

Elektrische Energieanalysen von Dienstleistungsgebäuden

Autor(en): **Gasser, Stefan / Bush, Eric / Füglistner, Erich**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 38

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77507>

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.

Elektrische Energieanalysen von Dienstleistungsgebäuden

Die Stromsparmöglichkeiten in der Schweiz werden sehr unterschiedlich eingeschätzt. Im Zusammenhang mit Prognosen des zukünftigen Elektrizitätsverbrauchs birgt die Quantifizierung der Stromsparmöglichkeiten zudem beträchtlichen politischen Zündstoff. Zu einem nicht unwesentlichen Teil lassen sich die Differenzen auch auf Unsicherheiten und Wissenslücken über die Möglichkeiten der rationellen Elektrizitätsverwendung zurückführen. Das hier vorgestellte Projekt soll dazu beitragen, diese Wissenslücken zu schliessen.

In den kontroversen Standardpublikationen zu diesem Thema kommt denn auch die bisher grosse Spannweite von

VON STEFAN GASSER,
ERIC BUSH UND
ERICH FÜGLISTER,
ZÜRICH

Auffassungen zur Energiepolitik und zum zukünftigen Elektrizitätsverbrauch deutlich zum Ausdruck (vgl. etwa [1], [2], [4], [5] und [6]).

Das Forschungsprojekt

Mit dem noch laufenden Forschungsprojekt, «Sparpotentiale beim Elektrizitätsverbrauch von zehn ausgewählten art-typischen Dienstleistungsbetrieben», wählte das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) einen pragmatischen Ansatz, um zu gesicherten Erkenntnissen zu kommen. Am Beispiel von zehn energetischen Sanierungen von Dienstleistungsbetrieben werden Stromsparmassnahmen im Massstab eins zu eins realisiert, und die Sparpotentiale werden mittels detaillierter Messungen ermittelt. Gemäss diesem BEW-Auftrag stehen jedoch nicht Hochrechnungen für gesamtschweizerische Sparpotentiale und Prognosen im Vordergrund. Diese hängen zusätzlich von anderen, hier nicht untersuchten Parametern ab. Vielmehr ist es das Ziel dieser Forschungsarbeit, die Umsetzung des neu erarbeiteten Wissens und Know-hows in die Praxis zu fördern und Impulse zum sparsameren Energieverbrauch zu vermitteln.

Das Projekt ist in zwei Phasen gegliedert. In der ersten Phase wurden von zehn ausgewählten Dienstleistungsgebäuden elektrische Energieanalysen erstellt. Bei der Gebäudeauswahl standen die Sanierungsbereitschaft des Betreibers und eine gesamtschweizerische Verteilung der Standorte im Vorder-

grund. Von den hier vorgestellten acht Gebäuden befinden sich je zwei in den Städten Basel, Genf, Winterthur und Zürich. Von jedem Gebäude wurde der Ist-Zustand des Elektrizitätsverbrauchs detailliert gemessen, Massnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs erarbeitet und daraus der Soll-Wert des zukünftigen Stromverbrauchs abgeleitet.

In der zweiten jetzt aktuellen Phase werden gemäss diesen Feinanalysen energetische Sanierungen ausgeführt. Anschliessend wird die Erfolgskontrolle durchgeführt: Die effektiv erzielten Energieeinsparungen und Sanierungskosten werden den prognostizierten Werten gegenübergestellt. Es ist vorgesehen, die methodischen Erkenntnisse dieses Projektes in einem Leitfaden für Energieberater zusammenzufassen.

Messmethode

Für die Erfassung des Ist-Zustandes wurden für jedes Gebäude Lastverlaufsmessungen an den wichtigsten Elektro-Abgängen der Hauptverteilung durchgeführt (Sommer- und Wintermessung). Zur Anwendung kamen jeweils zwei Combilog-Registriergeräte der Firma Elmes. Diese eignen sich wegen den relativ kurzen Montage- und Demontearbeiten gut für Elektroanalysen. Bild 1 zeigt die Installationsarbeiten des Messsystems in einer Hauptverteilung. Da der Betriebsablauf während der Messperiode nicht gestört werden durfte, mussten diese Arbeiten unterbrechungsfrei und unter Spannung durchgeführt werden. Während rund 2 Wochen wurden in 5-Minuten-Intervallen die Messwerte auf einer RAM-Karte abgespeichert. Diese Daten wurden anschliessend auf die Festplatte eines Computers übertragen und dann mittels eines speziellen Programmes ausgewertet. Die dabei entstandenen Tagesverläufe bildeten die Basis für die Ist-

Zustandsanalyse des Elektrizitätsverbrauches eines Gebäudes.

Bild 2 zeigt einen typischen Tagesgang der internen elektrischen Lasten (Beleuchtung und Betriebseinrichtungen) in einem höher technisierten, vollklimatisierten Bürogebäude (Bank 1): Als Grundlast sieht man eine zentrale EDV-Anlage mit 10 kW Betriebsleistung, die während 8760 Stunden im Jahr in Betrieb ist. «Darauf aufgesetzt» ist der Verbrauch der Arbeitsplatzgeräte sowie der Beleuchtung zu erkennen. Über Mittag werden in diesem Gebäude rund 20% der Geräte bzw. der Beleuchtung abgestellt. Im Vergleich dazu erkennt man auf Bild 3, dass rund 60% der Geräte respektive der Beleuchtung ausgeschaltet werden. Es handelt sich hierbei um ein Verwaltungsgebäude mit niedriger Technisierung und ohne Lüftung (Verwaltung 1). Die kleine Grundlast von rund 1 kW bilden einige Kühlschränke, Getränkeautomaten sowie die Notbeleuchtung. Entsprechende Messungen sind auch von den diversen haustechnischen Anlagen gemacht worden.

Neben diesen Lastverlaufsmessungen wurden sämtliche elektrische Verbraucher im Gebäude erfasst und ihre Betriebsleistung und Betriebszeit wo immer möglich gemessen. Die Synthese von Verbrauchererfassung und Lastverlaufsmessungen ermöglichte eine differenzierte und exakte Darstellung des Elektrizitätsverbrauchs in Form von elektrischen Kennwert-Matrizen.

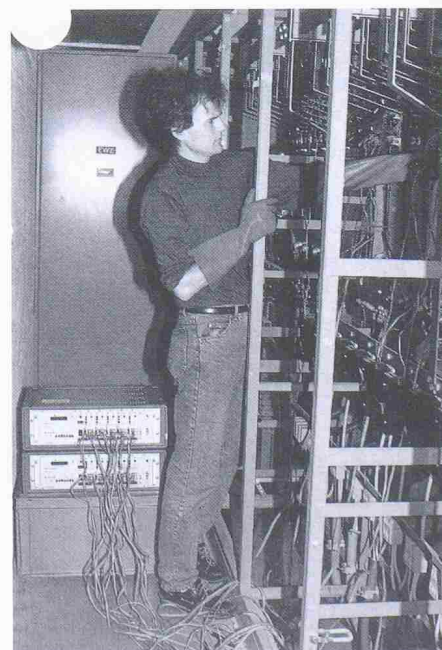


Bild 1. Installation des Messsystems in der Elektrohauptverteilung

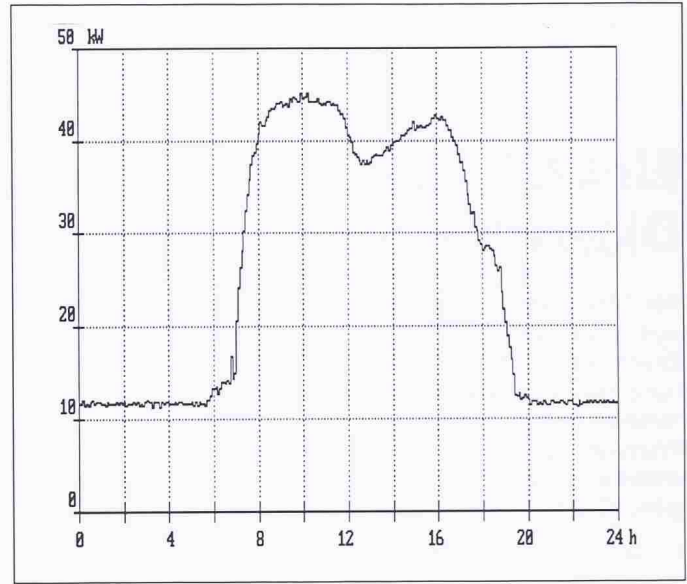


Bild 2. Typischer Tagesgang der Leistung in einem höher technisierten Bürogebäude

Bild 3. Typischer Tagesgang der Leistung in einem niedertechnisierten Bürogebäude

Elektrische Kennwertmatrix

Bei wärmetechnischen Energieanalysen spielt die Energiekennzahl eine dominante Rolle zur Beurteilung des Energieverbrauchs von Gebäuden. Es ist daher naheliegend, auch eine elektrische Energiekennzahl zu definieren. Es zeigte sich aber sehr bald, dass sich der Elektrizitätsverbrauch von Gebäuden nicht mittels einer einzigen Zahl charakterisieren lässt. Zu gross ist der Einfluss der unterschiedlichen Gebäudenutzungen auf den Stromverbrauch.

Beispielsweise können zwei vergleichbare Banken stark unterschiedliche E-Kennzahlen aufweisen, je nachdem, ob mit einem hausinternen oder externen Rechenzentrum gearbeitet wird. Ein wesentliches methodisches Resultat ist daher die Definition der elektrischen Kennwertmatrix. In den Feldern

dieser Matrix sind die spezifischen Verbrauchswerte für jeden Bereich und für jede Verbrauchergruppe einzeln aufgeführt. Die einzelnen Matrixfelder sind von Gebäude zu Gebäude vergleichbar.

Tabelle 1 zeigt die Kennwert-Matrix eines Bürogebäudes (Bank 2). Die Hauptnutzung bilden hier die Büros und der Bankschalter, hier mit Arbeitsbereich bezeichnet. Die Nebennutzflächen sind Personenverkehrsflächen wie Korridore, Treppen, WCs und Garderoben. Als Spezialnutzung wurden die Räume mit zentralen (energieintensiven) EDV-Anlagen genommen: Prozessbereich. Im allgemeinen Bereich finden wir Zonen, die ganz oder teilweise von der sogenannten Energiebezugsfläche ausgenommen sind (weil sie nicht oder nur teilweise beheizt sind), aber dennoch elektrische Energie verbrauchen. Es sind dies Technikräume, Garagen, Lager und Ausseninstallationen.

Sinn gemäss werden die Bereiche auf andere Gebäudetypen adaptiert, beispielsweise bildet bei den Läden die Verkaufsfläche die Hauptnutzung. Bei den Verbrauchern wurde im wesentlichen nach Haustechnik, Beleuchtung und Betriebseinrichtungen unterschieden.

Im Rahmen von elektrischen Energieanalysen werden diese Kennwertmatrizen sowohl für den Ist-Zustand wie für den Soll-Zustand (nach erfolgter Sanierung) ermittelt. Mit zunehmender Erfahrung können sich so Richtwerte für verschiedene Gebäudetypen herauschälen.

Mit der Darstellung der Kennwert-Matrix besteht ein enger Zusammenhang zu den Arbeiten der SIA-Kommission 380/4: Elektrische Energie im Hochbau.

Elektrizitätsbilanzen der untersuchten Gebäude

Es wurden zwei verschiedene Typen von Dienstleistungsgebäuden untersucht: Bürogebäude (mit unterschiedlicher Technisierung) und Läden (Food und Non-Food). Die zwei Kategorien werden im folgenden getrennt voneinander dargestellt.

Die Bilder 4 und 5 zeigen die Elektrizitätsbilanzen der untersuchten Gebäude. Dabei entspricht der Soll-Zustand dem prognostizierten Energieverbrauch, wenn der Betreiber die vorgeschlagenen sofortigen (betrieblichen) und kurzfristigen (Kosten-Nutzen-Verhältnis kleiner als 1) Sanierungsmassnahmen ausführen lässt.

Bild 4: Die Sparpotentiale der Bürogebäude, die alle technische Installationen aus den 70er Jahren haben, liegen

[MJ/m ² a]	Bereich	Arbeitsbereich	Personenverkehr	Prozessbereich	Allgemeinbereich	Total BGF
Verbrauchergruppe		1001 m ²	864 m ²	64 m ²	1330 m ²	3259 m ²
Heizung: statisch		24	2	0	3	9
Heizung: Lufterwärmung		11	3	0	8	6
Lüftung: Luftförderung		89	68	125	59	72
Lüftung: Luftbefeuchtung		24	7	0	10	11
Kühlung		38	12	531	24	30
Sanitär		0	3	0	0	1
Antriebe und übrige		3	98	16	4	28
Beleuchtung		157	67	63	42	84
steckbare Geräte		47	7	344	1	23
zentrale Anlagen		0	0	1516	0	30
Total		393	267	2594	151	294

Tabelle 1. Elektrische Kennwert-Matrix eines Bankgebäudes (Ist-Zustand)

Das Forschungsprojekt

Titel:
Sparpotentiale beim Elektrizitätsverbrauch von zehn ausgewählten arttypischen Dienstleistungsbetrieben.

Projekttablauf:
88-90: Durchführung von 10 Elektrofeinanalysen, Auslösung der Sanierungen.
90-92: Energetische Sanierung, Erfolgskontrolle

Ziele:
Erarbeiten von gesicherten Erkenntnissen über die erreichbaren Stromsarpotentiale im Dienstleistungssektor auf der Basis von detaillierten Verbrauchsmessungen vor und nach energetischen Sanierungen.
Erarbeiten einer praxisnahen Vorgehensmethodik für elektrische Energieanalysen.
Aufzeigen von beispielhaften Sanierungsmassnahmen.

Auftraggeber:
Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW), Bern.

Auftragnehmer:
Arbeitsgemeinschaft Amstein + Walthert AG / INTEP, Zürich.

Beteiligte Betriebe:
Amt für technische Anlagen und Lufthygiene Zürich (ATAL), Denner AG, Département des Travaux Publics Genève, Globus, Arthur Frey AG, Société Coopérative Migros-Genève, Schweizerischer Bankverein (SBV), Schweizerische Kreditanstalt (SKA)

Projektteam:
E. Bush, E. Füglistner, S. Gasser, R. Hummel, A. Keller, Y. Keller, H.J. Leibundgut, R. Sigg, H. Sprenger, R. Stulz und R. Walthert.

zwischen 30 und 50%. Der Technisierungsgrad und der spezifische Elektrizitätsverbrauch korrelieren erwartungsgemäss deutlich. Bei den Gebäuden handelt es sich um Regionalsitze von Grossbanken bzw. kantonale Verwaltungen mit Bruttogeschossflächen zwischen 3000 und 40 000 m².

Bild 5: Das Sparpotential des erst dreijährigen «Food-Laden 2» beträgt 10%. Die übrigen Läden mit technischen Installationen aus den 60er und 70er Jahren weisen Sparpotentiale zwischen 40% und 65% auf. Bei den Gebäuden handelt es sich um ein Kleidergeschäft bzw. Lebensmittelgeschäfte mit Bruttogeschossflächen zwischen 1000 und 5000 m².

Die wichtigsten Massnahmen

Die folgenden Auflistungen zeigen die hauptsächlichlichen Massnahmen zur rationalen Energienutzung, die im Projekt vorgeschlagen wurden, unterteilt nach den Hauptverbrauchergruppen.

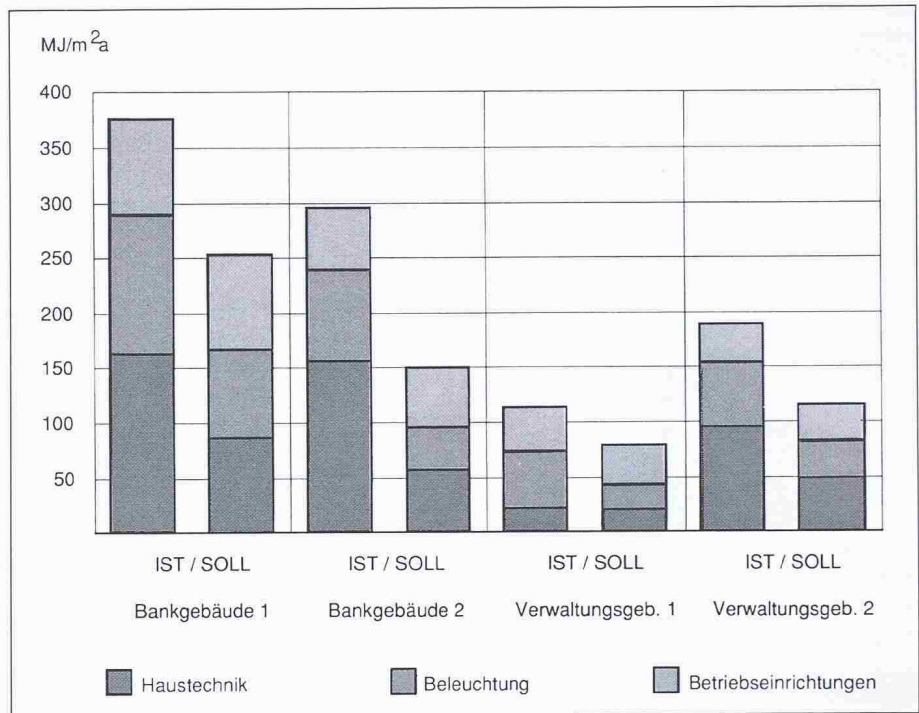


Bild 4. Elektrizitätsbilanzen der Bürogebäude: Ist-Werte vor der Sanierung und prognostizierte Werte nach Ausführung der vorgeschlagenen Massnahmen

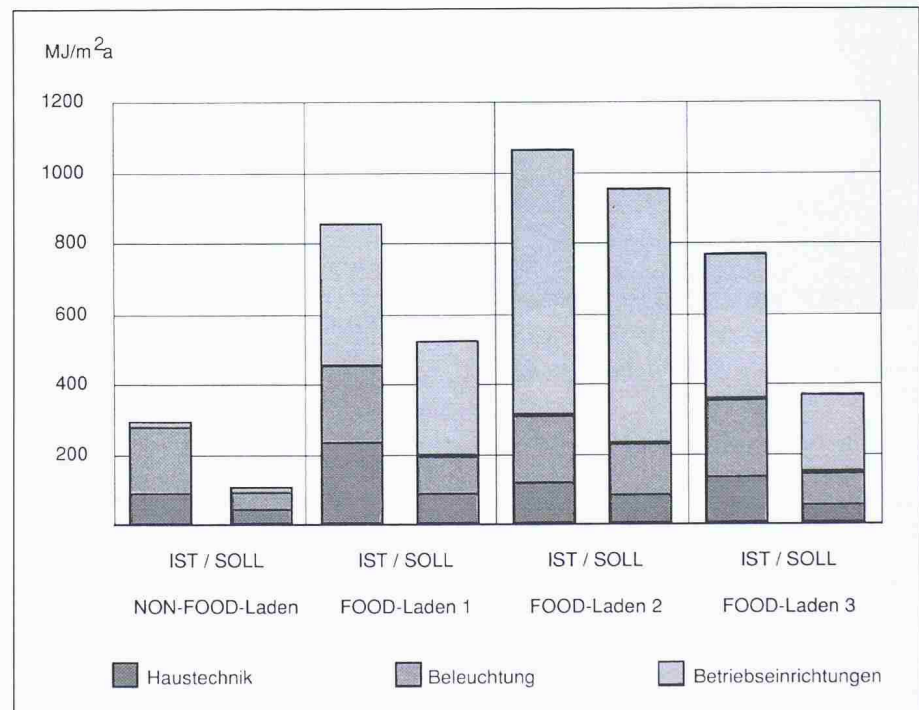


Bild 5. Elektrizitätsbilanzen der Ladengeschäfte: Ist-Werte vor der Sanierung und prognostizierte Werte nach Ausführung der vorgeschlagenen Massnahmen

Haustechnik

- Betriebszeiten der lüftungstechnischen Anlagen reduzieren bzw. den Nutzungszeiten anpassen.
- Bedarf für lüftungstechnische Anlagen abklären und bei zu niedrigen internen Lasten ausser Betrieb setzen.
- Bedarfsabhängige Belüftung über CO-, CO₂-Regelung, Handschalter mit Timer oder Präsenzscharter.
- Bedarfsabhängige Volumenstromregelung.

- Einsatz mehrstufiger Heizpumpen.
- Betriebsoptimierung von Kälteanlagen.

Als konkretes Beispiel dazu ist das Prinzip eines sogenannten Quelllüftungssystems in Bild 6 dargestellt. Dieses System kann zusammen mit Deckenlüftung, einem sog. «Luft-Wasser-System», zu einer beachtlichen Energieeinsparung führen. Dabei bildet die in Bodennähe laminar einströmende Ausenluft einen «Frischluffsee». Am

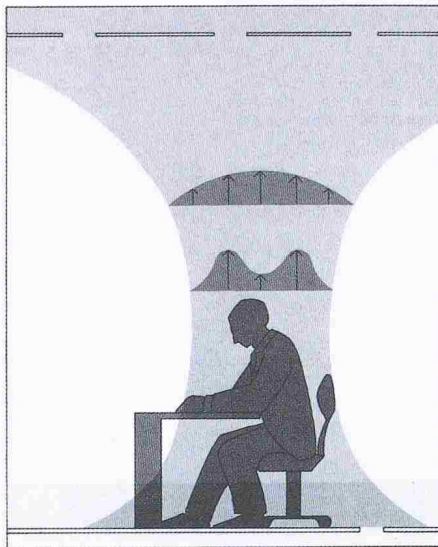


Bild 6. Mit ausgeklügelten Klimasystemen können beachtliche Mengen Strom eingespart werden. (Bild Sulzer)



Bild 7. Ein 35-W-HQI-T-Spot ersetzt zwei 100-W-Glühlampenspots bei gleicher Intensität. (Bild AEG)

Standort von Geräten und Personen steigt die erwärmte Luft auf. Über Kühlwasserleitungen in der Decke wird die Wärme abgeführt. Im untersuchten Kleidergeschäft wird durch Umstellung auf dieses System über 50% Energie für Klimatisierung eingespart werden können.

Beleuchtung

- Alte «dicke» Standard-Fluoreszenzröhren durch neue 3-Banden-Lampen («dünne» Röhren) ersetzen.
- Ersetzen von mehrflammigen Leuchten mit schlechtem Betriebswirkungsgrad (z.B. 3flammige Leuchte mit opaler Wannendeckung).
- Verwendung von verlustarmen oder elektronischen Vorschaltgeräten bei Fluoreszenzröhren.
- Einbau einer tageslichtabhängigen Beleuchtungsstärkeregelung.
- Installation von Bewegungsmeldern in schwach frequentierte Räumen zur automatischen Abschaltung bei

Nichtbenutzung des Raumes (z.B. in Lagern und Konferenzzimmern).

Als konkretes Beispiel dazu: Der in Bild 7 abgebildete HQI-T-Spot (Spot mit 35-W-Halogenmetaldampfladungslampe) kann in einem Schaufenster zwei 100-W-Glühlampen-Spiegelkopfsports bei gleicher Beleuchtungsstärke ersetzen.

Betriebseinrichtungen

- Schaltuhren an Kopierern und Druckern, die nach Arbeitsschluss die Geräte automatisch abschalten.
- Ersetzen von überalterten Geräten.
- Einbauen von Nachtdeckungen für Kühlvitriolen.
- Empfehlung der Geschäftsleitung, Geräte bei Nichtgebrauch auszuschalten (z.B. PCs während der Mittagspause).

Als konkretes Beispiel dazu: Im CAD-Raum einer Ingenieurunternehmung werden die sechsjährigen CAD-Stationen mit je 580 W Bezugsleistung durch PC-CAD-Stationen mit 210 W ersetzt.

Folgerungen

Die elektrischen Energieanalysen zeigen beachtliche Stromsparmöglichkeiten im Dienstleistungssektor auf. Die Ergebnisse früherer Projekte [3] werden im wesentlichen bestätigt. Von besonderem Interesse ist die jetzt aktuelle, zweite Phase des Projektes. Die Gespräche mit den (mehrheitlich) privaten Betreibern über die Sanierungsauslösung haben gezeigt, dass diese einerseits beeindruckt sind über die vielfältigen Sparmöglichkeiten. Auf der andern Seite bestehen auch starke Vorbehalte gegenüber neuartigen, noch wenig verbreiteten Lösungen.

Zur Frage, wie weit die wirtschaftlichen Sparpotentiale gesamtschweizerisch ausgeschöpft werden, stehen nach unserem Erachten folgende Faktoren im Vordergrund:

- **Technische Möglichkeiten:** Praxiserprobte Vorgehensmethoden sowie gesicherte Wissensgrundlagen über Stromsparmöglichkeiten sind Voraussetzung zur rationelleren Verwendung von Elektrizität.
- **Kompetenz der Fachleute:** Die erarbeiteten Grundlagen sollten so rasch wie möglich zielgruppengerecht aufgearbeitet werden und mittels Tagungen, Kursen, Besichtigungen, Dokumentationen usw. den Interessierten zugänglich gemacht werden.
- **Informationsstand der Gebäudebetreiber:** Die Entscheidungsträger müssen in einfacher und überzeugender Art

über die Möglichkeiten des rationelleren Stromeinsatzes informiert werden.

□ **Gesellschaftlicher Stellenwert des Energiesparens:** Die persönliche Grundhaltung der Fachleute und Entscheidungsträger zum Thema Energie und Umwelt spielt eine nicht zu unterschätzende Rolle, wieviel in dieses Gebiet investiert wird.

□ **Wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen:** Sanierungsentscheidungen werden mitbeeinflusst durch Tarifgestaltung, regionale Subventionspraxis, Steuerrecht, allfällige Bewilligungsverfahren, Finanzierungsmöglichkeiten usw.

Als wesentliche Erkenntnis aus dem Projekt zeigt sich, dass das Elektrizitätssparpotential von drei verschiedenen Standpunkten aus bewertet werden kann. Die Einsparmöglichkeiten nach dem Stand der Technik sind deutlich höher als die wirtschaftlich realisierbaren Massnahmen (in diesem Projekt Grössenordnung 30-50%). Aufgrund der noch zurückhaltenden Akzeptanz der Betreiber wird das effektiv realisierbare Sparpotential jedoch tiefer liegen. Darüber werden die Erfolgsmessungen Aufschluss geben.

Mit dem hier präsentierten Projekt werden anhand konkreter Sanierungen Erfahrungen gesammelt werden, wie im Dienstleistungssektor eine rationellere Stromverwendung erreicht werden kann und mit welchen Hindernissen dabei zu rechnen ist. Die Erkenntnisse werden in Form eines Leitfadens für Energieberater publiziert. Wir hoffen damit das Engagement der Fachleute und die Investitionsfreude von Entscheidungsträgern zu fördern.

Adresse der Verfasser: *Stefan Gasser*, dipl. El.-Ing. ETH/SIA, und *Dr. Eric Bush*, dipl. Phys. ETH/SIA, Amstein + Walthert AG, Leutschenbachstr. 45, 8050 Zürich, ferner *Erich Füglistner*, El.-Ing. HTL, Energieingenieur NSD/HTL, INTEP, Klausstr. 26, 8034 Zürich.

Literatur

- [1] Brunner C.U. et al.: Elektrizität sparen. NFP44, Bern. 1986.
- [2] Brunner C.U. et al.: Verminderung des elektrischen Energieverbrauchs in der Schweiz, Teil 2, Banken und Detailhandel. NFP44, Bern. 1987.
- [3] Brunner C.U. et al.: Elektrosparstudien. Bezug: Hochbauinspektorat der Stadt Zürich, PRESANZ. 1988.
- [4] EGES. Energieszenarien (Hauptbericht). Vertrieb: EDMZ, Bern. 1988.
- [5] INFEL. Stromsparen - realistische Möglichkeiten. Bezug: INFEL, Zürich. 1987.
- [6] VSE. Siebenter Zehnwerke-Bericht. Bezug: INFEL, Zürich. 1987.