



**OPET**  
Austria



**JOULE-THERMIE**

## **Ergebnisse, Erfahrungen und Projektbeispiele zur Energieeinsparung im Krankenhausbereich**

**Dr. Günter Simader**  
OPET AUSTRIA  
Linke Wienzeile 18  
1060 Wien  
Telefon: 01 5861524-24  
FAX: 01 5869488  
e-mail: [simader@eva.wsr.ac.at](mailto:simader@eva.wsr.ac.at)  
<http://www.eva.wsr.ac.at/opet/>

In Zusammenarbeit mit Nicola Saccà (OPET CORA) und Dr. Udo Sievers (Dr. Ruhrmann & Partner), STE („Sectoral Expert“) des OPET Netzwerkes der Europäischen Union (DGXIII und DGXVII)

Wien, 15. Feber 1998

Impressum:

Eigentümerin, Herausgeberin und Verlegerin: Energieverwertungsagentur - Verein zur Förderung der sinnvollen Verwertung von Energie (E.V.A.), Linke Wienzeile 18, A-1060 Wien, Tel.: (+43-1) 586 15 24, Fax: (+43-1) 586 94 88; e-mail: [eva@eva.wsr.ac.at](mailto:eva@eva.wsr.ac.at)

Vertreten durch: Univ.-Prof. Dr. Manfred Heindler

Gesamtleitung: DI Dr. Günter R. Simader

Reviewing: DI Dr. Georg Benke

Layout: DI Dr. Günter R. Simader

Herstellung: Wien

Verlagsort und Herstellungsort: Wien

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Ergebnisse, Erfahrungen und Projektbeispiele zur Energieeinsparung im Krankenhausbereich</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Besonderheiten des Medizinbetriebs und der Krankenhausgebäude</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Energiequellen und Energieverbrauch</b>	<b>7</b>
<b>1.4 Wärmeerzeugung</b>	<b>8</b>
<b>1.5 Kraft-Wärme-Kopplung</b>	<b>8</b>
<b>1.6 Wärmepumpen</b>	<b>9</b>
<b>1.7 Sonstige Maßnahmen</b>	<b>9</b>
<b>1.8 Projektbeispiele</b>	<b>9</b>
<b>1.9 Referenzen</b>	<b>10</b>
<b>1.10 Beispiele Elektrische Energie</b>	<b>10</b>
1.10.1 Energiesparende Krankenhausbeleuchtung mit besserem Beleuchtungskomfort	10
1.10.2 Energie-Einsparung in einem grossen Krankenhaus insbesondere durch Einsatz drehzahlvariabler Regelungen	11
<b>1.11 Beispiele Kraft-Wärme-Kopplung</b>	<b>13</b>
1.11.1 Einsatz kleiner KWK-Einheiten im Biggart Hospital, Schottland	13
1.11.2 Grosse KWK-Anlage mit integrierter Verbrennung des Klinikabfalls in einem Krankenhaus in Birmingham	14
<b>1.12 Beispiele Wärmepumpe und Solarenergie</b>	<b>16</b>
1.12.1 Krankenhausbeheizung mit Meerwasser-Wärmepumpe (Stokmarknes, Norwegen)	16
1.12.2 Solardach für ein Krankenhaus in Murcia, Spanien	17
<b>1.13 Beispiele Hauswirtschaftsbetrieb</b>	<b>18</b>
1.13.1 Dezentrale Dampferzeugung für Wäschereimaschinen im Krankenhaus Mulhouse	18
1.13.2 Ozon - Kaltwaschverfahren für Leinen	19

<b>1.14</b>	<b>Beispiele Energiemanagement und Finanzierungsmodelle</b>	<b>20</b>
1.14.1	Energiemanagement-System für Krankenhausgebäude mit drahtloser Datenübertragung und Mikrocontrollern	20
1.14.2	Energieeinsparung durch den Einsatz von Telediensten	21
1.14.3	Pilotprojekte für Least-Cost Planung und Drittmittelfinanzierung im öffentlichen Sektor in Deutschland	22
<b>1.15</b>	<b>Ausblick: Abfallwirtschaft</b>	<b>23</b>
1.15.1	Abfallmanagement hinsichtlich Verringerung und Recycling von Krankenhausabfällen, insbesondere toxischer und infektiöser Abfälle	23

# 1 ERGEBNISSE, ERFAHRUNGEN UND PROJEKTBEISPIELE ZUR ENERGIEEINSPARUNG IM KRANKENHAUSBEREICH

## 1.1 Einleitung

Kliniken und Krankenhausgebäude sind große Energieverbraucher und der Energieeinsatz ist sehr vielseitig. Neuere Untersuchungen in Europa gehen von einem Energiesparpotential in diesem Bereich von mindestens 20% (Deutschland) bis zu 44% (Niederlande) aus (*CADDET-Report*).

Etwa 10% Primärenergie-Einsparung ist häufig innerhalb eines einzigen Jahres erreichbar, ohne dafür ein besonderes Budget zu benötigen: je nach Praxis des Energiemanagements im Krankenhaus genügt teilweise ein einfacher Inspektionsgang, um unnötigen Energieverbrauch zu identifizieren (unnötig oder in unnötigem Umfang laufende Geräte, Lüftung, Beleuchtung usw.), der reduziert werden kann, ohne den Krankenhaus-betrieb zu beeinträchtigen.

Andere, ähnlich einfache Maßnahmen umfassen das regelmäßige Reinigen von Fenstern, Lampen und Beleuchtungen, den Ersatz von Lampen und Filtern nach empfohlenen Betriebsdauern, das regelmäßige Prüfen und Reparieren von Lecks, Prüfen von Thermostaten und Temperaturreglern auf korrekte Einstellung und Funktionsüberwachung automatischer Regelungen.

Substantiellere Maßnahmen erfordern jedoch in der Regel eine Modifizierung des Energiesystems und damit ein entsprechendes Budget. Wenn dies erwogen wird, muß die Komplexität eines Krankenhaus-Energiesystems berücksichtigt werden, bei dem eine Veränderung eines Teilsystems fast unvermeidlich Rückwirkungen auf andere Teilsysteme hat. Zum Beispiel wird die Verstärkung der Isolation zwar den Heizbedarf reduzieren, voraussichtlich aber auch den Kühlungsbedarf

erhöhen. Deshalb sollte vor einer entsprechenden Investitionsentscheidung immer ein Energie-Audit erfolgen.

Die umfangreichen Möglichkeiten für entsprechend angepaßte Maßnahmen werden durch eine Reihe von Kurzbeispielen illustriert. Bei Interesse und Bedarf können detaillierte Beispiele (auch zu anderen als den beschriebenen Maßnahmen) zur Verfügung gestellt und entsprechende Kontakte zum Erfahrungsaustausch vermittelt werden.

## **1.2 Besonderheiten des Medizinbetriebs und der Krankenhausgebäude**

Obwohl Energie-Effizienz in Krankenhäusern wichtig ist, muß sie natürlich hinter den Erfordernissen des medizinischen Betriebes zurückstehen. Neben dem richtigen Raumklima sind hier vor allem die Anforderungen an die Reinheit der Raumluft und Reduzierung von Luftströmen zur Vermeidung von Keimausbreitung und Ansteckung ausschlaggebend. In Operationssälen, Intensiv-Stationen usw. sind zusätzlich eine Filterung der Raumluft und Druckschleusen erforderlich, um eine ausreichende Keimfreiheit zu gewährleisten. Zusätzlicher Energiebedarf erwächst im ganzen Krankenhaus auch aus der Notwendigkeit häufiger Sterilisierung von Instrumenten und Geräten und der Bereithaltung von Notstrom für kritische Bereiche.

Krankenhäuser sind typischerweise große Gebäude mit langer Lebensdauer, oft über 50 Jahre. Während dieser Zeit erfolgen zahlreiche Umbau-, Renovierungs- und Modernisierungsmaßnahmen, oft auch wegen dem schneller notwendigen Ersatz veralteter technischer Einrichtungen. Die Gewährleistung eines optimalen Raumklimas kann dadurch erschwert werden. Insbesondere durch die Vielzahl technischer Geräte wird sehr viel Wärme (ungeregelt) freigesetzt. In Verbindung mit guter Außenisolation bedeutet dies in der Regel zwar verringerten Heizbedarf; der größte Energiebedarf besteht dann stattdessen meist für die Kühlung. In Summe führt dies zu einem hohen und tendenziell noch wachsenden Energiebedarf, so daß Energie-Effizienz – insbesondere bei zukünftig durch Ressourcenverknappung steigenden Energiepreisen – eine wachsende Bedeutung hat.

### 1.3 Energiequellen und Energieverbrauch

Da sowohl ein ständiger Bedarf an Wärme und an Elektrizität besteht, werden in Krankenhäusern gleichermaßen Netzstrom und fossile Brennstoffe zur Deckung des Energiebedarfs eingesetzt; in geringem Umfang werden auch erneuerbare Energiequellen genutzt. Die Verteilung ist je nach Krankenhaus verschieden und abhängig von der konkreten Bedarfssituation, sowie von der installierten Energieanlage.

Brennstoffe werden überwiegend für Raumwärme und Heißwasser verwendet, elektrischer Strom hauptsächlich für Beleuchtung und Lüftung/Kühlung/Klimatisierung. Diese vier Verbräuche machen typischerweise 75% des Gesamtenergieverbrauchs aus. Solarenergie wird manchmal für die Heißwasser-erzeugung eingesetzt. Daneben wächst der Einsatz von Biomasse, insbesondere im Zusammenhang mit der Verbreitung von Fernwärmenetzen. Falls Fernwärme verfügbar ist, empfiehlt sich ihr größtmöglicher Einsatz im Krankenhausbereich, da sie in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplung in der Regel effizienter und billiger ist als eigene Wärmeerzeugung.

Für die wichtigsten elektrischen Verbraucher weist die *CADDET-Studie* folgende Ergebnisse aus:

Für die Klimatisierung im Krankenhaus scheinen Luft/Luft-Klimaanlagen am besten geeignet, obwohl auch andere Systeme im Einsatz sind. Bei der Beleuchtung führt die Verwendung moderner Gas-Fluoreszenzlampen zu deutlicher Verbesserung der Energie-Effizienz, insbesondere bei Optimierung mit entsprechenden Widerständen und angepassten Reflektoren.

Obwohl zweitrangig im Vergleich mit Klimatisierung und Beleuchtung, verbrauchen auch der medizinische und Pflegebetrieb erheblich Energie, insbesondere für Wäscherei, Küche (jeweils 10-15%), und Heißwasser. Die Vielzahl medizintechnischer Geräte ist für jedes Krankenhaus verschieden. Da der durch sie verursachte Energieverbrauch um eine Größenordnung geringer ist als der für die anderen Bedarfsquellen, ist eine summarische Betrachtung zulässig.

## **1.4 Wärmeerzeugung**

Die thermische Energie kann durch Gas- oder Ölkessel, durch Wärmepumpen (gas-, öl- oder elektrisch betrieben) oder durch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bereitgestellt werden, die normalerweise zentral für den gesamten Krankenhauskomplex installiert sind. Wärmerückgewinnung in Verbindung mit Kesselanlagen kann mit Abgas-Wärmepumpen, Direkt-Kondensationssystemen oder Abdampf-Wärmetauschern zur Heiß- und Warmwassererzeugung sowie zur Gebäudeheizung erfolgen. Installationskosten für Wärmerückgewinnung betragen in der Größenordnung 150.000 bis 200.000 DM und haben eine Amortisationszeit von 3 bis 4 Jahren.

## **1.5 Kraft-Wärme-Kopplung**

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erzeugen gleichzeitig Strom und Wärme; ihr Einsatz bietet sich bei gleichzeitigem Bedarf von Strom und Wärme – wie im Krankenhausbetrieb – aufgrund der verbesserten Wirtschaftlichkeit durch hohen Gesamt-Wirkungsgrad und Einsatz billiger Brennstoffe immer an. Zusätzlich leisten sie einen beachtlichen Beitrag zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Für eine hohe Wirtschaftlichkeit muß die KWK-Anlage auf maximale Betriebszeit ausgelegt sein; dies bedeutet in der Regel eine Auslegung zur Deckung der Elektrizitätsgrundlast des Krankenhauses. In den meisten Krankenhäusern, die KWK-Anlagen installiert haben, werden diese bei Nacht oder an Wochenenden (Niedriglastzeiten) abgeschaltet, ansonsten aber in Vollast betrieben. KWK-Anlagen auf Basis von (gasbetriebenen) Otto-Motoren sind in Krankenhäusern am weitesten verbreitet. Die installierte Leistung variiert von einigen 10 kW bis zu mehreren MW. Die Amortisationszeit beträgt in der Regel zwischen zwei und vier Jahren. (Wo die gesetzlichen Bestimmungen dies zulassen, kann KWK auch wirtschaftlich mit thermischer Entsorgung von Klinikabfällen gekoppelt werden. Ein Beispiel hierzu gibt es in Großbritannien.)

## **1.6 Wärmepumpen**

Wärmepumpen setzen eine geringe Menge Elektrizität, Brennstoff oder auch Abwärme ein, um Wärme – meist aus der natürlichen Umgebung (z. B. Fluß) - von einem niedrigeren Temperaturniveau auf ein höheres Temperaturniveau im Krankenhausgebäude zu transformieren. Die Mehrzahl der in Krankenhäusern eingesetzten Wärmepumpen arbeiten nach dem Dampfverdichter-Prinzip; sie sind am wirtschaftlichsten bei geringem Temperaturgefälle. Mit Wärmepumpen kann Warmwasser bis zu 65°C erzeugt werden, für höhere Wassertemperaturen wird Zusatzheizung benötigt. Die Amortisationszeiten sind im Vergleich mit anderen Technologien lang (7-20 Jahre), ihr Einsatz kann im Einzelfall jedoch sinnvoll sein.

## **1.7 Sonstige Maßnahmen**

Hier sind zuerst Energiemanagement und Energie-Monitoring sowie Personaltrainingsprogramme zu nennen. Sie verursachen relativ geringe Kosten mit einer Amortisation zwischen wenigen Monaten und zwei Jahren.

Wichtig sind ferner Verbesserungen an der Gebäude-Außenhaut. Diese erfolgen natürlich grundsätzlich im Zuge größerer Erneuerungen, aber selbst Abdichtungen von Fensterrahmen usw. können mitunter zu Verbesserungen bei der Klimatisierung sowie zum Wohlbefinden von Patienten beitragen.

## **1.8 Projektbeispiele**

Die folgenden Projektbeispiele wurden vorrangig aus EU-Förderprogrammen (JOULE/THERMIE, LIFE, SAVE) sowie aus der CADDET-Datenbank ausgewählt. Sie sollen vor allem die Möglichkeiten für Energie-effizienzmaßnahmen im Krankenhaus verdeutlichen. Detail-Informationen zu speziellen Projekten bzw. zu ihrer Anwendbarkeit im konkreten Einzelfall können bei Bedarf zugänglich gemacht werden.

## 1.9 Referenzen

- Europäische Kommission, Programme JOULE/THERMIE, LIFE, SAVE.
- Europäische Kommission, CORDIS-Datenbankdienst;
- Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies (CADDET), 1996, CADDET-Bericht AR 20 "Learning from experiences with energy savings in hospitals".

## 1.10 Beispiele Elektrische Energie

### 1.10.1 Energiesparende Krankenhausbeleuchtung mit besserem Beleuchtungskomfort

Ort : Stockholm; Schweden

#### Beschreibung

Der elektrische Gesamtverbrauch medizinischer Einrichtungen in Schweden beträgt 2.3 TWh im Jahr. Energieeinsparmaßnahmen werden seit Jahren kontinuierlich durchgeführt. Dennoch wies eine statistische Untersuchung ("STIL", innerhalb eines Gesamtprojekts "Uppdrag 2000") ein weiteres Einsparpotential von 8% für den Krankenhausbereich nach. Das im folgenden kurz zusammengefaßte Projekt, das im Rahmen dieses Gesamtkonzepts durchgeführt wurde, umfaßte Planung, Durchführung und Ergebnisbewertung der Energie-Effizienzmaßnahmen.

#### Technische Einzelheiten

Im Löwenströmska-Krankenhaus im Norden Stockholms (Upplands Väsby) wurde das alte Beleuchtungssystem in einem Krankenhausflügel durch moderne Energiesparbeleuchtung ersetzt. Die Beleuchtungsstärke in Behandlungszimmern wurde auf 11 W/m<sup>2</sup> reduziert bei Ausstattung mit Doppelröhren-Leuchtkörpern und Hochfrequenz-Einheiten. In den Krankenzimmern wurde die

Beleuchtungsstärke auf 5 W/m<sup>2</sup> reduziert mit kompakten Fluoreszenz-Röhren als Beleuchtungskörper.

### **Energie-Einsparung**

Der elektrische Verbrauch in Behandlungszimmern wurde um bis zu 40% und in den Krankenzimmern um 70% reduziert.

### **Wirtschaftlichkeit**

Die Gesamtkosten der Installation betragen rund 35.000 DM. Ein Ersatz des alten Beleuchtungssystems war ohnehin fällig, so daß nur die Zusatzkosten des Hochfrequenzsystems in Höhe von 10.000 DM den Energiesparmaßnahmen zuzurechnen sind. Die anteiligen Betriebskosten für die Beleuchtung dieses Krankenhausflügels sanken um 1.500 DM pro Jahr, so daß die Mehrkosten nach 6 – 7 Jahren amortisiert sind. Zusätzlich wurde eine hellere und gleichmäßigere Ausleuchtung in allen Räumen dieses Flügels erreicht.

### **Kontakt:**

Löwenströmska Sjukhuset; 194 89 Upplands Väsby / Sweden; Tel. +46-8 59003000

### **Quelle: CADDET**

## **1.10.2 Energie-Einsparung in einem grossen Krankenhaus insbesondere durch Einsatz drehzahlvariabler Regelungen**

Ort : Hertfordshire; United Kingdom

### **Beschreibung**

Zur Senkung von Energieverbrauch und Kosten wurden in der Hull Royal Infirmary (HRI) in Humberside vielfältige Energiesparmaßnahmen durchgeführt. Diese umfaßten folgende Projekte:

- Drehzahlvariable Regelung der Aufzug-Mechanismen,
- Niedrigenergie-Beleuchtung und Beleuchtungskontrolle,
- Drehzahlvariable Steuerung der Ventilationsanlage,

- Drehzahlvariable Steuerung der Kessel-Speisewasserpumpe,
- sowie Installation einer Abluft-Wärmerückgewinnung.

Eine Einsparung von 7 % der elektrischen Energie konnte entgegen dem allgemein ansteigenden elektrischen Verbrauch realisiert werden.

### **Technische Einzelheiten**

Drehzahlvariable Antriebe (VSDs) wurden anstelle der vorhandenen Motor/Generator-Einheiten bei vier stark benutzten Aufzügen eingesetzt; damit wird eine bessere Anpassung der Motorleistung an die Last beim Liftbetrieb erreicht und der Wartungsaufwand verringert.

Verbesserungen des Beleuchtungssystems umfaßten einen Ersatz von Tungsten-Lampen mit kompakten Fluoreszenzlampe oder -röhren, die Installation effizienterer Reflektoren und die Ausstattung der Hochfrequenz-Fluoreszenzröhren mit manuellen Dimmern.

Ventilationsantriebe wurden mit VSDs ausgerüstet und an das Energiemanagementsystem des Gebäudes angeschlossen, um die Lüftung dem Bedarf anzupassen und eine Zeitschaltung für Bereiche einzurichten, in denen die Lüftung nicht dauernd in Betrieb sein muß.

Die Kessel-Speisewasserpumpe wurde mit einem Inverter-Antrieb ausgestattet und so die Pumpfrequenz an den Speisewasserbedarf angepaßt.

Zwei Luft-Wasser-Wärmepumpen wurden zur Wärmerückgewinnung in die Abluftschächte eingebaut. Die Wärmeleistung beträgt je 20 kW. Die Wärme wird zur Beheizung zweier Kinderabteilungen mit einer Temperaturanforderung 24°C verwendet.

Weitere Einsparungen wurden durch die Installation einer KWK-Anlage mit maximaler elektrischer Leistung von 650 kW und Wärmeleistung von 1031 kW erreicht.

### **Energie-Einsparung**

Trotz der steigenden Nachfrage nach elektrischer Leistung im Zusammenhang mit verschiedenen Krankenhauserweiterungen fiel der elektrische Gesamtverbrauch zwischen 1987 und 1992 um beinahe 2.5%. Die neuen Bereiche benötigen allein etwa 5% des elektrischen Verbrauchs des

Krankenhaus. Dies eingerechnet, konnte eine Reduzierung des Gesamtverbrauchs um über 7% erreicht werden.

### **Wirtschaftlichkeit**

Die Amortisationszeiten der Teilprojekte lagen alle unter 3 Jahren.

**Kontakt:** Diana Goult, ETSU / UK National CADDET Team;

Tel. +44-1235-432263 / Fax +44-1235-432644; Email [diana.goult@aeat.co.uk](mailto:diana.goult@aeat.co.uk)

## **1.11 Beispiele Kraft-Wärme-Kopplung**

### **1.11.1 Einsatz kleiner KWK-Einheiten im Biggart Hospital, Schottland**

Ort : Ayr, Schottland; United Kingdom

#### **Beschreibung**

Mit der Installation der KWK-Anlage sollten im Biggart Hospital vor allem die Energiekosten reduziert werden. Ein Energie-Audit empfahl den Einsatz zweier gasbefeuerter Mini-KWK-Systeme von Applied Energy Systems (AES) mit einer elektrischen Leistung von je 40 kWe. Während Niedriglastzeiten arbeitet nur eine Einheit. Vor der KWK-Installation erfolgte Heizwasser- und Brauchwasserbereitung des Krankenhauses zentral mit drei ölbefeuerten Kesseln.

Die Mini-KWK-Einheiten wurden in einer ehemaligen Zimmerei neben dem vorhandenen Kesselraum installiert. Die KWK-Einheiten stellen die Wärme für Heizung und Brauchwasserbereitung des Krankenhaus-Hauptgebäudes sowie die Elektrizität für die gesamte Anlage bereit. Ein vorhandener Kessel wurde auf Erdgas umgestellt zur Erzeugung der restlichen benötigten Wärme und ein weiterer Kessel wird als stand-by gefahren. Das ganze System wird automatisch geregelt, wobei die KWK-Anlage die Grundlast deckt. Je nach Brennstoffpreisen

können wahlweise der gas- oder der ölbetriebene Kessel zusätzlich gefahren werden.

Ein Großteil der Kosteneinsparung ist das Resultat der Eigenstromerzeugung, die billiger ist als der Netzstrombezug. Zusätzlich wurden Brennstoffeinsparungen realisiert durch die Wärmenutzung der KWK-Einheiten zur Brauch- und Heizwasserbereitung.

### **Technische Einzelheiten**

Im Normalbetrieb arbeiten beide Maschinen 18 h/Tag und nur eine Maschine während 6 Stunden nachts. Die jährliche Betriebsdauern betragen je etwa 6.500 Stunden. Gemeinsam erzeugen die beiden Maschinen 80 kW elektrische Leistung und 190 kW Wärme bei einem Primärenergieeinsatz in Form von Erdgas von 440 kW.

### **Wirtschaftlichkeit**

Die Jahresenergiekosten konnten um ca. 55.000 DM gesenkt werden. Bei Investitionskosten von rund 150.000 DM und höheren Wartungskosten von ca. 5.000 DM pro Jahr beträgt die einfache Amortisationsdauer (ohne Berücksichtigung der Kapitalkosten) rund drei Jahre.

### **Kontakt:**

Diana Goult, ETSU / UK National CADDET Team;

Tel. +44-1235-432263 / Fax +44-1235-432644; Email [diana.goult@aeat.co.uk](mailto:diana.goult@aeat.co.uk)

## **1.11.2 Grosse KWK-Anlage mit integrierter Verbrennung des Klinikabfalls in einem Krankenhaus in Birmingham**

### **Beschreibung**

Als Ergebnis einer Machbarkeitsstudie mit geschätzten Kosteneinsparungen von rund 1,7 Mio. DM pro Jahr wurde im Queen Elizabeth Medical Centre in Birmingham eine KWK-Anlage errichtet und dabei eine Verbrennungsanlage für die Krankenhausabfälle integriert. Das Projekt demonstriert diese technische Option sehr erfolgreich, mit tatsächlichen Kosteneinsparungen von rund 2 Mio. DM jährlich.

## **Technische Einzelheiten**

Die installierte Anlage besteht aus Gasturbinen-KWK, Abfallpyrolyse-Anlage mit Abhitzeessel und Wärmetauscher. Das KWK-System erzeugt 3.6 MW elektrische Leistung und deckt damit den elektrischen Gesamtbedarf während acht Monaten (Oktober bis Mai). Die Abfallpyrolyse-Anlage ist zweistufig mit einem Durchsatz von 750 kg/h. Beide Anlagen (KWK und Pyrolyse) werden normalerweise mit Erdgas betrieben, mit Diesel als standby-Brennstoff.

Im Abhitzeessel, der sowohl die Turbinen-Abgase als auch die Pyrolyse-Abgase nutzt, werden 12,4 Tonnen Dampf pro Stunde bei 7 bar Dampfdruck erzeugt. So können 5,9 MWth aus Turbinenabgasen und 1.5 MWth aus Pyrolyse-Abgasen zurückgewonnen werden. Nachgeschaltete Wärmetauscher für die Vorwärmung des Kesselspeisewassers und für Verbrennungsluftvorwärmung in der zweiten Pyrolysekammer bringen nochmals 1,7 MWth.

Trotz Anlaufschwierigkeiten wegen erhöhter Korrosion am Abhitzeessel aufgrund aggressiver Pyrolyse-Abgase konnte das Projekt sehr erfolgreich abgeschlossen werden. Die Verfügbarkeit der Turbine ist 95.7 % und der Gesamtwirkungsgrad der Anlage liegt bei 70 %. Die Abfallpyrolyse arbeitet sehr zufriedenstellend mit einem 13 % höheren Durchsatz als erwartet, so daß zusätzliche externe Abfälle darin verbrannt werden.

## **Energie-Einsparung**

Der Primär-Energieeinsatz der Anlage lag im Vergleich zur Ausgangssituation um 37.532 GJ/a höher aufgrund des höheren Einsatzes von Erdgas für die gemeinsame Erzeugung von Strom und Wärme bei dem Gesamtwirkungsgrad von 70 % (im Vergleich zu Netzstromeinsatz mit 100 % und Wärmeerzeugung aus Kohle mit 76 % Wirkungsgrad). Insgesamt betrachtet, unter Einbezug der hohen Primärenergieverluste für konventionelle Stromerzeugung, ergibt sich jedoch eine Energieeinsparung von 118.951 GJ/a mit entsprechend geringeren Kosten.

## **Wirtschaftlichkeit**

Die Investitionskosten für das Projekt betragen rund sechs Mio. DM. Dem standen im Jahr 1990/1991 (Kontrollperiode) Kosteneinsparungen von 1,725 Mio. DM für Fremdbezug von Energie und Erlöse aus der Abfallverbrennung von 475.000 DM gegenüber. Die Betriebskosten der Anlage betragen insgesamt rund 200.000 DM.

Kostensparnis insgesamt somit rund 2 Mio. DM jährlich; Amortisation der Anlage in 3 Jahren.

**Quelle: CADDET**

## **1.12 Beispiele Wärmepumpe und Solarenergie**

### **1.12.1 Krankenhausbeheizung mit Meerwasser-Wärmepumpe (Stokmarknes, Norwegen)**

#### **Beschreibung**

Die Wärmepumpen-Anlage, die die Wärme dem Wasser der Nordsee entzieht, wurde 1987 zur Beheizung des gesamten Krankenhauses in Stokmarknes installiert. Das Krankenhaus hat einen relativ hohen Wärmebedarf zwischen 100 kW und 800 kW thermischer Leistung während des Jahres. Da das Krankenhaus direkt am Meer liegt, erwies sich der Einsatz der Wärmepumpenanlage insgesamt als günstig.

#### **Technische Einzelheiten**

Das Heizungssystem besteht aus der Wärmepumpenanlage und einem Spitzenlastkessel. Die Wärmepumpe besteht aus zwei gegenläufigen Kompressoren, einem Plattenwärmetauscher und einem Kondensator. Das System war ursprünglich auf den Einsatz von CFC-12 als Kältemittel ausgelegt, verwendet aber inzwischen HFC-134a (unschädlich für Ozon-Schicht). Das System ist auf 800 kW Gesamtleistung ausgelegt, mit einer maximalen Leistung der Wärmepumpe von 400 kW.

#### **Energie-Einsparung**

Die Wärmepumpe deckt 88 % des jährlichen Gesamtwärmebedarfs von 2.500 MWh. Energiebedarf der Wärmepumpe ist 840 MWh/a und zusätzlicher Brennstoffbedarf für Spitzenlast ist 425 MWh. Energieeinsparung rund 1.200 MWh im Jahr.

### **Wirtschaftlichkeit**

Die jährliche Einsparung an Energiekosten beträgt rund 60.000 DM. Dem standen Investitionskosten von rund 420.000 DM gegenüber. Einfache Amortisationszeit somit rund 7 Jahre.

### **Kontakt:**

Herr Ole Rist; Stokmarknes Sykehus; Stokmarknes N-8450; Norwegen ;

Tel. +47-76 151011 / Fax +47-76 151452

## **1.12.2 Solardach für ein Krankenhaus in Murcia, Spanien**

### **Beschreibung**

Ein konventionelles Dach kann durch ein "Solardach" (Dach mit integrierten Solarkollektoren anstelle der sonstigen Dachkonstruktion) ersetzt werden. Die entstehenden Kosten sind vergleichbar mit konventionellen Energiesystemen.

### **Technische Einzelheiten**

Die verwendeten Kollektoren haben eine selbsttragende U-Form mit Spiegeln zur Konzentration des Sonnenlichts längs einer Ost-West-Achse. Maximaltemperatur liegt unter 100°C, so daß Kunststoffmaterial verwendet werden kann. Eine verringerte Anzahl thermischer Zyklen verlängert die Lebensdauer der Einrichtung.

Das Krankenhaus in Murcia wurde mit einem 450 m<sup>2</sup> großen, integrierten Sonnenkollektor-Dachsystem ausgestattet. Das Gesamtsystem besteht aus dem Kollektor, zwei 60 m<sup>3</sup>-Wärmeakkumulatoren und zwei Wasser-Wasser-Wärmepumpen sowie einer automatischen Steuerung.

### **Energie-Einsparung**

Die Energieeinsparung beträgt 82.300 kWh im Jahr (190 kWh/a pro m<sup>2</sup> Solardachfläche).

Angaben über die Wirtschaftlichkeit liegen nicht vor.

### **Quelle:**

EU Programm THERMIE / Projekt-Referenznummer: SE./00103/88/ES/IT

**Kontakt:** ENERCOM SA, ES - 28034 SANTIAGO DE COMPOSTELA

Herr Jose Martinez Galan, Tel: +34-1-7387793

## **1.13 Beispiele Hauswirtschaftsbetrieb**

### **1.13.1 Dezentrale Dampferzeugung für Wäschereimaschinen im Krankenhaus Mulhouse**

#### **Beschreibung**

Die Krankenhauswäscherei in Mulhouse verarbeitet 5.8 Tonnen Wäsche pro Tag. Ziel des Vorhabens war eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs durch Rückgewinnung der latenten und fühlbaren Wärme in Abluft und Abdampf. Dies geschieht durch einen kombinierte Wärmetauscher / Kondensationsprozeß "ECOSPIR". Dabei wird die Temperatur des Waschwassers durch Dampf auf zwei bestimmte Temperturpunkte angehoben (40 und 65°C); der Dampf wird in dezentralen elektrischen Boilern erzeugt und das Kondensat ohne Entspannung zurückgeführt.

#### **Technische Einzelheiten**

Konventionelle, zentrale Dampferzeugung für Wäschereien haben eine sehr geringen Wirkungsgrad, weil ein großer Teil der erzeugten Wärmemenge durch Übertragungsverluste ungenutzt bleibt. Durch dezentrale Dampferzeugung kann der Energieeinsatz um 70 % reduziert werden. Die dezentrale Dampferzeugung erfolgt elektrisch; die Dampferzeuger sind dicht unter den Maschinen installiert, so daß eine Kondensatrückführung mit Schwerkraft möglich ist.

#### **Energie-Einsparung**

Der Gasverbrauch zur Dampferzeugung in der Krankenhauswäscherei konnte von rund 4.500 MWh pro Jahr auf rund 1500 MWh pro Jahr gesenkt werden.

#### **Wirtschaftlichkeit**

Die Betriebskosten mit konventioneller Technik betragen einschließlich Abschreibung und Wartung rund 545.000 DM pro Jahr. Die Gesamtkosten des neuen Systems betragen einschließlich Abschreibung und Wartung rund 520.000 DM. Die Gesamtkosten des neuen Systems sind damit rund 25.000 DM niedriger.

**Quelle:**

EU Programm THERMIE / Projekt-Referenznummer: EE./00111/87/FR

**Kontakt:** CENTRE HOSPITALIER DE MULHOUSE, BP 1070, F-68051 MULHOUSE, Herr GERBAUD

### **1.13.2 Ozon - Kaltwaschverfahren für Leinen**

Bürgerspital Lyon, Frankreich

**Beschreibung**

Die Wäscherei des Bürgerspitals in Lyon verarbeitet täglich 28 t Leinen in vier Waschlinien mit einer Kapazität von je 1.2 t pro Stunde.

Ziel des Vorhabens war die Einführung eines neuen Kaltwaschprozesses für Leinen mittels Ozon, dessen Oxidationswirkung für die Reinigung und Desinfektion verwendet wird. Das Waschwasser wird in einem prozeßintegrierten Filtrationssystem aufbereitet und im Kreislauf geführt. Das Verfahren hat sowohl wirtschaftliche als auch Umweltvorteile:

- bis zu 70 % des Wassers wird im Kreislauf geführt,
- keine Abwärmeverluste,
- direkte Desinfektion und Deodorierung des Abwassers,
- 60 % geringerer Chemikalieneinsatz als herkömmlich.

Das Vorhaben wurde erst Ende 1997 abgeschlossen, detaillierte Daten zur Energie-Einsparung und zur Wirtschaftlichkeit liegen noch nicht vor.

**Quelle:**

EU Programm LIFE 2 / Projekt-Referenznummer: LIFE96ENV/F/000455

Kontakt : Jacques FREQUELIN, FERLAY SA., 15, avenue Edouard Millaud, BP 18, F-69290 CRAPONNE, Fax: +33-78448466

## **1.14 Beispiele Energiemanagement und Finanzierungsmodelle**

### **1.14.1 Energiemanagement-System für Krankenhausgebäude mit drahtloser Datenübertragung und Mikrocontrollern**

Blackrock Klinik, Irland

#### **Beschreibung**

Computergesteuerte Energiemanagement-Systeme mit modernen, modularen Mikrocontrollern und entsprechender Software können sehr kostengünstig installiert werden und leisten einen erheblichen Beitrag zur Verbesserung der Energie-Effizienz.

Die Blackrock Klinik (120 Betten) wurde 1992 mit einem System ausgestattet, das das vorhandene Stromnetz der Klinik für die Datenübertragung nutzt. Das System besteht aus vielen verteilten Subminiatur-Mikrocontrollern, die via Duplex-Kommunikationsnetz mit einem Zentralrechner verbunden sind. Die Datenübertragung über das normale Stromnetz erspart teure Installationskosten für die Verkabelung.

Die Energieeinsparung durch das Energiemanagement beträgt ca. 15 %. Weitere Kostenersparnis durch geringeren manuellen Kontroll- und Wartungsaufwand.

#### **Quelle:**

EU Programm THERMIE / Projekt-Referenznummer: EE./00272/89/IR/..

**Kontakt:** Donald Briggs, Building Technology Applications,

**Adresse:** 9 Ely Place, IRL- 2, Dublin, Ireland , Tel: +353-1-6124046

## **1.14.2 Energieeinsparung durch den Einsatz von Telediensten**

### **Beschreibung**

Energiezähler der Versorgungsunternehmen sind mit Pulstransmittern ausgerüstet. Die von den Pulstransmittern übertragenen Daten können auch für die eigene Auswertung des Energieabnehmers verwendet werden. Diese Auswertung wird auch von spezialisierten Energieberatungsunternehmen angeboten, die über entsprechende Softwarewerkzeuge für die Analyse verfügen. Dazu können die Pulssignale mit einem entsprechenden Aufzeichnungsgerät gespeichert und über Modem / Telephonleitung an die Auswertezentrale des Dienstleisters weitergeleitet werden.

Die Dienstleistung umfasst

- Überprüfung der Energieabrechnung,
- Überwachung, Analyse und Empfehlungen bezüglich Verbrauchsanomalien,
- Erfassung des spezifischen Verbrauchs von einzelner Verbrauchseinheiten (Abteilungen, technische Systeme usw.) des Kunden, etc.

Ein derartiges Energiemanagement bringt nach vorliegenden Erfahrungen mindestens 10 % Energie-einsparung. Das System wurde bis Mitte 1997 in mehreren Betrieben und öffentlichen Einrichtungen einschließlich Kliniken erprobt. Einzelergebnisse liegen noch nicht vor.

### **Quelle:**

EU Programm: SAVE 1, Projektreferenznummer: XVII/4.1031/94-030

**Kontakt:** René Romant, Abes Engineering S.A, Parc Scientifique De La Province De Namur,

**Adresse:** Rue Phocas Lejeune 30/4, Be- 5032 Gembloux , Belgien; Tel: +32-81-566438 / Fax: +32-81-567980

### **1.14.3 Pilotprojekte für Least-Cost Planung und Drittmittelfinanzierung im öffentlichen Sektor in Deutschland**

#### **Beschreibung**

Least-Cost Planung wurde in Deutschland bisher überwiegend für das Management von Wohngebäude-Komplexe eingesetzt. Große Energiesparpotentiale bestehen jedoch ebenso in der Industrie, im Handel sowie im Öffentlichen Bereich. Die beteiligten Stadtwerke bieten Kunden aus diesen Bereichen ein kombiniertes Programm an, mit Energie-Audits und Drittmittelfinanzierung bzw. finanzieller Unterstützung zur Realisierung der identifizierten, wirtschaftlichen Energiesparmöglichkeiten.

Schwerpunkt der Energieanalyse liegt auf der Wirtschaftlichkeit technischer Maßnahmen zur Verbesserung der Energie-Effizienz, insbesondere hinsichtlich des Einsatzes elektrischer Energie. Dabei wurden jedoch auch Einsparmöglichkeiten für Wärme insbesondere im Zusammenhang mit Kraft-Wärme-Kopplung untersucht.

Ergebnisse liegen unter anderem von zwei Krankenhäusern vor. Diese weisen ein erhebliches Potential wirtschaftlich sinnvoller Einsparmöglichkeiten aus, die zum Großteil mit einer finanziellen Unterstützung seitens der Stadtwerke umgesetzt werden könnten. Die vorgeschlagenen Maßnahmen führen insgesamt zu einer Verringerung des (hauptsächlich elektrischen) Energieverbrauchs in der Größenordnung von 10 bis 20% des Gesamtverbrauchs und haben eine einfache Amortisationszeit von etwa 3,5 Jahren.

(Aktualität: Mitte 1997)

#### **Quelle:**

EU Programm SAVE 1 / Projekt-Referenznummer: XVII/4.1031/95-092

#### **Kontakte:**

Stadtwerke Heidelberg, Dr Gerhard Himmele, Tel: +49-6221-5130 / Fax: +49-6221-5133333

Stadtwerke Saarbrücken AG, DR., W. Brück, Tel.: +49-681-5870 / Fax : +49-681-5872041

Öko-Institut Freiburg, U. Ilgmann, Tel: +49-761-452950 / Fax : +49-761-475437

Wuppertal Institut, DR., P. Henicke, Tel : +49-202-24920 / Fax : +49-202-2492108

## **1.15 Ausblick: Abfallwirtschaft**

### **1.15.1 Abfallmanagement hinsichtlich Verringerung und Recycling von Krankenhausabfällen, insbesondere toxischer und infektiöser Abfälle**

#### **Beschreibung**

Die Definition und die Entsorgungspraktiken von Krankenhausabfällen wird erstmals einer europaweiten Analyse unterzogen. Die Studie umfaßt das gesamte Spektrum des Abfallmanagements in Kliniken. Dazu werden die Entsorgungspraktiken von 5 Modellkrankenhäusern (in Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien und Spanien) untersucht, um den Zusammenhang zwischen lokalen Bedingungen und der Entsorgungspraxis aufzuklären. Eine Fragebogenaktion soll Ergebnisse von einer möglichst großen Anzahl weiterer Kliniken liefern.

Ein wichtiger Teil des Projekts umfaßt eine standardisierte Katalogisierung der Definitionen von gefährlichen, infektiösen und toxischen Abfällen. Strategien zur Optimierung des Abfallmanagement von Krankenhäusern sollen auf der Basis von Fragebogenauswertungen erarbeitet werden. Zusätzlich sollen wiederverwertbare Anteile im Krankenhausabfall identifiziert werden.

Das Projekt läuft vom 1.4.1997 bis 30.9.1999.

#### **Quelle:**

EU Programm LIFE 2 / Projekt-Referenznummer: LIFE96ENV/D/000010

#### **Kontakte:**

Franz Daschner, Universitätsklinikum Freiburg, Institut für Umweltmedizin und  
Krankenhaushygiene

Adresse : Hugstetter Str. 55, 79106 Freiburg, Fax: +49-761-2705485