

Energiemanagement in Krankenhäusern

Für das Betreiben der Gebäude und der technischen Systeme eines Krankenhauses ist die Bereitstellung von Elektroenergie, Wärmeenergie, Wasser und technischen Gasen erforderlich. Ausgehend von der allgemeinen Zielstellung, die Bewirtschaftungskosten zu minimieren, lässt sich für den Prozess „Energieversorgung“ eine analoge Zielstellung ableiten.

Prof. Dr.-Ing. Jörn Krimmling,
Hochschule Zittau/Görlitz (FH);
Dipl.-Ing. André Preuß,
FWU Ingenieurbüro GmbH

Die entsprechenden Untersuchungen an einer Reihe von Krankenhäusern zeigten, dass das Ziel geringer Energiekosten keinesfalls nur eine ingenieurtechnische, sondern vor allem auch eine Managementaufgabe ist.

Insofern ist die Verwendung des Begriffs „Energiemanagement“ folgerichtig, da der Dualismus von Energie-(technik) und Management von prägender Bedeutung ist. Der komplexe und komplizierte Charakter der technischen Systeme in einem Krankenhaus verführt technische Berater und oft auch das technische Management in den Häusern selbst mitunter dazu, sich in interessanten Details zu verlieren. Wichtig ist eine klare Strategie, die alle in Frage

kommenden Maßnahmen ausschließlich unter dem Aspekt der beabsichtigten Kostensenkungen bewertet. Außerdem muss man sich vor Augen halten, dass man es bei diesem (und allen anderen) Prozess mit Menschen zu tun hat, die entweder als Akteure mitwirken oder als Nutzer an den Ergebnissen partizipieren. Daraus ergeben sich konkrete Organisations- und Motivationsaufgaben, die gleichermaßen für den Erfolg entscheidend sind wie technische Systeme.

Bild 2 zeigt ein abgeleitetes Prozessmodell (/1/). Das beabsichtigte Ergebnis des Prozesses besteht in verschiedenen Energieversorgungsfunktionen, die mit einer definierten Qualität zu erbringen sind. Dieser Qualitätsaspekt spielt gerade in Krankenhäusern eine wichtige Rolle, da z. B. die Verfügbarkeit technischer Anlagen eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung des Kernprozesses ist. Dem steht eine Aufwandskategorie gegenüber, die zum einen durch externe Kosten für Lieferungen und Leistungen und zum anderen durch interne Aufwändungen für Personal gekennzeichnet ist.

Die Prozessbasis (d. h. die Gebäude mit der dazugehörigen Technik) beeinflusst als Prozessbasis sowohl die Aufwands- als auch die Ergebniskategorie.

Das Ziel des Energiemanagements besteht in der Senkung der Gesamtkosten für den Prozess „Energieversorgung“.

Dabei sind unter den Gesamtkosten die externen und internen Prozesskosten als auch Kosten für die Gestaltung der Prozessbasis zu verstehen. Dieser Ansatz folgt der im Facility Management üblichen Betrachtung der Lebenszykluskosten.

Allgemeiner Ansatz zur Kostensenkung

Die Gesamtkosten K_{ges} kann man nach folgendem allgemeinen Ansatz aufschreiben:

$$K_{ges} = \sum_i (V_i \cdot k_i)$$

V_i Verbrauch an allen Lieferungen und Leistungen (Energie, Dienstleistungen, Personal usw.)

k_i Einkaufs- bzw. Verrechnungspreis für den Verbrauch i

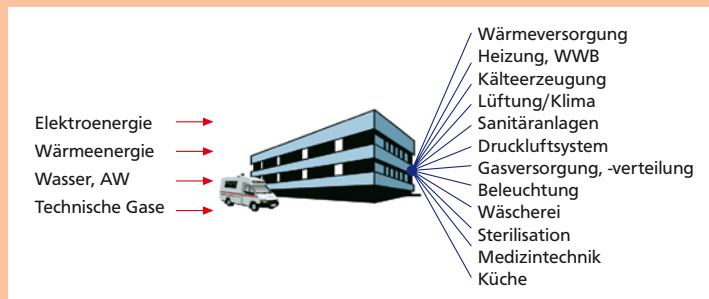
Es ist nun evident, dass sich eine Verringerung der Gesamtkosten auf zwei Wegen erreichen lässt:

- ▶ Senkung des Verbrauchs
- ▶ Senkung des Einkaufs- bzw. Verrechnungspreises.

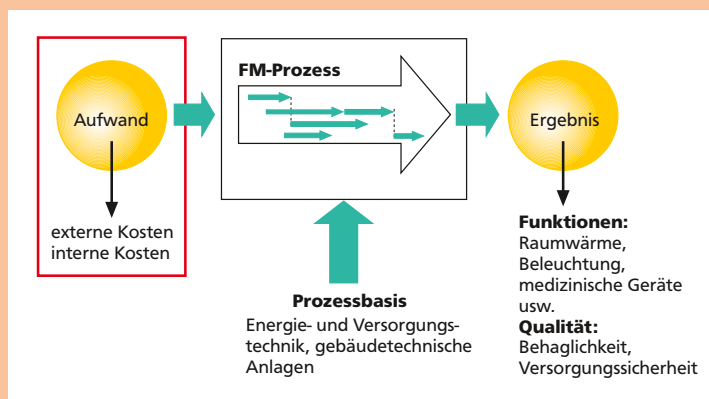
Das führt auf die drei Einflusskomplexe

- ▶ Gestaltung von Gebäuden und Technik
- ▶ Betriebsoptimierung
- ▶ Einkaufsmanagement.

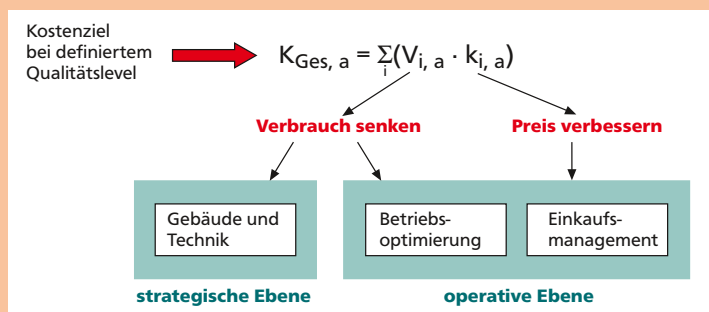
Verdeutlicht man sich den Aspekt der Verbrauchsreduzierung am Beispiel des Heiz-



1 Energieversorgung eines Krankenhauses



2 Prozessmodell für die Energieversorgung



3 Allgemeiner Kostensenkungsansatz

energieverbrauchs für ein Gebäude, so führt das entsprechend Bild 4 auf folgende Einflussparameter:

- ▶ Gebäude- und Technikgestaltung
- ▶ Gebäudegeometrie
- ▶ Fassade (Wärmedämmeigenschaften)
- ▶ Heizungskessel (Wirkungsgradpotenzial)
- ▶ Verteilsystem (Wärmeverluste)
- ▶ Betriebsoptimierung
- ▶ Innentemperaturen
- ▶ Lüftungsregime
- ▶ Betriebsparameter (Regelgerät).

Gestaltung von Gebäuden und Technik

Angesichts der Anlagenvielfalt in Krankenhäusern fällt es schwer allgemeine Gestaltungsregeln für Gebäude und Technik unter dem Aspekt der Energiekostensenkung abzuleiten. Im konkreten Fall ist immer eine projektspezifische Untersuchung durchzuführen, bei der die durch bestimmte investive Maßnahmen erreichbaren Energieeinsparungen den erforderlichen Investitionskosten gegenübergestellt werden. Im Endeffekt führt das auf ein Investitionsbewertungsproblem, das mit Hilfe der klassischen Verfahren der Investitionstheorie gelöst werden kann.

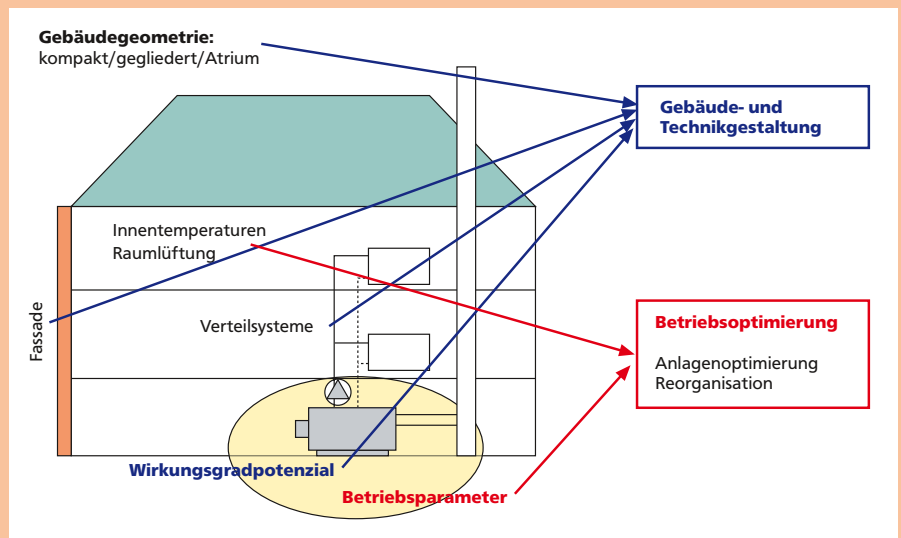
Untersuchungsschwerpunkte im Bereich der Elektroenergie sollten sein:

- ▶ Nachrüstung von Pumpen und Verdichtern bzw. vergleichbaren elektrischen Antrieben mit Frequenzumrichtern
- ▶ Lastmanagementsysteme
- ▶ tages- und zeitabhängige Beleuchtungssteuerung
- ▶ bedarfsgeführte Regelung von zentralen Lüftungsanlagen
- ▶ Erneuerung veralteter Kompressoren für die Druckluftherzeugung.

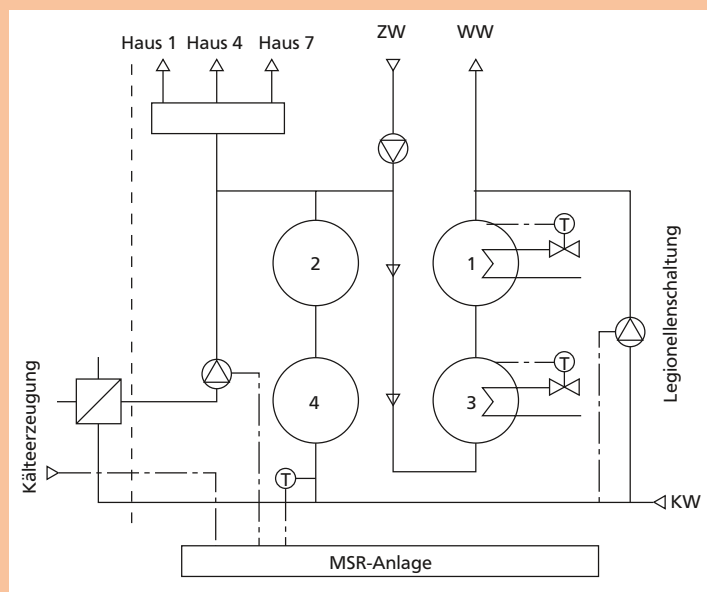
Im Bereich der Wärmeversorgung sind folgende Schwerpunkte interessant:

- ▶ Abwärmenutzung (Klimaanlagen, Druckluftanlagen)
- ▶ Umrüstung von Dampf- auf Heizwassersysteme in Kombination mit dezentralen Schnelldampferzeugern
- ▶ Wechsel von Fernwärmeversorgung auf eigene Erzeugeranlagen oder umgekehrt.

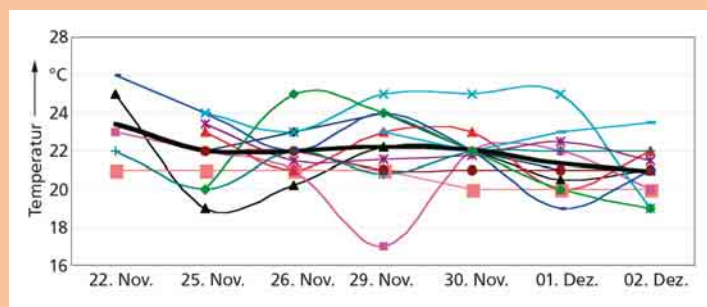
In einem Krankenhaus wurde beispielsweise vorgeschlagen, die bestehende Warmwassererzeugung schaltungstechnisch so zu verändern, dass zwei der vier Speicher als Vorwärmespeicher für die Abwärme aus der Kompressionskälteerzeugung fungieren. Der Änderungsaufwand hierfür ist relativ gering. Neben der Anpassung der Rohrleitungseinbindung muss beim Kälteerzeuger lediglich ein Wärmeübertrager nachgerüstet werden. Die Kosten hierfür amortisieren sich innerhalb von zwei Jahren.



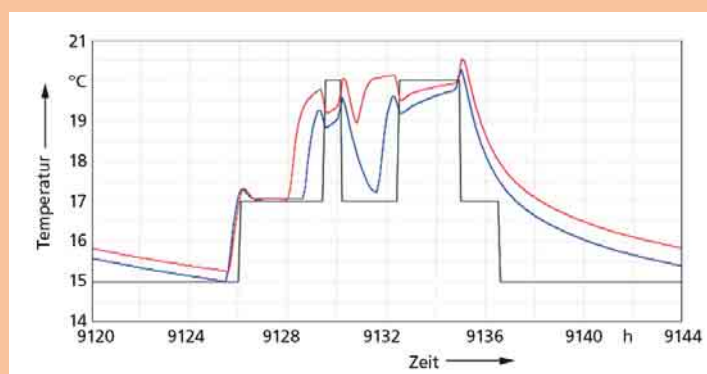
4 Einflussparameter auf den Heizenergieverbrauch



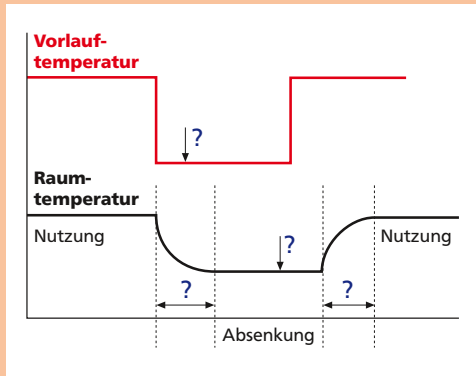
5 Einbindung von Abwärme aus der Kompressionskälteerzeugung in die bestehende Anlage zur Warmwassererzeugung



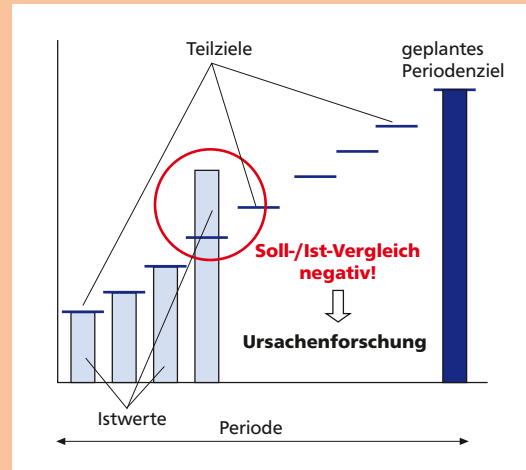
6 Temperaturmessung in den Räumen eines Krankenhauses



7 Simulationsergebnisse



8 Zum Problem der Nachtabsenkung



9 Grundprinzip des operativen Controllings

Betriebsoptimierung

Bei der Betriebsoptimierung geht es darum, das in den Anlagen innewohnende Wirkungsgradpotenzial in der täglichen Praxis dauerhaft auszunutzen. Dabei geht es um zwei Bereiche:

- ▶ Anlagenoptimierung, bei der optimale Parametersätze für die beeinflussbaren Betriebsgrößen ermittelt werden müssen
- ▶ Reorganisation, bei der das beabsichtigte Ziel der Energiekostensenkung durch entsprechende Anpassungen in der Organisation unterstützt werden.

Anlagenoptimierung

Die wiederum auf die beschriebene Anlagenvielfalt zurückzuführende große Anzahl möglicher Ansatzpunkte kann auf folgende Hauptkomplexe zurückgeführt werden:

- ▶ Absenkung von Zustands- und Leistungsparametern (Temperaturen, Differenzdrücke, Luftwechsel, Außenluftstraten)
- ▶ Realisierung eines konsequenten Absenkbetriebs in Nichtnutzungszeiten (ggf. bis zur temporären Außerbetriebnahme)
- ▶ Beachtung von Energiebezugstarifstrukturen (Senkung von Leistungskosten durch organisatorisches Lastmanagement, Verlagerung von Energiebezug in Niedrigtarifzonen).

In Krankenhäusern (wie auch in anderen öffentlichen Gebäuden) sind vor allem die Raumtemperaturen eine wichtige Eingriffsmöglichkeit. Anhand von regelmäßigen Stichproben sollte die Einhaltung von Raumtemperatur-Sollwerten geprüft werden. Bild 6 zeigt beispielhaft das Ergebnis

einer solchen Stichprobe. Es ist zu erkennen, dass bei einigen Räumen die Temperatur signifikant über dem eigentlichen Sollwert von 20 °C liegt und somit ein Einsparpotenzial vorhanden ist.

Ein anderes Thema ist beispielweise die Umsetzung eines wirksamen Absenkbetriebs für die Gebäudeheizung. In der Regel wird eine pauschale Vorlauftemperaturabsenkung vorgenommen, ohne dass geprüft wird, ob es überhaupt zu einer Raumtemperaturabsenkung gekommen ist. Im Rahmen eines Forschungsprojekts /2/ wurde u. a. das Problem der Nachtabsenkung detailliert untersucht. Betrachtet man die rote Kurve in Bild 7, so wird deutlich, dass kurze Absenkphasen zwischen zwei Nutzungsperioden keinen wesentlichen Beitrag zur Energieeinsparung bringen (Spann zwischen 9128 und 9134). Kaum, dass die Temperatur in dem betreffenden Raum zu sinken beginnt, muss schon wieder mit dem Anheizbetrieb begonnen werden, um zur nächsten Nutzungsperiode die Solltemperatur erreichen zu können. Das unterstreicht um so mehr die Wichtigkeit einer Raumtemperaturabsenkung während längerer Nichtnutzungszeiten, d. h. in der Nacht und an den Wochenenden.

Bei der Umsetzung eines wirksamen Absenkbetriebs ist also in erster Linie darauf zu achten, dass auch wirklich die Raumtemperatur abgesenkt wird, denn nur das führt zu einer Energieeinsparung.

Sofern keine vernetzte Raumtemperaturmessung im Rahmen von Leit- oder Einzelraumregelungssystemen vorhanden ist, muss die Temperatur ggf. stichprobenartig in repräsentativen Räumen während der Absenkzeit gemessen werden.

Das kann z. B. mit Hilfe mobiler Datenlogger geschehen.

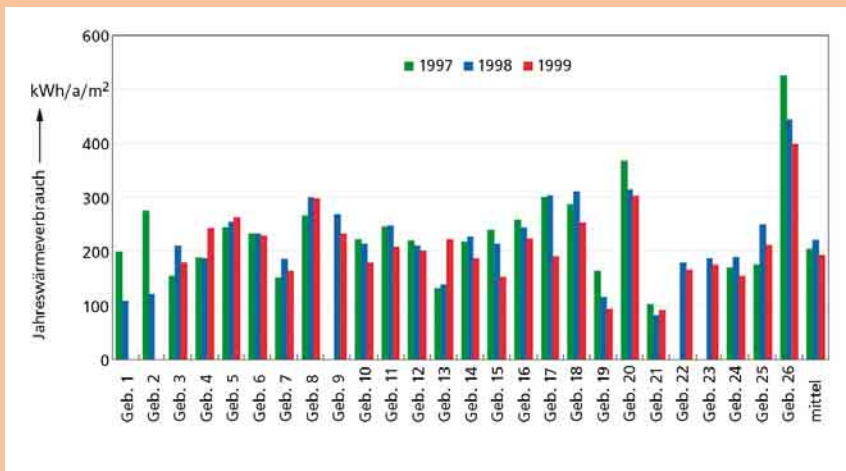
Entsprechend Bild 8 sind folgende Aspekte zu klären:

- ▶ Höhe der Vorlauftemperaturabsenkung
- ▶ Beginn des Absenkbetriebs
- ▶ Ende des Absenkbetriebs bzw. Beginn der Wiederaufheizung.

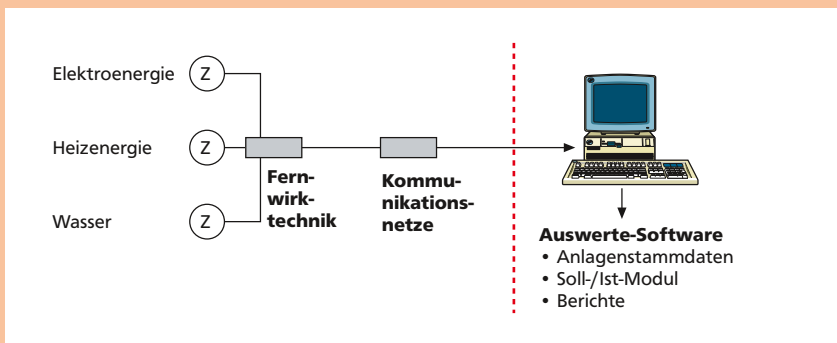
In /3/ wurde am Beispiel der Wärmeversorgung eines Krankenhauses bereits gezeigt, dass durch die Umsetzung der dargestellten Maßnahmen der Anlagenoptimierung der jährliche Energieverbrauch um bis zu 15 % gesenkt werden kann. Im Endeffekt bedeutet dies, dass die Differenz zwischen optimalem und weniger zweckmäßigem Betreiben in dieser Größenordnung liegt und demzufolge nicht zu vernachlässigen ist. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass die im Rahmen von Projekten vorgeschlagenen Maßnahmen

- ▶ entweder nicht umgesetzt werden (obwohl in der Regel nur geringe finanzielle Aufwändungen erforderlich sind und außerdem ja schon Geld für die Beratung ausgegeben wurde)
- ▶ oder bei erfolgter Umsetzung die zu Beginn erreichten Ergebnisse nach gewissen Zeiträumen wieder verloren gehen. Das bedeutet: Der Energieverbrauch steigt tendenziell wieder auf das Level, das vor der Optimierung beobachtet wurde.

Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass nicht nur an der Technik gearbeitet werden darf, sondern auch die Organisation des Krankenhauses verändert werden muss, was unter dem Stichwort der „Reorganisation“ dargestellt wird.



10 Benchmark der Wärmeenergie für ein Krankenhaus



11 Grundprinzip der Informationsbasis für das Energiecontrolling

Reorganisation

Im Rahmen der Anpassung der Organisationsstrukturen sind folgende Aufgaben zu lösen:

- ▶ Definition von Verantwortlichkeiten, d. h., es muss bis auf die Mitarbeiter-ebene durchgestellt werden, wer für welchen Bereich der Energiekosten Verantwortung trägt (Organigramm, Arbeits- und Dienstweisungen)
- ▶ Einführung eines Controlling-Systems, mit dessen Hilfe der Verbrauch gesteuert werden kann
- ▶ Beeinflussung des Nutzerverhaltens durch Information, Motivation und Schulung.

Beim Controlling handelt sich um ein betriebswirtschaftliches Steuerungsinstrument, bei dem im Wesentlichen ein permanenter Soll-/Ist-Vergleich durchgeführt wird (Bild 9). Dadurch kann frühzeitig erkannt werden, wenn der Prozess nicht optimal abläuft, also höhere Verbräuche auftreten als ursprünglich geplant.

Für die Durchführung des Controllings werden zwei Dinge benötigt:

- ▶ aus Globalzielen abgeleitete periodengerechte Sollwerte, heruntergebrochen auf die entsprechenden Teilperioden (Woche, Monat, Quartal)

- ▶ Informationsbasis, die die Istwerte in angemessener zeitlicher Aktualität verfügbar hält.

Die Bestimmung der Sollwerte kann mit Hilfe der Methode des Benchmarkings und/oder auf der Basis einer detaillierten Prozessanalyse erfolgen. Die zeigt beispielhaft einen internen Benchmark der Wärmeenergie für ein Krankenhaus und es stand hier die Frage, warum sich die spezifischen Verbräuche bei einer Reihe von Gebäuden trotz gleicher Bau- und Nutzungsart signifikant unterscheiden.

Die Notwendigkeit einer permanent verfügbaren Informationsbasis führt auf die Forderung nach fernauslesbaren Zählersystemen, bei denen die Verbrauchswerte zur weiteren Aufbereitung auf einen Rechner übertragen werden und somit im Intranet der Einrichtung zur Verfügung stehen (Bild 11). Auf dieser Informationsbasis lassen sich monatliche, vierteljährliche und jährliche Energieberichte automatisch erstellen, die auf der Basis eines jeweils spezifischen Informationsinhalts in folgenden Bereichen verwendet werden können:

- ▶ als Führungsinstrument auf Leitungsebene zur Steuerung des gesamten Energieversorgungsprozesses in der Einrichtung
- ▶ als Arbeitsinstrument für den jeweiligen Gebäude- und Technikverantwortlichen (im Regelfall der Hausmeister bzw. entsprechende Person)

- ▶ als Motivationsinstrument für die Belegschaft, die regelmäßig über die Verbrauchssituation in den sie betreffenden Bereichen informiert werden sollten.

Fazit

Im vorliegenden Artikel wird gezeigt, dass erfolgreiches Energiemanagement in Krankenhäusern nicht nur eine Frage bestimmter Energietechnik ist, sondern wesentlich auch durch eine optimale Betriebsführung bestimmt ist. Damit hängt der Erfolg (d. h. das Erreichen niedriger Energiekosten) von der Lösung bestimmter Managementaufgaben ab. Das Einsparpotenzial durch optimales Betreiben in der beschriebenen Form liegt in einer Größenordnung von ca. 15 % des jährlichen Energieverbrauchs. Es muss jedoch auch festgestellt werden, dass es keinen Sinn macht, die beschriebene Herangehensweise nur im Bereich der Energieversorgung zu praktizieren. Sinnvoller ist die Übertragung des Prinzips auf alle Bewirtschaftungsprozesse, was auf die Notwendigkeit eines effizienten Facility Managements, das vor allem nicht nur auf das Thema Outsourcing reduziert wird, in Krankenhäusern hinweist.

Literatur

- /1/Krimmling, J.: Facility Management. Strukturen und methodische Instrumente. Fraunhofer IRB-Verlag. Stuttgart 2004
- /2/Knabe, G.; Knorr, M.; Krimmling, J.; Preuß, A.: Energie- und Kosteneinsparungen durch den Einsatz von Einzelraumregelungssystemen in Schulen. TAB 2/2005
- /3/Krimmling, J.; Preuß, A.: Energie- und Gebäudemanagement als Instrument zur Kostensenkung in Krankenhäusern. HLH 2/2001

Prof. Dr.-Ing. Jörn Krimmling



- Studium TU Dresden
- bis 2001 Geschäftsführer der FWU Ingenieurbüro GmbH
- seit 2001 Professor für Technisches Gebäudemanagement an der Hochschule Zittau/Görlitz (FH)

www.joern-krimmling.de

Dipl.-Ing. (TU) André Preuß



- Studium TU Dresden
- Geschäftsführer der FWU Ingenieurbüro GmbH

www.fwu-ib.de