

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117 (1999)
Heft: 8

Artikel: Energiesparen zahlt sich aus
Autor: Heule, Daniel / Kaltenbach, Thomas / Rosswog, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79697>

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: 04.04.2025

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

Daniel Heule, Zürich, Thomas Kaltenbach, Freiburg i.Br., Thomas Rosswoog, Schlieren

Energiesparen zahlt sich aus

Eine Diplomarbeit des Nachdiplomstudiums Energie an der Fachhochschule beider Basel in Muttenz untersuchte die Möglichkeiten einer Restaurantkette, Energie einzusparen. Die gemachten Vorschläge sind ebenso simpel wie effizient und gelangten mittlerweile zur Ausführung.

Die Restaurantkette partizipiert seit Anfang 1997 am Impulsprogramm Energie 2000. Im Vergleich zu 1990 sollen bis ins Jahr 2000 zusätzlich 0,5 % des Strombedarfs und 3 % des Wärmebedarfs in der Schweiz aus fossilen Energien durch regenerative Energien substituiert werden. Um dieses Vorhaben in die Tat umzusetzen, wurde stellvertretend für die rund 100 Schnellrestaurants in der Schweiz das Drive-In Familienrestaurant in Zürich Altstetten ausgewählt. Da alle Lokale standardisiert sind, lassen sich die Ergebnisse gut auf andere Restaurants der selben Klasse übertragen.

Bestehender Standardtyp

Der Gesamtenergieverbrauch des als Referenzgebäudes ausgewählten Restaurants soll um 10 % reduziert werden. Eine Rahmenbedingung dabei ist, dass die Amortisationszeiten für die Massnahmen nicht länger als drei Jahre sein sollen.

Das Drive-In wurde 1994 gebaut und hat eine Energiebezugsfläche von 357 m². Im Erdgeschoss befindet sich das Restaurant, die Küche sowie verschiedene Nebenräume wie Kühlräume und Garderoben. Im Obergeschoss sind die Haustechnikanlagen untergebracht.

Bei der energetischen Untersuchung des Objektes ist die Systemgrenze, innerhalb derer die Energieflüsse untersucht werden, eine zentrale Rahmenbedingung. Als Systemgrenze wurde das Gebäude gewählt. Sämtliche Energieflüsse werden auf der Stufe Endenergie betrachtet. In Bild 1 ist die Systemgrenze schematisch dargestellt sowie die Übersicht der Energieflüsse und der wichtigsten haustechnischen Anlagen im Innern des Gebäudes.

Energieanalyse

Ausgangspunkt der Arbeit war eine gründliche Energieanalyse des Referenzgebäudes. Durch sie lassen sich Fragen nach dem gesamten Elektrizitätsverbrauch, dem Elektrizitätsverbrauch wich-

tiger Geräte und Anlagen, Warmwassertemperaturen und Mengen sowie Aussenluft-, Zuluft- und Raumlufttemperaturen beantworten. Eine vierzehntägige Messkampagne wurde im Juni vergangenen Jahres durchgeführt. Parallel zur Aufzeichnung dieser Werte wurde die Anzahl der Transaktionen (sogenannte Tac) über die Ladentheke und den Take-Out-Schalter erfasst.

Für eine Grobanalyse wurden die Energieabrechnungen (Elektrizität, Erdgas und Wasser) der letzten Jahre ausgewertet. Die Elektrizität mit 400 000 kWh pro Jahr hat mit 82 % den grössten Anteil am Gesamtenergieverbrauch. Für die Wärme werden jährlich 83 000 kWh benötigt. Im Jahresverlauf zeichnet sich ein hoher konstanter Grundverbrauch an Elektrizität mit Mehrbedarfsspitzen in den Sommermonaten ab. Der Anteil für die Bereitstellung des Warmwassers ist das ganze Jahr hindurch konstant.

Der aufgezeichnete Elektrizitätsverbrauch wurde über die Messperiode gemittelt und mit den Transaktionen verglichen. Der Verbrauch folgt entsprechend den umsatzstarken Zeiten während der Mittagszeit sowie am Abend. Auffällig ist, dass nachts ein hoher Energieverbrauch bestehen bleibt.

Das Warmwasser wird durch die gewerbliche Kälteanlage auf 45 °C vorgewärmt und mit einem Gaskondensationskessel auf 60 °C nacherhitzt. Durch die Messungen hat sich gezeigt, dass 55 % des

Warmwassers ausserhalb der Öffnungszeiten gezapft werden, was auf die Putzquipe zurückzuführen ist.

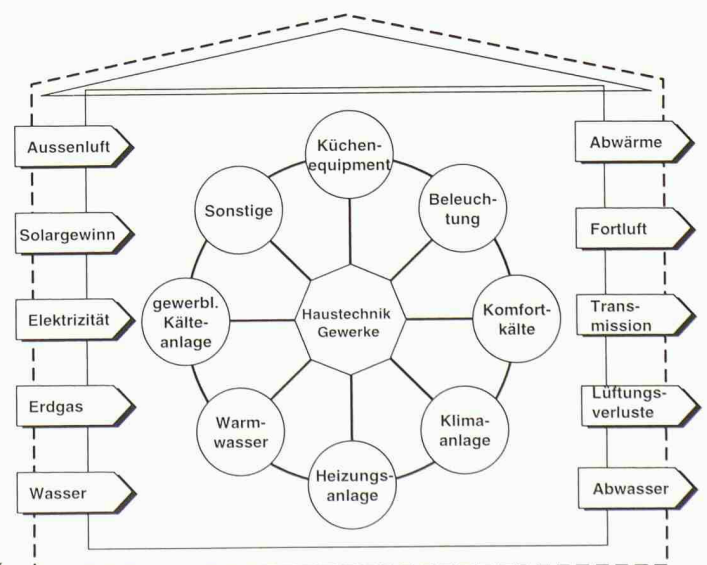
Sämtliche Küchengeräte werden elektrisch betrieben. In der Küche wird mit 2450 MJ/(m²a) über die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs «verbraten». An zweiter Stelle rangiert die Beleuchtung mit einem Anteil von 12 % am Gesamtenergieverbrauch. Die Heizungsanlage liegt ebenfalls in der gleichen Grössenordnung von 12 %. Die Komfortkälte und die Teilklimaanlage tragen mit 7 % beziehungsweise 8 % zum Energieverbrauch bei.

Massnahmenplanung

Grundlage für die Auswahl der vorgeschlagenen Massnahmen für die diversen Haustechnikgewerke ist eine Verringerung des Energiebedarfs und die damit verbundene Reduktion der Betriebskosten. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis wurde nach der statischen Berechnungsmethode durchgeführt.

Als wichtigste Massnahme schlagen wir die Einrichtung eines Energiekontrollsystems vor. Durch ein solches System werden Geräte und Anlagen nicht mehr manuell ein- und ausgeschaltet, sondern zentral von einem Bedienungsgerät gesteuert. Die Betriebszeiten der angeschlossenen Geräte können dadurch gezielt optimiert werden (Bild 2). Der zweite wichtige Schritt liegt in der Steuerung der Teilklimaanlage. Durch einen Mischgassensor im Restaurationsbereich wird die Teilklimaanlage bedarfsgerecht gesteuert. Kleinere, aber in der Summe nicht zu unterschätzende Massnahmen, ergänzen das Einsparpotential. An der Gebäudehülle

1
Definition der Systemgrenze mit Übersicht über die Energie- und Stoffflüsse und der installierten Haustechnik



selbst wurden keine Veränderungen vorgeschlagen, da das Kosten-Nutzen-Verhältnis um einiges grösser als drei Jahre ist.

Zusammenfassung

Alle vorgeschlagenen Massnahmen fördern ein bewusstes umgehen mit Energie und optimieren zugleich die Betriebskosten. Bei Realisierung des Massnahmenpakets, lassen sich etwa 50 000 kWh Elektrizität und ungefähr 10 000 kWh Wärme (Erdgas) pro Jahr einsparen, was einer Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs von 14% entspricht. Bei einer einmaligen Investition von ca. Fr. 20 000.- werden jährlich Energiekosten von Fr. 7600.- eingespart.

Neuer Standardtyp

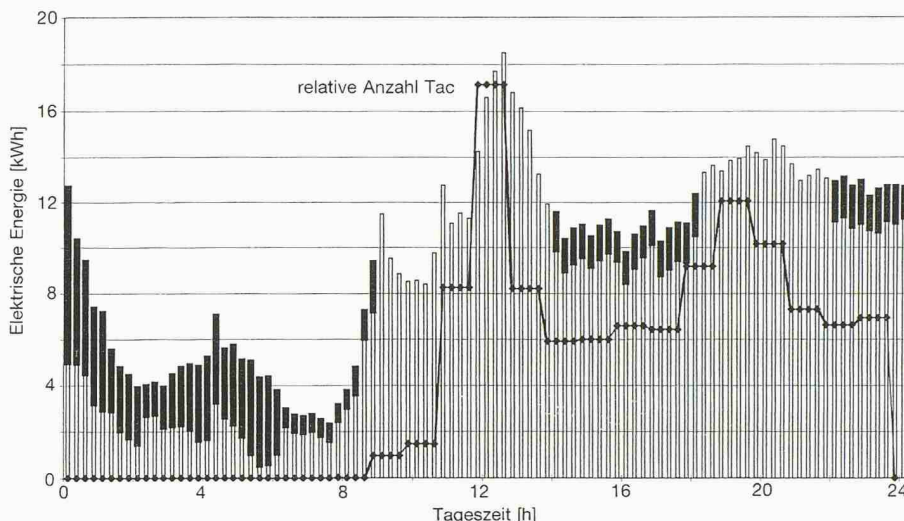
Parallel zum bestehenden Standardtyp wurde ein zukunftsorientiertes Energiekonzept für einen Neubau mit den gleichen Standards wie beim untersuchten Restaurant erstellt. Der Gesamtenergieverbrauch soll um 20% gegenüber heutigen Werten reduziert werden. Die Baukosten für diesen Neubau dürfen nicht grösser als diejenigen des Referenzgebäudes sein.

Konzeptionelle Überlegungen über den ökologisch massvollen und wirtschaftlichen Einsatz von Energie sind bereits in einer frühen Phase des Projektes anzustreben. Ansatzpunkte zur Energieeinsparung gibt es zahlreiche. In Bild 3 sind die Grössen aufgeführt, die bei einer gesamtheitlichen Betrachtungsweise wichtig sind, um den Energiehaushalt tief zu halten. Generell sind Komfortansprüche bei der Nutzung neu zu überdenken und die Anordnung der Räume und Geräte sind auf logistisch günstige Plazierungen zu überprüfen. Unter Berücksichtigung der gesetzlichen energierelevanten Bestimmungen wurde jeweils zu den einzelnen beeinflussbaren Grössen ein Projekt erarbeitet.

Gebäudehülle

Das Gebäude wurde einerseits auf den Einfluss der Orientierung zur Nutzung der passiven Sonnenenergie und andererseits auf die energetische Optimierung der Baukonstruktion hin untersucht. In acht Varianten wurde das Gebäude um jeweils 45° gedreht und der theoretische Heiz- und Kühlenergiebedarf ermittelt. Die Orientierung nach Südost weist dabei die beste Jahresenergiebilanz (Summe des Energiebedarfs für das Heizen und Kühlen) auf.

Für einen Neubau wird für die Aussenwand eine Leichtbau-Holzständerkonstruktion mit einer 160 mm starken Zellulosewärmedämmung vorgeschlagen. Der



2 Gemittelter Tagesgang der Elektrizität mit und ohne Energiekontrollsystem, schwarz: Elektr. Verbrauch nach Optimierung, weiss: Elektr. Verbrauch vor Optimierung

Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert) beträgt 0,2 W/(m²K). Das Flachdach wird analog zur Aussenwand als Leichtbaukonstruktion, mit einem k-Wert von 0,24 W/(m²K) vorgesehen. Die Fenster sind mit 3-IV-IR Wärmeschutzgläser auszustatten (kG-Wert = 1,1 W/(m²K), g-Wert = 0,6).

Stromsparmassnahmen

Die Küchengeräte und die Beleuchtung verbrauchen am meisten Elektrizität. Bei den Küchengeräten ist jeweils die neueste Generation einzusetzen. Diese Geräte sind betreffend Energieeffizienz optimal. Zugleich ist auf eine logistisch und energetisch günstige Platzierung der Geräte zu achten, damit ein flüssiger Produktionsablauf erreicht wird.

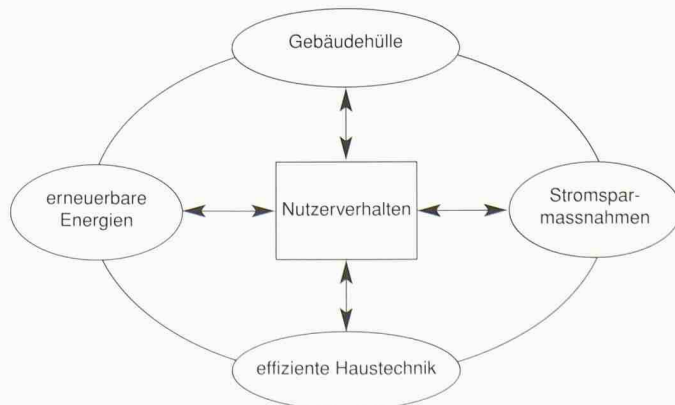
Das Beleuchtungskonzept orientiert sich weitgehend an den Bedürfnissen der Benutzer. Im Restaurantbereich wird eine tageslichtabhängige Steuerung vorgesehen, die durch ein kontinuierliches Regeln

der Leistung an das jeweilige Tageslicht die Kunstlichtbeleuchtung anpasst. Alle anderen Räume sind mit effizienten Leuchten und elektronischen Vorschaltgeräten auszustatten. Das Ein- und Ausschalten der Leuchten erfolgt über Bewegungsmelder.

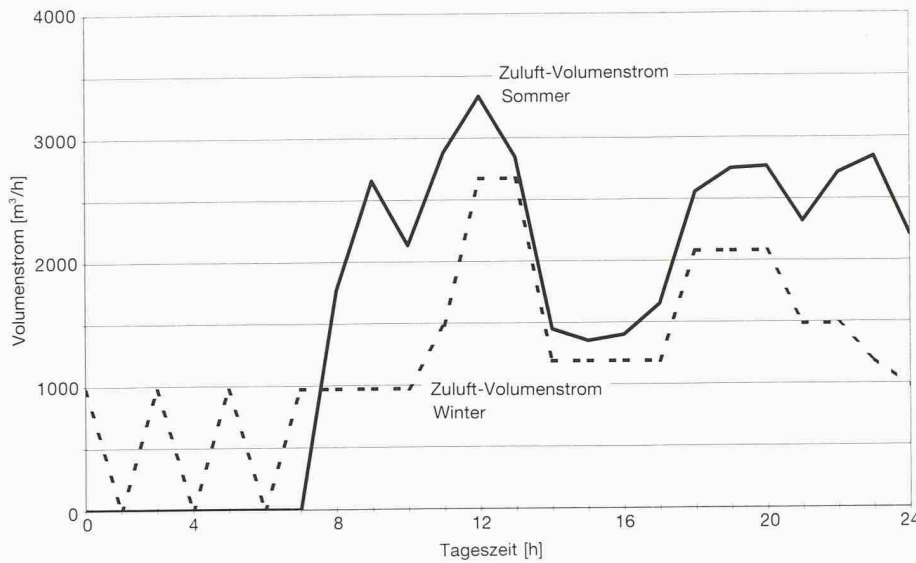
Effiziente Haustechnik

Ansprüche an die Raumlufttemperatur, relative Raumluftfeuchtigkeit und Aussenluftzutritt für die Personen sind in den allermeisten Zeiten eines Jahres anders, als es die äusseren Bedingungen vorgeben. Das massgebende Auslegkriterium während des Kühlbetriebs ist die abzuführende Wärmelast und während des Heizbetriebs die Versorgung der Personen mit der notwendigen Atemluft. In Bild 4 ist der Zuluft-Volumenstrom für einen Sommer- und für einen Wintertag unter Berücksichtigung der internen und externen Lasten dargestellt.

Die grossen Schwankungen werden vor allem durch die abzuführende sensible



3 Beeinflussbare Grössen, um den Energiehaushalt tief zu halten



4 Notwendiger Zuluft-Volumenstrom im Winter und Sommer für das Restaurant. Die Berechnung erfolgte mit der Empfehlung SIA 382/2 «Kühlleistungsbedarf von Gebäuden»

Wärmelast der Personen verursacht. Aufbauend auf diesem Auslegkriterium und auf die beiden Kapitel «Gebäudehülle» und «Stromsparmassnahmen» wurden zwei mögliche Haustechnikkonzepte erarbeitet.

Konzept 1:
Bedarfsgeregelte Teilklimaanlage

Für das Gebäude ist eine Teilklimaanlage notwendig, die entsprechend den Forderungen der Raumnutzung die Aussenluft erwärmt oder kühlt. Durch die hohe Fluktuation der Personenanzahl im Restaurant schwankt auch der notwendige

Zuluft-Volumenstrom. Die Zuluftzufuhr muss diesem Zustand angepasst werden und muss bedarfsabhängig erfolgen. Mittels Mischgassensoren wird in allen Lastzuständen, vor allem aber im Teillastbereich, eine Belüftung entsprechend des ermittelten Lufterneuerungsbedarfs erzielt. In der Küche erfolgt die Abfuhr der fett- und ölhaltigen Abluft mit Induktionshauben. Von der Aussenluft wird nur noch 30% konditioniert und direkt in die Küche eingblasen, die restlichen 70% dienen zur Induktion in den Ablufthauben. Mit beiden Komponenten wird der Zuluft-Volumenstrom stark verringert. Entsprechend

kleiner als beim bestehenden Referenzgebäude kann die Heizungs- und Komfortkälteanlage dimensioniert werden.

Konzept 2: Reversierbare Kälte- und Wärmepumpenanlage.

Da der Wärmebedarf im Winter in der gleichen Grössenordnung wie der Kühlbedarf im Sommer liegt, ist die Voraussetzung für eine Heizkühlmaschine in Verbindung mit einer Teilklimaanlage gegeben. Eine Heizkühlmaschine ist eine Kombination aus einer Heizungs- und Komfortkälteanlage (reversierbare Kälte- und Wärmepumpenanlage). Im Heizbetrieb wird der Abluft Wärme entzogen und der Aussenluft zugeführt. Im Kühlbetrieb wird der Aussenluft Wärme entzogen und der Fortluft zugeführt. Die Heizkühlmaschine wird direkt in die Teilklimaanlage integriert. Dadurch ist ein optimaler Einsatz bei den unterschiedlichen Betriebs- und Umgebungsbedingungen gewährleistet. Wie im Konzept 1 sind Induktionshauben über den Friteusen und den Grillstationen vorgesehen, die die fett- und ölhaltige Abluft abziehen.

Die Gesamt-Jahreskosten, die sich aus den fest- und betriebsgebundenen Kosten zusammensetzen, fallen bei beiden Konzepten deutlich geringer aus, als beim Referenzgebäude. Die Einsparungen liegen in der Grössenordnung von 20%.

Erneuerbare Energien

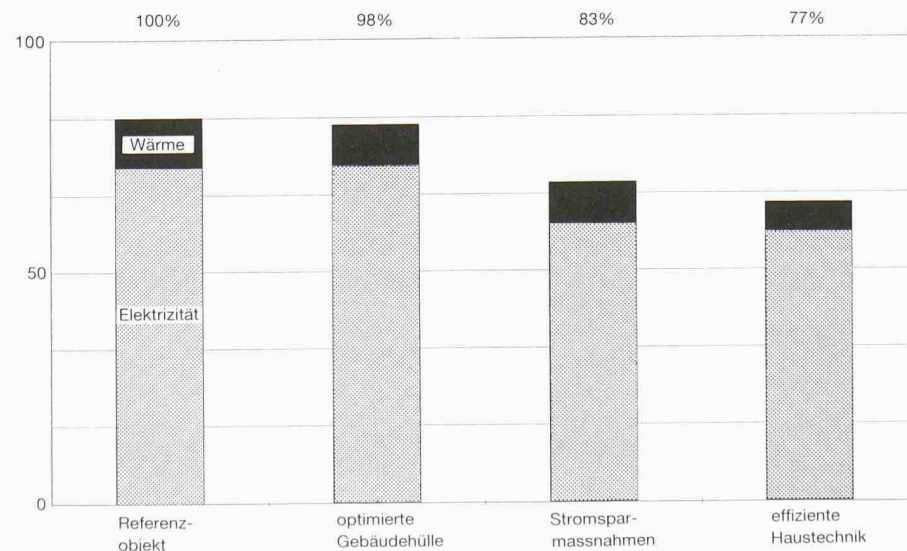
Die wichtigsten Kriterien bei der Auswahl von den heute verfügbaren Technologien sind die Betriebssicherheit, die gute Umweltverträglichkeit und die Wirtschaftlichkeit. Eine sinnvolle Investition stellt der Bau einer Solarstromanlage im Netzverbundbetrieb dar. Mit einer Fläche von 20m² Solarzellen können pro Jahr etwa 2000 kWh Elektrizität zu einem Kilowattstundenpreis von ungefähr einem Franken produziert werden. Der Bau einer Solarstromanlage ist eine Massnahme, die bewusst als Zeichen für Innovation und umweltbewusstes Handeln zu verstehen ist.

Zusammenfassung

In einem iterativen Entwicklungsprozess wurde versucht, die einzelnen Gewerke und die Gebäudehülle zu einer funktionellen Einheit zusammenzufügen. Das Ziel, den Energieverbrauch gegenüber dem Referenzgebäude um 20% zu senken, wurde erreicht und sogar übertroffen, (Bild 5).

Das Energiesparpotential im Vergleich zum Referenzgebäude beträgt 23% oder 105 000 kWh pro Jahr. Die Energiekosten fallen zudem um Fr. 15 100.- günstiger aus.

5 Energieverbrauchsreduktion zum Referenzgebäude nach Substitution der einzelnen beeinflussbaren Grössen



Nutzerverhalten

Ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit wurde die Möglichkeit untersucht, Elemente aus dem sogenannten «Facility Management» (FM) einzusetzen. Der Begriff steht im engen Zusammenhang zum «Intelligent Building», wo die effektive Nutzung der Gebäudetechnologie durch eine technisch komplexe Steuereinheit unterstützt wird.

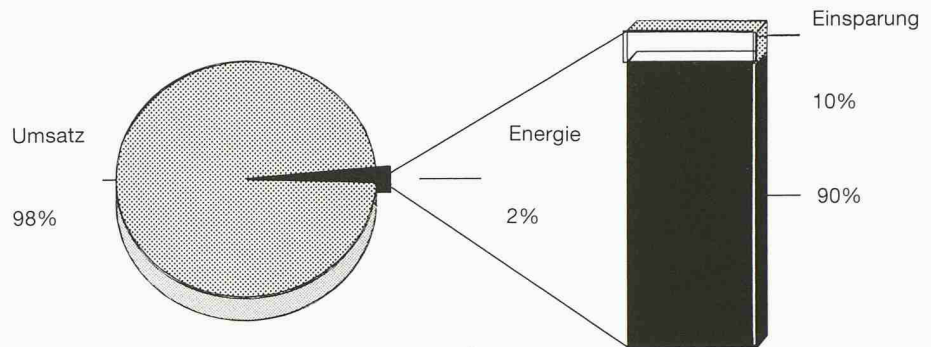
Das Nutzerverhalten hat einen massgeblichen Einfluss auf den Energieverbrauch des Gebäudes. Der Benutzer, namentlich die Angestellten und die Kunden, sind im Hinblick auf den schonenden Umgang mit dem wertvollen Gut «Energie» zu sensibilisieren. Im folgenden sind einige Punkte aufgeführt, welche eine Möglichkeit zum Erreichen einer effizienteren Nutzung aufzeigen.

Einrichten einer Energiebuchhaltung

Zur Zeit sind noch keine Standards, für die Umsetzung eines Facility Managements vorhanden. Die effiziente Umsetzung eines FM wird als Dienstleistung von einem FM-Manager angeboten.

Schlussbetrachtung

Die Zielsetzungen werden bei einer Realisierung aller vorgeschlagenen Massnahmen erreicht. Im Bild 6 wird der Anteil der Energiekosten zum Umsatz des untersuchten Referenzgebäudes sowie das Einsparpotential durch die Energiesparmassnahmen aufgezeigt.



6
Verhältnis der Energiekosten zum Umsatz und Einsparpotential der Energiekosten beim bestehenden Referenzgebäude

Im Rahmen der Liberalisierung auch des schweizerischen Strommarktes ist zu bedenken, dass eine Restaurantkette als Grosskunde bei den Elektrizitätsversorgungsunternehmen auftreten kann, wenn der Verbrauch der einzelnen Restaurants zusammengefasst wird. Daraus können sich erhebliche Wettbewerbsvorteile für das Unternehmen gegenüber der jetzigen Situation ergeben. Mit den reduzierten Betriebskosten könnten dann weitere Effizienzmassnahmen realisiert werden.

Betrachtet man die grosse Anzahl der allein in der Schweiz betriebenen Restaurants dieser Kette, so multipliziert sich das Einsparpotential und damit auch die Erlöse durch die kleineren Energiekosten bei einer entsprechenden Realisierung der oben genannten Massnahmen beträchtlich. Energiesparen zahlt sich dann tatsächlich aus.

Weiterbildung

An der Fachhochschule beider Basel startet am 19. April eine neue, modular aufgebaute, zukunftsgerichtete Weiterbildung zum Thema Nachhaltigkeit und Energie in Bau und Industrie. Die zwölf Ausbildungsmodule können voll-, halb- oder teilzeitig absolviert werden. Weitere Informationen: Tel. 061 467 45 45 oder www.fhbb.ch/energie

Adresse der Verfasser:

Daniel Heule, Heizungs- und Klimatechniker TS, NDS-E, Projektleiter Basler & Hofmann AG, Zürich, *Thomas Kaltenbach*, Dipl. Phys., Energie-Ing. FH, Wissenschaftl. Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg i.Br., *Thomas Rosswog*, Elektroing., Energie-Ing. FH, Projektleiter Herzog, Kull & Lüem AG, Schlieren