



Abschlussbericht

zum durchgeführten Projekt

„Energieeffizientisch“

für Krankenhäuser in Rheinland-Pfalz

**Arqum Gesellschaft für Arbeits-
sicherheits-, Qualitäts- und Umweltmanagement mbH**

Büro München

Aldringenstraße 9
80639 München

Büro Frankfurt

Oppenheimer Landstraße 70
60596 Frankfurt / Main

Büro Stuttgart

Gerhard-Koch-Straße 2-4
D-73760 Ostfildern

www.arqum.de

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ausgangslage und Ziele**
- 2 Beschreibung des Projektablaufs**
- 3 Auswertungen für alle Teilnehmer**
- 4 Kennzahlen**
- 5 Zusammenfassung der Gesamtergebnisse**
- 6 Resümee**

1 Ausgangslage und Ziele

Energieeffizienztische (EET) werden derzeit in ganz Deutschland zu einem Zeitpunkt initiiert und durchgeführt, zu dem viele Unternehmen den starken Druck durch die gestiegenen Energiepreise deutlich spüren. Dabei werden vermehrt Überlegungen angestellt, wie mit steigenden Kosten für Energie umzugehen ist bzw. diese kompensiert werden können.

Die Praxis zeigt allerdings, dass in vielen Unternehmen nach wie vor trotz hoher Preise für Energie und Material viele Energieeinsparpotenziale regelmäßig ungenutzt bleiben.

In Gruppenprojekten und unter Mithilfe externer Experten können erfahrungsgemäß viele Maßnahmen zu Einsparung und Effizienzsteigerung gefunden und umgesetzt werden. Dafür bieten Energieeffizienztische eine gute Basis.

Das Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz (MUFV) hat im Jahr 2009 gemeinsam mit dem Beratungsbüro Arqum einen Energieeffizienztisch für Krankenhäuser in Rheinland-Pfalz initiiert. Das Projekt wird jeweils zur Hälfte vom MUFV und den teilnehmenden Häusern finanziert.

Folgende Häuser haben sich zu einer Teilnahme entschlossen:

- Barmherzige Brüder Saffig
- Stadtklinik Frankenthal
- St. Elisabeth Krankenhaus Gerolstein
- Klinikum der Stadt Ludwigshafen gGmbH
- St.-Vincentius-Krankenhaus Speyer
- St. Josef-Krankenhaus Zell/Mosel
- Herz-Jesu-Krankenhaus Dernbach
- Gemeinschaftsklinikum Koblenz-Mayen – St. Elisabeth Krankenhaus Mayen
- Gemeinschaftsklinikum Koblenz-Mayen – Kemperhof Koblenz
- Diakonissen-Stiftungs-Krankenhaus Speyer gGmbH
- Heilig-Geist-Hospital Bingen
- Marienhausklinik Bitburg

- Reha-Klinik Rheingrafenstein
- Rheinhessen-Fachklinik Alzey

2 Beschreibung des Projektablaufs

Der Energieeffizienztisch für Krankenhäuser war als Gruppenprojekt angelegt. Die 14 teilnehmenden Krankenhäuser wurden dabei von Arqum und einem angeschlossenen Expertennetzwerk bei der Energieanalyse unterstützt.

Das Projekt basierte auf zwei Säulen: Einerseits wurden moderierte Workshops mit allen Teilnehmern durchgeführt, in denen zu allen relevanten Themen im Energiebereich Umsetzungsmöglichkeiten und „Best-Practice“-Beispiele aufgezeigt wurden. Zu den jeweiligen Spezialthemen wurden Praktiker aus Ingenieurbüros bzw. Technologieanbieter eingeladen. Die zweite Säule der Unterstützung basierte auf der individuellen Beratung der Teilnehmer. Dabei wurde auf standortspezifische Probleme eingegangen und entsprechende Möglichkeiten entwickelt, deren Wirtschaftlichkeit zum Ende des Projekts bewertet wurde.

Die Kernelemente des Energieeffizienzprojektes waren somit

- Bestandsaufnahme und Bewertung der Energiedaten resp. Erarbeitung von Kennzahlen für die Teilnehmer,
- Potenzialanalyse und Umsetzungsplanung von wirtschaftlich sinnvollen Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs,
- Erfahrungsaustausch der Häuser untereinander, um die Suche nach Verbesserungsmöglichkeiten wesentlich zu vereinfachen,
- Einbindung von Experten zwecks Know-how-Transfer,
- Vorstellung von internen und externen Best-Practice Maßnahmen.

Die Umsetzung erfolgte auf Grundlage des folgenden Ablaufplans:

Workshops		Beratung vor Ort	
1. WS 22. Juni 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Auftakt • Datenerhebung/Benchmarks • Arqum-Energietool 	1. Beratung	<ul style="list-style-type: none"> • Begehung • Festlegung von Zielen und Kennzahlen • Datenerhebung/Hauptverbraucher
2. WS 27. Aug. 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftlichkeitsberechnungen • Ermittlung Hauptverbraucher • Energiecontrolling 	2. Beratung	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung der Datenauswertung • Bewertung der Potenziale anhand Arqum-Energietool
3. WS 29. Okt. 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkte: : Gebäude, Thermografie, Dämmung, Energiepass 	3. Beratung	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung Schwerpunktthemen • Festlegung von Maßnahmen
4. WS 08. Dez. 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkte: Wärmeenergie, BHKW, Abwärmenutzung, 	4. Beratung	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung Schwerpunktthemen • Festlegung von Maßnahmen
5. WS 18. Feb. 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkte: regenerative Energien im KH 	5. Beratung	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse und Bewertung des Maßnahmenprogramms
6. WS 24. Mrz. 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkte: Beleuchtung, Druckluft 		
7. WS 21. Apr. 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkte: Mitarbeitermotivation/ Lüftung / Klimatisierung 		
8. WS 26. Mai 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkte: Pumpen / BUND-Gütesiegel 	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung der Prioritäten • Identifikation und Planung von Maßnahmen • Umsetzung von Sofort-Maßnahmen • Berechnungen von investiven Maßnahmen 	
<ul style="list-style-type: none"> • jeweils Fachvorträge zu Spezialthemen z.B.: BHKW, Wärme/Kälte, Gebäudehülle • Besichtigung von Modellprojekten 			

An den acht Workshops hat jeweils mindestens ein Vertreter der beteiligten Häuser teilgenommen. Die Workshops wurden halbtägig (4h) abwechselnd bei den Teilnehmern durchgeführt. Ein wesentlicher Bestandteil war der moderierte Erfahrungsaustausch. Weiterhin wurde bei jedem Workshop ein Betriebsrundgang durchgeführt, wobei die angesprochenen Best-Practice-Maßnahmen vor Ort besichtigt werden konnten.

Folgende Themen wurden in den Workshops behandelt:

1. Workshop: Auftakt, Vorstellung des Projekts, Möglichkeiten der Datenerhebung und Ziele, Benchmarks, Themenabfrage
2. Workshop: Wirtschaftlichkeit von Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz, Energiemanagementsysteme im Krankenhausbereich, Arten von Contracting
3. Workshop: Best-Practice-Maßnahmen: Gebäudesanierung im Krankenhaus, Thermografie zur Schwachstellenanalyse, Anforderungen an einen Energiepass für nicht Wohngebäude,
4. Workshop: Best-Practice-Maßnahme: Energieoptimierung mit Hilfe der GLT, Erfahrungsaustausch zur optimalen Wärmeverteilung und Wärmenutzung im Krankenhausbereich, Einsatz eines BHKWs, Abwärmenutzung durch optimale Wärmerückgewinnung
5. Workshop: Best-Practice-Maßnahme: Optimierung der Kältenutzung, regenerativen Energien (Photovoltaik, Solare Kühlung und Bioenergie) im Krankenhaus - Möglichkeiten und Wirtschaftlichkeit der Nutzung

6. Workshop: Best-Practice-Maßnahme: Energieoptimierung durch Einsatz von Hocheffizienzpumpen, Optimierung der Druckluftversorgung, Beleuchtungsoptimierungen (Vorstellung der LED-Technik)
7. Workshop: Best-Practice-Maßnahme: Energieeinsparung durch Zählerstrukturen und Monitoring, Energieeinsparungen durch Veränderungen des Nutzerverhaltens, Optimierung der Kälteversorgung
8. Workshop: Best-Practice-Maßnahme: Erneuerung der Heizungszentrale, Einsatz von Energiehocheffizienzpumpen im Krankenhausbereich, BUND-Gütesiegel und Darstellung der Umsetzung an einem Praxisbeispiel

Die wichtigsten Ergebnisse der Workshops wurden dokumentiert und den Teilnehmern in Form eines Protokolls zur Verfügung gestellt. In der Anlage sind alle Protokolle der Workshops angefügt.

Parallel zu der Workshop-Reihe wurden fünf halbtägige Beratungstermine bei den Krankenhäusern vor Ort durchgeführt. Insgesamt wurden folgende Themen bearbeitet:

1. Termin:

Betriebsbegehung, Erfassung der Verbrauchsdaten und Kosten, Ermittlung der Hauptverbraucher (Gebäudehülle/Dämmung, Stromverbraucher wie Kompressoren, Pumpen, Klimaanlage, Beleuchtung)

2. Termin:

Vorstellung und Besprechung der Bestandsaufnahme und Datenauswertung anhand von Kennzahlen, z.B. Strom- und Wärmeverbrauch pro beheizte Fläche (siehe Grafik). Erste Ansätze zu Verbesserungsmaßnahmen wurden besprochen

3. Termin / 4. Termin:

Erarbeitung von Energieeffizienzmaßnahmen und Entwurf von Maßnahmenprogrammen als Entscheidungsgrundlage für den Betrieb, Einholung von Angeboten

5. Termin:

Bewertung der Maßnahmen und Berechnung der möglichen Einsparungen in Zusammenarbeit mit den Projektteilnehmern (Energie, Kosten und CO₂-Emissionen)

3 Auswertungen für alle Teilnehmer

Als Ergebnis der Bestandsaufnahme bei den Teilnehmern entstand eine Übersicht von krankenhausbefindlichen Kennzahlen für das Jahr 2008 hinsichtlich der Kosten und Verbrauchsdaten. Ein Auszug aus der Auswertung ist der folgenden Tabelle 1 zu entnehmen.

Nr.	Lastspitze [KW]	Strom-Preise [€/kWh]	Wärme-Preise [€/kWh]	Stromverbrauch pro beh. Fläche [kWh/m ²]	Wärmeverbrauch pro beh. Fläche [kWh/m ²]
1	-	0,14	0,07	39	171
2	916	0,12	0,05	126	240
3	327	0,12	0,05	139	307
4	2.205	0,11	0,04	131	174
5	478	0,12	0,10	94	133
6	168	0,13	0,06	121	237
7	632	0,13	0,06	122	294
8	-	0,13	0,05	170	325
9	-	0,13	0,08	67	153
10	880	0,12	0,03	239	222
11	443	0,14	0,06	103	153
12	-	0,12	0,05	82	116
13	-	0,14	0,07	88	195
14	-	0,13	0,08	69	291
MW EET	760	0,13	0,06	113	215

Tabelle 1: Kennzahlen der Krankenhäuser aus dem Projekt „Energieeffizienztisch“

In dieser tabellarischen Darstellung wurde zwischen den Energieträgern (Erdöl/Erdgas/Fernwärme) der jeweiligen Krankenhäuser nicht unterschieden. Die Tabelle zeigt die gesamte Spannweite der Energiepreise der einzelnen Häuser. Die Übersicht war Grundlage zum Erfahrungsaustausch und zur Diskussion in der Gruppe mit dem weiterführenden Ziel, Ansatzpunkte zur Verbesserung zu erhalten.

4 Kennzahlen

Für die Bewertung des Energieverbrauches und die Gegenüberstellung von Best-Practice Beispielen ist es sinnvoll auf die Betrachtung absoluter Verbrauchswerte zu verzichten und stattdessen für die Branche typische, spezifische Verbrauchswerte zu ermitteln. Aus den Energiekennwerten und den erhobenen spezifischen Bezugsgrößen aus dem Krankenhausbereich (wie z.B. beheizte Fläche oder Nettogrundfläche nach DIN 277 die Summe aller begehbaren Flächen, Anzahl der Betten und Fallzahl) wurden Kennzahlen für die Kliniken gebildet und untereinander verglichen. Zudem erlaubt die Ermittlung von Kennzahlen einen Benchmark mit Literaturwerten (z.B. „Energieeffizienz in Krankenhäusern“, Energie-Agentur NRW) oder Studien zum Energieverbrauch öffentlicher Gebäude (z.B. AGES-Studie). Für Krankenhäuser werden typischerweise die Bettenzahl, Pflgetage, Fläche und zum Teil Fallzahlen als Bezugsgrößen herangezogen. Zwei Kennzahlen werden hier beispielhaft näher erläutert:

a) Stromverbrauch/beheizte Fläche

Abbildung 1 zeigt den Stromverbrauchswert bezogen auf die beheizte Fläche für die teilnehmenden Häuser. Die ermittelten Werte streuen relativ stark: mit unter 50 kWh/(m²*a) gibt es ein Haus mit extrem niedrigem spezifischen Stromverbrauch, im anderen Extrem liegt dieser bei etwa 240 kWh/(m²*a) sehr hoch.

Die EnergieAgentur NRW (Tabelle 2) gibt einen mittleren Stromverbrauch unterteilt nach Bettenkategorien von 110 kWh/(m²*a) für Krankenhäuser an. Die Hälfte der Häuser lag unter diesem Mittelwert. In der Tabelle 3 ist die Anzahl der Teilnehmer bezogen auf die Bettenkategorie abgebildet. Demnach gehören über die Hälfte der Häuser zu der Kategorie I oder II mit bis zu 450 Betten.

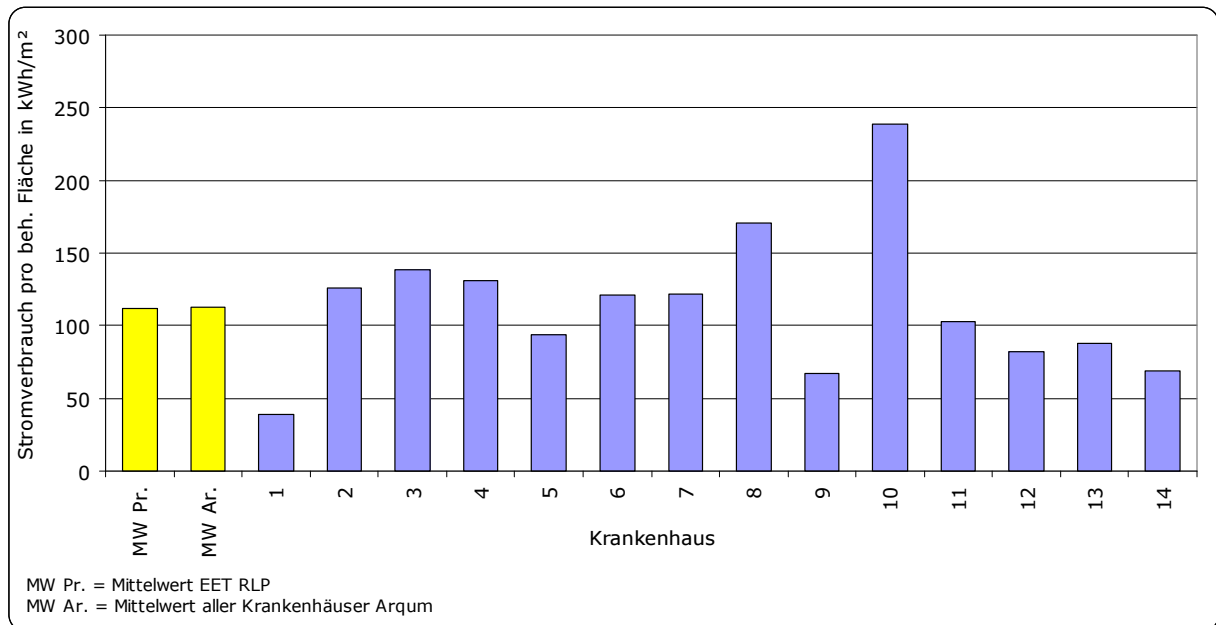


Abbildung 1: Kennzahldarstellung Stromverbrauch pro beh. Fläche in kWh/m² (Jahr 2008)

Nr.	Bettenkategorie	kWh/(Bett*a)	kWh/(m ² *a)	kWh/Pflegetag
I	1 - 250	6.862	99,3	23,2
II	251 - 450	8.257	124,6	28,2
III	451 - 650	8.249	111,6	27,4
IV	651 - 1.000	11.099	137,4	35,6
V	über 1.000	12.876	112,7	42,5
I...V	Gesamt	7.786	110,1	26,2

Tabelle 2: Spezifischer Stromverbrauch nach Bettenkategorie (Mittelwert), EnergieAgentur NRW

Nr.	Bettenkategorie	Anzahl der Teilnehmer
I	1 - 250	6
II	251 - 450	5
III	451 - 650	1
IV	651 - 1.000	2

Tabelle 3: Anzahl der Projektteilnehmer nach Bettenkategorien

Weitere Vergleichsmöglichkeiten bietet die AGES Studie (2005), die Vergleichswerte für öffentliche Gebäude angibt. In der AGES Studie wird der Energieverbrauch für über 250 untersuchte Häuser auf die Bettenzahl bezogen. Zudem gibt die AGES Studie eine Zielvorgabe für zu erreichende spezifische Energieverbräuche (Tabelle 4) an.

Nr.	Bettenkategorie	kWh/(Bett*a)	Zielvorgabe (kWh/(Bett*a))
I	0 - 250	4.425	2.695
II	251 - 450	5.529	3.775
III	451 - 650	5.220	3.952
IV	651 - 1.000	6.859	2.998
V	über 1.000	4.778	4.055
I...V	Gesamt	5.362	3.495

Tabelle 4: Spezifischer Stromverbrauch pro Bett (Mittelwert), AGES Studie (2005)

Beim spezifischen Stromverbrauch pro Bett (Abbildung 2) zeigte sich, dass die Werte der Häuser im Mittel über den Vergleichswerten der EnergieAgentur NRW und AGES Studie liegen. Nur zwei Häuser liegen unter dem Vergleichswert der AGES Studie. Damit zeigt sich das beim Stromverbrauch die größten Verbesserungspotenziale liegen.

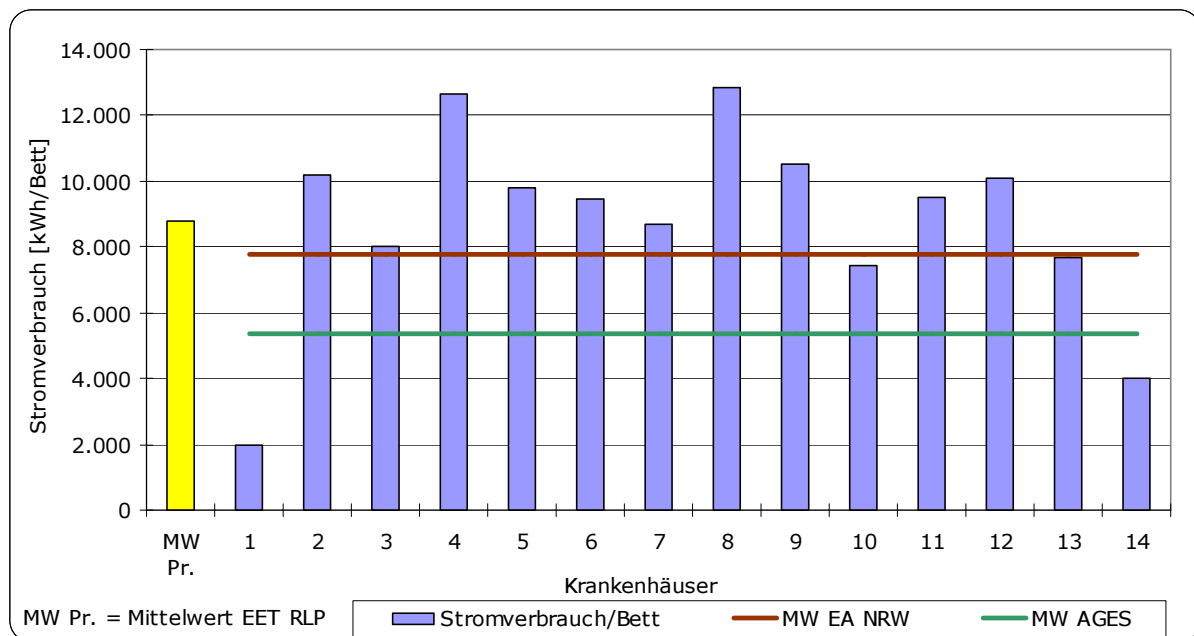


Abbildung 2: Kennzahldarstellung Stromverbrauch pro Bett in kWh/Bett (Jahr 2008)

Typischerweise hat die jeweilige gesundheitliche Versorgungsstufe (Kategorien: Grund-, Regel-, Zentral- und Maximalversorgung) der einzelnen Kliniken einen Einfluss auf die Kenngröße, da mit höherer technischer Ausstattung der spezifische Stromverbrauch wächst.

Sinnvoll wäre zudem ein Vergleich einzelner Funktionsbereiche (z.B. OP, Bettenhaus, Sterilisierung, Verwaltung). Da in den Häusern allerdings der Stromverbrauch häufig nur über einen zentralen Stromzähler erfasst wird, ist dieser Vergleich, sowie eine genauere Aufschlüsselung der Verbräuche, nicht überall möglich. Hier empfiehlt sich die Installation zusätzlicher Stromzähler, teilweise wird dieses von den Häusern bereits umgesetzt.

b) Wärmeverbrauch/beheizte Fläche

Abbildung 3 zeigt die Kennzahldarstellung für Wärmeverbrauch bezogen auf die beheizte Fläche für alle 14 Häuser. Auch hier ist ein direkter Vergleich der einzel-

nen Häuser aufgrund der lokalen Bedingungen nicht immer sinnvoll. Der Mittelwert aller Häuser liegt bei 215 kWh/(m²*a) und damit deutlich unter dem Vergleichswert der Energieagentur NRW (Tabelle 5). Selbst der höchste Heizenergieverbrauchswert lag mit 325 kWh/(m²*a) noch klar unter dem Mittelwert.

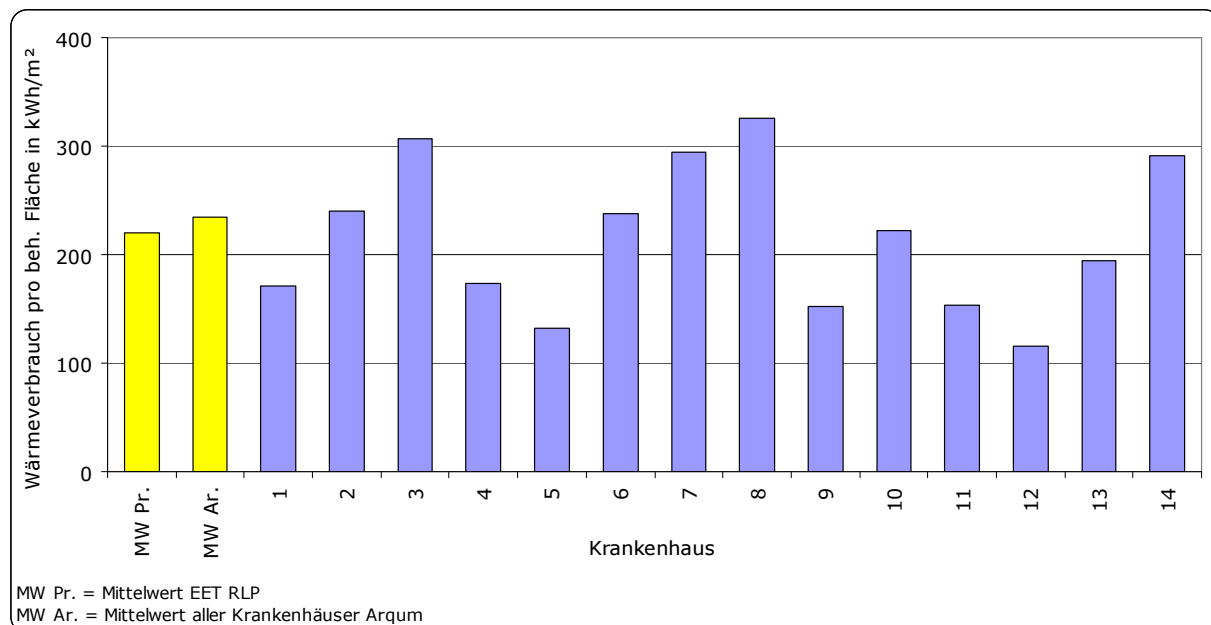


Abbildung 3: Kennzahldarstellung Wärmeverbrauch/Fläche in kWh/m² (Jahr 2008)

Nr.	Bettenkategorie	kWh/(Bett*a)	kWh/(m ² *a)	kWh/Pflegetag
I	1 - 250	22.613	321,9	76,6
II	251 - 450	23.991	365,9	82,2
III	451 - 650	27.031	344,4	88,7
IV	651 - 1.000	31.561	378,9	101,4
V	über 1.000	47.556	402,4	160,7
I...V	Gesamt	24.670	341,9	83

Tabelle 5: Spezifischer Wärmeverbrauch nach Bettenkategorie (Mittelwert), EnergieAgentur NRW

In Tabelle 6 ist der spezifische Wärmeverbrauch pro Bett als Mittelwert dargestellt. Wie bei dem spezifischen Stromverbrauch gibt die AGES Studie auch für Wärme eine Zielvorgabe für die zu erreichenden spezifischen Verbäuche an.

Nr.	Bettenkategorie	kWh/(Bett*a)	Zielvorgabe (kWh/(Bett*a))
I	0 - 250	24.024	14.147
II	251 - 450	20.129	14.252
III	451 - 650	23.785	16.907
IV	651 - 1.000	23.196	19.096
V	über 1.000	37.012	23.511
I...V	Gesamt	25.629	17.583

Tabelle 6: Spezifischer Wärmeverbrauch pro Bett (Mittelwert), AGES Studie 2005

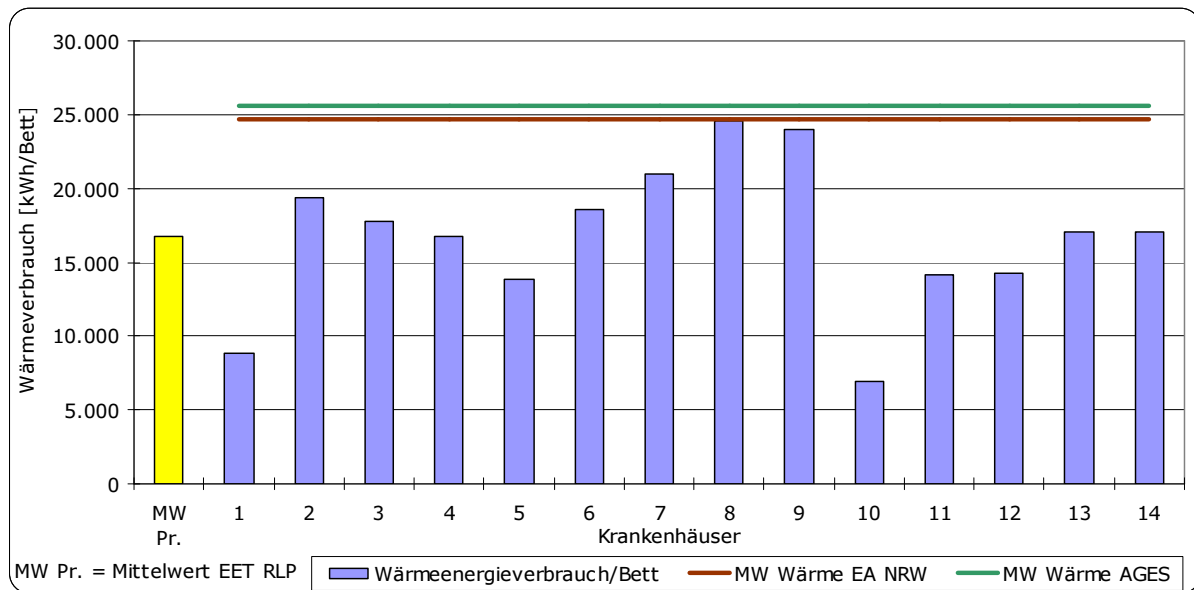


Abbildung 4: Kennzahldarstellung Wärmeverbrauch pro Bett in kWh/Bett (Jahr 2008)

5 Zusammenfassung der Gesamtergebnisse

Insgesamt haben die 14 Teilnehmer in ihren Maßnahmenprogrammen in der Summe über 240 Maßnahmen erarbeitet, teilweise bereits umgesetzt oder zumindest mit der Umsetzung begonnen. Die Gesamtbilanz ist sowohl im Hinblick auf die Kosteneinsparung, als auch auf den Umweltschutz bezogen sehr beeindruckend. Nach erfolgreicher Umsetzung aller geplanten Maßnahmen könnten die Projektteilnehmer alleine durch die hier ausgewerteten Maßnahmen pro Jahr gemeinsam über 700.000 Euro einsparen. Der jährliche Energieverbrauch würde sich dabei um mehr als 2.900.000 Kilowattstunden verringern. Hierdurch kann der damit verbundene Kohlendioxid(CO₂)-Ausstoß um über 1,7 Mio. Kilogramm vermindert werden. Insgesamt würden sich die Einsparungen an Wärmeenergie auf ca. 1.400.000 Kilowattstunden belaufen, und der Stromverbrauch könnte um gut 1.500.000 Kilowattstunden reduziert werden. Diese Menge Strom entspricht dem durchschnittlichen Jahres-Verbrauch von 336 Vier-Personen-Haushalten.

Einsparungen: Energie/Emissionen

Strom	1.516.538	kWh
Wärmeenergie	1.450.000	kWh
Heizöl	180.000	Liter
CO ₂ - Emissionen ¹	1.764.501	kg
Kosteneinsparung	733.150	€
Investitionssumme	4.291.900	€

Tabelle 7: Gesamtauswertung aller berechneten Maßnahmen (Stand: 05.10.2010)

¹ Die berechneten CO₂ Emissionen sind auf Basis der eingesparten Energieträger ausgewertet. Für die Strommenge in CO₂-Emissionen wurde der Bundesmix mit 641 g/kWh verwendet [Quelle:GEMIS]

Die Maßnahmen aus dem Projekt setzen sich aus vielen technisch relevanten Bereichen zusammen, aber genauso wurden organisatorische Maßnahmen im Betriebsablauf untersucht. Die folgende Abbildung 5 zeigt die Verteilung der dokumentierten Maßnahmen.

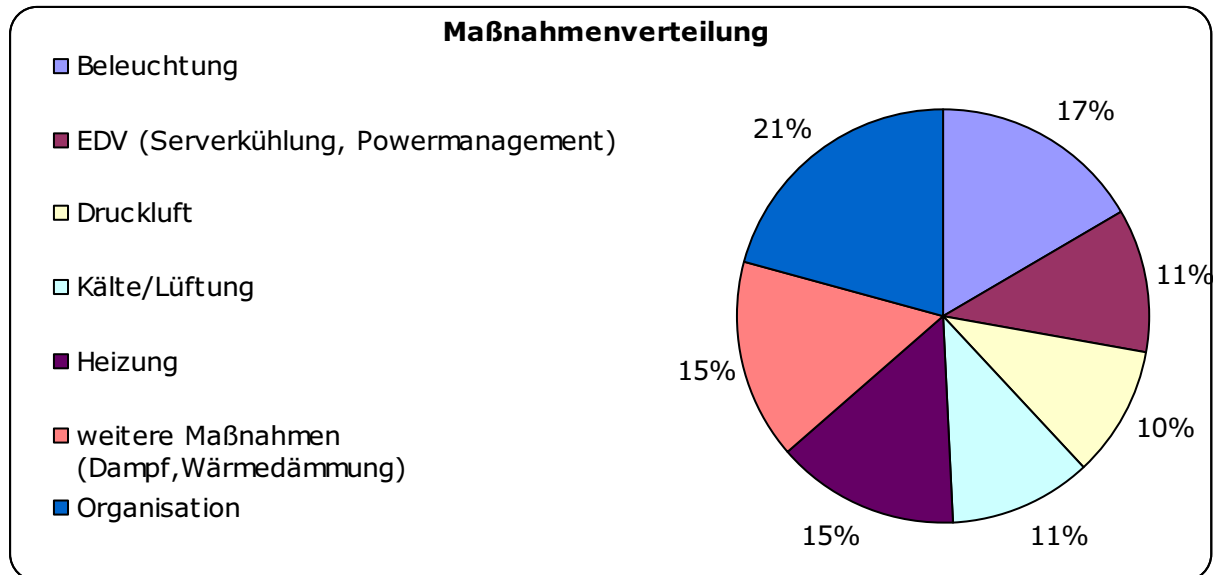


Abbildung 5: Verteilung aller Maßnahmen in Prozent

Der Schwerpunkt der ausgewerteten Maßnahmen zielte auf die Verringerung des Energieverbrauchs im Strombereich ab. So konnten durch Einsatz neuer Beleuchtungssysteme erste Ansatzpunkte ermittelt werden. Eine Reduzierung des bestehenden Druckniveaus oder die Erhöhung der Temperatur im Serverraum, sowie Einstellung der Energieoptionen an PCs waren weitere schnell zu optimierende Maßnahmen. Im Wärmebereich wurde geprüft, ob die sehr teure Energieform Dampf durch alternative Energieformen ersetzt werden kann. Bei der Untersuchung der Heizungssysteme hat sich herausgestellt, dass die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom durch ein Blockheizkraftwerk wirtschaftlich und effizient sein kann. Zu den organisatorischen Maßnahmen zählen neben der systematischen Datenerhebung, die Auswertung von Stromlastprofilen und die Erarbeitung sinnvoller Mitarbeiterinformationen zur nachhaltigen Veränderung des Nutzerverhaltens im Betrieb.

6 Resümee

Insgesamt betrachtet haben sich bei den Häusern z.T. erhebliche Verbesserungspotenziale gezeigt. Diese liegen im Bereich der verbesserten Nutzung von Wärmeenergie (z.B. Wärmedämmung). Zudem wurde der Gruppencharakter und die Möglichkeit zum gegenseitigen Austausch von den Häusern als sehr positiv beurteilt. Im Laufe des Projektes zeigte sich, dass die Häuser sich vor allem auf die Umsetzung geringinvestiver Maßnahmen konzentrierten. Maßnahmen mit höheren Investitionen wurden in der Regel zurückgestellt, weil für die Umsetzung dieser Maßnahmen ein längerer Vorlauf benötigt wird. Gründe dafür sind Themen wie die Sicherstellung der Finanzierung (Klärung von Fördermöglichkeiten/Zuschüssen usw.), die Zuordnung von Budgets und zum Teil die Umsetzung

der Maßnahmen im Rahmen von weiteren baulichen Projekten wie Erweiterungen, Renovierung oder Umbauten. Vereinzelt gehen Energiesparmaßnahmen auch mit organisatorischen Veränderung oder Änderungen im Arbeitsablauf einher – womit ebenfalls erheblicher Planungsaufwand verbunden ist.

Die für größere Maßnahmen ermittelten Amortisationszeiten liegen in einem Bereich, der die genannten Gründe verstärkt. Zwar sind Amortisationszeiten von 5-6 Jahren im Krankenhausbereich üblich, diese werden dann aber nicht sofort umgesetzt, sondern langfristig geplant.