jeweilige Messung bestimmt. Sie ist integrierender Bestandteil bei der Planung der Messung und dient der Wahl des geeigneten Messgeräts.

Installation von Zangenwandlern in der Hausverteilung

Der Strom wird meistens mit Zangenwandlern gemessen, welche um einen stromführenden Leiter gelegt werden. Für den Ring um den Leiter muss in der Elektroverteilung genügend Platz vorhanden sein, was bei der heutigen kompakten Bauweise nicht immer der Fall ist.

Damit an allen Orten gemessen werden kann, sind verschiedene Zangen bezüglich Grösse und Wandlercharakteristik nötig. Wie bei allen Messgeräten soll der Messbereich des Wandlers dem Verbraucher angepasst sein. Wird der Sensor durch den Verbraucher überlastet, so wird ein zu kleiner Energieverbrauch angezeigt, und es tritt eine Leistungsbegrenzung ein, die bis zur Zerstörung des Sensors führen kann. Wird der Wandler hingegen vom Verbraucher zu wenig belastet, so tritt ein grosser Messfehler auf.

Die Erfahrungen aus einer grösseren Zahl von messtechnischen Untersuchungen zeigten, dass drei Typen von Messzangen mit einem Übersetzungsverhältnis von 100 A/1 A, 300 A/1 A und 1000 A/1 A normalerweise ausreichen.

Die Sensoren werden meistens unter Spannung installiert und dürfen daher nur durch autorisiertes Fachpersonal eingesetzt werden. Die Vorschriften bezüglich der Arbeit an unter Spannung stehenden Anlagen (Starkstromverordnung, Hausinstallationsvorschriften) müssen beachtet werden. Nicht nur die hohe Spannung ist gefährlich, sondern auch der Lichtbogen, welcher bei einem Kurzschluss entstehen könnte. Es muss daher immer eine Sicherheitsausrüstung, bestehend aus Helm und Handschuhen, benutzt werden.

Bei der Wahl des Messgeräts ist auf eine gute Isolation der Spannungsabgriffe zu achten, welche bis zur Klemmenspitze reichen muss.

Damit die Messeinrichtung nach der Installation sofort auf ihr Funktionieren überprüft werden kann, sollte neben der digitalen Speicherung auch eine Analoganzeige vorhanden sein.

Bild 5 zeigt eine Installation der Messgeräte in einer Elektrounterverteilung eines Dienstleistungsgebäudes und demonstriert, wie eng die Platzverhältnisse oft sind.

Auswertung

Ebenso wichtig wie die Messung selbst ist eine korrekte Auswertung und Darstellung der Messdaten. Der Aufwand für die Datenauswertung wird oft stark unterschätzt und sollte deshalb sorgfältig ermittelt werden.

Bei der Datenerfassung unterscheidet man zwischen analoger und digitaler Registrierung. Analog registrierende Geräte zeichnen den zeitlichen Verlauf auf ein Trägermaterial (Papier, Fotopapier, Thermopapier usw.) in Form einer sichtbaren Kurve auf. Eine numerische Weiterverarbeitung ist mühsam, da Wert für Wert nochmals neu gelesen werden muss (Massstab, Digitalisierbrett usw.). Digitale Registrierung ergibt numerische Werte, die entweder mit einem Drucker auf Papier ausgegeben oder auf einem magnetischen Träger (oder einem anderen Massenspeicher) abgelegt werden. In dieser Form sind die Messwerte für jegliche Auswertung mit dem Computer geeignet. Die graphische Darstellung der Messwerte muss über ein entsprechendes Programm erfolgen.

Mit den Resultaten sollte immer auch ein Messprotokoll mit dem Vertrauens- und Fehlerbereich erstellt werden. Ebenso gehören auf das Protokoll mindestens Messort, das Datum, die Zeit, das Messintervall und die gemessenen Verbraucher.

Erfahrungen und Resultate

Umfangreiche Messungen beim Strombezug lohnen sich, falls man ein fachkundiges und eingespieltes Team dazu zur Verfügung hat. Es braucht Erfahrung, nur zu messen, was man wirklich bei der anschliessenden Analyse braucht. Als Vorteil hat sich erwiesen, wenn eine Person das Konzept der Messung und die anschliessende Auswertung selber durchführt oder zumindest eng begleitet. Die Aufteilung der Messung und der Auswertung auf verschiedene Stellen gibt Verständnisprobleme, welche sehr teuer zu stehen kommen können.

Bei verschiedenen Untersuchungen wurden Messungen während einer Woche mit einer Abtastzeit von 6 Minuten durchgeführt. Bei dieser Messdauer erfasst man sicher ein Wochenende, das zeigt, ob und welche Anlagen ausserhalb der Arbeitszeit abgestellt werden. Neben dem Bild des Wochengangs kann ein Arbeitstag noch genauer analysiert und aufgezeichnet werden. Die Bilder 6 und 7 zeigen einen Wochen- und Tagesgang des Gesamtverbrauchs eines Dienstleistungsgebäudes.

Beim gleichen Gebäude wurde jede grössere Anlage und jede Stockwerkverteilung gemessen. Bild 8 zeigt den Bezug der Liftanlagen (Abtastzeit 6 Min).

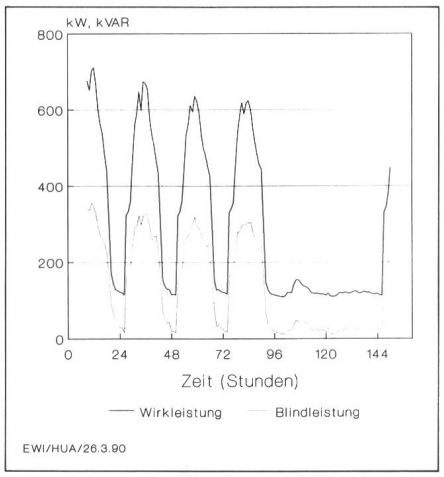


Bild 6 Wochengang des Strombezugs eines Dienstleistungsgebäudes (8.8. - 14.8.1989)

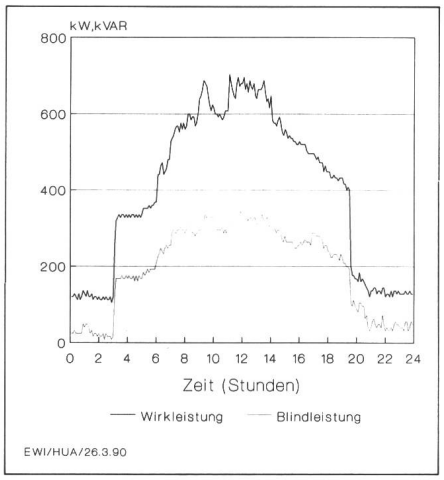


Bild 7 Tagesgang aus der gleichen Messung (9.8.1989)

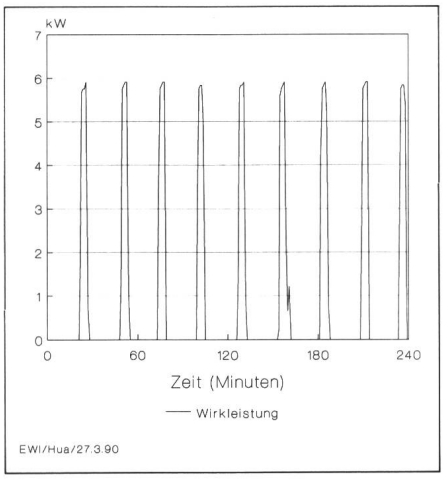


Bild 10 Messung eines Kompressors für ein Garagentor

Auch kleinere Strombezüger können gemessen werden. So wurde für die Ausarbeitung der SIA-Empfehlung 380/4 «Elektrische Energie im Hochbau» die elektrische Hilfsenergie für verschiedene Heizungen gemessen. Bild 9 zeigt als Beispiel den Leistungsverlauf des Stromverbrauchs einer modernen Heizung mit modulierendem Gasbrenner und drehzahlgeregelten Pumpen in Abhängigkeit der Aussentemperatur.

Dank Messungen (Bild 10) wurde beispielsweise ein undichtes Druckluftsystem gefunden, bei dem ein 6-kW-Kompressor rund um die Uhr dreimal in der Stunde einschaltet, da in den alten Leitungen viel Luft entweicht. Und das Ganze nur, um zwei Garagentore zu betätigen, welche ausschliesslich während der Arbeitszeit benützt werden!

Energiesparpotentiale

Es ist nicht möglich, eine absolute Zahl für ein Energiesparpotential anzugeben. Es sollte immer zusammen mit den notwendigen Investitionen oder bei einer Wirtschaftlichkeitsrechnung mit den zugrunde gelegten Amortisationszeiten angegeben werden. Auch ist es gefährlich, vom einzelnen Gebäude mit all seinen speziellen Charakteristika wie Alter, Nutzung, Einrichtung usw. auf ein generelles Sparpotential in einem Verbrauchssektor zu schliessen.

Bei einem älteren Verwaltungsgebäude der Stadt Zürich wurde etwa ein wirtschaftliches Stromsparpotential von 25% ermittelt, falls die baulichen Massnahmen in 30 Jahren und die technischen Anlagen in 15 Jahren (Computer 5 Jahre) amortisiert werden sollen. Die nötigen Investitionen betragen Fr. 320 000.-. Aus diesem Beispiel darf keinesfalls geschlossen werden, in allen Verwaltungsgebäuden könne soviel Strom gespart werden, denn dieses Gebäude weist einen überdurchschnittlichen Verbrauch aus und ist darum auch für eine Analyse ausgewählt worden. Wie der Strombezug in der Zukunft aussehen wird, hängt nicht nur von technischen Sanierungsmassnahmen, sondern in hohem Ausmass auch vom Benützerverhalten ab. Jeder ist daher aufgerufen, sein Verhalten am Arbeitsplatz bezüglich Energieverbrauch zu überprüfen und einen kleinen, aber wichtigen Beitrag zum vernünftigen Gebrauch des wertvollen Energieträgers Strom zu leisten.

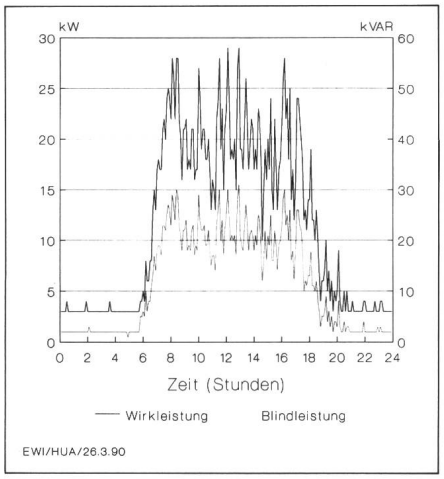


Bild 8 Strombezug einer Liftgruppe mit sechs Aufzügen (13.11.1989) (installierte Leistung: 113 kW)

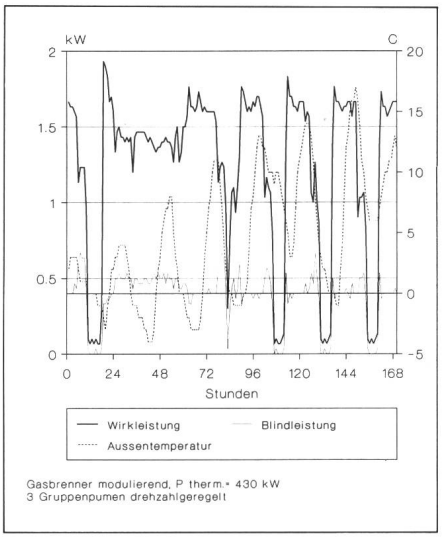


Bild 9 Elektrischer Hilfsenergiebezug einer Heizung (2.3. - 8.3.1990)

Ausblick

Das Sparpotential ist bei vielen grösseren Objekten so gross, dass es in vernünftigem Verhältnis zum Aufwand für die Analyse und die Realisierung der wichtigsten Massnahmen steht.

Analysen sind gut, aber ohne Massnahmen sinnlos: So könnte man unsere Erfahrung nach einigen Analysen ausdrücken. Die vorgeschlagenen Massnahmen sollten auch wirklich durchgeführt und anschliessend auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Die so ausgelösten Sanierungen wirken sich positiv aus für alle Beteiligten: Der Benutzer spart längerfristig Geld, die Wirtschaft profitiert von zusätzlichen Investitionen, und der Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz steigt weniger stark an. Nebst der Erschliessung neuer Produktionsmöglichkeiten und dem Kauf von Bezugsrechten stellt die verbesserte Elektrizitätsnutzung ein wichtiges und umweltschonendes Mittel zur Sicherung unserer Stromversorgung dar.