

Krankenhaus Plus – Energieeffizienzstrategien im Krankenhaus

M. Schmidt, C. Nickl-Weller¹, G. Hillmann, M. Korolkow², R. Jakobiak³, H. Schiller⁴

¹ Fachgebiet Entwerfen von Krankenhäusern und Bauten des Gesundheitswesens, TU Berlin

² IBUS – Institut für Bau-, Umwelt- und Solarforschung GmbH, Berlin

³ daylighting.de UG, Berlin

⁴ schiller engineering, Hamburg

Zusammenfassung— Der vorliegende Beitrag stellt das vom BMWi geförderte Forschungsprojekt „Krankenhaus plus“ und dessen Kontext vor. Wie bereits bei anderen Forschungsprojekten im Krankenhausbereich sollen erfasste Daten und die Ergebnisse zur Bildung von Benchmarks genutzt werden. Ziel des Projekts ist die Entwicklung von Strategien zur Energieeffizienzsteigerung in Krankenhäusern. Neben baulich erschließbaren Einsparpotentialen liegt der Schwerpunkt auf energieeffizienten Kühltechniken (bspw. adiabate Abluftkühlung) sowie auf Luftbe- und Luftentfeuchtungstechniken (bspw. sorptionsgestützte Verfahren), die ebenfalls einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch in Krankenhäusern haben, Fokus liegt auf wirtschaftlich erschließbaren Potentialen.

Schlagwörter— Energieeffizienz, Krankenhäuser, sorptionsgestützte Be- und Entfeuchtung, adiabate Abluftkühlung, Benchmarks

Einleitung

Für Krankenhäuser ist neben dem gebäudebezogenen Energiebedarf ein hoher betriebsbedingter Energiebedarf typisch. Der in VDI 3807 Blatt 2 angegebene Energieverbrauch liegt zwischen 19,8 und 37,2 MWh/a (Heizwärme) bzw. zwischen 4,7 und 10 MWh/a (Strom) je Krankenhausbett. Es handelt sich dabei um Mittelwerte, die von der Anzahl der Betten des Krankenhauses abhängig sind. Unter der Annahme, dass auf ein Bett eine Nutzfläche von 70 m² bis 100 m² kommt, ergibt sich eine mögliche Spanne von 200 kWh/m² bis über 500 kWh/m²a Heizwärmeverbrauch und von 50 kWh/m²a bis über 150 kWh/m²a Stromverbrauch. Bezogen auf Deutschland ergeben sich hieraus jährlich Kosten von 1,8 Mrd. Euro (Abb. 1) bzw. 3448 Euro pro Krankenhausbett [1].

Das durch eine Sanierung der Anlagentechnik gegebene Einsparpotential kann auch durch Einsparcontracting erschlossen werden. Die Größe des allein durch eine Optimierung der Versorgungstechnik erschließbaren Potentials lässt die Bedeutung der baulichen Seite aus dem Blickwinkel geraten. Bei hohen Anforderungen an die Raumlufttechnik ist der Energieverbrauch wesentlich durch die Anlagentechnik bestimmt. Versorgungstechniker sprechen von bis zu 90% und suggerieren so, das Gebäude sei hinsichtlich des Energieverbrauchs quasi nur von untergeordneter Bedeutung.

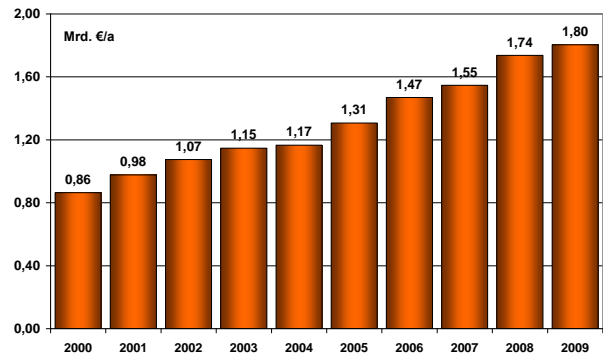


Abb. 1: Entwicklung der Betriebskosten für Energie deutscher Krankenhäuser in Mrd. Euro pro Jahr für die Jahre 2000-2009 (Datengrundlage [2])

Allerdings wurde schon in dem Projekt ERIK I – III (1985-1991) „Energierationalisierung im Krankenhaus“, gefördert durch das BMFT, das Energieeinsparpotential durch Optimierung der Gebäudehülle als nicht vernachlässigbar bewertet, was an verschiedenen Krankenhausbauten rechnerisch nachgewiesen wurde. Eingebunden in den Annex XIII „Energy Management in Hospitals“ der IEA (Internationale Energie Agentur) wurde auf internationaler Ebene ein Handbuch mit gebäudespezifischen und anlagentechnischen Sanierungs- und Optimierungsstrategien für Krankenhäuser entwickelt. Im Rahmen von ERIK III wurden diese bei der Sanierung des Katharinenhospitals in Stuttgart angewendet, bewertet und das Ergebnis veröffentlicht.

In der jüngeren Vergangenheit wurden (gefördert durch das Wirtschaftsministerium NRW) mehrere Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz in Krankenhäusern durchgeführt. Im Zusammenhang mit dem Projekt „Branchenenergiekonzepte – Krankenhaus“ wurde der Energieverbrauch in einer Reihe von Kliniken ausgewertet und analysiert. Darauf aufbauend wurden Optimierungsmaßnahmen erarbeitet und bewertet. Die Ergebnisse des Projektes liegen in Form mehrerer durch die Energieagentur NRW publizierter Broschüren vor [4]. Die in dem Projekt begonnenen Benchmarkingaktivitäten wurden später mit breitem Erfolg als Service für Krankenhäuser fortgeführt. Auch das Krankenhaus Agatharied (Abb. 2) hat jahrelang an dem von dem Deutschen Verband für Facility-Management, dem Verband der Krankenhausdirektoren Deutschlands, der FH-Giessen-Friedberg, der Fachvereinigung Krankenhaustechnik sowie der Fa. Infas-Enermetric durchgeführten Benchmarking teilgenommen. Mit den Ergeb-

nissen des Benchmarkings können die teilnehmenden Häuser Ihren Energieverbrauch im Vergleich zu den Werten aller Teilnehmer einschätzen. Zur Normalisierung des Energieverbrauchs werden die Verbrauchswerte dabei auf ein Bett oder auf einen Quadratmeter Nutzfläche bezogen und nach der Anzahl der Betten auf der Abszisse sortiert.

Diese Normalisierung der Verbrauchsdaten je Bett, Fallzahl oder Grundflächeneinheit ist jedoch nur bedingt geeignet, um Liegenschaften energetisch zu vergleichen, da gebäudeunabhängige betriebliche Eigenschaften des Standortes, beispielsweise die organisatorische Zuordnung zentraler Dienste, unberücksichtigt bleiben. Im Zusammenhang mit einem Monitoringprojekt zum Kälteverbrauch in Krankenhäusern wurde vorgeschlagen, die klimatisierte Fläche als Bezugsgröße heranzuziehen [1]. Hierdurch kann beispielsweise der Einfluss klimatisierter Eingangshallen berücksichtigt werden. So können anlagentechnisch erschließbare Energieeinsparpotentiale innerhalb einer Liegenschaft erkannt werden.

Methoden

Ziel des Forschungsprojektes „Krankenhaus plus“ ist es, Energieeffizienzstrategien für Krankenhäuser sowohl im Bestand als auch für Teilerneuerungen und Neubauten zu erarbeiten und zu demonstrieren. Neben zwei Projekten, die intensiv messtechnisch evaluiert werden (Abb. 2 und 3), werden Querschnittsuntersuchungen durchgeführt, die eine allgemeine Bedeutung für die energetische Optimierung in Krankenhäusern haben. Die Bewertung der Funktionsbereiche des Krankenhauses (s. DIN 13080, [5]) hinsichtlich ihres charakteristischen Energieverbrauchs soll es ermöglichen, Synergien zwischen den Funktionsstellen aufzuzeigen und eine Grundlage zur energetischen Bewertung von Krankenhäusern schaffen. Für Pflegebereiche werden Beleuchtungsstrategien aufgezeigt, die durch Tageslichtnutzung und eine funktional differenzierte künstliche Beleuchtung energieeffizient sind, und dabei den Forschungsstand hinsichtlich einer gesundheitsfördernden Beleuchtung berücksichtigen. Es werden Teilsanierungsstrategien im Rahmen weiterer Häuser demonstriert.

Einen weiteren Schwerpunkt des Projektes bilden alternative Gebäudekühlungsstrategien. Der Energiebedarf von Krankenhäusern wird durch den Energiebedarf zur Raumkonditionierung der Gebäude und durch den Energiebedarf gebäudeunabhängiger Dienste bestimmt. In der Gesamtschau kann ein Rückgang des Heizwärmebedarfs bei gleichzeitig steigendem Strombedarf beobachtet werden. Für den Rückgang des Wärmebedarfs sind die hinsichtlich ihrer Wärmedämmfähigkeit verbesserten Gebäudehüllen sowie die verbesserte Effizienz der Versorgungsanlagen verantwortlich. Der erhöhte Stromverbrauch ist auf die gestiegenen Anforderungen der Medizin- und Raumlufttechnik zurückzuführen. Das Ansteigen des Strombedarfs und Verminderung des Wärmebedarfs bei gleichzeitiger Erhöhung des Kältebedarfs sind dabei generelle Tendenzen im Gebäudebereich. Insbesondere im Bereich Kälte wird mit einer Zunahme des Primärenergiebedarfs um 260% im Zeit-

raum von 2000 bis 2020 gerechnet [3]. Die Energieeffizienz hinsichtlich des Primärenergiebedarfs ist bei Kälte besonders kritisch, sowohl bei Kompressionskälte als auch bei Absorptionskälte.

Auch die Be- und Entfeuchtung von Luft über sorptionsgestützte Verfahren ist ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten. Die Verwendung konzentrierter Salzlösungen ermöglicht die Verbindung hygienisch vorteilhafter wie energetisch optimierter Methoden zur Regelung der Luftfeuchte.

Baukonstruktive und wärmedämmtechnische Optimierung, Tageslichtnutzung, Analyse des Krankenhausumfeldes sowie Aufenthaltsqualität bilden weitere Schwerpunkte. Eine Querschnittsaktivität dient dazu, die Projektergebnisse in die Fachöffentlichkeit zu tragen.



Abb. 2: Krankenhaus Agatharied, Miesbach

Diskussion

In der Praxis der energetischen Bestandsoptimierung von Krankenhäusern ist eine Fixierung rein auf die Anlagentechnik üblich. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Versorgungssysteme und der großen im Krankenhausbetrieb benötigten Energiemengen birgt auch eine ausschließlich auf die Versorgungstechnik bezogene energetische Optimierung erhebliche Einsparpotentiale. Eine nur bei der Versorgung ansetzende Optimierungsstrategie hat den Vorteil, ohne Beeinträchtigung des Krankenhausbetriebes erfolgen zu können. Anlagentechnische Maßnahmen können bezogen auf die Energiekosten kurz- bis mittelfristig wirtschaftlich sein. Während einzelne Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz bestehender Anlagen ggf. auch ohne Verständnis des Gesamtsystems umsetzbar sind, erfordert eine Änderung im Versorgungsschema, mit der ein weitaus größeres Einsparpotential erschlossen werden kann, in jedem Fall eine tiefgreifende Analyse des gesamten Versorgungskonzeptes.

Bauliche Sanierungsmaßnahmen zielen neben der Energieeinsparung auch auf andere Aspekte ab wie beispielsweise ein attraktiveres Erscheinungsbild, die Erhöhung der Aufenthaltsqualität oder eine Verbesserung des Innenraumklimas. Bei einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ausschließlich aufgrund der Energiekosten schneiden bauliche Maßnahmen gegenüber einer anlagentechnischen Optimierungsstrategie daher oft schlechter ab. Bei einer ungesicherten Zukunft des Standortes dürfte auch aus wirtschaftlichen Erwägungen oft nur eine anlagentechnische Sanierung infrage kom-

men. Durch die Sanierung der versorgungstechnischen Anlagen kann die Effizienz der Deckung des Nutzenergiebedarfs verbessert werden. Falls die Zukunft eines Standortes derart infrage steht, dass selbst Investitionen in die Anlagentechnik nicht sinnvoll erscheinen, bleibt nur die Möglichkeit betrieblicher Maßnahmen.

Eine nachhaltige zukunftsfähige Sanierung kann jedoch nur erreicht werden, wenn sowohl bauliche als auch anlagentechnische Maßnahmen durchgeführt werden, also zum einen das Krankenhausumfeld verbessert wird und zum anderen der Energiebedarf gesenkt wird.

Tabelle 1 zeigt den Zusammenhang zwischen dem wirtschaftlichen Horizont eines Gebäudes und sinnvollen Optimierungsmaßnahmen. Dabei trägt die Unsicherheit der Zukunft vieler Häuser dazu bei, dass selbst als notwendig erkannte Optimierungsmaßnahmen nicht umgesetzt werden, der energetische Standard also sukzessiv schlechter wird.

Krankenhäuser gelten aufgrund des ganzjährigen Wärmebedarfs als besonders gut für den Einsatz von Blockheizkraftwerken (BHKWs) geeignet. Die Kombination eines BHKWs mit Absorptionskältemaschinen liegt dabei nahe, da ein sommerlicher Wärmeüberschuss dann zum Kühlen verwendet werden kann. Entscheidend für die Fahrweise des BHKWs sind die Energiebezugpreise. Veränderungen bei den Ein- und Verkaufspreisen von Energie wirken sich erheblich auf den wirtschaftlichen Betrieb von BHKWs aus.

Vor einigen Jahren war der Strompreis im Verhältnis zum Wärmepreis deutlich höher als heute. Durch die inzwischen im Verhältnis zum Strom höheren Preise der Brennstoffe sind die damaligen Wirtschaftlichkeitsberechnungen, in denen das BHKW zur Erzeugung von günstigem Strom eingesetzt wurde, obsolet. Insgesamt sind BHKWs durch hohe Betriebskosten geprägt und erfordern qualifiziertes Bedienpersonal. Auch bei langer Laufzeit und hohem Nutzungsgrad kann nicht mehr ohne weiteres von der Wirtschaftlichkeit ausgegangen werden. Wichtig ist die richtige Auslegung und Einbindung in den Energieverbund. Auch aufgrund der Notwendigkeit einer Notstromversorgung können in Krankenhäusern aufgrund der langen Betriebszeiten, dem

ganzjährigen Wärmebedarf und den vielfältigen versorgungstechnischen Anforderungen Lösungen wirtschaftlich sein, die in anderen Gebäuden nicht infrage kommen.

Die Kombination von BHKWs mit energetisch vergleichsweise wenig effizienten Absorptionskältemaschinen lässt sich nur über den wirtschaftlichen Vorteil der Stromproduktion rechtfertigen. Aufgrund der hohen Investitions- sowie Betriebskosten sind aber auch hier Lösungen gefragt, die sich sowohl energetisch als auch hygienisch zur Gebäudekühlung eignen.

Die kostengünstigste und effektivste Methode der Gebäudekühlung besteht in der Verdunstung von Wasser über adiabate Abluftkühlung. Bei der adiabaten Abluftkühlung wird Wasser in den Abluftstrom innerhalb einer Klimaanlage versprüht. Über einen Wärmetauscher wird die Zuluft so vorgekühlt, dass an den meisten Tagen kaum technisch erzeugte Kälte verwendet werden muss, um das Gebäude zu klimatisieren. Dieser Prozess der Verdunstung von Wasser erzeugt Zulufttemperaturen von 18°C bis 22°C bei Außentemperaturen von bis zu 30°C. Der Umweg über die Kühlung der Abluft erfüllt höchste hygienische Anforderungen: Die Zuluft in das Gebäude kommt mit der befeuchteten Abluft nicht in Kontakt.

Zur Regelung der Luftfeuchte bieten sich sorptionsgestützte Verfahren an. Auf Basis von beispielsweise Magnesiumchlorid kann die Zuluft in das Gebäude sowohl im Sommer entfeuchtet als auch im Winter befeuchtet werden. Über eine 20-30%ige Solelösung ist die Hygiene der Zuluft voll gewährleistet.

Gegenüber beispielsweise der Verwendung von Lithiumchlorid ist die Regenerierung von Magnesiumchlorid vergleichsweise einfach über die Außenluft oder die Abluft des Gebäudes realisierbar. Bei der konventionellen Praxis der Gebäudekühlung und der Luftentfeuchtung über Kältemaschinen entstehen hohe Betriebskosten. Adiabate Abluftkühlung, wenn möglich über Regenwassernutzung, in Kombination mit sorptiven Systemen auf Basis von Salzlösungen bieten hier eine sowohl energetisch wie hygienisch kostengünstige Alternative.

Tabelle 1: Optionen zur Durchführung energetischer Optimierungsmaßnahmen

1.	betriebliche Optimierung im Bestand	Unabhängig von der Nutzungsperspektive eines Hauses immer erforderlich.
2.	anlagentechnische Optimierung im Bestand	Kurz- bis mittelfristig wirtschaftliche Maßnahmen, Umfang kann stark variieren.
3.	Erneuerung einzelner Komponenten der Anlagentechnik	„Ohnehin Maßnahme“. Durchführung i. d. R. aus technischen Gründen. Nur geringe Steigerung der Energieeffizienz. Sollte ggf. zum Anlass eines „Systemwechsels“ bei der Versorgungstechnik genommen werden.
4.	Sanierung einzelner Baukomponenten	„Ohnehin Maßnahme“. Durchführung i. d. R. aus technischen Gründen. Sollte zur energetischen Sanierung des betroffenen Bauteils genutzt werden.
5.	Energetische Gesamtanierung bestehend aus baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen	Langfristig wirtschaftlich. Sollte bei Liegenschaften mit langer Nutzungsperspektive durchgeführt werden.
6.	Erweiterungen, Umbauten bestehender Krankenhäuser	Wesentliche bauliche Änderungen sollten zum Anlass genommen werden, eine energetische Gesamtstrategie für die gesamte Liegenschaft zu entwickeln und umzusetzen.
7.	Neubau	Für Neubauten sollte generell ein Energiekonzept realisiert werden, das Synergien innerhalb des Versorgungsverbundes nutzt.

Schlussfolgerungen

Dem aufgrund spezifischer Anforderungen an die Versorgungstechnik besonders hohen Energieverbrauch in Krankenhäusern steht ein besonders großes Einsparpotential gegenüber. Die vollständige Erschließung dieses Potentials setzt ein integriertes Gesamtkonzept mit innovativer Technologie voraus. Im Zusammenhang mit der langfristigen Entwicklung eines Krankenhausstandortes mag eine solche vollständige energetische Sanierung im Einzelfall möglich sein. Um ein volkswirtschaftlich großes Einsparvolumen zu erschließen, müssen jedoch auch in den vielen Fällen, in denen dieses Optimum nicht umsetzbar ist, die aufgrund der jeweiligen Situation eines Hauses gegebenen energetischen Chancen bestmöglich genutzt werden können.

Danksagungen

Das Projekt wird gefördert im Rahmen der Forschungsinitiative »Energieoptimiertes Bauen« (EnOB). Unser Dank gilt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi sowie dem Projektträger Jülich PTJ.

Literatur

[1] Beier, C. 2009: Analyse des Energieverbrauchs und exemplarische Best-Practice-Lösungen für relevante Verbrauchssektoren in Krankenhäusern. Fraunhofer Umsicht. Abschlussbericht DBU-Forschungsprojekt »Energieeffiziente Krankenhäuser«; Fördernummer DBU – AZ 23472. 80 S.

[2] Statistisches Bundesamt: Kostennachweis der Krankenhäuser - Fachserie 12 Reihe 6.3 - 2008. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2010.

[3] EECCAC, 2003: Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners. REPORT for the DG TREN of the Commission of the E.U, 2001, Volume 1, 52 S.

[4] EANRW; o.J.: Energieagentur NRW; Energie im Krankenhaus - Ein Leitfadens für Kostensenkung und Umweltschutz durch rationelle Energieverwendung; Wuppertal / Duisburg.

[5] DIN 13080:2003-7; Gliederung des Krankenhauses in Funktionsbereiche und Funktionsstellen.

[6] Hagedorn, G. 1989: Energierationalisierung im Krankenhaus. DGS-Sonnenenergie-Verlags GmbH München 1989, Universitätsbibliothek Hannover „Energierationalisierung im Krankenhaus ERIK III“ (Kennzahl 0335340 C) Abschlussbericht 1991.

Links

www.khplus.info

www.enob.info

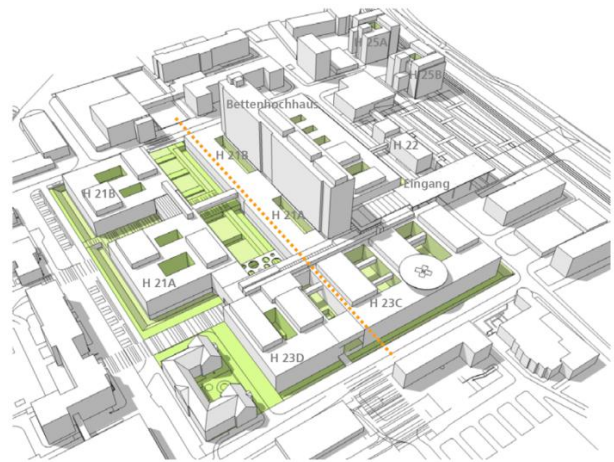


Abb. 3: Universitätsklinikum Frankfurt am Main, Planung Büro Nickl & Partner, München