

Auftraggeber:

Städtische Kliniken
Frankfurt am Main - Höchst

Teil-Energiekonzept

„Energieeinsparung und rationeller Energieeinsatz im Verbrauchsschwerpunkt Städtische Kliniken Frankfurt am Main - Höchst“

Juni 1998

Verfasser:

Ing.-Büro K. H. Wagner

Bleichstraße 8 A

35390 Gießen

Inhaltsverzeichnis

| Abschnitt | Seite |
|--|-------------|
| I. Zusammenfassung und Ergebnisdarstellung | I |
| I.1 Objektdaten | I |
| I.2 Energie- und Wasserbezug | I |
| I.3 Energie- und Wasserkosten | II |
| I.4 Spezifische Verbrauchswerte und Kennzahlen | II |
| I.5 Gebäude und Wärmebedarf | III |
| I.6 Energieversorgungs- und -erzeugungssysteme | IV |
| I.6.1 Heizwärmeversorgung | IV |
| I.6.2 Dampfversorgung | V |
| I.6.3 Wasserversorgung und -aufbereitung | VI |
| I.6.4 Kälteversorgung | VII |
| I.6.5 Klima- und Lüftungsanlagen | VIII |
| I.6.5 Beleuchtungssysteme | IX |
| I.7 Energiesparende Maßnahmen | X |
| I.7.1 Maßnahmen mit energetischer, wirtschaftlicher und ökologischer Relevanz | X |
| I.7.2 Maßnahmen mit energetischer und ökologischer Relevanz im Rahmen der Bauerhaltung | XVI |
| I.7.3 Sonstige Maßnahmen mit energetischer und ökologischer Relevanz | XVII |
| I.8 Rationelle und umweltschonende Energieversorgung | XXI |
| I.9 Gesamtmaßnahmandarstellung und Prioritätenliste | XXVI |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1. | Aufgabenstellung und Grundlagen | 1 |
| 1.1 | Aufgabenstellung | 1 |
| 1.2 | Grundlagen | 2 |
| 2. | Objektbeschreibung | 4 |
| 3. | Stammdaten zur Liegenschaft | 6 |
| 3.1 | Gebäude und Bauteile | 6 |
| 3.1.1 | Angewandte Methoden und Rechenverfahren | 6 |
| 3.1.1.1 | Gebäudebestand | 6 |
| 3.1.1.2 | Ermittlung des Heizwärmebedarfs | 7 |
| 3.1.1.3 | Ermittlung des Wärmebedarfs | 9 |
| 3.1.2 | Haus A - Zentralbau | 9 |
| 3.1.3 | Haus B - Bettennebenbau | 12 |
| 3.1.4 | Haus C - Orthopädie | 14 |
| 3.1.5 | Haus D - PNA | 16 |
| 3.1.6 | Haus E Geriatrische Tagesklinik | 18 |
| 3.1.7 | Häuser F1, F3 und F5 | 20 |
| 3.1.8 | Haus H - Verwaltung | 21 |
| 3.1.9 | Haus J - Wohnheim | 23 |
| 3.1.10 | Zusammenfassung | 25 |
| 3.2 | Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen | 26 |
| 3.2.1 | Stammdaten der zentralen Kesselanlage | 26 |
| 3.2.2 | Stammdaten der Dampf-/Warmwasser-Umformerstationen | 28 |
| 3.2.3 | Stammdaten der Warmwasserheiznetze | 30 |
| 3.2.4 | Stammdaten der Wärmeversorgungsanlage Geriatrie | 33 |
| 3.2.5 | Stammdaten des Dampfsystems der SKH | 34 |
| 3.3 | Stammdaten der Wasserversorgung und -aufbereitung | 39 |
| 3.3.1 | Stammdaten der Druckerhöhungsanlagen | 39 |
| 3.3.2 | Stammdaten der Wasseraufbereitungsanlagen | 40 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.3.3 | Stammdaten der Brauchwasserversorgungsanlagen | 40 |
| 3.4 | Stammdaten der Kälteversorgungsanlagen | 44 |
| 3.4.1 | Stammdaten des zentralen Kaltwassersystems | 44 |
| 3.4.2 | Stammdaten der dezentralen Kälteanlagen | 46 |
| 3.4.2.1 | Stammdaten der dezentralen Klimageräte | 46 |
| 3.4.2.2 | Stammdaten der dezentr. Kühlmaschinen/Groß-Kühlschränke | 49 |
| 3.5 | Stammdaten der Klima- und Lüftungsanlagen | 51 |
| 3.5.1 | Stammdaten der Klimaanlage | 51 |
| 3.5.2 | Stammdaten der Lüftungs- und Abluftanlagen | 53 |
| 3.5.3 | Zusammenfassung | 56 |
| 3.6 | Stammdaten der Elektroversorgung | 58 |
| 3.6.1 | Übernahmeeinrichtungen | 58 |
| 3.6.2 | Niederspannungshauptverteilungen | 58 |
| 3.6.3 | Elektro-Schwerpunktverbraucher | 61 |
| 3.6.3.1 | Beleuchtungsanlagen | 62 |
| 3.6.3.2 | Hardwarekomponenten der DV-Systeme | 63 |
| 3.6.3.3 | Elektrogeräte in der Zentralküche und Personalcasino | 64 |
| 3.6.4 | Zentral-OP | 64 |
| 3.7 | Stammdaten der Gebäudeleittechnik | 66 |
| 4. | Stammdaten des Energie- und Wasserverbrauchs | 68 |
| 4.1 | Wärmeerzeugung | 68 |
| 4.1.1 | Gas- und Heizölverbrauch der Wärmeerzeugung | 68 |
| 4.1.2 | Belastungsverläufe des Heiz- und Prozeßwärmeverbrauchs | 70 |
| 4.1.2.1 | Grundlastwärmebedarf und Wärmeverluste | 70 |
| 4.1.2.2 | Brauchwasserwärmebedarf | 72 |
| 4.1.2.3 | Prozeß- und Reindampfwärmebedarf | 74 |
| 4.1.2.4 | Heizwärmebedarf | 76 |
| 4.1.3 | Energetische Gesamtbilanz der zentralen Wärmeerzeugung | 78 |
| 4.2 | Kälteerzeugung und -verbrauch | 81 |
| 4.2.1 | Grundlastkältebedarf | 81 |
| 4.2.2 | Belastungsverläufe und Jahreskältebedarf zur Raumklimatisierung | 81 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.2.3 | Jahresstrombedarf der zentralen Kälteversorgungsanlage | 83 |
| 4.3 | Elektrischer Strombedarf und -verbrauch | 84 |
| 4.3.1 | Gesamtstrombedarf und -verbrauch | 84 |
| 4.3.2 | Strom-Schwerpunktverbraucher | 86 |
| 4.3.3 | Lastverläufe des Strombedarfs von Schwerpunktverbrauchern | 90 |
| 4.3.4 | Zusammenfassung der Strombedarfswerte Schwerpunktverbraucher | 102 |
| 4.4 | Wasserverbrauch | 104 |
| 4.4.1 | Gesamtwasserverbrauch der SKH | 104 |
| 4.4.2 | Brauchwasserversorgung | 106 |
| 4.4.3 | Prozeßwasser für Dampferzeugung | 107 |
| 4.4.4 | Zusammenfassung | 108 |
| 4.5 | Spezifische Kennzahlen / Gegenüberstellung mit Vergleichswerten | 109 |
| 5. | Kosten der Energie- und Wasserversorgung | 111 |
| 5.1 | Kosten für Strombezug | 111 |
| 5.1.1 | Strombezugstarife | 111 |
| 5.1.2 | Jahresgesamtstromkosten und spez. Stromkosten | 112 |
| 5.2 | Kosten für Gasbezug | 113 |
| 5.2.1 | Gasbezugstarif | 113 |
| 5.2.2 | Jahresgesamtgaskosten und spezifische Gaskosten | 113 |
| 5.3 | Kosten für Wasser und Abwasser | 115 |
| 5.4 | Dampf- und Wärmegestehungskosten | 116 |
| 5.4.1 | Gestehungskosten der zentralen Dampfversorgung | 116 |
| 5.4.2 | Gestehungskosten der Heizwärmeversorgung Geriatrie | 118 |
| 5.5 | Kosten für Kälteerzeugung | 119 |
| 5.6 | Zusammenstellung der Energie-, Wasser- und Abwasserkosten der SKH | 121 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 6. | Energiesparmaßnahmen | 122 |
| 6.1 | Maßnahmen zur Reduzierung des Gebäudewärmebedarfs | 122 |
| 6.1.1 | Ausgangslage | 122 |
| 6.1.2 | Vorgaben der Zielplanung für die SKH | 123 |
| 6.1.3 | Maßnahmen aus Gründen der Bauerhaltung | 124 |
| 6.1.4 | Maßnahmen aus Gründen der Energieeinsparung | 125 |
| 6.1.5 | Zusammenfassung | 127 |
| 6.2 | Betriebszeitenoptimierung der RLT-Anlagen | 129 |
| 6.2.1 | Maßnahmenbeschreibung | 129 |
| 6.2.2 | Reduktion des Ventilatorstrombedarfs | 130 |
| 6.2.3 | Reduktion des Heizwärmebedarfs | 131 |
| 6.2.4 | Reduktion des Kältebedarfs | 133 |
| 6.2.5 | Gesamtenergieeinsparung | 133 |
| 6.3 | Stromeinsparung durch Umwälzpumpenregelung | 135 |
| 6.3.1 | Allgemein | 135 |
| 6.3.2 | Energetischer Einsparungseffekt | 135 |
| 6.4 | Stromeinsparung durch Erneuerung der Aufzugstechnik | 137 |
| 6.4.1 | Beschreibung der Maßnahme | 137 |
| 6.4.2 | Energetische Berechnungen der Maßnahme | 138 |
| 6.5 | Optimierung der Beleuchtungsanlagen | 139 |
| 6.5.1 | Maßnahmenbeschreibung | 139 |
| 6.5.2 | Ermittlung der Stromeinsparung in durchgehend beleuchteten Bereichen | 139 |
| 6.6 | Therm. Solarenergienutzung zur Brauchwasserbereitung | 141 |
| 6.6.1 | Ausgangslage | 141 |
| 6.6.2 | Brauchwasserbedarf | 141 |
| 6.6.3 | Beschreibung der untersuchten Solaranlagen | 143 |
| 6.6.4 | Energieeinsparungen | 144 |
| 6.7 | Kondensatorkühlung der Dampfsterilisatoren | 146 |
| 6.7.1 | Ausgangslage | 146 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 6.7.2 | Jährlicher Wasserbedarf | 146 |
| 6.7.3 | Jährlicher Kältebedarf | 146 |
| 6.8 | Optimierung der zentralen Kälteversorgung | 148 |
| 6.8.1 | Maßnahmenbeschreibung | 148 |
| 6.8.2 | Energetische Berechnungen | 149 |
| 7. | Kosten und Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen | 151 |
| 7.1 | Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung | 151 |
| 7.1.1 | Förderprogramme | 154 |
| 7.2 | Maßnahmen zur Reduzierung des Gebäudewärmebedarfs | 156 |
| 7.2.1 | Ermittlung der Investitionen | 156 |
| 7.2.2 | Zusammenstellung der Jahreskosten und Amortisationszeit | 158 |
| 7.2.3 | Zusammenfassung | 161 |
| 7.3 | Betriebszeitenoptimierung der RLT-Anlagen | 163 |
| 7.3.1 | Zusammenstellung der Investitionen und Kapitalkosten | 163 |
| 7.3.2 | Ermittlung der Jahreskosten und Amortisationszeit | 163 |
| 7.4 | Pumpenregelung | 165 |
| 7.4.1 | Ermittlung der Jahreskosten und Amortisationszeit | 165 |
| 7.5 | Beleuchtung | 167 |
| 7.5.1 | Ermittlung der Investitionen und Kapitalkosten | 167 |
| 7.5.2 | Ermittlung von Jahreskosten und Amortisationszeit | 167 |
| 7.6 | Optimierung der Aufzugstechnik | 170 |
| 7.6.1 | Ermittlung der Investitionen und Kapitalkosten | 170 |
| 7.7 | Thermische Solaranlage zur Brauchwasserbereitung | 172 |
| 7.8 | Kondensatorkühlung der Dampfsterilisatoren | 174 |
| 7.8.1 | Ermittlung der Jahreskosten und Amortisationszeit | 174 |
| 7.9 | Optimierung der zentralen Kälteversorgung | 176 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 7.9.1 | Ermittlung der Investitionen und Kapitalkosten | 176 |
| 7.9.2 | Ermittlung der Jahreskosten und Amortisationszeit | 176 |
| 8. | Rationelle Elektrizitätsversorgung gemäß Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten | 178 |
| 8.1 | Grundlagen und Verfahren | 178 |
| 8.2 | Schwerpunkte, Betriebseinheiten, Definition und typische Räume | 178 |
| 8.3 | Flächen der Betriebseinheiten, mittlere Leistungen und Gesamtanschlußleistungen | 183 |
| 8.4 | Darstellung des Ist-Zustandes | 187 |
| 8.5 | Analyse und Bewertung des Ist-Zustandes | 192 |
| 8.7 | Maßnahmenkatalog | 197 |
| 8.7.1 | Maßnahmenbeschreibung | 197 |
| 8.7.2 | Referenzvariante und Wirtschaftlichkeitsberechnungen | 198 |
| 8.7.3 | Kennzahlen des Soll-Zustandes | 199 |
| 8.7.4 | Umwelteffekte der Energiesparmaßnahmen | 201 |
| 8.8 | Ergebniszusammenfassung und Empfehlung | 202 |
| 8.8.1 | Ergebniszusammenfassung | 202 |
| 8.8.2 | Empfehlung | 204 |
| 9. | Primärenergieeinsparung und Umweltentlastung | 206 |
| 9.1 | Grundlagen | 206 |
| 9.1.1 | Primärenergieeinsatz | 206 |
| 9.1.2 | Schadstoffemissionen | 206 |
| 9.2 | Ermittlung Primärenergieeinsparung | 207 |
| 9.3 | Ermittlung Emissionsminderung durch Energiesparmaßnahme | 209 |

| | | |
|---------------|---|------------|
| 10. | Rationelle und umweltfreundliche Energieversorgung des Verbrauchsschwerpunktes | 212 |
| 10.1 | Versorgungsvarianten | 212 |
| 10.2 | Technische Auslegung und Realisierungsschritte | 213 |
| 10.3 | Energiebilanzen für die Versorgungsvarianten | 216 |
| 10.4 | Wirtschaftlichkeitsvergleich der Versorgungsvarianten | 220 |
| 10.4.1 | Investitions- und Kapitalkosten | 220 |
| 10.4.2 | Energiekosten | 222 |
| 10.4.3 | Betriebsgebundene Kosten | 224 |
| 10.4.4 | Jahresgesamtkosten und Fazit | 225 |
| 10.5 | Primärenergie- und Emissionsbilanz der Versorgungsvarianten | 226 |
| 11.5.1 | Primärenergiebedarf | 226 |
| 11.5.2 | Emissionsbilanz | 227 |
| 10.6 | Organisatorische und finanzielle Fragen | 227 |
| 10.6.1 | Finanzielle Rahmenbedingungen | 227 |
| 10.6.2 | Möglichkeiten der Eigenfinanzierung | 228 |
| 10.6.3 | Contracting | 228 |
| 10.6.4 | Genehmigungsverfahren | 229 |
| | | |
| Anhang | | |
| A1 | Lagepläne der Städtischen Kliniken in Höchst (Ist-Zustand und Zielplanung) | |
| A2 | Berechnungsgänge zur Ermittlung des Jahresheizenergiebedarfs unter Zugrundelegung des Nachweisverfahrens „Energiebewußte Gebäudeplanung im Bundesland Hessen“ | |
| A3 | Wirtschaftlichkeitsberechnung der Stromsparmaßnahmen unter Berücksichtigung einer finanziellen Förderung durch das Land Hessen | |
| A4 | Grundrißpläne der Untersuchungsbereiche gemäß Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten zur rationelle Elektrizitätsversorgung | |
| A5 | Leitungstrassen eines zentralen Warmwasserheizsystems | |
| A6 | Brutto-Investitionskosten für Versorgungsvarianten / Investitionskosten BHKW | |

I. Zusammenfassung und Ergebnisdarstellung

In der folgenden Zusammenfassung sind die wesentlichen Objektdaten und Ergebnisse des Teil-Energiekonzeptes für den Verbrauchsschwerpunkt Städtische Kliniken Frankfurt am Main - Höchst zusammengefaßt.

I.1 Objektdaten

| | |
|-------------------------|---|
| Auftraggeber | Städtische Kliniken Frankfurt/Main - Höchst |
| Konzepterstellung durch | Ing.-Büro K. H. Wagner, Gießen |
| Objekt | Städtische Kliniken Frankfurt/Main - Höchst |
| Bettenzahl | 1.258 |
| Standort | Frankfurt am Main - Höchst |
| Umgebungssituation | Stadtlage |

I.2 Energie- und Wasserbezug

In der folgenden Aufstellung sind die Jahreswerte des Energie- und Wasserbezugs der SKH für die Verbrauchsjahre 1995-1997 zusammengestellt (vgl. Abschnitt 4. des Teil-Energiekonzeptes).

Tafel I.1 Energiekonzept SKH: Jahreswerte des Energie- und Wasserbezugs 1995-97

| | | 1995 | 1996 | 1997 |
|----------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| Strombezug | | | | |
| Hochtarif-Wirkarbeit | in kWh/a | 5.511.720 | 5.826.800 | k.A. |
| Niedertarif-Wirkarbeit | in kWh/a | 3.478.920 | 3.649.120 | k.A. |
| Gesamt-Wirkarbeit | in kWh/a | 8.990.640 | 9.475.920 | 10.031.303 |
| Wirkleistung | in kW/a | 1.706 | 1.801 | 1.810 |
| Brennstoff | | | | |
| Erdgas, einschl. Geriatrie | in kWh _{HU} /a | 24.993.367 | 27.822.041 | 26.190.944 |
| Heizöl | in kWh _{HU} /a | 1.000.000 | 200.000 | 500.000 |
| Gesamtbrennstoff | in kWh _{HU} /a | 25.993.367 | 28.022.041 | 26.690.944 |
| Wasser | in m ³ /a | 162.815 | 161.513 | 148.898 |

Bewertung

Die Gegenüberstellung der Jahreswerte des Energie- und Wasserbezugs für die Jahre 1995-97 zeigt einen kontinuierlichen Anstieg des Strombezugs von 1995 - 1997 um insgesamt 10,4 %.

Der Jahresbrennstoffbedarf, der klimatischen Einflüssen unterliegt, zeigt keine eindeutige Tendenz hinsichtlich seiner Entwicklung.

Beim Wasserbezug wurde im Verbrauchsjahr 1997 eine deutliche Verminderung (ca. 7,8 %) gegenüber dem Vorjahresverbrauch erzielt.

I.3 Energie- und Wasserkosten

Die Energie- und Wasserkosten der SKH sowie die jeweiligen spezifischen Preise für die Verbrauchseinheiten für die Betrachtungsjahre 1995-97, stellen sich wie folgt dar (vgl. Abschnitt 5. des Teil-Energiekonzeptes).

Tafel I.2 Energiekonzept SKH: Brutto-Jahreskosten des Energie- und Wasserbezugs sowie spezifische Energie- und Wasser/Abwasserpreise 1995-97

| | | 1995 | 1996 | 1997 |
|--|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Stromkosten | in DM/a | 1.616.874,- | 1.522.435,- | 1.603.505,- |
| Spezifischer Strompreis | in DM/kWh | 0,180 | 0,159 | 0,156 |
| Erdgas | in DM/a | 1.063.480,- | 1.191.515,- | 1.279.118,- |
| Spezifischer Erdgaspreis | in Pf/kWh _{HU} | 3,90 | 3,92 | 4,45 |
| Wasser/Abwasser | in DM/a | 1.129.468,- | 1.193.260,- | 1.116.597,- |
| Spez. Wasser/Abwasserpreis | in DM/m ³ | 6,94 | 7,39 | 7,50 |
| Gesamtkosten (Energie + Wasser) | in DM/a | 3.809.822,- | 3.907.210,- | 3.999.220,- |

Bewertung

Der Kosten- und Preisvergleich zeigt, insbesondere beim Vergleich der Jahre 1995 und 1996, sehr unterschiedliche Entwicklungen bei den einzelnen Medien. Insgesamt stiegen die jährlichen Gesamtkosten für Energie und Wasser von 1995 auf 1997 um 4,7 %.

Die leichte Reduktion der Stromkosten ist fast ausschließlich auf den Wegfall der Ausgleichsabgabe mit Beginn des Jahres 1996 zurückzuführen, was sich eindeutig im spezifischen Strompreis widerspiegelt. Tendenziell ist eine weitere Senkung der Strompreise für Großabnehmer im Zuge der „Liberalisierung“ des Strommarktes zu erwarten.

Nach einer Stagnation der durchschnittlichen Erdgaspreis in den Jahren 1995-96, stieg dieser in 1997 um 11,5 %, was sich auch in den gestiegenen Gesamtkosten widerspiegelt. Für diesen Bereich sind Prognosen über die Preisentwicklung, u.a. auch aufgrund der Kopplung an den Ölpreis, schwierig.

Die Wasserkosten konnten von 1995 bis 1997, trotz gestiegener Wasserpreise, aufgrund von Wassereinsparungen relativ konstant gehalten werden. Der eindeutige Anstieg der Wasserpreise und Kosten dürfte sich in der Tendenz auf absehbare Zeit fortsetzen. Hier beeinflussen zunehmend hohe fixe Kosten für die Einrichtungen zur Wasseraufbereitung und -entsorgung die Preise.

I.4 Spezifische Verbrauchswerte und Kennzahlen

Die Ermittlung und Darstellung spezifischer Verbrauchswerte für vergleichbare Einrichtungen ermöglicht eine erste Bewertung der Qualität von deren Energieversorgungssituation.

In der Tafel I.3 sind die im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes ermittelten spezifischen Ver-

brauchswerte der SKH aufgeführt und einer Kennzahlenskala für Krankenhäuser gegenübergestellt, die 1995 in der Zeitschrift „Krankenhaustechnik“ veröffentlicht wurde (vgl. hierzu auch Abschnitt 4.5).

Tafel I.3 Energiekonzept SKH: Spezifische Verbrauchswerte (Bezugsjahr 1997) und Kennzahlenskala

| Bezeichnung | Einheit | Kennwert-SKH | Kennwertskala |
|--------------------|--------------------------|--------------|----------------|
| Wärme (Brennstoff) | kWh/Planbett | 21.540 | 5.000 - 45.000 |
| Strom | kWh/Planbett | 8.345 | 2.000 - 12.000 |
| Wasser | m ³ /Planbett | 125 | 50 - 250 |

Bewertung

Der Kennzahlvergleich zeigt, daß die Kennzahlen für die SKH für alle drei Medien im mittleren Bereich der Bewertungsskala angesiedelt sind.

Trotz eingeschränkter Vergleichbarkeit von Krankenhäusern unterschiedlicher Größe und Versorgungsstruktur, lassen die spezifischen Kennzahlen der SKH in allen drei Versorgungsbereichen auf ein mögliches Einsparungspotential schließen.

I.5 Gebäude und Wärmebedarf

Der Gebäudebestand der SKH ist in seiner Struktur und Bauweise sehr unterschiedlich. Er besteht aus Gebäuden, die noch vor dem Ende des 1. Weltkrieges errichtet wurden (Orthopädie, Bibliothek, Werkstatt), dem Zentralbau mit Bettennebenbau aus dem Anfang der Sechziger Jahre, Gebäuden aus den Siebziger Jahren (Geriatric, Anbau Orthopädie, Verwaltung, Wohnheim) und Gebäuden, die nach der 1. Wärmeschutzverordnung von 1982 errichtet wurden (PNA, OP-Anbau).

Eine Berechnung der spezifischen Kennwerte des jährlichen Heizwärmebedarfs, gemäß dem Hessischen Leitfaden „Energiebewußte Gebäudeplanung“, zeigt bei allen Gebäuden der SKH Überschreitungen der Grenzwerte, die bei derzeit errichteten Gebäuden einzuhalten wären. Für die PNA (Haus D) liegt die Überschreitungsrate bei 67 %, beim Zentralbau bei 96 % und im Extremfall, bei der Bibliothek (Haus F1), bei 386 % (vgl. Abschnitte 3.1).

Der ermittelte Gesamtwärmebedarf der SKH-Gebäude für die Deckung der Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung, ohne mechanische Lüftung, beträgt ca. 5.765 kW.

I.6 Energieversorgungs- und -erzeugungssysteme

I.6.1 Heizwärmeversorgung

Die Heiz- und Prozeßwärmeversorgung aller Einrichtungen auf dem Gelände der SKH, mit Ausnahme der Geriatrie, erfolgt aus einem zentralen Kesselhaus im A-Bau mittels einer Hochdruck-Dampfkesselanlage. Hierfür werden 5 Hochdruck-Dampf(HDD)kessel eingesetzt, wovon zwei eine Nennwärmeleistung von 2,9 MW (Baujahr 1962) und drei Kessel eine Nennwärmeleistung von 2,87 MW (Baujahr 1972 bzw. 1977) aufweisen.

Die Wärmeversorgung der Geriatrie wird durch eine separate Gaskesselanlage aus dem Jahr 1977 gewährleistet. Die Nennwärmeleistung der Anlage beträgt 233 kW.

Zur Umformung von Hoch- oder Niederdruckdampf in Heizwasser sind insgesamt 10 Umformer-systeme (je 1-4 Umformer) installiert. Jeder der Gegenströmer- bzw. Umformerstationen sind separate Warmwassersysteme mit entsprechenden Unterverteilungen nachgeschaltet.

Bewertung

- Von den insgesamt 5 Hochdruckdampfkesseln haben vier Kessel ihre technische Nutzungszeit deutlich überschritten. Zwei der Kessel weisen schon 35 Betriebsjahre auf. Der neueste Kessel hat mit inzwischen 20 Betriebsjahren ebenfalls das Ende der üblichen technischen Nutzungszeit erreicht. Trotz der guten Wartung und Betreuung der Anlagen durch das Technische Personal der SKH, muß kurz- bis mittelfristig von einem erheblichen Sanierungsbedarf für die Anlage ausgegangen werden.
- Die Abgasverluste der Kessel liegen deutlich über den Werten, die von vergleichbaren modernen Kesselanlagen erreicht werden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Kessel als Hochdruck-Dampferzeuger fungieren, muß neben den hohen Abgasverlusten von sehr hohen Abstrahlungs- und Betriebsbereitschaftsverlusten ausgegangen werden. Aus energetischen Gesichtspunkten ist die Anlage dringend sanierungsbedürftig.
- Mit Ausnahme eines Teiles der Gegenströmer im Kesselhaus, hat der größte Teil der Umformer seine technische Nutzungsgrenze noch nicht erreicht. Kurz- bis mittelfristiger Sanierungsbedarf ist somit nur für die erste Generation der Anlagen, die sich im Kesselhaus befindet, zu erwarten.
- Problematischer als der Zustand der einzelnen Anlagen ist allerdings die Anlagenkonzeption zu bewerten. Für die Versorgung der vorhandenen Stationen muß ein aufwendiges Dampf- und Kondensatsystem betrieben werden. Obwohl schon ein Teil der ursprünglich dezentral installierten Umformerstationen durch einen direkten Warmwasseranschluß substituiert werden konnte, mußten an anderer Stelle, aufgrund fehlender Kapazitäten einer zentralen Anlage bzw. aufgrund fehlender Warmwasserleitungen, bei relevanten Baumaßnahmen jeweils neue Umformerstationen errichtet werden. In der Zeit von 1994 bis 1997 wurden drei neue Stationen in Betrieb genommen.

Hinsichtlich ihres Zustandes und ihrer Konzeption sind die Warmwassersysteme der SKH wie folgt zu bewerten:

- Aufgrund der sehr unterschiedlichen Nutzungszeiten der Anlagen, ergibt sich kein einheitliches Bild des Gesamtzustandes. Bei den älteren Systemen wurden teilweise schon Sanierungsmaßnahmen vorgenommen. Mittelfristig ist allerdings für die zentralen Systeme der „ersten“ Generation erheblicher Sanierungsbedarf zu erwarten (Armaturen, Umwälzpumpen, Wärmedämmung).
- Von den installierten Umwälzpumpen wird bisher nur ein Teil geregelt betrieben und verursacht somit einen überhöhten Stromverbrauch. Vorliegende Auslegungsdaten für einzelne Netze lassen auch auf eine Überdimensionierung eines Teils der installierten Pumpen schließen.

Bezüglich des Zustandes der Geriatrie-Kesselanlage ist folgendes festzuhalten:

- Die Kesselanlage hat ihre technische Nutzungszeit erreicht und entspricht nicht mehr dem technischen Stand.
- Hinsichtlich der Wärmedämmung und installierten Armaturen besteht beim Wärmeverteilungssystem Optimierungsbedarf.
- Die Umwälzpumpen werden ungeregelt betrieben und verursachen somit einen überhöhten Stromverbrauch.

1.6.2 Dampfversorgung

Prozeßdampf wird in den SKH in insgesamt 3 Druckstufen eingesetzt. Der von der HDD-Kesselanlage erzeugte Dampf mit 7,5 bar, wird durch eine einstufige Druckreduktion auf 2,4 bar für die Hochdruckschiene bzw. auf 0,4 bar für die Niederdrucksystems gebracht.

Bewertung

- Wesentliche Komponenten des zentralen Verteilungssystems weisen inzwischen mehr als 35 Betriebsjahre auf. Kurz- bis mittelfristig ist ein erheblicher Sanierungsbedarf zu erwarten.
- Aufgrund der unzureichenden Wärmedämmung der Verteiler und der anschließenden Rohrleitungen verursacht das System hohe Wärmeverluste.
- Hinsichtlich der Betriebssicherheit muß die Anlage als sehr kritisch bewertet werden. Die gesamte Wärmeversorgung der SKH, mit Ausnahme der Geriatrie, erfolgt über einen Hochdruckdampfverteiler (7,5 bar), der 1961 installiert wurde. Für Notfälle ist keine redundante Versorgung (z.B. Primärversorgung der 2,5 bar oder 0,4 bar Schiene über einen Kessel) vorhanden.

Hinsichtlich ihres Zustandes sowie Ihrer Konzeption sind die Dampfverbrauchseinrichtungen wie

folgt zu bewerten:

- Mit Ausnahme Anlagen in der Apotheke, haben die installierten Dampfverbraucher ihre technische Nutzungsgrenze noch nicht erreicht. Akuter Sanierungsbedarf besteht somit nur für die Sterilisations- bzw. Desinfektionsanlagen in der Apotheke.
- Mit Ausnahme der Luftbefeuchter werden alle Dampfverbrauchseinrichtungen nur während der Tagstunden betrieben. Das Versorgungsnetz wird aber ganzjährig über 24 h am Tag unter Betriebsdruck gehalten. Hierdurch werden hohe Wärmeverluste verursacht.

I.6.3 Wasserversorgung und -aufbereitung

Die Trinkwasserversorgung der SKH erfolgt über ein Ringsystem mit insgesamt 6 Einspeisepunkten. Zur Gewährleistung des Druckes für die Hochhäuser (Bettenhochhaus, Personalwohnheim III) sind Druckerhöhungsanlagen installiert, die 1997 erneuert wurden.

Die beiden Reindampferzeugungsanlagen der SKH werden mit vollentsalztem Wasser (VE-Wasser) gespeist. Die Wasseraufbereitung findet mittels Umkehrosmoseanlagen statt.

Die Versorgung der SKH mit Brauch- und Heißwasser erfolgt aus 5 Zentralen (Kesselhaus A-Bau, PNA, Haus H - Verwaltung, Haus J - Wohnheim und Geriatrie) mit insgesamt 24.000 l Speichervolumen für Heißwasser (80 °C) und 40.000 l Volumen für Brauchwasser (50 °C). Den Speichersystemen sind jeweils Zirkulationsnetze zugeordnet, über welche die Verteilung erfolgt.

Bewertung

- Ein Großteil der installierten Speicher- und Leitungssysteme weist eine Nutzungszeit von mehr als 35 Jahren auf. Kurzfristig ist hier erheblicher Sanierungsbedarf zu erwarten.
- Insbesondere die Brauch- und Heißwassersysteme im A-Bau sind erheblich überdimensioniert. Im Kesselhaus sind Speicher mit einem Gesamtvolumen von 55.000 l installiert.
- Die ausgedehnten Verteilungs- und Zirkulationssysteme, insbesondere diejenigen der Brauch- und Heißwasserzonen I im A-Bau, verursachen erhebliche Wärmeverluste und einen hohen Strombedarf.
- Als sehr problematisch ist die Tatsache zu bewerten, daß die Leitungssysteme im Zuge von baulichen Erweiterungs- und Sanierungsmaßnahmen unstrukturiert ausgedehnt wurden. Über das System in seinem jetzigen Zustand liegt keine vollständige Dokumentation mehr vor. Zudem bestehen offensichtlich Kurzschlüsse zwischen verschiedenen Druck- und Temperaturzonen. Dies ist sowohl in technischer als auch in hygienischer Hinsicht sehr problematisch.

I.6.4 Kälteversorgung

Zur Kälteversorgung von Klimaanlage, zur Bereitstellung von Prozeßkälte für die Kühlung von medizinischen Geräten und Apparaten sowie zur Kondensatorkühlung von Kühlgeräten in der Zentralküche, wird in den SKH ein Kaltwassernetz betrieben, das von zwei Zentralen versorgt wird. Die Kältezentrale I mit zwei Split-Flüssigkeitskühlern und je 500 kW Kälteleistung befindet sich im A-Bau. In der Kältezentrale II (PNA) sind zwei Verdichter-Verflüssiger-Einheiten mit je 107 kW Kälteleistung installiert.

Hydraulisch ist das System so aufgebaut, daß die Erzeuger im A-Bau das gesamte System mit Kälte versorgen können, während an die PNA-Zentrale nur die Anlagen in der PNA angeschlossen sind.

Bewertung

- Die Anlagenkomponenten haben ihre technische Nutzungsgrenze noch nicht erreicht. Kurz- bis mittelfristig ist kein relevanter Sanierungsbedarf zu erwarten.
- Als problematisch erweist sich die hydraulische Konzeption der Anlage I. Aufgrund einer Reihenschaltung der ungeregelten Kältemaschinenkreispumpen zu den geregelten Kaltwasserkreispumpen kommt es zu Betriebsstörungen der Anlage. Der Parallelbetrieb der Maschinen unter Vollast ist nur manuell möglich.
- Die Luftzu- und -abfuhr für die Verflüssigerkühlung der Kältemaschinen im A-Bau ist, bedingt durch die räumliche Lage der Kältezentrale, für den maximalen Leistungsbedarf nicht ausreichend. Bei einem hohen Leistungsbedarf der Maschinen im Hochsommer kann die Verflüssigerwärme nicht mehr vollständig abgeführt werden.
- Der Kaltwasserspeicher ist hydraulisch nicht optimal eingebunden und hat somit nicht den gewünschten Puffereffekt.
- Durch das zentrale Netz werden auch Verbraucher versorgt, die ganzjährig Kältebedarf aufweisen (Umluftkühler, Maschinen- oder Geräte Kühlung). Hierbei kann davon ausgegangen werden, daß die benötigte Kälteleistung dieser Anlagen weniger als 10 % der gesamten installierten Kälteleistung beträgt. Aufgrund der dezentralen räumlichen Anordnung der Anlagen muß das gesamte Hauptkaltwassernetz permanent beaufschlagt werden.

Neben den durch das zentrale Kaltwassersystem versorgten Klimaanlage werden in den SKH dezentrale Kälteanlagen zur Raumklimatisierung betrieben. Hierbei kommen Anlagen unterschiedlicher Bauart zum Einsatz. Im wesentlichen handelt es sich um Wärmepumpen-Rekuperatoren, Kompaktklima-, Direktverdampferanlagen, Split-Klimageräte und um Schrank-Klimageräte.

Bewertung

- Hinsichtlich der Bauarten sowie der Standzeiten zeigen die dezentralen Klima-Kälteanlagen ein sehr heterogenes Bild. Neben Anlagen mit Standzeiten von weniger als 5 Jahren, werden Geräte betrieben, die ihre technische Nutzungszeit überschritten haben. Zusätzlich zu dem schon beste-

hendem erheblichen Wartungs- und Instandhaltungsaufwand, ist kurz- bis mittelfristig erheblicher Sanierungsaufwand zu erwarten.

- Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß die eingesetzten dezentralen Kleingeräte wesentlich geringere Kältezahlen erreichen als eine Großanlage. Dies führt zu einem erhöhten Strombedarf für die Gebäudeklimatisierung.
- Kritisch ist auch die Tatsache zu bewerten, daß eine relevante Anzahl der Anlagen noch mit dem FCKW-haltigen Kältemittel R 12, daß seit 1995 nicht mehr produziert werden darf, betrieben wird. Beim Großteil der restlichen Anlagen wird das teilhalogenierte Kältemittel R 22 eingesetzt, das ein erhebliches klimabelastendes Potential aufweist.

Zur Kühlung von Lebensmitteln, Arzneimitteln, Blut oder sonstigen medizinischen Präparaten werden in den SKH Kühlmaschinen und Großkühlschränke betrieben. Hiervon hat ein Großteil seine technische Nutzungszeit überschritten. Die Altgeräte werden überwiegend mit FCKW-haltigen Kältemitteln betrieben und entsprechen nicht dem Technischen Stand (z.B. Isolierung). Neben einem hohen Wartungs- und Instandhaltungsaufwand, verursachen die Geräte somit auch einen überhöhten Stromverbrauch.

I.6.5 Klima- und Lüftungsanlagen

Im Rahmen der Datenerhebung zum Teil-Energiekonzept wurden in den SKH insgesamt 188 Raumlufttechnische Anlagen erfaßt. In der Tafel I.4 sind die Anlagen hinsichtlich ihrer Luftbehandlungsfunktionen gemäß DIN 1946 „Raumlufttechnik“ nach Anzahl und Luftmengen gegliedert.

Tafel I.4 Energiekonzept SKH: Hauptdaten der Raumlufttechnischen Anlagen

| RLT-Anlagen-Typ | Anzahl der Anlagen | Geförderte Zuluftmenge in m ³ /h | Geförderte Abluftmenge in m ³ /h | Ventilator-Motorleistung Zuluft in kW | Ventilator-Motorleistung Abluft in kW |
|-----------------------------|--------------------|--|--|--|--|
| Klima- und Teilklimaanlagen | 36 | 206.760 | 147.325 | 196,1 | 85,6 |
| Lüftungsanlagen | 35 | 210.305 | 309.860 | 130,7 | 106,1 |
| Abluftanlagen | 23 | | 84.780 | | 29,3 |
| Gesamt | 94 | 417.065 | 541.965 | 326,8 | 221,0 |

Bewertung

- Der Großteil der RLT-Anlagen der SKH hat seine technische Nutzungsdauer noch nicht erreicht. Wesentliche Anlagengruppen weisen Standzeiten von weniger als 5 Jahren auf. Kurz- bis mittelfristig ist kein relevanter Sanierungsbedarf zu erwarten.
- Hinsichtlich der Konzeption entsprechen insbesondere die Anlagen im A-Bau dem technischen

Stand. Die überwiegend installierten Mischluftsysteme ermöglichen einen wärme- und kälte-sparenden Betrieb. Zudem kann, bis auf eine Ausnahme, auf den Betrieb von Dampf-Luftbe-feuchtern verzichtet werden.

- Optimierungsbedarf besteht teilweise hinsichtlich der Abstimmung der Betriebszeiten der RLT-Anlagen mit den Nutzungszeiten und -anforderungen der versorgten Gebäudebereiche.

I.6.6 Beleuchtungssysteme

Über die installierten Beleuchtungsanlagen der SKH liegt keine vollständige Dokumentation vor. Im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes wurden die Beleuchtungsanlagen wesentlicher Gebäudebereiche durch eine exemplarische Erfassung von Referenzzonen ermittelt.

Bewertung

Die Beleuchtungssysteme der SKH können hinsichtlich ihrer Konzeption sowie ihrer energetischen Relevanz wie folgt bewertet werden:

- Ein Großteil der installierten Beleuchtungssysteme hat seine technische Nutzungszeit überschritten und ist dementsprechend sanierungsbedürftig.
- Außer in den durchgängig sanierten Gebäudebereichen (z.B. 4 Pflegestationen im A-Bau) sind überwiegend Leuchten installiert, die nicht dem Stand der Technik entsprechen. So werden z.B. die Leuchtstofflampen fast ausnahmslos mit konventionellen Vorschaltgeräten geschaltet und verursachen einen überhöhten Stromverbrauch. Diese Systeme beanspruchen zudem einen hohen Instandhaltungsaufwand.
- Exemplarische Messungen der Beleuchtungsstärke in den Fluren von nicht sanierten Pflegestationen im A-Bau haben gezeigt, daß die notwendige Nennbeleuchtungsstärke nach DIN 5035 teilweise nicht erreicht wird.

I.7 Energiesparende Maßnahmen

Im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes wurden energiesparende Maßnahmen hinsichtlich ihres energetischen Effektes, ihrer Wirtschaftlichkeit sowie im Hinblick auf ihre Umweltrelevanz untersucht und bewertet.

Im folgenden werden die untersuchten Maßnahmen aufgeführt, die eines oder mehrere der nachstehenden Kriterien erfüllen:

- Die Maßnahme ist energetisch sinnvoll.
- Die Maßnahme ist wirtschaftlich.
- Die Maßnahme trägt zur Umweltentlastung bei.

I.7.1 Maßnahmen mit energetischer, wirtschaftlicher und ökologischer Relevanz

Maßnahme 1: Betriebszeitenoptimierung der Raumluftechnischen Anlagen

Bei den Raumluftechnischen Anlagen wurde als Optimierungsmaßnahme ein möglicher Teillastbetrieb und/oder das zeitweise Abschaltung von RLT-Anlagen mit entsprechender Optimierung der Regelungstechnik untersucht. Die folgende Tafel enthält die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung:

Maßnahmenbezeichnung: Betriebszeitenoptimierung der RLT-Anlagen

| | | |
|-----------------------------|----------|-----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 257,82 |
| - Brennstoff | in MWh/a | 219,45 |
| Energiekosteneinsparung | in DM/a | 43.265,- |
| Investitionskosten | in DM | 320.165,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 35.155,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 4.910,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 1.066,7 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 202 |

Die untersuchte Optimierung der RLT-Anlagen stellt in der Gesamtbewertung die effektivste Einzelmaßnahme zur Energieeinsparung dar.

Mit einer Gesamtinvestition von 320.165 DM könnten jährlich ca. 43.265 DM an Energiekosten eingespart werden. Durch die Maßnahmen würde der Strombezug der SKH um 257,82 MWh/a vermindert, das entspricht ca. 3 % des derzeitigen Gesamtstromverbrauchs.

Der Primärenergieverbrauch würde jährlich um 1.067 MWh reduziert und es würden ca. 202 t des klimabelastenden CO₂ weniger emittiert.

Maßnahme 2: Kühlung der Dampfsterilisatoren im Z-Steri durch zentrales Kältesystem

Es wurde untersucht, ob die Kondensatoren vor den Vakuumpumpen der Dampfsterilisatoren zukünftig, anstelle von Frischwasser, durch den technisch möglichen Anschluß an das zentrale Kaltwassersystem gekühlt werden können. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in der folgenden Tafel dargestellt.

Maßnahmenbezeichnung: Anschluß der Kondensatorkühlung der Dampfsterilisatoren an das zentrale Kaltwassersystem

| | | |
|--|----------------------|----------|
| Energiemehrbedarf und Wassereinsparung | | |
| - Wassereinsparung | in m ³ /a | 6.412 |
| - Strom-Wirkarbeit (Mehrbedarf) | in MWh/a | 13,05 |
| - Strom-Wirkleistung (Mehrbedarf) | in kW/a | 7,5 |
| Energie- und Wasserkosteneinsparung | in DM/a | 44.640,- |
| Investitionskosten | in DM | 23.600,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 2.590,- |
| Betriebskosten | in DM/a | 500,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 41.550,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | - |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | - |

Durch die Realisierung dieser Umstellung der Kühlung wird, bei einer Investition von 23.600,- DM, mit jährlich über 44.600,- DM die höchste Kosteneinsparung aller untersuchten Maßnahmen erzielt. Unter ökologischen Gesichtspunkten kann davon ausgegangen werden, daß der Nutzen der Wassereinsparung von über 6.400 m³ pro Jahr, die entstehenden Schadstoffemissionen und den Primärenergieeinsatz für die Kälteerzeugung durch Strom übersteigt.

Maßnahme 3: Regelung von Umwälzpumpen

Die Mehrzahl der Umwälzpumpen im Heizsystem der SKH wird nicht lastabhängig betrieben. Die installierten Pumpen laufen ganzjährig auf der eingestellten, meist maximalen Leistungsstufe. Hierdurch wird ganzjährig ein erheblicher Strommehrbedarf verursacht. Da die Pumpen auch im Sommer

betrieben werden, tragen sie auch zur Stromlastspitze bei.

Im Zuge des Teil-Energiekonzeptes wurde untersucht, inwieweit der Einsatz von geregelten Umwälzpumpen zur Verminderung des Strombedarfs und der Stromkosten beitragen kann. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der folgenden Tafel enthalten.

Maßnahmenbezeichnung: **Regelung von Umwälzpumpen**

| | | |
|-----------------------------|----------|-----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 107,03 |
| - Strom-Wirkleistung | in kW/a | 26,3 |
| Energiekosteneinsparung | in DM/a | 16.990,- |
| Investitionskosten | in DM | 114.480,- |
| davon Instandhaltung | in DM | 53.885,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 8.630,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 8.360,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 344,13 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 65 |

Bei den Investitionen wurde berücksichtigt, daß ein Großteil der Pumpen das Ende der technischen Lebensdauer erreicht bzw. überschritten haben und demnach aus Gründen der Versorgungssicherheit „ohnehin“ ausgetauscht werden. Der Einbau führt zu jährlichen Minderkosten in Höhe von ca. 8.350,- DM. Eine zusätzliche Kosteneinsparung könnte durch die Inanspruchnahme von Fördermitteln des Landes Hessen für stromsparende Maßnahmen erzielt werden.

Maßnahme 4: **Optimierung der Beleuchtungsanlagen**

Bei den Beleuchtungsanlagen wurden folgende Maßnahmen zur Optimierung untersucht:

- **Sanierung der Flurbeleuchtung in den sanierten Pflegestationen im A-Bau:** Installation von Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) im Flurbereich und Anpassung der Beleuchtungsstärke an die DIN-Anforderungen.
- **Optimierung der Beleuchtung der Intensivstationen:** Die Leuchtstofflampen der meisten Leuchten der Intensivpflegestationen werden über konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) geschaltet. Austausch der Leuchten mit KVG gegen Leuchten mit EVG im Bereich der Intensivstationen.

- **Optimierung der Beleuchtung der Raumbereiche im Zentral-OP:** Die Leuchtstofflampen der meisten Leuchten des Zentral-OP werden über KVG geschaltet. Austausch der Leuchten mit KVG gegen Leuchten mit EVG im Bereich des Zentral-OP.
- **Komplettsanierung der Stationsbeleuchtung im A-Bau:** Analog zur bisher durchgeführten Sanierung mit Optimierung der Flurbeleuchtung. In den Raumbereichen der nicht sanierten Pflegestationen im A-Bau sind Leuchten mit KVG installiert. Zudem liegt die Beleuchtungsstärke für einzelne Räume weit über den Anforderungen der DIN 5035. Die Beleuchtungsstärke der Flurbeleuchtung liegt allerdings unter den geforderten Werten. Sanierung der Beleuchtung wie in den bereits sanierten Stationen mit Sanierung der Beleuchtung in den „Turm-Zimmern“ sowie Anpassung der Flurbeleuchtung.
- Ein Großteil der innenliegenden Bereiche (Verkehrswege) der SKH werden ganztägig durch Leuchtstofflampen mit KVG beleuchtet, Es wurde der Austausch der vorhandenen Leuchtstofflampen mit KVG gegen Leuchtstofflampen mit EVG untersucht.

Die Optimierung der Beleuchtung basiert auf einer angenommenen Referenzvariante. Hierbei wird angenommen, daß im Zuge von Bauerhaltungsmaßnahmen, die Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten gegen Leuchten mit verlustarmen Vorschaltgeräten ausgetauscht werden, d.h., es wird die zusätzliche Stromeinsparung durch den Einbau von elektronischen Vorschaltgeräten ermittelt. Die durchgeführten Berechnungen führten zu folgenden Ergebnissen:

Maßnahmenbezeichnung: **Optimierung Flurbeleuchtung der sanierten Stationen im A-Bau**

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 13,2 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 2.150,- |
| Investitionskosten | in DM | 12.480,- |
| davon Instandsetzungskosten | in DM | 9.825,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 290,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 1.860,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 42,1 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 7,9 |

Maßnahmenbezeichnung: **Optimierung Beleuchtung in den Intensivstationen**

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 15,22 |
| - Strom-Wirkleistung | in kWh/a | 2,5 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 4.550,- |
| Investitionskosten | in DM | 80.565,- |
| davon Instandsetzungskosten | in DM | 60.150,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 2.240,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 2.310,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 48,9 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 9,2 |

Maßnahmenbezeichnung: **Optimierung Beleuchtung im Bereich des Zentral-OP**

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 6,70 |
| - Strom-Wirkleistung | in kW/a | 1,4 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 2.270,- |
| Investitionskosten | in DM | 49.680,- |
| davon Instandsetzungskosten | in DM | 39.720,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 1.095,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 1.175,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 21,5 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 4,0 |

Maßnahmenbezeichnung: **Ergänzende energetische Optimierung der Beleuchtung der allgemeinen Pflegestationen im A-Bau im Rahmen der Gesamtsanierung**

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 17,8 |
| - Strom-Wirkleistung | in kW/a | 5,6 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 4.225,- |
| Investitionskosten | in DM | 49.920,- |
| davon Instandsetzungskosten | in DM | 39.300,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 1.170,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 3.055,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 44,2 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 8,3 |

Maßnahmenbezeichnung: **Optimierung Flurbeleuchtung in den durchgehend beleuchteten Bereichen**

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 17,20 |
| - Strom-Wirkleistung | in kW/a | 2,0 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 3.095,- |
| Investitionskosten | in DM | 54.450,- |
| davon Instandsetzungskosten | in DM | 41.170,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 1.460,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 1.640,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 56,33 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 10,6 |

Sämtliche untersuchten Einzelmaßnahmen zur Optimierung der Beleuchtung in den SKH führen zu positiven energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Ergebnissen. Durch die Umsetzung dieses Maßnahmenpaktes können durch die Energie- und Betriebskostenreduzierung und nach dem Abzug der Kapitalkosten, jährlich 10.000,- DM eingespart werden. Die Primärenergieeinsparung liegt bei 213,2 MWh/a und die Reduzierung von CO₂-Emissionen beträgt 40 Tonnen bzw. 3 % pro Jahr.

1.7.2 Maßnahmen mit energetischer und ökologischer Relevanz im Rahmen der Bauer-

haltung

Im Zuge von Bauerhaltungsmaßnahmen besteht häufig die Möglichkeit die bestehenden Systeme nicht nur zu sanieren sondern dabei auch zu optimieren.

Im folgenden werden diejenigen Optimierungsmaßnahmen dargestellt, für die im Rahmen des Energiekonzeptes ein wirtschaftlich/energetischer oder zumindest ein relevanter energetischer Effekt nachgewiesen werden konnte.

Maßnahme 1: **Baulicher Wärmeschutz**

Der bauliche Wärmeschutz der SKH-Gebäude entspricht nicht dem Technischen Stand. Im Zuge von Bauerhaltungsmaßnahmen kann eine Optimierung des Zustandes zur Reduzierung von Wärmeverlusten durchgeführt werden.

Im einzelnen wurden folgende Maßnahmen berücksichtigt:

- Bauerhaltung des Zentralbaus mit Außenwanddämmung auf einen k-Wert von 0,37 W/m²K, einer Dachdämmung auf einen k-Wert von 0,30 W/m²*K und Einbau von Wärmeschutzglas (1,5 W/m²*K)
- Bauerhaltungsmaßnahmen für die Geriatrie durch eine Dachdämmung auf einen k-Wert von 0,30 W/m²*K und dem Einbau von Wärmeschutzverglasung (k-Wert 1,5 W/m²*K)
- Einbau von Wärmeschutzverglasung (1,5 W/m²*K) für Haus H (Verwaltung) und Haus J (Personalwohnheim) im Rahmen der Bauerhaltung.

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde für die Maßnahmen nicht erstellt, da die Umsetzung „ohnehin“ erfolgen muß. In der folgenden Tafeln sind die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung zusammengestellt:

Maßnahmenbezeichnung: **Maßnahmen aus Gründen der Bauerhaltung**

| | | |
|-----------------------------|----------|-----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Brennstoff | in MWh/a | 1.582,5 |
| Energiekosteneinsparung | in DM/a | 73.540,- |
| Investitionskosten | in DM | 7,07 Mio. |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 1.716,40 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 337 |

Bei Umsetzung des gesamten Maßnahmenpakets können jährlich über 73.500,- DM an Energiekosten eingespart werden. Auch die Primärenergie- und CO₂-Reduzierung gehören zu den besten Ergebnissen der untersuchten Energiesparmaßnahmen für die SKH.

Maßnahme 2: Optimierung der zentralen Kälteversorgung

Zur hydraulischen und energetischen Optimierung der Kälteversorgung wurde im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes folgendes Maßnahmenpaket untersucht:

- Hydraulische Trennung des Erzeuger- und Verbraucherkreises durch Schaffung von Primär- und Sekundärverteilungen
- Installation von Kaltwasserpufferspeichern zur Verringerung der Taktzeiten der Kältemaschinen, zur Erhöhung der Kältezahl sowie zur hydraulischen Entkopplung von Primär- und Sekundärkreis
- Einbindung eines Luftkühlsystems (Axial-Glykoler/Wärmetauscher) zur Gewährleistung der Grundlastkälteversorgung bei Außenlufttemperaturen $\leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in der folgenden Tafel zusammengefaßt:

Maßnahmenbezeichnung: Optimierung der zentralen Kälteversorgung

| | | |
|-----------------------------|----------|-----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 39,77 |
| Energiekosteneinsparung | in DM/a | 4.950,- |
| Investitionskosten | in DM | 306.400,- |
| davon Instandhaltungskosten | in DM | 167.000,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 15.305, |
| Betriebskosten | in DM/a | 6.130,- |
| Jahresmehrkosten | in DM/a | 16.480,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 127,86 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 24 |

Durch die hohen Investitionen von knapp 140.000,- DM für die Energiesparmaßnahme, wird kein wirtschaftliches Ergebnis erzielt. Allerdings könnte die beschriebene Maßnahme, im Rahmen der notwendigen Verbesserung der hydraulischen Bedingungen des Kältesystems realisiert werden.

I.7.3 Sonstige Maßnahmen mit energetischer und ökologischer Relevanz

Maßnahme 1: Zusätzlicher baulicher Wärmeschutz aus energetischen Gründen

Für die Gebäude der SKH haben sich, im Rahmen der Konzepterstellung, folgende Sanierungsmöglichkeiten als technisch realisierbar und als energetisch sinnvoll herausgestellt, um den baulichen Wärmeschutz der einzelnen Gebäude deutlich zu verbessern, und somit den Heizenergiebedarf zur Raumbeheizung relevant zu senken:

I. Zusammenfassung

| Gebäude | Abkürzung | Bauteil | Sanierungsmaßnahme | k-Wert neu in W/m ² *K |
|---------------------|-----------|-------------|--|--------------------------------------|
| Haus A - Altbau | A4 (AW) | Außenwand | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme durch Anbringen eines 12 cm dicken WDVS | 0,27 |
| | A5 (Fe) | Fenster | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme (2-Scheiben Wärmeschutzverglasung) durch Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | A6 (Fe) | Fenster | Austausch der isolierverglasten Fenster (Südfassade) gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | A7 (Da) | Dach | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme mit 14 cm Dämmschicht anstelle von 10 cm | 0,26 |
| Haus A - Anbau | A8 (Fe) | Fenster | Austausch sämtlicher Fenster gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| Haus D - PNA | D1 (Fe) | Fenster | Austausch sämtlicher Fenster gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| Haus E - Geriatrie | E3 (Aw) | Außenwand | Anbringen eines 12 cm dicken(WDVS | 0,21 |
| | E4 (Fe) | Fenster | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme (2-Scheiben Wärmeschutzverglasung) durch Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | E5 (Da) | Dach | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme mit 14 cm Dämmschicht anstelle von 8 cm | 0,21 |
| Haus H - Verwaltung | H2 (Aw) | Außenwand | Anbringen eines 12 cm dicken WDVS | 0,21 |
| | H3 (Da) | Dach | Dämmung der obersten Geschoßdecke mit 2 x 10 cm Dämmplatten, Spanplatten begehbar | 0,16 |
| | H4 (Fe) | Fenster | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme (2-Scheiben Wärmeschutzverglasung) durch Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | H5 (Ke) | Kellerdecke | Dämmung unterseitig, mit 6 cm PS-Platten | 0,37 |
| Haus J - Wohnheim | J2 (Aw) | Außenwand | Anbringen eines 12 cm dicken WDVS an den beiden nicht gedämmten Außenwänden | 0,26 |
| | J3 (Da) | Flachdach | Öffnen der Dachhaut, verlegen von 14 cm Dämmungl | 0,22 |
| | J4 (Fe) | Fenster | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme (2-Scheiben Wärmeschutzverglasung) durch Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | J5 (Ke) | Kellerdecke | Dämmung unterseitig, mit 6 cm PS-Platten | 0,37 |

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tafel zusammengefaßt:

Maßnahmenbezeichnung: **Wärmedämmung aus energetischen Gründen**

| | | |
|-------------------------|----------|-----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Brennstoff | in MWh/a | 1.094,9 |
| Energiekosteneinsparung | in DM/a | 50.880,- |
| Investitionskosten | in DM | 6,63 Mio. |
| Kapitalkosten | in DM/a | 534.620,- |
| Jahresmehrkosten | in DM/a | 483.745,- |

I. Zusammenfassung

| | | |
|-----------------------------|----------|----------|
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 1.187,52 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 233 |

Der relevanten Energiekosteneinsparung von jährlich fast 51.000 DM stehen die hohen Investitionen von 6,63 Mio. DM bzw. jährlichen Kapitalkosten von über 534.500,- DM gegenüber. Ein wirtschaftliches Ergebnis wird auch nicht für eine beschriebenen Einzelmaßnahmen erreicht.

Maßnahme 2: Thermische Solarenergienutzung zur Brauchwassererwärmung

Aufgrund der relevanten Brauchwasserbedarfswerte für die PNA und das Personalwohnheim, wurden diese als Standorte für eine thermische Solaranlage untersucht. Hierbei wurde von der Installation einer Kollektorfläche von 210 m² für die PNA und 60 m² für das Personalwohnheim ausgegangen.

In der folgenden Tafel sind die Ergebnisse der Berechnungen dargestellt.

Maßnahmenbezeichnung: Errichtung einer thermischen Solaranlage zur Brauchwasserbereitung für die PNA

| | | |
|-----------------------------|----------|--|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | -1,36 |
| - Brennstoff | in MWh/a | 142,58 |
| Energiekosteneinsparung | in DM/a | 5.470,- |
| Investitionskosten | in DM | 139.650,- (Unter Berücksichtigung einer 30 %-tigen Landesförderung) |
| Kapitalkosten | in DM/a | 13.185,- |
| Betriebskosten | in DM/a | 5.985,- |
| Jahresmehrkosten | in DM/a | 13.700,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 150,25 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 30 |

Maßnahmenbezeichnung: **Errichtung einer thermischen Solaranlage zur Brauchwasserbereitung für das Personalwohnheim**

| | | |
|-----------------------------|----------|---|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | -0,28 |
| - Brennstoff | in MWh/a | 36,73 |
| Energiekosteneinsparung | in DM/a | 1.410,- |
| Investitionskosten | in DM | 49.360,- Unter Berücksichtigung einer 30 %-tigen Landesförderung) |
| Kapitalkosten | in DM/a | 4.660,- |
| Betriebskosten | in DM/a | 2.115, |
| Jahresmehrkosten | in DM/a | 5.360,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 38,93 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 8 |

Trotz relevanter Brennstoffeinsparungen von zusammen 179,31 MWh pro Jahr (entspricht. etwa 17.000 m³ Erdgas) und der damit verbundenen Verminderung des Primärenergieeinsatzes und der Schadstoffemissionen, ist keine Wirtschaftlichkeit für die Maßnahmen zu erwarten.

1.8. Rationelle und umweltschonende Energieversorgung

Im Hinblick auf eine rationelle und umweltschonende Energieversorgung der SKH wurden insgesamt fünf potentielle Versorgungsvarianten hinsichtlich ihrer energetischen und wirtschaftlichen Wirkung sowie bezüglich ihrer Umweltrelevanz mit einer Versorgung durch das bestehende System untersucht und verglichen (vgl. auch Abschnitt 10. des Teil-Energiekonzeptes).

Variante 1: Sanierung des bestehenden Dampf- und Wärmeversorgungssystems ohne konzeptionelle Veränderung mit Installation von vier Hochdruckdampfkesseln und Erneuerung wesentlicher Systemkomponenten (Kaminzüge, Dampfverteiler, Speisewasserversorgung, Gegenströmer, Brauchwarm- und Heißwasserspeicher).
Sanierung der Geriatrie-Heizzentrale mit Kesselerneuerung.

Variante 2: Aufbau eines zentralen Warmwasserheizsystems mit Installation von drei Heißwasser-Heizkesseln.
Sanierung und Anpassung des zentralen Dampfversorgungssystems mit Installation von zwei Hochdruck-Dampfkesseln und Erneuerung wesentlicher Systemkomponenten (vgl. Variante 1.)

Variante 3: Aufbau eines zentralen Warmwasserheizsystems mit Installation von drei Heißwasser-Heizkesseln (wie Variante 1).
Sanierung und Dezentralisierung des Dampfversorgungssystems mit Installation von zwei Hochdruck-Dampfkesseln und Erneuerung wesentlicher Systemkomponenten im Kesselhaus im A-Bau sowie Schaffung einer separaten Dampfzentrale in der Heizzentrale der Geriatriischen Tagesklinik zur Versorgung der PNA-Dampfverbraucher.

Variante 4: Aufbau eines zentralen Warmwasserheizsystems mit Installation von zwei Heißwasser-Heizkesseln und eines Blockheizkraftwerkes.
Sanierung und Anpassung des zentralen Dampfversorgungssystems (vgl. Var. 2.)

Variante 5: Aufbau eines zentralen Warmwasserheizsystems mit Installation von zwei Heißwasser-Heizkesseln und eines Blockheizkraftwerkes (vgl. Variante 4.)
Sanierung und Anpassung des zentralen Dampfversorgungssystems (vgl. Var. 2.)
Installation einer Absorptionskälteanlage zur Ergänzung der zentralen Kälteversorgung.

Die wesentlichen Kenndaten der Versorgungsvarianten sind in der folgenden Aufstellung enthalten:

Tafel I.5 Energiekonzept SKH: Kenndaten der untersuchten Versorgungsvarianten

| | Variante 0 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|--|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--|--|
| Heiß-/Warmwasser-Kessel Kesselhaus - Wärmeleistung - Brennstoff HZ Geriatriische TK - Wärmeleistung - Brennstoff | 1 x 0,225 MW Erdgas | 1 x 0,225 MW Erdgas | 3 x 2,75 MW Erdgas/Heizöl | 3 x 2,75 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 3,0 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 3,0 MW Erdgas/Heizöl |
| Hochdruck-Dampfkessel Kesselhaus - Wärmeleistung - Brennstoff HZ Geriatriische TK - Wärmeleistung - Brennstoff | 5 x 2,9 MW Erdgas/Heizöl | 4 x 2,5 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 1,25 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 0,8 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 1,25 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 1,25 MW Erdgas/Heizöl |
| Blockheizkraftwerk - elektrische Leistung - thermische Leistung - Energieeinsatz - Brennstoff | | | | | 2 x 606 kW 2 x 867 kW 2 x 1.684 kW Erdgas | 2 x 606 kW 2 x 867 kW 2 x 1.684 kW Erdgas |
| Brauchwasserspeicher - Inhalt Heißwasserspeicher - Inhalt | | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l |
| Absorptionskälteanlage - Kälteleistung - Heizwärmebedarf - Rückkühlleistung | | | | | | 1 x 500 kW 1 x 750 kW 1 x 1.250 kW |

Bei der Erstellung der Energiebilanzen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde berücksichtigt, daß wesentliche der im Abschnitt I.7 dargestellten Energiesparmaßnahmen, wie Wärmedämmung oder Optimierung der RLT-Anlagen den zukünftigen Nutzenergiebedarf der SKH vermindern.

Weiterhin wurde angenommen, daß die bauliche Entwicklung der SKH entsprechend der Vorgaben der Zielplanung stattfindet.

Bei der Konzeption der zukünftigen Energieversorgungssysteme der SKH muß diese Tatsache berücksichtigt werden.

In der Tafel I.6 sind die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten energetischen und wirtschaftlichen Berechnungen sowie die ermittelten Primärenergie- und CO₂-Bilanzen der Vergleichsvarianten dargestellt.

Tafel I.6 Energiekonzept SKH: Ergebnisse der untersuchten Versorgungsvarianten

| | | Variante 0 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|---|----------------------|--------------------|-----------------------|--|---|---|---|
| Kurzbeschreibung | | Ist-Zustand | Sanierter Ist-Zustand | Zentrales Warmwasserheizsystem (3 Kessel) und zentrales Dampfsystem (2 Kessel) | Zentrales Warmwasserheizsystem (3 Kessel) und dezentrales Dampfsystem (1x2 Kessel und 1x1 Kessel) | Zentrales Warmwasserheizsystem (2 Kessel + BHKW) und zentrales Dampfsystem (2 Kessel) | Zentrales Warmwasserheizsystem (2 Kessel + BHKW) und zentrales Dampfsystem (2 Kessel), Absorptionskälteanlage |
| Energiebilanzen | | | | | | | |
| Jahreswärme-SKH | in kWh/a | 18.452.000 | 18.177.000 | 15.112.000 | 14.612.200 | 15.112.000 | 16.941.400 |
| Jahresstrombedarf-SKH | in kWh/a | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.257.600 |
| Vollbenutzungsstunden-KWK | in h/a | | | | | 5.605 | 6.620 |
| Jahreswärmeerzeugung | | | | | | | |
| - BHKW | in kWh/a | | | | | 9.718.600 | 11.479.300 |
| - Heißwasser-Heizkessel | in kWh/a | | | 12.378.200 | 12.378.200 | 2.658.600 | 2.728.300 |
| - Dampf-Heizkessel | in kWh/a | 18.452.000 | 18.177.000 | 2.733.800 | 2.234.000 | 2.733.800 | 2.733.800 |
| Jahresstromdeckung | | | | | | | |
| BHKW-Strom | in kWh/a | | | | | 5.985.600 | 7.165.700 |
| Netzstrom | in kWh/a | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.827.200 | 3.841.700 | 2.091.900 |
| BHKW-Stromeinspeisung | in kWh/a | | | | | 603.570 | 617.220 |
| Brennstoff BHKW/Kessel | | | | | | | |
| - Arbeit | in kWh/a | 21.952.900 | 19.598.600 | 16.791.150 | 16.235.800 | 24.314.100 | 28.365.600 |
| - Leistung | in kWh/d | 158.000 | 158.000 | 158.000 | 158.000 | 158.000 | 158.000 |
| Speise-/Kühlwasser | in m ³ /a | 27.670 | 27.270 | 4.100 | 3.350 | 4.100 | 9.590 |
| Wirtschaftlichkeitsdaten | | | | | | | |
| Gesamt-Investitionen | in DM | 0,- | 3.555.000,- | 4.266.300,- | 4.621.500 | 6.517.380,- | 7.537.380,- |
| Energiekosten | in DM/a | 2.886.630,- | 2.810.630,- | 2.495.592,- | 2.466.927,- | 2.036.923,- | 1.991.492,- |
| Betriebskosten | in DM/a | 396.770,- | 162.500,- | 117.500,- | 138.000,- | 281.991,- | 303.167,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 0,- | 458.788,- | 534.661,- | 580.499,- | 858.601,- | 980.797,- |
| Jahresgesamtkosten | in DM/a | 3.283.320,- | 3.431.918,- | 3.147.753,- | 3.185.426,- | 3.177.515,- | 3.275.456,- |
| Primärenergie-/CO₂ Bilanz | | | | | | | |
| Primärenergiebedarf | in MWh/a | 55.408,8 | 52.853,2 | 49.810,4 | 49.208,0 | 36.783,0 | 35.712,7 |
| CO₂-Ausstoß | in t/a | 10.612 | 10.110 | 9.512 | 9.394 | 7.135 | 6.971 |

Die oben dargestellten Berechnungsergebnisse können wie folgt bewertet werden:

- Die Schaffung eines zentralen Warmwasserheizsystems und die Anpassung des zentralen Dampfversorgungssystems würde gegenüber dem bisherigen Versorgungssystem zu einer erheblichen Verminderung des jährlichen Brennstoff- und Speisewasserbedarfs und der damit verbundenen Energiekosten führen.
- Die Wärme- und Strombedarfsstruktur der SKH bietet gute Voraussetzungen für den Einsatz einer BHKW-Anlage. Ein BHKW mit einer elektrischen Leistung von 1.212 kW und einer Gesamtwärmeleistung von 1.734 kW könnte ca. 61 % des Jahresstrombedarfs und etwa 79 % des Heiz-

wärmebedarfs der SKH decken.

- Die geringsten jährlichen Gesamtkosten der Vergleichsvarianten könnten durch eine zentrale Heizwärmeversorgungsanlage mit Heizkesseln und eine optimierte zentrale Dampfversorgungsanlage (Variante 2) erzielt werden. Trotz einer Mehrinvestition von ca. 711.000,- DM und damit verbundenen höheren Kapitalkosten könnten durch die Energiekosteneinsparung jährlich insgesamt ca. 288.000,- DM eingespart werden. Nur geringfügig ungünstiger stellt sich eine Variante mit einer BHKW-Anlage dar (Variante 4.).
- Trotz einer zusätzlichen Reduktion des Jahresgesamtwärmebedarfs um ca. 500.000 kWh, könnte die Mehrinvestition für die Dezentralisierung des zentralen Dampfsystems nicht vollständig amortisiert werden.
- Die jährliche Auslastung einer BHKW-Anlage könnte durch den Einsatz einer Absorptionskälteanlage (Varianten 5) um ca. 1.000 Vollbenutzungsstunden erhöht werden. Aufgrund der hohen spezifischen Investitionen für die Anlage ist aber keine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung zu erwarten.
- Der Vergleich des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Bilanzen zeigt deutliche Vorteile für die BHKW-Varianten. Die günstigsten Werte wären durch die zusätzliche Installation einer Absorptionskälteanlage zu erzielen. Allerdings würde die für den AKM-Betrieb notwendige Verdunstungskühlung zu einer deutlichen Steigerung des jährlichen Wasserbedarfs führen.

In der ökonomischen und ökologischen Gesamtbewertung erzielt die Versorgungsvariante 4 das insgesamt günstigste Ergebnis.

Zur Heizwärme- und Brauchwarmwasserversorgung der Städtischen Kliniken Frankfurt am Main-Höchst sollte demnach ein zentrales Warmwassersystem aufgebaut werden, das durch ein Blockheizkraftwerk mit einer Spitzenkesselanlage versorgt werden würde. Das zentrale Dampfversorgungssystem wäre an den verbleibenden Bedarf anzupassen und durch neue Dampfkessel mit verkleinerter Leistung zu versorgen.

Bei der Umsetzung der Gesamtmaßnahme muß gewährleistet sein, daß die Wärmeversorgung der SKH nicht unterbrochen wird.

Die Variante 4 könnte in folgenden Hauptschritten realisiert werden:

Schritt 1

- Installation einer zentralen Heizwärmeverteilung mit Primärverteilung, Sekundärverteilung, Hydraulischer Weiche.
- Sukzessiver Austausch der zwei Hochdruckdampfkessel aus dem Jahr 1961 gegen zwei Heiß-/Warmwasser-Heizkessel.
- Sanierung der Kaminzüge in parallelen Teilschritten zur Kesselerneuerung.

- Anpassung des Dampfsystems mit Demontage der Umformerstationen im Kesselhaus.

Schritt 2

- Ergänzung des Warmwasserverteilungsnetzes durch die Installation von vier Versorgungsleitungen (Orthopädie/Werkstattgebäude/OP-Neubau, B-Bau/PNA/Personalwohnhäuser/Geriatriische Tagesklinik, Hauptlüftungszentrale A-Bau und Casino/OP2/CT).
- Installation von zwei BHKW-Modulen im Kesselhaus mit der Verlegung separater Abgasleitungen an der Außenfassade des Bettenhochhauses.
- Ergänzende Anpassung des Dampfsystems mit sukzessiver Demontage der peripheren Umformerstationen.
- Stilllegung und Demontage des Geriatrie-Heizkessels.

Schritt 3

- Schrittweise Erneuerung der drei zentralen Dampfverteiler wobei zunächst eine optimierte 7,5 bar-Schiene parallel zum bestehenden System installiert werden müßte.
- Aufbau einer neuen verkleinerten Speisewasserversorgungsanlage sowie Erneuerung und Anpassung der Kondensatsammlungs- und -rückspeiseanlage.
- Austausch von zwei bestehenden Hochdruckdampfkesseln großer Leistung gegen zwei neue Hochdruckdampfkessel kleiner Leistung (Abstimmung mit der Installation der Heißwasserkesselanlage).

Schritt 4 (Parallel zu den Schritten 1 bis 3 durchführbar)

- Schrittweiser Austausch und Verkleinerung der älteren zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher im Kesselhaus mit Anschluß an das Warmwasserheizsystem.

I.9 Gesamtmaßnahmandarstellung und Prioritätenlisten

Ausgehend vom Ist-Zustand werden in dem nachfolgend aufgeführten Maßnahmenkatalog (Technik) diejenigen Investitionsmaßnahmen dargestellt,

- deren Umsetzung den Endenergiebedarf und die Energiekosten der SKH senken würde
- und deren Realisierung kurz- bis mittelfristig notwendig ist, um eine **rationelle und betriebssichere** Wärme- und Kälteversorgung der SKH zu gewährleisten.

Die durchzuführenden Maßnahmen wurden in drei Hauptgruppen zusammengefaßt:

- Optimierung der Betriebstechnischen Anlagen
- Beleuchtungsoptimierung
- Erneuerung und Optimierung der Wärmeversorgung

Die Reihenfolge der Maßnahmen innerhalb der jeweiligen Gruppen wurde entsprechend der Priorität bei der Umsetzung gewählt. Zudem soll die Art der Darstellung eine unproblematische Beurteilung des Kosten-/Nutzenverhältnisses ermöglichen.

Tafel I.7 Energiekonzept SKH: Maßnahmenübersicht/Prioritätenliste (Technik)

| Ist-Zustand (Basisjahr 1997) | Jahresenergie- und -wasserkosten: 3.999.220,- DM | | |
|--|--|--|--|
| Maßnahme | Gesamtinvestition | Anteil Bau- und Erhaltungsinvestition | Energie-, Wasser- + Betriebskostenein- sparung (ohne Preissteigerung) |
| | in DM | in DM | in DM/a |
| Maßnahmen zur Optimierung der Betriebstechnischen Anlagen | | | |
| Anschluß der Kondensatorkühlung der Dampfsterilatoren an das zentrale Kaltwassersystem | 23.600,- | | 44.140,- |
| Betriebszeitenoptimierung der RLT-Anlagen mit Einbeziehung der notwendigen GLT | 320.165,- | | 43.265,- |
| Drehzahlregelung von Umwälzpumpen | 114.480,- | 53.885,- | 16.991,- |
| Optimierung der zentralen Kälteversorgung | 306.400,- | 4.950,- | - 1.180,- |
| Maßnahmen zur Optimierung der Beleuchtungsanlagen | | | |
| Optimierung der Flurbeleuchtung der sanierten Stationen im A-Bau | 12.480,- | 2.656,- | 2.149,- |
| Optimierung der Beleuchtung der Intensivstationen | 80.565,- | 60.147,- | 4.549,- |
| Optimierung der Beleuchtung im Bereich Zentral-OP | 49.680,- | 39.720,- | 2.268,- |
| Optimierung der Beleuchtung der unsanierten Pflegestationen im A-Bau | 49.920,- | 39.296,- | 4.224,- |
| Optimierung der Beleuchtung der ganztägig beleuchteten Verkehrsflächen | 54.450,- | 41.170,- | 3.096,- |
| Erneuerung der Wärmeversorgung (Versorgungsvariante 4) | | | |
| Zentrales Warmwasserheizsystem (2 Kessel + BHKW) und zentrales Dampfsystem (2 Kessel) | 6.517.380,- | 3.555.000,- | 654.216,- |

Durch eine Gesamtinvestition von 7.532.120,- DM könnten, nach heutigem Preisstandard, jährlich ca. 773.700,- DM an Energie- und Betriebskosten eingespart werden.

Bei der Bewertung muß zudem berücksichtigt werden, daß fast 50 % der Gesamtinvestitionen Bau-erhaltungsmaßnahmen zugeordnet werden können.

Baulicher Wärmeschutz

Eine Optimierung des baulichen Wärmeschutzes im Baubestand der SKH muß sich an der zukünftigen Nutzung der Gebäude sowie den dringenden Anforderungen der Bauerhaltung orientieren. Notwendige Fassaden-, Dach und Fenstersanierungen im Zuge von Bauerhaltungsmaßnahmen führen, bei Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben (Wärmeschutzverordnung), zu einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs. Zusätzliche Optimierungsmaßnahmen erhöhen diesen Effekt.

Im folgenden sind die Wärmeschutzmaßnahmen dargestellt, die aus Gründen der Bauerhaltung in absehbarer Zeit notwendig erscheinen und bei denen gleichzeitig Optimierungsmöglichkeiten gegenüber den gesetzlich notwendigen Standards bestehen.

Die gewählte Reihenfolge bei der Darstellung der Maßnahmen berücksichtigt die Priorität bei der Umsetzung.

Der dringlichste Handlungsbedarf besteht bei dem Altbestand des Zentralgebäudes.

Tafel I.8 Energiekonzept SKH: Maßnahmenübersicht/Prioritätenliste (Bau)

| Maßnahme | Gesamtinvestition | Anteil Bauerhaltung an der Gesamtinvestition | Energie-, Wasser- + Betriebskosteneinsparung (ohne Preissteigerung) |
|---|-------------------|--|---|
| | in DM | in DM | in DM/a |
| Baulicher Wärmeschutz des Zentralgebäudes (Haus A, Altbau) | | | |
| Fenstererneuerung (k-Wert: 1,0 W/m ² K) | 2.573.770,- | 2.101.730,- | 46.250,- |
| Dachdämmung (k-Wert: 0,26 W/m ² K) | 1.904.450,- | 1.522.260,- | 15.870,- |
| Außenwand-Dämmung (k-Wert: 0,27 W/m ² K) | 1.783.540,- | 1.190.420,- | 24.910,- |
| Baulicher Wärmeschutz des Geriatriegebäudes (Haus E) | | | |
| Dachdämmung (k-Wert: 0,21 W/m ² K) | 262.250,- | 209.620,- | 1.270,- |
| Fenstererneuerung (k-Wert: 1,0 W/m ² K) | 164.020,- | 138.647,- | 1.040,- |
| Außenwand-Dämmung (k-Wert: 0,26 W/m ² K) | 137.290,- | - | 1.480,- |
| Baulicher Wärmeschutz des Verwaltungsgebäudes (Haus H) | | | |
| Fenstererneuerung (k-Wert: 1,0 W/m ² K) | 408.740,- | 345.567,- | 2.300,- |

Für die Optimierung des baulichen Wärmeschutzes im Zusammenhang mit Bauerhaltungsmaßnahmen kann nach derzeitigem Erkenntnisstand eine Gesamtinvestition von ca. 7.234.000 DM veran-

schlägt werden. Hiervon ist ein Anteil von ca. 76 % der Bauerhaltung zuzurechnen.

1. Aufgabenstellung und Grundlagen

1.1 Aufgabenstellung

Für die Städtischen Kliniken Frankfurt am Main-Höchst, nachfolgend SKH genannt, war ein Energiekonzept zu erstellen.

Auf der Grundlage der Leistungsbeschreibung zum Teil-Energiekonzept „Energieeinsparung und rationeller Energieeinsatz im Verbrauchsschwerpunkt Städtische Kliniken Frankfurt am Main-Höchst“ wurden für den Verbrauchsschwerpunkt SKH zum einen mögliche Energiesparmaßnahmen für die einzelnen Verbraucher und den Neubausektor, insbesondere beim Stromverbrauch, untersucht. Zum anderen wurden verschiedene Versorgungsvarianten auf ihre betriebs- und volkswirtschaftlichen Auswirkungen sowie auf ihre Realisierbarkeit überprüft.

Hierbei sollten bereits vorhandene Untersuchungen und Bewertungen zum Energieverbrauch und der Bausubstanz der Gebäude in das Energiekonzept einbezogen werden.

Im wesentlichen waren bei der Erstellung des Teil-Energiekonzeptes folgende wesentlichen Arbeitsschritte durchzuführen:

- **Ermittlung des Ist-Zustandes des Energieverbrauchs**
 - Ermittlung des Energiebedarfs (Wärme- und Strom) für die Liegenschaft
 - Berechnung von nutzungs- und gebäudespezifischen Energiekennzahlen
 - Ermittlung des Heizenergiebedarfs für den geplanten Neubau
- **Untersuchung des Energieeinsparpotentials**
 - Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs und -verbrauchs in den bestehenden und künftig hinzu gebauten Liegenschaften
 - Maßnahmen zur Reduzierung des Prozeßwärmebedarfs (insbesondere Dampfbedarf) und zur möglichen Umstellung der Dampfanwendung auf Heißwasser bzw. zur dezentralen Dampferzeugung
 - Maßnahmen zur Reduzierung des Warmwasserbedarfs durch Verringerung der Bereitstellungs- und Zirkulationsverluste sowie durch warmwassersparende Maßnahmen
 - Maßnahmen zur Reduzierung des Kältebedarfs- und Verbrauchs durch Regelungstechnik, Temperaturerhöhung im Kaltwassernetz, passive Maßnahmen am Gebäude, Nutzung „freier“ Kühlung etc.
 - Maßnahmen zur Reduzierung des Strombedarfs- und -verbrauchs in den bestehenden und künftig zugebauten Liegenschaften
 - Ermittlung der Kosten und der Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen und Erstellung eines Sanierungsplans
 - Primärenergieeinsparung und Umweltentlastung für die empfohlenen Maßnahmen darstellen

- **Energieversorgungskonzept mit technischer Auslegung, Wirtschaftlichkeitsbewertung und Prüfung der Umweltrelevanz folgender Versorgungsvarianten**
 - Zentrale Nahwärmeversorgung der SKH mit potentieller Umstellung von Dampf auf Heißwasser sowie möglicher dezentraler Dampferzeugung
 - Zentrale Nahwärmeversorgung der SKH mit Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und zusätzlicher Spitzenkesselanlagen mit potentieller Umstellung von Dampf auf Heißwasser sowie möglicher dezentraler Dampferzeugung
 - Zentrale Nahwärmeversorgung der SKH und weiterer Anschlußnehmer mit Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und zusätzlicher Spitzenkesselanlagen mit potentieller Umstellung von Dampf auf Heißwasser sowie möglicher dezentraler Dampferzeugung
- **Klärung organisatorischer und finanzieller Fragen im Zusammenhang mit der Errichtung bzw. dem Betrieb einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage sowie weiterer genehmigungspflichtiger Energieversorgungsanlagen**

1.2 Grundlagen

Grundlagen des Teil-Energiekonzeptes bilden im wesentlichen:

- Angaben der Abteilung „Technik- und Werkstätten“ der SKH
- Energieverbrauchsaufzeichnungen (u.a. schreibende Messungen, Auswertung von internen Zählerlisten) sowie Verbrauchsabrechnungen der Energieversorgungsunternehmen
- Bestands- und Planungsunterlagen (u.a. Baubeschreibungen, Funktionsbeschreibungen, Erläuterungsberichte sowie Baupläne und technische Zeichnungen)
- Zielplanung der Frankfurter Aufbau AG
- Technische und Wirtschaftliche Voruntersuchungen „BHKW-Planungen SKH und Anlieger“ und „Objektweise Energiebedarfserfassung und technisch wirtschaftliche Vorplanung“, Energiereferat/IPL, 1992
- Ergebnisse von Objektbegehungen und Datenaufnahmen vor Ort

Die Auswertung der Ergebnisse der Stammdatenermittlung sowie die energetischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Berechnungen erfolgten im wesentlichen auf der Basis

- der VDI-Richtlinie 2067 „Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen“,
- der VDI-Richtlinie 2071 „Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen“,
- der VDI-Richtlinie 3808 „Energiewirtschaftliche Beurteilungskriterien für heiztechnische Anlagen“,
- der VDI-Richtlinie 3814 „Gebäudeleittechnik“,
- der VDI-Richtlinie 3985 „Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungskraftmaschinen“,
- der DIN 1946 „Lüftungstechnische Anlagen“,

- der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“,
- der DIN 4710 „Meteorologische Daten“,
- dem Leitfaden „Elektrische Energie im Hochbau“ des Hessisches Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit,
- dem „Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten zur rationellen Elektrizitätsverwendung“ des Hessisches Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit,
- dem Leitfaden „Heizenergie im Hochbau“
- sowie Verfahren der Fachliteratur
 - u.a.: Recknagel, Sprenger, Schramek: „Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 96/97“, Oldenbourg Verlag.

Auf zusätzlich verwendete Quellen wird in den entsprechenden Textpassagen verwiesen.

2. Objektbeschreibung

Durch die an dieser Stelle vorgenommene allgemeine Objektbeschreibung wird der Verbrauchsschwerpunkt SKH in seinen wesentlichen Merkmalen vorgestellt. Detaillierte Beschreibungen der im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes untersuchten Komplexe finden sich jeweils in der entsprechenden Stammdatendarstellung.

Trägerin der Städtischen Kliniken Frankfurt am Main-Höchst ist die Stadt Frankfurt am Main. Die SKH gelten aufgrund der maßgebenden Strukturdaten als Krankenhaus der Zentralversorgung. Der aktuelle Bettenplan weist 1.126 Planbetten und 76 tagesklinische Plätze auf.

Die Kliniken verfügen über die folgenden medizinischen Fachabteilungen:

- Augenklinik
- Chirurgische Klinik mit
- Unfallchirurgischer Abteilung
- Frauenklinik
- Klinik für Hals-, Nasen, Ohrenerkrankungen und
- Plastische Gesichtschirurgie
- Kinderklinik mit
- Sozialpädiatrischem Zentrum
- Kinderchirurgische Klinik
- Klinik für Innere Medizin mit
- Geriatrischer Tagesklinik
- Neurologische Klinik
- Neurochirurgische Klinik
- Orthopädische Klinik
- Zentraler Physikalischer Therapieabteilung
- Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie mit Tagesklinik
- Urologische Klinik
- Institut für Laboratoriumsmedizin
- Pathologische Institut
- Radiologisches Institut

Wesentliche Versorgungseinrichtungen der SKH ohne direkte Patientenbindung sind die Zentralküche, die Sterilgutversorgung, die Arzneimittelversorgung, die Lagerhaltung und der Güterumschlag, die Technischen Dienste sowie der Haus- und Transportdienst.

Als Akademisches Lehrkrankenhaus der Johann Wolfgang Goethe-Universität Mainz und als Trägerin einer Krankenpflegeschule fungieren die Städtischen Kliniken Frankfurt am Main-Höchst zudem als Ausbildungsstätte für Humanmediziner und Pflegefachkräfte.

Die Grundstücksfläche der SKH umfaßt ca. 79.860 m² von denen ca. 30 % überbaut sind.

Der Gebäudebestand auf dem Gelände der SKH ist hinsichtlich des Baualters, der Bauweise sowie der Nutzung sehr heterogen.

Derzeit werden die im folgenden aufgeführten 11 Gebäude (ohne Tiefgarage und Parkdeck) der Liegenschaft genutzt:¹

Haus A: **Zentralbau**

- Breitfuß (KG - 3. OG)
 - Untersuchung und Behandlung
 - Verwaltung
 - Soziale Dienste
 - Ver- und Entsorgung
 - Betriebstechnik
- Hochhaus (4. - 14. OG)
 - Pflege

Haus B: **Bettennebenbau**

- Pflege
- Sozialpädiatrisches Zentrum

Haus C: **Orthopädische Klinik**

- Untersuchung und Behandlung
- Pflege

Haus D: **PNA** (Psychiatrie, Neurologie, Augenklinik)

- Untersuchung und Behandlung
- Pflege

Haus E: **Geriatrische Tagesklinik**

Haus F1: **Bibliothek**

Haus F 3: **Werkstattgebäude (mit Technischer Verwaltung)**

Haus F5: **Betriebsgebäude**

Haus G: **Gärtnerei**

Haus H: **Personalwohnheim I + II (Verwaltung)**

¹ vgl. auch Lageplan im Anhang

Haus J: **Wohnheim**

Die aktuelle Zielplanung sieht einen Ersatzneubau für das Haus B (Bettennebenbau) vor. Hierbei soll der bestehende 2-geschoßige Bau durch ein 5-stöckiges Gebäude ersetzt werden.

3. Stammdaten zur Liegenschaft

3.1 Gebäude und Bauteile

3.1.1 Angewandte Methoden und Rechenverfahren

3.1.1.1 Gebäudebestand

Die Städtischen Kliniken Frankfurt am Main-Höchst sind, entsprechend ihrem Baualter bzw. Nutzungsstruktur, in die in Tafel 3.1.1 aufgeführten Gebäude bzw. Bauteile unterteilt. Die räumliche Anordnung kann dem Lageplan entnommen werden (*siehe Anhang A1*).

Tafel 3.1.1 Energiekonzept SKH: Gebäudekomplexe mit verwendeten Abkürzungen und Baualter

| Gebäude | | Baujahr |
|---------|---|-----------|
| Haus A | Zentralbau und Breitfuß) | 1959 |
| | OP-Anbau | 1988 |
| Haus B | Bettennebenbau (Pflege und Sozialpädiatrisches Zentrum) | 1962 |
| Haus C | Orthopädische Klinik (Untersuchung/Behandlung und Pflege) | |
| | Altbau | 1916 |
| | Anbau | 1975 |
| Haus D | PNA (Untersuchung/Behandlung und Pflege) | 1983 |
| Haus E | Geriatrische Tagesklinik | 1970 |
| Haus F1 | Bibliothek | ca. 1912 |
| Haus F3 | Werkstattgebäude | ca. 1912 |
| Haus F5 | Garagen | unbekannt |
| Haus H | Verwaltung | 1973 |
| Haus J | Wohnheim | 1970 (?) |

Die Bestandspläne zur Berechnung der Hüllflächen bzw. die Baubeschreibungen zum Aufbau der Gebäudehüllflächen der einzelnen Bauteile, lagen nur unvollständig vor. Für die Ermittlung der Flächen/Volumen wurden den Konzepterstellern folgende Unterlagen bzw. Angaben zur Verfügung gestellt:

- Gebäudegrundrisse / Schnitte
- Wärmeschutznachweise für
 - Erweiterung Zentral OP (1986),
 - Liegendkrankenhalle, Bereitschaftsgebäude (10 / 1991)
 - Neubau PNA für die Bauteile A, B und C (1981)

Des weiteren dienten folgende Unterlagen der Bedarfsermittlung:

- Flächenerfassung gemäß DIN 13080 und DIN 277 aus der Zielplanung für SKH
- Energierreferat Frankfurt: Energetische Sanierung Städtische Kliniken Höchst
- Raumliste für den Reinigungsdienst

Die Berechnung der übrigen Flächen und Baukonstruktionen mußte durch Inaugenscheinnahme vor Ort und in Gesprächen mit dem Auftraggeber erfolgen. Konnte die Zusammensetzung der Bauteile nicht genau ermittelt werden, so dienten die in Tafel 3.1.2 aufgeführten Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz als Grundlage für die weiteren Berechnungen.

Tafel 3.1.2 Energiekonzept SKH: Mindestanforderung an den baulichen Wärmeschutz von 1949-1990²

| Norm/Verordnung | ab | k_{min} in W/m ² K | | | | |
|---------------------|------|---------------------------------|---------|------|-----------|-------------|
| | | Wand | Fenster | Dach | Dachboden | Kellerdecke |
| DIN 4108 | 1952 | 1,56 | 5,2 | 1,46 | 0,8 | 1,01 |
| DIN 4108 | 1969 | 1,56 | 5,2 | 1,10 | 0,8 | 1,01 |
| erg. Best. DIN 4108 | 1974 | 1,56 | 3,5 | 0,89 | 0,68 | 0,83 |
| WSchVO | 1977 | 1,06 | 3,5 | 0,45 | 0,45 | 0,80 |
| Neufassung DIN 4108 | 1981 | 1,39 | 3,5/3,1 | 0,79 | 0,9 | 0,81 |
| WSchVO | 1982 | 0,75 | 3,1 | 0,30 | 0,30 | 0,55 |
| gültig seit | 1984 | | | | | |

3.1.1.2 Ermittlung des Heizwärmebedarfs

Als Instrument zur planerischen Bearbeitung eines verbesserten Wärmeschutzes steht der Leitfaden „Energiebewußte Gebäudeplanung“ (1996) des Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit zur Verfügung. Diese Leitfaden basiert auf der bewährten Norm des schweizerischen Ingenieur und Architekten Vereins (SIA 380/1 - Energie im Hochbau“). In Hessen wird das Verfahren als Wärmeschutznachweis nach geltender Wärmeschutzverordnung im bauaufsichtlichen Genehmigungsverfahren anerkannt.

Ein Gebäude läßt sich als ein dynamisches System beschreiben, das durch unterschiedliche Wärmeströme definiert ist. Dies sind einerseits die Wärmeverluste durch die Außenfläche des Gebäudes (Transmission) und durch den Austausch von Innen- und Außenluft (Lüftung), andererseits die Wärmegewinne durch die solare Einstrahlung und durch die Wärmeabgabe von Personen und Gerä-

² vgl. Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern, Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1994

ten. Hinzu kommt der Wärmestrom, der dem Gebäude über die Heizanlage zugeführt wird, um die Innentemperatur auf dem gewünschten Niveau zu halten. Dieser wird als **Nutzheizenergiebedarf** bezeichnet.

Um den ermittelten Wert für den Nutzheizenergiebedarf nutzerunabhängig und somit vergleichbar zu machen, sind dem Berechnungsverfahren Standardwerte für die Nutzung der Gebäude vorgegeben. Durch die Ermittlung der **Heizenergiekennzahl** wird darüber hinaus ein Wert eingeführt, der ein Maß für die „thermische Güte“ eines Gebäudes darstellt.

Des Weiteren steht durch die Ermittlung der Energiebilanz ein Instrument zur Verfügung, mit dem der Wärmeschutz des Gebäudes ökonomisch optimiert werden kann.

Gebäudeflächen und -volumen

Zur Berechnung des Heizenergiebedarfs war die Ermittlung aller Flächen der vollständigen Umhüllung des beheizten Gebäudevolumens notwendig. Im einzelnen wurden folgende Werte ermittelt:

Energiebezugsfläche (EBF): Summe aller Wohn- und Nutzflächen gemäß DIN 277 Teil 2, für deren Nutzung eine Beheizung notwendig ist.

Außenwand und Dach: Flächen gegen Außenluft oder hinterlüftete Konstruktionen.

Grund: Bodenflächen gegen Erdreich und Flächen gegen unbeheizte Räume im Keller

Außenwand gegen Erdreich: Wandflächen beheizter Räume gegen Erdreich

Angrenzende Bauteile: Fläche gegen Bauteile mit wesentlich niedriger Raumtemperatur (z.B. Treppenhäuser, Lagerräume, etc.)

Volumen: Von der Gebäudehülle eingeschlossenes genutztes und beheiztes Nettoluftvolumen. Es ergibt sich als Produkt aus der EBF und der Raumhöhe

Die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Werte) der Gebäudehüllflächen wurde, unter Zugrundelegung der Baubeschreibung (soweit vorhanden), gemäß den Richtlinien der DIN-Norm 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ durchgeführt.

Folgende Meteorologische Daten wurden dem Leitfaden für die einzelnen Untersuchungsbereiche entnommen:

Temperaturen: Frankfurt am Main - Flughafen

Solardaten: Geisenheim

Tafel 3.1.3. Energiekonzept HSK: Zusammenstellung der meteorologischen Daten und

Temperaturen der Untersuchungsbereiche

| Bereich | Raum-temperaturen in °C | Heiz-grenze in °C | Heiz-tage in d/a | Gradtag-zahlen in Kd/a | Globaleinstrahlung in kWh/m ² *a | | | | |
|------------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|------------------------|---|-----|------|------|------------|
| | | | | | SÜD | OST | WEST | NORD | HORIZONTAL |
| Pflege und Behandlung des KH | 22 | 15 | 268 | 4.220 | 478 | 318 | 322 | 182 | 507 |
| Verwaltung | 20 | 12 | 219 | 3.378 | 353 | 212 | 217 | 121 | 331 |
| Wohnheim | 20 | 12 | 219 | 3.378 | 353 | 212 | 217 | 121 | 331 |
| Werkstätten | 18 | 12 | 219 | 2.941 | 353 | 212 | 217 | 121 | 331 |

3.1.1.3 Ermittlung des Wärmebedarfs

Unter Zugrundelegen der ermittelten Gebäudehüllflächen bzw. -volumina und den entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Werte) werden für die einzelnen Bauteile bzw. Gebäude überschlagsmäßig der Gesamtwärmebedarf nach der A/V-Methode³ ermittelt. Gemäß dieser Methode wird der maximale Wärmebedarf wie folgt berechnet:

$$Q_N = \text{Normwärmebedarf in Watt}$$

$$= (\Sigma(k * A * f)_{\text{Bauteil}} + 0,33 * n * V) * dT$$

$k =$ Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil in W/m²K
 $A =$ Umfassungsfläche Bauteil in m²
 $f =$ Minderungsfaktor 0,5 bei Bauteilen gegen Erdreich oder unbeheizte/niedriger beheizte Räume
 $0,33 =$ Spez. Wärmekapazität von Luft in Wh/m³K
 $n =$ Stündlicher Luftwechsel in h⁻¹
 $V =$ Beheiztes Gebäudevolumen in m³
 $dT =$ Temperaturdifferenz (innen - außen) in K

3.1.2 Haus A - Zentralbau

Der Zentralbau, bestehend aus den in Tafel 3.1.4 aufgeführten Bauteilen, wurde 1959-61 erbaut. Er befindet sich im westlichen Teil des Klinikbereichs und besteht aus einem Breitfuß (EG - 3.OG) und einem Hochhaus (5. OG - 14. OG). Er stellt in seiner Funktion das wichtigste Gebäude der SKH dar. Er beinhaltet in Verbindung mit dem OP-Neubau die meisten Pflege-, Funktions- und Versorgungsbereiche. Bis auf einige Ausnahmen (Isolierverglasung der Südfassadenfenster) wurde der Zentralbau bautechnisch nicht saniert.

Der Zentralbau wurde seit seiner Errichtung um folgende Bereiche erweitert:

³ Vgl. Recknagel/Sprenger/Schrameck: Taschenbuch der Heizung und Klimatechnik 94/95, Oldenbourg-Verlag, München 1994

- OP-Anbau (1988)
- Liegendkrankenhalle, Bereitschaft
- Container EDV, Apotheke, Kernspin

Die Beschreibung der Bauteile mit k-Werten und Flächenanteile sind in der folgenden Tafel 3.1.4 aufgeführt.

Tafel 3.1.4 Energiekonzept SKH: Beschreibung der Gebäudehüllflächen mit Flächenanteil und Volumen für das Haus A - Zentralbau

| Energiebezugsfläche | | Zentralbau -Altbau = 26.633 m ² Neubauten = 4.783 m ² | |
|--|---|---|--|
| Volumen | | Zentralbau Altbau = 135.541 m ³ Neubauten = 18.650 m ³ | |
| Bauteil | Beschreibung / Aufbau (von außen nach innen) | k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² |
| ZENTRALBAU | | | |
| Außenwandfläche | 1,5 cm Innenputz 20 cm Leichtbeton Hohlblockstein mit Fliesenverkleidung 2 cm Eternitplatten | 1,45 | 8.908,6 |
| Grundfläche | 4 cm Zementestrich 3 cm Mineralfaserplatten 18 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) | Decke = 0,96 gegen Erdreich = 1,00 gegen angr. BT = 0,83 gegen AL = 0,93 | 5.903,0 1.063,2 1.753,4 436,0 |
| Dachfläche | 1 cm Deckenputz 15 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) 2 cm Mineralfaserplatten 1 cm Dachhaut | gegen AL = 1,23 gegen unbeheizt = 1,18 | 6.477,7 320,3 |
| Fenster | Einfachverglasung mit Metallrahmen Isolierverglasung mit Metallrahmen (Südfassade) | 5,20 3,00 | 3.072,7 2.710,2 |
| LIEGENDANFAHRT | | | |
| Außenwandfläche 1 | 1,5 cm Innenputz 24 cm Kalksand Hohlblocksteine 6 cm Dämmung (040) 2 cm Außenputz | 0,49 | 51,2 |
| Außenwandfläche 2 zur Vorfahrt | 1,5 cm Innenputz 17,5 cm Kalksand Hohlblocksteine 3 cm Dämmung (040) 32 cm vorhandene Stahlbetonwand 2 cm Außenputz | 0,73 | 34,7 |
| Außenwandfläche 3 Stb.-Fläche über 24er Wand | 1,5 cm Innenputz (Kalkgips) 24 cm Stahlbetonwand 6 cm Dämmung 2 cm Außenputz | 0,55 | 12,6 |

| Bauteil | Beschreibung / Aufbau (von außen nach innen) | k-Wert | Fläche |
|---------|--|--------|--------|
|---------|--|--------|--------|

| | | in W/m ² *K | in m ² |
|--|--|---|------------------------|
| Außenwandfläche 4 Stb.-Fläche über 17,5er Wand | 1,5 cm Innenputz (Kalkgips) 17,5 cm Stahlbetonwand 6 cm Dämmung 32 cm vorhandene Stahlbetonwand 2 cm Außenputz | 0,83 | 6,5 |
| Grundfläche | 5 cm Zementestrich 3 cm Mineralfaserplatten 20 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) | 0,58 | 118,6 |
| Dachfläche | 1 cm Deckenputz 16 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) 10 cm Mineralfaserplatten 1 cm Feuchtigkeitssperre | 0,36 | 118,6 |
| Fenster | Isolierverglasung mit Aluminiumrahmen | 2,90 | 23,1 |
| ZENTRAL-OP | | | |
| Außenwandfläche 1 EG - 3.OG | 1 cm Innenputz 12 cm Stahlbeton-Fertigteil 6 cm Hartschaum (040) 2 cm Metallverkleidung | 0,58 | 1.209,4 |
| Außenwandfläche 2 im Kellergeschoß | 1 cm Innenputz 30 cm Stahlbetonwand 8 cm Hartschaum (040) | 0,43 | 211,9 |
| Grundfläche | 3 cm Zementestrich 3 cm Hartschaum (040) 20 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) | Fußboden = 0,66 gegen Erdreich = 0,44 gegen AL = 0,35 | 980,2 125,4 56,9 |
| Dachfläche | 1 cm Deckenputz 15 cm Gasbeton-Dachplatten 10 cm Hartschaumplatten (040) | 0,30 | 1.229,8 |
| Fenster | Isolierverglasung mit Aluminiumrahmen | 2,90 | 529,7 |

Für den Zentralbau und die Anbauten wurde, entsprechend dem beschriebenen Berechnungsgang des Leitfadens „Energiebewußte Gebäudeplanung“, der Heizenergiebedarf ermittelt. Die Berechnungsgänge sind im Anhang A2.1 zusammengestellt. Die Ergebnisse mit den wichtigsten Daten sind in der Tafel 3.1.5 dargestellt.

Tafel 3.1.5 Energiekonzept SKH: Berechnungsergebnisse des jährlichen Heizenergiebedarfs für das Haus A - Zentralbau und Anbauten

| Gebäude | | Haus A Zentralbau | Haus A Anbauten | Haus A Gesamt |
|----------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| Energiebezugsfläche | in m ² | 36.633 | 4.783 | 41.416 |
| Luftvolumen | in m ³ | 135.541 | 3.816 | 139.357 |
| Grenzwert nach Leitfaden | in kWh/m ² *a | 85 | 85 | |
| Transmissionswärmeverluste | in kWh/a | 5.030.281 | 614.590 | 5.644.871 |
| Lüftungswärmeverluste | in kWh/a | 2.284.452 | 175.091 | 2.459.543 |
| Gesamtverluste | in kWh/a | 7.314.733 | 789.681 | 8.104.414 |
| Nutzbare Wärmegewinne | in kWh/a | 1.348.547 | 217.553 | 1.566.100 |

| Gebäude | | Haus A Zentralbau | Haus A Anbauten | Haus A Gesamt |
|---------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| Heizwärmebedarf | in kWh/a | 5.966.186 | 572.128 | 6.538.314 |
| Energiekennwert Heizwärme | in kWh/m ² *a | 163 | 120 | 158 |
| Grenzwert erfüllt | - | nein | nein | nein |
| Gesamtwärmebedarf | kW | 2.602 | 281 | 2.883 |
| Spezifischer Wärmebedarf | in W/m ² | 71 | 59 | 70 |

Der derzeitige Zustand des Wärmeschutzes und der Heizenergiebedarf des Zentralbaus mit Anbauten können wie folgt bewertet werden:

- Am 1959-61 errichteten Zentralbau sind aus Gründen der Bauerhaltung in nächster Zeit umfangreiche Sanierungsarbeiten notwendig, um das wichtigste Gebäude des Klinikums in seiner Funktion weiterhin Nutzen zu können. Ein Abriß wird laut Zielplanung nicht in Erwägung gezogen. Bautechnisch zu sanierende Bereiche sind:
 - Einfachverglasung der Fenster
 - Betonaußenfassade
 - Flachdach
- Der 1988 erbaute OP-Anbau ist das modernste Gebäude des Klinikums. Der bauliche Wärmeschutz wurde auf Grundlage der WSchV von 1984 erstellt. Eine Optimierung des Wärmeschutzes ist aus Bauerhaltungsgründen.
- Der rechnerisch ermittelte Jahresheizwärmebedarfs für den Zentralbau mit Anbauten beträgt in der Summe **6.581 MWh** für die Raumbeheizung. Daran hat der alte Zentralbau mit 5.966 MWh/a einen Anteil am Gesamtheizenergiebedarf von 91 %.
- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Jahresheizenergiebedarfs für neu zu errichtende Gebäude von 85 kWh/m²*a wird für den alten Zentralbau bei weitem nicht erreicht, sondern mit 163 kWh/m²*a um mehr als 87 % überschritten. Die neuen Bereiche des Zentralbaus erzielen mit einem spezifischen Heizenergiebedarf von 120 kWh/m²*a eine Überschreitung von „nur“ 42 %

3.1.3 Haus B - Bettennebenbau

Der zweigeschossige Flachbau wurde 1962 errichtet und beinhaltet die Kinderklinik und das sozialpädiatrische Zentrum. Es schließt nordwestlich an den Zentralbau an. Nach Aussage der Zielplanung ist eine Aufstockung aus statischen Gründen nicht möglich.

Der bauphysikalischen Aufbau der Gebäudehüllflächen wurde, anhand des Berichtes des Energiereferats, überprüft und die ermittelten k-Werte mit den Mindestanforderungen des baulichen Wärme-

schutzes nach DIN 4108 (1952) verglichen. Die Ergebnisse sind in Tafel 3.1.6 zusammengefaßt.

Tafel 3.1.6 Energiekonzept SKH: Beschreibung der Gebäudehüllflächen mit Flächenanteil, k-Werten und Volumen für das Haus B - Bettennebenbau

| | | | |
|----------------------------|--|--|-----------------------------|
| Energiebezugsfläche | | 8.204,4 m² | |
| Volumen | | 28.715 m³ | |
| Bauteil | Beschreibung / Aufbau (von außen nach innen) | k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² |
| BETTENNEBENBAU | | | |
| Außenwandfläche | 1,5 cm Innenputz 24 cm Ziegelmauerwerk 2 cm Eternitplatten | 1,46 | 1.917,6 |
| Grundfläche | 4 cm Zementestrich 3 cm Dämmplatten (040) 18 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) | Fußboden = 0,96 gegen angr. BT = 0,83 | 1.231,5 2.975,3 |
| Dachfläche | 1 cm Deckenputz 15 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) 2 cm Mineralfaserplatten 1 cm Dachhaut | gegen AL = 1,23 | 3.364,4 |
| Fenster | Einfachverglasung mit Metallrahmen | 5,20 | 2.282,7 |

Für den Zentralbau und die Anbauten wurde, entsprechend dem beschriebenen Berechnungsgang des Leitfadens „Energiebewußte Gebäudeplanung“, der Heizenergiebedarf ermittelt. Die Berechnungsgänge sind im Anhang A2.2 zusammengestellt. Die Ergebnisse mit den wichtigsten Daten sind in den folgenden Tafel 3.1.7 dargestellt.

Tafel 3.1.7 Energiekonzept SKH: Berechnungsergebnisse des jährlichen Heizenergiebedarfs für das Haus B - Bettennebenbau

| | | |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Gebäude | | Haus B - Bettennebenbau |
| Energiebezugsfläche | in m ² | 8.204 |
| Luftvolumen | in m ³ | 28.715 |
| Grenzwert nach Leitfaden | in kWh/m ² *a | 85 |
| <hr/> | | |
| Transmissionswärmeverluste | in kWh/a | 2.089.793 |
| Lüftungswärmeverluste | in kWh/a | 544.726 |
| Gesamtverluste | in kWh/a | 2.634.519 |
| Nutzbare Wärmegewinne | in kWh/a | 407.563 |
| Heizwärmebedarf | in kWh/a | 2.226.956 |
| Energiekennwert Heizwärme | in kWh/m ² *a | 271 |
| Grenzwert erfüllt | - | nein |
| <hr/> | | |
| Gesamtwärmebedarf | kW | 946 |
| Spezifischer Wärmebedarf | in W/m ² | 115 |

Der derzeitige Zustand des Wärmeschutzes und der Heizenergiebedarf des Bettennebenbaus können wie folgt bewertet werden:

- Der rechnerisch ermittelte Jahresheizwärmebedarfs für den Bettennebenbau liegt bei **2.227 MWh**.
- Der Bettennebenbau weist erhebliche bautechnische Mängel, wie undichte einfachverglaste Fenster und eine ungenügende bzw. fehlende Wärmedämmung auf. Dieses spiegelt sich in einer mehr 200 %-tigen Überschreitung des geforderten Grenzwertes für den spezifischen Jahresheizenergiebedarf für neu zu errichtende Gebäude wider.
- Des weiteren hat das Haus B nach Aussage der Zielplanung, aufgrund der nur zweigeschossigen Bauweise, im Vergleich zur bebauten Grundfläche, nur einen geringen Nutzungsgrad mit langen Erschließungswegen.

Aus den genannten Gründen ist, nach Ansicht der Zielplanung, ein wirtschaftlicher Weiterbetrieb des Bettennebenbaus nicht sinnvoll. Anstelle von Haus B soll ein mehrstöckiger Neubau, mit einer Nutzfläche von ca. 14.620 m² entstehen.

3.1.4 Haus C - Orthopädie

Das Haus C wurde 1916 erbaut und befindet sich im Zentrum des Klinikgeländes. Im Jahre 1975 wurde die Orthopädie um einen eingeschossigen Flachbau erweitert, worin die u.a. die physikalische Therapie untergebracht ist.

Der bauphysikalischen Aufbau der Gebäudehüllflächen wurde, anhand

- des Berichtes des Energiereferats,
- Angaben des Architekten für den Anbau und
- Datenaufnahmen vor Ort

überprüft und die ermittelten k-Werte für den Anbau mit den Mindestanforderung des baulichen Wärmeschutzes nach DIN 4108 (1974) abgeglichen. Für den Altbau mußte teilweise auf typische Aufbauten zurückgegriffen werden. Die Ergebnisse sind in Tafel 3.1.8 zusammengefaßt.

Tafel 3.1.8 Energiekonzept SKH: Beschreibung der Gebäudehüllflächen mit Flächenanteil, k-Werten und Volumen für das Haus C - Orthopädie

| | |
|---------------------|------------------------|
| Energiebezugsfläche | 7.475,3 m ² |
| Volumen | 27.649 m ³ |

| Bauteil | Beschreibung / Aufbau (von außen nach innen) | k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² |
|----------------------------|--|---|-----------------------------|
| ORTHOPÄDIE - ALTBAU | | | |
| Außenwandfläche | 1,5 cm Innenputz 50 cm Ziegelmauerwerk 2 cm Außenputz | gegen AL = 0,85 gegen angr. BT = 0,82 | 2.262,8 152,2 |
| Grundfläche | 4 cm Zementestrich 10 cm Schlackenbeton 12 cm Massivstein | Fußboden = 1,66 Decke = 1,55 | 187,5 1.192,5 |
| Dachfläche | 1,5 cm Bretterschalung 15 cm Strohlehm 2,5 cm Holzdielen | gegen AL = 1,46 gegen unbeheizt = 1,38 | 522,1 947,2 |
| Fenster | Isolierverglasung | 3,00 | 678,6 |
| ORTHOPÄDIE - ANBAU | | | |
| Außenwandfläche | 1,5 cm Innenputz 36,5 cm Hohlblock Leichtbeton 10 cm Waschbetonplatten | 0,82 | 300,2 |
| Grundfläche | 4 cm Zementestrich 18 cm Stahlbeton 4 cm Wärmedämmung (040) | 0,75 | 1.912,0 |
| Dachfläche | 1,0 cm Deckenputz 15 cm Stahlbeton 9 cm Wärmedämmung | 0,39 | 1.912,0 |
| Fenster | Isolierverglasung | 2,90 | 267,9 |

Für die Orthopädie-Altbau und dem Anbaut wurde nach dem bereits beschriebenen Leitfaden der Heizenergiebedarf ermittelt und die Ergebnisse mit den wichtigsten Daten in Tafel 3.1.9 dargestellt. Die Berechnungsgänge sind im Anhang A2.3 zusammengestellt.

Tafel 3.1.9 Energiekonzept SKH: Berechnungsergebnisse des jährlichen Heizenergiebedarfs für das Haus C - Orthopädie

| Gebäude | | Haus C Orthopädie - Altbau | Haus C - Orthopädie- Anbau | Haus C Gesamt |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Energiebezugsfläche | in m ² | 5.085 | 1.690 | 6.775 |
| Luftvolumen | in m ³ | 17.610 | 7.100 | 24.710 |
| Grenzwert nach Leitfaden | in kWh/m ² *a | 85 | 85 | 85 |
| <hr/> | | | | |
| Transmissionswärmeverluste | in kWh/a | 732.578 | 251.757 | 984.335 |
| Lüftungswärmeverluste | in kWh/a | 335.085 | 78.362 | 413.447 |
| Gesamtverluste | in kWh/a | 1.067.663 | 330.120 | 1.397.783 |
| Nutzbare Wärmegewinne | in kWh/a | 165.207 | 56.076 | 221.283 |
| Heizwärmebedarf | in kWh/a | 902.456 | 274.044 | 1.176.500 |
| Energiekennwert Heizwärme | in kWh/m ² *a | 177 | 162 | 174 |
| Grenzwert erfüllt | - | nein | nein | nein |
| <hr/> | | | | |
| Gesamtwärmebedarf | kW | 395 | 135 | 530 |

| Gebäude | | Haus C Orthopädie - Altbau | Haus C - Orthopädie- Anbau | Haus C Gesamt |
|--------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Spezifischer Wärmebedarf | in W/m ² | 78 | 80 | 78 |

Der derzeitige Zustand des Wärmeschutzes und der Heizenergiebedarf der Orthopädie können wie folgt bewertet werden:

- Der rechnerisch ermittelte Jahresheizwärmebedarf für die Orthopädie liegt bei **1.177 MWh**. Daran hat der Altbau einen Anteil von 77 % und der Funktionsanbau von 23 %.
- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Jahresheizenergiebedarfs für neu zu errichtende Gebäude von 85 kWh/m²*a wird auch bei diesen Gebäude nicht erreicht, sondern mit 177 bzw. 162 kWh/m²*a um 108 bzw. 90 % überschritten.
- Der Altbau weist eine solide Bausubstanz auf, dessen Wärmeschutz (Fenster, Dach) aber zu verbessern wäre. Beim 1975 errichteten eingeschobigen Anbau entspricht die Wärmedämmung des Daches zwar den heutigen Anforderungen, aber die übrigen Gebäudehüllflächen zeigen energetischen Optimierungsbedarf.
- Die Zielplanung sieht vor, die Orthopädiebauten abzureißen und die Funktionsbereiche im neu zu errichtenden Haus B unterzubringen.

3.1.5 Haus D - PNA

Die psychiatrische-, neurologische- und Augenklinik wurde 1983 errichtet und befindet sich im östlichen Teil des Klinikgeländes. Sie ist direkt mit dem Anbau der Orthopädie verbunden.

Der bauphysikalische Aufbau der Gebäudehüllflächen konnte dem 1981 erstellten Nachweis nach der Wärmeschutzverordnung (1977) und der DIN 4108 entnommen werden. Die Ergebnisse sind in Tafel 3.1.10 zusammengefaßt.

Tafel 3.1.10 Energiekonzept SKH: Beschreibung der Gebäudehüllflächen mit Flächenanteil, k-Werten und Volumen für das Haus D - PNA

| Energiebezugsfläche | | 13.318,5 m ² | |
|--|---|----------------------------------|-----------------------------|
| Volumen | | 43.181 m ³ | |
| Bauteil | Beschreibung / Aufbau (von außen nach innen) | k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² |
| PNA | | | |
| Außenwandfläche 1 Treppenhaus | 1,0 cm Innenputz 20 cm Stahlbeton 3 cm Styrodur (040) 2 cm Außenputz | 0,97 | 315,3 |
| Außenwandfläche 2 Giebelwände EG - 3.OG | 1,0 cm Innenputz 20 cm Stahlbeton 6 cm Styrodur (040) 2 cm Außenputz | 0,54 | 846,6 |
| Außenwandfläche 3 Stürze, Brüstungen und Pfeiler, EG-3.OG | 1,0 cm Innenputz 10 cm Stahlbeton 6 cm Styrodur (040) | 0,59 | 2.725,6 |
| Außenwandfläche 3 Stürze, Brüstungen und Pfeiler, KG | 1,0 cm Innenputz 20 cm Stahlbeton 3 cm Styrodur (040) | 0,60 | 714,0 |
| Grundfläche 1 Fußboden im UG | 0,4 cm PVC-Boden + Kork 4,5 cm Betonestrich 10 cm Stahlbeton 5 cm Foamglas (040) | 0,66 | 2.075,9 |
| Grundfläche 2 Erkerfußboden gegen Außenluft | 0,4 cm PVC-Boden + Kork 4,5 cm Betonestrich 20 cm Stahlbeton 8 cm Styrodur (040) | 0,43 | 161,7 |
| Grundfläche 3 Fußboden über UG | 0,4 cm PVC-Boden + Kork 4,5 cm Betonestrich 4 cm Styrodur (040) 20 cm Stahlbeton | 0,75 | 1.076,6 |
| Dachfläche | 1,0 cm Deckenputz 20 cm Stahlbeton 8 cm Styrodur (040) | 0,45 | 3.299,3 |
| Fenster | Isolierverglasung | 3,10 | 2.285,2 |

Für die PNA-Klinik sind in Tafel 3.1.11 die Ergebnisse mit den wichtigsten Daten der Berechnung des jährlichen Heizenergiebedarfs dargestellt. Die Berechnungsgänge sind im Anhang A2.4 aufgeführt.

Tafel 3.1.11 Energiekonzept SKH: Berechnungsergebnisse des jährlichen Heizenergiebedarfs für das Haus D - PNA-Klinik

| Gebäude | | Haus D - PNA |
|----------------------------|--------------------------|--------------|
| Energiebezugsfläche | in m ² | 13.139 |
| Luftvolumen | in m ³ | 43.181 |
| Grenzwert nach Leitfaden | in kWh/m ² *a | 85 |
| <hr/> | | |
| Transmissionswärmeverluste | in kWh/a | 1.265.175 |
| Lüftungswärmeverluste | in kWh/a | 687.193 |
| Gesamtverluste | in kWh/a | 1.952.368 |
| Nutzbare Wärmegewinne | in kWh/a | 457.478 |
| Heizwärmebedarf | in kWh/a | 1.494.890 |
| Energiekennwert Heizwärme | in kWh/m ² *a | 114 |
| Grenzwert erfüllt | - | nein |
| <hr/> | | |
| Gesamtwärmebedarf | kW | 694 |
| Spezifischer Wärmebedarf | in W/m ² | 53 |

Der derzeitige Zustand des Wärmeschutzes und der Heizenergiebedarf von Haus D kann wie folgt bewertet werden:

- Der rechnerisch ermittelte Heizwärmebedarf für die PNA liegt bei jährlich **1.494 MWh**.
- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Jahresheizenergiebedarfs für neu zu errichtende Gebäude von 85 kWh/m²*a wird für die PNA mit 114 kWh/m²*a, im Vergleich zu den übrigen Gebäuden der SKH, annähernd erreicht. Die Überschreitung liegt bei „nur“ 25 %.
- Aus Gründen der Bauerhaltung sind in absehbarer Zeit für die PNA keine Maßnahmen notwendig. Um aber den Grenzwert erreichen zu können, müßten weitere Dämmmaßnahmen (z.B. Einbau von Wärmeschutzverglasung) durchgeführt werden.

3.1.6 Haus E - Geriatriische Tagesklinik

Im Jahre 1970 wurde am Ostrand des SKH-Geländes die Geriatriische Tagesklinik erbaut. Der eingeschossige Flachbau besteht aus einem Stahlbetonskelett mit Ausmauerung. Für den bauphysikalische Aufbau der Gebäudehüllflächen standen keine Unterlagen zur Verfügung, so daß auf Inaugenscheinnahme vor Ort und auf Annahmen von typischen Aufbauten zurückgegriffen werden mußte. Die Berechnungsergebnisse wurden mit den Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz (DIN 4108 - Fassung 1969) abgeglichen. Die Ergebnisse sind in Tafel 3.1.12 dargestellt.

Tafel 3.1.12 Energiekonzept SKH: Beschreibung der Gebäudehüllflächen mit Flächenan-

teil, k-Werten und umbautem Raum für das Haus E - Geriatrie

| | | | |
|----------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------|
| Energiebezugsfläche | | 594,0 m² | |
| Volumen | | 2.196 m³ | |
| Bauteil | Beschreibung / Aufbau (von außen nach innen) | k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² |
| F-Häuser | | | |
| Außenwandfläche | 1,5 cm Innenputz 17,5 cm Kalksandlochstein 6 cm Luftschicht 11,5 cm Sichtmauerwerk | 1,21 | 612,9 |
| Grundfläche | 4,0 cm Estrich 2 cm Wärmedämmung (040) 18 cm Stahlbeton | 1,27 | |
| Dachfläche | 1,0 cm Deckenputz 15 cm Stahlbeton 4 cm Mineralfaserplatten (040) | 0,76 | 892,0 |
| Fenster | Isolierverglasung | 3,00 | 202,7 |

Für die Geriatrie wurde, entsprechend dem beschriebenen Berechnungsgang des Leitfadens „Energiebewußte Gebäudeplanung“, der Heizenergiebedarf ermittelt. Die Berechnungsgänge sind im Anhang A2.5 zusammengestellt. Die Ergebnisse mit den wichtigsten Daten sind in den folgenden Tafel 3.1.13 dargestellt.

Tafel 3.1.13 Energiekonzept SKH: Berechnungsergebnisse des jährlichen Heizenergiebedarfs für das Haus E - Geriatrie

| | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| Gebäude | | Haus E - Geriatrie |
| Energiebezugsfläche | in m ² | 594 |
| Luftvolumen | in m ³ | 2.198 |
| Grenzwert nach Leitfaden | in kWh/m ² *a | 85 |
| <hr/> | | |
| Transmissionswärmeverluste | in kWh/a | 256.739 |
| Lüftungswärmeverluste | in kWh/a | 26.019 |
| Gesamtverluste | in kWh/a | 282.757 |
| Nutzbare Wärmegewinne | in kWh/a | 62.931 |
| Heizwärmebedarf | in kWh/a | 219.827 |
| Energiekennwert Heizwärme | in kWh/m ² *a | 370 |
| Grenzwert erfüllt | - | nein |
| <hr/> | | |
| Gesamtwärmebedarf | kW | 106 |
| Spezifischer Wärmebedarf | in W/m ² | 178 |

Der derzeitige Zustand des Wärmeschutzes und der Heizenergiebedarf der Geriatrie kann wie folgt bewertet werden:

- Der rechnerisch ermittelte Jahresheizwärmebedarfs für das Haus E liegt bei **220 MWh**.

- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Jahresheizenergiebedarfs für neu zu errichtende Gebäude von 85 kWh/m²*a wird für die Geriatrie mit 370 kWh/m²*a um mehr als 300 % überschritten.
- Um den Grenzwert annähernd erreichen zu können, sind erhebliche Verbesserungsmaßnahmen des baulichen Wärmeschutzes notwendig. Aus Gründen der Bauerhaltung stehen eine Sanierung des Daches und der Fenster in absehbarer Zeit an.

3.1.7 Häuser F1, F3 und F5

In den „F-Häusern“ sind folgende Versorgungsbereiche der SKH untergebracht:

- F1 - Bibliothek: Das Gebäude wurde ca.- 1916 erbaut. Im Gegensatz zu den anderen F-Häusern wurden Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt.
- F3 - Werkstatt: Erbaut ebenfalls ca. 1916. Hier sind die Werkstätten und Büros der Technik untergebracht.
- F5 - Werkstatt, Garage. Das Baujahr des Gebäudes ist nicht bekannt.

Für die Ermittlung des bauphysikalischen Aufbau der Gebäudehüllflächen lagen keine Unterlagen vor, so daß auf typische Aufbauten zurückgegriffen werden mußte. Die Ergebnisse sind in Tafel 3.1.14 aufgeführt.

Tafel 3.1.14 Energiekonzept SKH: Beschreibung der Gebäudehüllflächen mit Flächenanteil, k-Werten und Volumen für die Häuser F1 , F3 und F5

| | | | |
|----------------------------|---|----------------------------------|--|
| Energiebezugsfläche | F1 - 128,0 m² F3 - 846,0 m² F5 - 53,0 m² | | |
| Volumen | F1 - 505,6 m³ F3 - 2.231,0 m³ F5 - 186,0 m³ | | |
| Bauteil | Beschreibung / Aufbau (von außen nach innen) | k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² |
| F-Häuser | | | |
| Außenwandfläche | 1,5 cm Innenputz 50 cm Ziegelmauerwerk 1,5 cm Außenputz | 1,18 | F1 - 180,8 F3 - 833,3 F5 - 126,1 |
| Grundfläche | 4 cm Zementestrich 10 cm Schlackenbeton 12 cm Massivstein | 1,66 | F1 - 162,5 F3 - 609,3 F5 - 57,0 |
| Dachfläche | 1,5 cm Bretterschalung 15 cm Strohlehm 2,5 cm Holzdielen | 1,38 | F1 - 162,5 F3 - 731,1 F5 - 57,0 |
| Fenster | Einfachverglasung | 5,20 | F1 - 29,2 F3 - 159,0 F5 - 7,0 |

Die wichtigsten Ergebnisdaten der Berechnung des jährlichen Heizenergiebedarfs für die einzelnen

Gebäude sind in der folgenden Tafel 3.1.15 zusammengestellt. Die einzelnen Berechnungsgänge befinden sich im Anhang A2.6.

Tafel 3.1.15 Energiekonzept SKH: Berechnungsergebnisse des jährlichen Heizenergiebedarfs für Häuser F1, F3 und F5

| Gebäude | | F1 - Bibliothek | F3- Werkstatt | F5 - Garagen |
|----------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Energiebezugsfläche | in m ² | 128 | 846 | 53 |
| Luftvolumen | in m ³ | 506 | 2.231 | 186 |
| Grenzwert nach Leitfadent | in kWh/m ² *a | 75 | 60 | 60 |
| Transmissionswärmeverluste | in kWh/a | 69.656 | 227.578 | 21.005 |
| Lüftungswärmeverluste | in kWh/a | 8.116 | 31.180 | 2.592 |
| Gesamtverluste | in kWh/a | 77.772 | 258.758 | 23.597 |
| Nutzbare Wärmegewinne | in kWh/a | 3.610 | 26.238 | 1.512 |
| Heizwärmebedarf | in kWh/a | 74.162 | 232.519 | 22.086 |
| Energiekennwert Heizwärme | in kWh/m ² *a | 579 | 275 | 417 |
| Grenzwert erfüllt | - | nein | nein | nein |
| Gesamtwärmebedarf | kW | 31 | 120 | 10 |
| Spezifischer Wärmebedarf | in W/m ² | 240 | 142 | 210 |

Der derzeitige Zustand des Wärmeschutzes und der Heizenergiebedarf der Bibliothek, der Werkstatt und der Garagen können wie folgt bewertet werden:

- Der rechnerisch ermittelte Gesamt-Jahresheizwärmebedarfs für die Häuser F1, F3 und F5 liegt bei **328,8 MWh**.
- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Jahresheizenergiebedarfs für neu zu errichtende Gebäude von 75 bzw. 60 kWh/m²*a wird von keinen Gebäude eingehalten. Die Grenzwertüberschreitungen betragen zwischen 350 und 800 %.
- Da die Gebäude abseits des Krankenhaus-Kernbereichs liegen, ist eine zukünftige Nutzung, nach Aussage der Zielplanung für die SKH, nicht vorgesehen. Sollten die Gebäude doch weiterhin genutzt werden, stehen erhebliche Sanierungsmaßnahmen aus Gründen der Bauerhaltung und der rationellen Energienutzung an.

3.1.8 Haus H - Verwaltung

Am nördlichen Ende des Klinikums befindet sich das angemietete Haus H. Es wurde 1973 erbaut. In diesem Gebäude sind Teile der Verwaltung der SKH untergebracht.

Für die Ermittlung der bauphysikalischen Daten mußte auf typische Bauteilaufbauten zurückgegriffen werden, die mit der zum Zeitpunkt der Gebäudeerrichtung gültigen DIN 4108 (Fassung 1969) abgeglichen wurden. Die Ergebnisse sind in Tafel 3.1.16 dargestellt.

Tafel 3.1.16 Energiekonzept SKH: Beschreibung der Gebäudehüllflächen mit Flächenanteil, k-Werten und Volumen für das Haus H - Verwaltung

| Energiebezugsfläche | | 2.805,6 m² | |
|----------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------|
| Volumen | | 8.417 m³ | |
| Bauteil | Beschreibung / Aufbau (von außen nach innen) | k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² |
| VERWALTUNG | | | |
| Außenwandfläche | 1,5 cm Innenputz 30 cm Leichtbeton Hohlblockstein 5 cm Außenputz | 1,27 | 1.388,4 |
| Grundfläche | 4 cm Zementestrich 3 cm Mineralfaserplatten 18 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) | 0,83 | 837,7 |
| Dachfläche | 1 cm Deckenputz 18 cm Stahlbeton (Rohdichte 2,4 kg/dm ³) 3 cm Mineralfaserplatten 1,5 cm Bretterschalung | 0,85 | 837,7 |
| Fenster | Isolierverglasung | 2,90 | 505,4 |

Für das Haus H wurde, entsprechend dem beschriebenen Leitfaden der Heizenergiebedarf ermittelt und die wichtigsten Ergebnisse in Tafel 3.1.17 zusammengefaßt. Die Bechnungsgänge sind im Anhang A2.7 zusammengestellt.

Tafel 3.1.17 Energiekonzept SKH: Berechnungsergebnisse des jährlichen Heizenergiebedarfs für das Haus H - Verwaltung

| | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| Gebäude | | Haus H - Verwaltung |
| Energiebezugsfläche | in m ² | 2.806 |
| Luftvolumen | in m ³ | 8.417 |
| Grenzwert nach Leitfaden | in kWh/m ² *a | 75 |
| <hr/> | | |
| Transmissionswärmeverluste | in kWh/a | 347.687 |
| Lüftungswärmeverluste | in kWh/a | 135.109 |
| Gesamtverluste | in kWh/a | 482.796 |
| Nutzbare Wärmegewinne | in kWh/a | 63.335 |
| Heizwärmebedarf | in kWh/a | 419.461 |
| Energiekennwert Heizwärme | in kWh/m ² *a | 150 |
| Grenzwert erfüllt | - | nein |
| <hr/> | | |
| Gesamtwärmebedarf | kW | 202 |

| | | |
|--------------------------|---------------------|----|
| Spezifischer Wärmebedarf | in W/m ² | 72 |
|--------------------------|---------------------|----|

Der derzeitige wärmetechnische Zustand des Hauses H läßt sich wie folgt zusammenfassen:

- Der rechnerisch ermittelte Jahresheizwärmebedarfs für das Haus H liegt bei **419,5 MWh**.
- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Jahresheizenergiebedarfs für neu zu errichtende Gebäude von 75 kWh/m²*a wird mit 150 kWh/m²*a um 100 % überschritten.
- Die Bausubstanz des Verwaltungsgebäudes ist als intakt zu bewerten. In absehbarer Zeit stehen Instandhaltungsmaßnahmen für die Fenster an. Die Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes von Außenwand und Dach sollte ebenfalls in Betracht gezogen werden.

3.1.9 Haus J - Wohnheim

Westlich von Haus H befindet sich das angemietete 14-stöckige Hochhaus (Haus J), worin sich Personalwohnungen befinden. Für das Gebäude standen keine Unterlagen zur Verfügung, so daß auf Inaugenscheinnahme vor Ort zurückgegriffen werden mußte. Bei zwei Außenwandseiten wurde in den vergangenen Jahren eine wärmetechnische Verbesserung durch das Anbringen einer Dämmung durchgeführt.

Da die bauphysikalischen Aufbauten nicht ermittelt werden konnte, wurde auf k-Werte von vergleichbaren Gebäuden zurückgegriffen, die in Tafel 3.1.18 dargestellt sind.

Tafel 3.1.18 Energiekonzept SKH: Flächenanteil, k-Werte und Volumen für das Haus J - Wohnheim

| | | |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Energiebezugsfläche | 3.377,0 m² | |
| Volumen | 10.131,0 m³ | |
| Bauteil | k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² |
| VERWALTUNG | | |
| Außenwandfläche ungedämmt | 1,27 | 640 |
| Außenwandfläche gedämmt | 0,44 | 1.709 |
| Grundfläche | 0,83 | 442 |
| Dachfläche | 0,85 | 442 |
| Fenster | 2,90 | 1.055 |

Für dieses Gebäude wurde, entsprechend dem beschriebenen Berechnungsgangs des Leitfadens „Energiebewußte Gebäudeplanung“, der Heizenergiebedarf ermittelt. Die Berechnungsgänge sind im Anhang A2.8 zusammengestellt. Die Ergebnisse mit den wichtigsten Daten sind in der folgenden Tafel 3.1.19 dargestellt.

Tafel 3.1.19 Energiekonzept SKH: Berechnungsergebnisse des jährlichen Heizenergiebedarfs für das Haus J - Wohnheim

| Gebäude | | Haus J - Wohnheim |
|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Energiebezugsfläche | in m ² | 3.377 |
| Luftvolumen | in m ³ | 10.131 |
| Grenzwert nach Leitfaden | in kWh/m ² *a | 75 |
| Transmissionswärmeverluste | in kWh/a | 420.228 |
| Lüftungswärmeverluste | in kWh/a | 162.625 |
| Gesamtverluste | in kWh/a | 582.853 |
| Nutzbare Wärmegewinne | in kWh/a | 112.354 |
| Heizwärmebedarf | in kWh/a | 470.499 |
| Energiekennwert Heizwärme | in kWh/m ² *a | 139 |
| Grenzwert erfüllt | - | nein |
| Gesamtwärmebedarf | kW | 236 |
| Spezifischer Wärmebedarf | in W/m ² | 70 |

Der derzeitige Zustand des Wärmeschutzes und Heizenergiebedarfs des Wohnheims kann wie folgt bewertet werden:

- Der rechnerisch ermittelte Jahresheizenergiebedarf beträgt für das Wohnheim **470,5 MWh**.
- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Jahresheizenergiebedarfs für neu zu errichtende Wohngebäude von 75 kWh/m²*a wird, trotz einer teilweisen Wärmedämmung der Außenwände, mit 130 kWh/m²*a um 85 % überschritten.
- Aus Gründen der Bauerhaltung stehen unmittelbar keine Maßnahmen an. Um aber den Grenzwert annähernd erreichen zu können, wären weitere Dämmmaßnahmen notwendig.

3.1.10 Zusammenfassung

Für die einzelnen Gebäude sind in der Tafel 3.1.20 zusammenfassend noch einmal die wichtigsten Daten dargestellt und die Gesamtsummenwerte für die SKH aufgeführt.

Tafel 3.1.20 Energiekonzept SKH: Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse SKH

| Gebäude | Energie- bezugsfläche in m ² | Beheiztes Volumen in m ³ | Heizenergie- bedarf in kWh/a | Anteil am Gesamtbe- darf in % | Energiekennwert Heizwärme in kWh/m ² *a | Grenzwert Leitfaden in kWh/m ² *a | Wärme- bedarf in kW |
|---------------|---|---|------------------------------------|--|--|--|---------------------------|
| Haus A-Alt | 36.633,1 | 135.541 | 5.966.186 | 46,3 % | 163 | 85 | 2.602 |
| Haus A-Neu | 4.783 | 18.650 | 572.128 | 4,4 % | 120 | 85 | 281 |
| Haus B | 8.204,4 | 28.715 | 2.226.956 | 17,3 % | 271 | 85 | 946 |
| Haus C-Alt | 5.085,1 | 17.610 | 902.456 | 7,0 % | 177 | 85 | 395 |
| Haus C-Anbau | 1.690,4 | 7.100 | 274.044 | 2,1 % | 162 | 85 | 135 |
| Haus D | 13.138,5 | 43.181 | 1.494.890 | 11,6 % | 114 | 85 | 694 |
| Haus E | 594,0 | 2.198 | 219.827 | 1,7 % | 370 | 85 | 112 |
| Haus F1 | 128,0 | 505,6 | 74.162 | 0,6 % | 579 | 75 | 31 |
| Haus F3 | 846,0 | 2.231,0 | 232.519 | 1,8 % | 275 | 60 | 120 |
| Haus F5 | 53,0 | 186,0 | 22.086 | 0,2 % | 417 | 60 | 11 |
| Haus H | 2.805,6 | 8.417,0 | 419.461 | 3,3 % | 150 | 75 | 202 |
| Haus J | 3.377,0 | 10.131,0 | 470.499 | 3,7 % | 139 | 75 | 236 |
| GESAMT | 77.338 | 274.465 | 12.875.215 | 100 % | | | 5.765 |

Die Städtischen Kliniken Hoechst verfügen beim derzeitigen Gebäudebestand über eine Energiebezugsfläche von knapp **77.350 m²** und ein beheiztes Volumen von über **274.450 m³**. Der rechnerisch ermittelte Heizenergiebedarf für die Raumbeheizung liegt bei **12.875 MWh/a**.

Der im hessischen Leitfaden geforderte Grenzwert des spezifischen Jahresheizenergiebedarfs für neu zu errichtende Gebäude von 85 bzw. 75 kWh/m²*a wird von keinem Gebäude der SKH auch nur annähernd erreicht. Die Spanne der Überschreitung reicht von 25 % für die PNA bis über 670 % für die Bibliothek.

Der Gesamtwärmebedarf für die statische Beheizung der SKH liegt bei knapp **5,8 MW**. Den höchsten Anteil daran hat der Zentralbau mit fast 2,9 MW.

3.2 Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen

Die Heiz- und Prozeßwärmeversorgung aller Einrichtungen auf dem Gelände der SKH, außer der Geriatrischen Tagesklinik, erfolgt aus einem zentralen Kesselhaus im A-Bau mittels einer Hochdruck-Dampfkesselanlage.

Insgesamt sind 5 Hochdruck-Dampf(HDD)kessel installiert, die gemeinsam eine 7,5-bar Dampf-schiene versorgen. Der 7,5-bar Verteilung sind zwei weitere Dampfverteiler nachgeschaltet, die mit 0,4 bzw. 2,4 bar beaufschlagt werden.

Die statischen Heizungen, die Brauchwassererwärmer und die Raumluft-Technischen-(RLT)Anlagen der SKH, mit Ausnahme von dampfbeheizten Lüftungsgeräten im B-Bau, werden durch Warmwassersysteme über Gegenströmer (Dampf/Warmwasser) versorgt. Primärseitig sind die Gegenströmer entweder in eines der Hochdruck-Dampfnetze oder in das 0,4 bar ND-Dampfsystem eingebunden.

Eigentliche Dampfverbraucher in den SKH sind Reindampferzeuger zur Versorgung der Sterilisatoren in der Zentralsterilisation (A-Bau) und in der PNA, Anlagen der zentralen Bettenaufbereitung, Kochgeräte der Zentralküche sowie dezentrale Sterilisatoren und Desinfektionsgeräte.

3.2.1 Stammdaten der zentralen Kesselanlage

Die zentrale Hochdruck-Dampfkesselanlage der SKH befindet sich im Untergeschoß des Breitfußes im A-Bau. In den Tafel 3.2.1 sind die Stammdaten der zentralen Kesselanlage aufgeführt

Tafel 3.2.1 Energiekonzept SKH: Stammdaten der zentralen Kesselanlage

| Standort: Kesselhaus im A-Bau | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Wärmeerzeuger-Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Hersteller | Buderus Omnical | | | | |
| Bauart | Hochdruck-Dampfkessel | | | | |
| Baujahr | 1961 | 1961 | 1977 | 1972 | 1972 |
| Nennwärmeleistung | 2,9 MW | 2,9 MW | 2.9 MW | 2.870 kW | 2.870 kW |
| Brenner-Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Hersteller/Typ | Weishaupt G 10/1-D ZMD | Weishaupt G 10/1-D ZMD | Weishaupt RGL 10/1-D | Weishaupt RGL 10/1-D | Weishaupt RGL 10/1-D |
| Baujahr | 1996 | 1996 | 1986 | 1986 | 1986 |
| Bauart | Gas-Gebälse- brenner | Gas-Gebälse- brenner | Zweistoffbrenner | Zweistoffbrenner | Zweistoffbrenner |
| Brennstoff | Erdgas | Erdgas | Erdgas/Heizöl EL | Erdgas/Heizöl EL | Erdgas/Heizöl EL |
| Motorleistung | 9 kW | 9 kW | 9 kW | 9 kW | 9 kW |
| Regelung | modulierend | modulierend | modulierend | modulierend | modulierend |
| Speisewasserbehälter-Nr. | 1 | | | | |
| Baujahr | 1961 | | | | |

| | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------|---|---|
| Inhalt | 20.000 l | | | |
| Speisewasserpumpen I | 1 | 2 (Reserve) | | |
| Hersteller/Typ | Grundfos DNM 50-125 | | | |
| Baujahr | 1980 | | | |
| Volumenstrom/Förderhöhe | 23 m ³ /h / 4 m | | | |
| Motorleistung | 0,5 kW | | | |
| Speisewasserpumpen II | 1 | 2 | 3 | 5 |
| Hersteller/Typ | Grundfos CR4 190 | | | |
| Baujahr | 1990 - 1993 | | | |
| Volumenstrom/Förderhöhe | 4 m ³ /h / 153,2 m | | | |
| Motorleistung | 4 kW | | | |

Gemäß der Auflagen nach § 28 BImSchG wurden im Dezember 1996 durch die Technische Überwachung Hessen letztmalig Emissionsmessungen an den Kesselanlagen vorgenommen.⁴

Im Rahmen des Energiekonzeptes wurden aus den Meßdaten die Abgasverluste der Kessel errechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der Tafel 3.2.2 enthalten.

Tafel 3.2.2 Energiekonzept SKH: Abgasverluste der Hochdruck-Dampfkessel im Vollastbetrieb

| Kessel-Nr. | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Abgasverluste-Heizölfeuerung | in % | - | - | 12,0 | 10,0 | 12,7 |
| Abgasverluste-Erdgasfeuerung | in % | 11,2 | 12,0 | 11,7 | 9,6 | 10,0 |

Die zentrale Hochdruck-Dampfkesselanlage der SKH ist bezüglich ihres Zustandes und ihres energetischen Effektes wie folgt zu beurteilen:

- Von den insgesamt 5 Hochdruck-Dampfkesseln haben vier Kessel ihre technische Nutzungszeit deutlich überschritten. Zwei der Kessel weisen schon 37 Betriebsjahre auf. Der neueste Kessel hat mit inzwischen 20 Betriebsjahren ebenfalls die technische Nutzungszeit erreicht. Trotz der guten Wartung und Betreuung der Anlagen durch das Technische Personal der SKH muß kurz- bis mittelfristig von einem erheblichen Sanierungsbedarf für die Anlage ausgegangen werden.
- Die Abgasverluste der Kessel liegen deutlich über den Werten, die von vergleichbaren modernen Kesselanlagen erreicht werden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Kessel als Hochdruck-Dampferzeuger fungieren, muß neben den hohen Abgasverlusten von sehr hohen Abstrahlungs- und Betriebsbereitschaftsverlusten ausgegangen werden. Aus energetischen Gesichtspunkten ist die Anlage dringend sanierungsbedürftig.

⁴ vgl. TÜH Technische Überwachung Hessen: „Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen an 5 Kesseln einer Feuerungsanlage in den SKH“, Darmstadt, 03.97

3.2.2 Stammdaten der Dampf-/Warmwasser-Umformerstationen

Zur Umformung von Hoch- oder Niederdruckdampf in Heizwasser sind insgesamt 10 Umformersysteme (je 1-4 Umformer) installiert. Mit Ausnahme der Station in der PNA befinden sich alle anderen Umformerstationen im Breitfuß des A-Gebäudes.

In der Tafel 3.2.3 sind die wesentlichen Kenndaten der Dampf-/Warmwasser-Umformer zusammengestellt, die in den SKH zur Wärmeversorgung von Warmwassernetzen betrieben werden.

Tafel 3.2.3 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Dampf-/Warmwasser-Umformer

| Standort: Kesselhaus im A-Bau | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Bezeichnung | Gegenströmer A-Bau | | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | 2 | 3 | |
| Hersteller | Wilhelm Deller GmbH | | | |
| Baujahr | 1961 | 1961 | 1997 | |
| Tauscherfläche | 3,5 m ² | 11 m ² | 11 m ² | |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 2,4 bar | | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | | |
| Wärmeleistung | 348 kW | 1.160 kW | 1.160 kW | |
| Bezeichnung | Gegenströmer Türme | | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | 2 | | |
| Hersteller | Wilhelm Deller GmbH | | | |
| Baujahr | 1978 | 1978 | | |
| Tauscherfläche | 2,5 m ² | 2,4 m ² | | |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 2,4 bar | | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | | |
| Wärmeleistung | 232 kW | 232 kW | | |
| Bezeichnung | Gegenströmer B-Bau | | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Hersteller | Wilhelm Deller GmbH | | | |
| Baujahr | 1961 | 1961 | 1961 | 1982 |
| Tauscherfläche | 15 m ² | 32 m ² | 32 m ² | 40 m ² |
| Primärmedium | Niederdruckdampf: 0,4 bar | | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | | |
| Wärmeleistung | 696 kW | 1.624 kW | 1.624 kW | |
| Bezeichnung | Gegenströmer Personalhaus | | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | 2 | | |
| Hersteller | Wilhelm Deller GmbH | | | |
| Baujahr | 1962 | 1988 | | |
| Tauscherfläche | 18 m ² | 18 m ² | | |
| Primärmedium | Niederdruckdampf: 0,4 bar | | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | | |
| Wärmeleistung | | | | |

| Standort: Lüftungszentrale CT | | | |
|---|-------------------------------------|--------|-----------------------------|
| Bezeichnung | Umformer CT | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | | |
| Hersteller/Typ | k.A.. | | |
| Baujahr | 1981 | | |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 2,4 bar | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | |
| Wärmeleistung | 32 | | |
| Standort: Heizzentrale OP-Neubau | | | |
| Bezeichnung | Umformer OP-Neubau | | Orthopädie/Werkstatt |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | 2 | 3 |
| Hersteller | | | Viessmann |
| Baujahr | 1988 | 1988 | 1990 |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 7,5bar | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | |
| Wärmeleistung | 700 kW | 700 kW | 830 kW |
| Standort: Hauptlüftungszentrale im UG des A-Baus | | | |
| Bezeichnung | Umformer Lüftungszentrale UG | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | 2 | |
| Hersteller | Fröling | | |
| Baujahr | 1996 | 1996 | |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 2,4 bar | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | |
| Wärmeleistung | 980 kW | 980 kW | |
| Standort: Heizzentrale OP2/Casino im OP-Anbau des A-Baus | | | |
| Bezeichnung | Gegenströmer Casino/OP2 | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | 2 | |
| Hersteller/Typ | Fröling WFU 22-301 | | |
| Baujahr | 1997 | 1997 | |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 2,4 bar | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | |
| Wärmeleistung | 250 | 250 | |
| Standort: Heizzentrale PNA | | | |
| Bezeichnung | Umformer PNA | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | 2 | |
| Hersteller | Energiekontrol GmbH Roggenberg | | |
| Baujahr | 1984 | 1984 | |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 7,5 bar | | |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C | | |
| Wärmeleistung | 750 | 750 | |
| Standort: Kesselhaus (geplant) | | | |
| Bezeichnung | Umformer RLT-Anlagen | | |
| Gegenströmer-Nr. | 1 | | |
| Hersteller/Typ | k.A.. | | |
| Baujahr | 1994 | | |

| | |
|----------------|-------------------------|
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 2,4 bar |
| Sekundärmedium | Warmwasser: 90 /70 °C |
| Wärmeleistung | 185 |

Die Aufnahme der Umformerstationen im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes führte zu folgender Bewertung hinsichtlich des Zustandes und der Konzeption der Anlagen:

- Mit Ausnahme eines Teiles der Gegenströmer im Kesselhaus hat der größte Teil der Umformer seine technische Nutzungsgrenze noch nicht erreicht. Kurz- bis mittelfristiger Sanierungsbedarf ist somit nur für die erste Generation der Anlagen, die sich im Kesselhaus befinden zu erwarten.
- Problematischer als der Zustand der einzelnen Anlagen ist allerdings die Anlagenkonzeption zu bewerten. Für die Versorgung der vorhandenen Stationen muß ein aufwendiges Dampf- und Kondensatsystem betrieben werden. Obwohl schon ein Teil der ursprünglich dezentral installierten Umformerstationen durch einen direkten Warmwasseranschluß substituiert werden konnte, mußten an anderer Stelle, aufgrund fehlender Kapazitäten einer zentralen Anlage bzw. aufgrund fehlender Warmwasserleitungen, bei relevanten Baumaßnahmen jeweils neue Umformerstationen errichtet werden. In der Zeit von 1994 bis 1997 wurden drei neue Stationen in Betrieb genommen.

3.2.3 Stammdaten der Warmwasserheiznetze

Jeder der in der Tafel 3.2.3 aufgeführten Gegenströmer- bzw. Umformerstationen sind separate Warmwassersysteme mit entsprechenden Unterverteilungen nachgeschaltet.

In der Tafel 3.2.4 sind die Kenndaten der Umwälzpumpen der Warmwassersysteme der SKH zusammengestellt.

Tafel 3.2.4 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Heizungsumwälzpumpen

| Standort/Heizkreisbezeichnung | Hersteller/Typ | Baujahr | Volumenstrom/ Förderhöhe | Motorleistung/ Leistungsaufnahme | Regelung |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------|
| | | | in m ³ /h / m | in kW | |
| Primärversorgung: Gegenströmer A-Bau | | | | | |
| Kesselhaus/Hauptverteiler A-Bau | | | | | |
| - Sommerheizung | Grundfos CR 30-10 | | 27 / 12 | 1,5 | Differenzdruck |
| - Winterheizung | Grundfos LP 100-160-123 | | 80 / 15 | 5,5 | Differenzdruck |
| Heizzentrale Unfallambulanz | | | | | |
| - Heizkörper Kernspinn | Wilo RS 25-60r | 1995 | | 0,03-0,08 | |
| - Lüftung Kernspin | Wilo RS 25-60r | 1995 | | 0,03-0,08 | |
| - VL Verteiler-Unfallambulanz | Grundfos UMC 40-30 | 1995 | | 0,04-0,150 | |
| Verteiler Unfallambulanz | | | | | |
| - Unfallambulanz | Grundfos UPS 25-40 | | | 0,03-0,06 | |
| - OP 1 | Grundfos UPS 25-20 | | | 0,03-0,06 | |
| - OP 2 | Grundfos UPS 25-20 | | | 0,03-0,06 | |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | | | | |
|--|-------------------------|------|----------|------------------|----------------|
| Primärversorgung: Gegenströmer Türme | | | | | |
| Kesselhaus/Hauptverteiler Türme | | | | | |
| - Gegenströmerpumpe 1 | Grundfos UPC 65-120 | | | 0,55-0,70 (0,55) | Differenzdruck |
| - Gegenströmerpumpe 2 | Grundfos UPC 65-120 | | | 0,55-0,70 (0,55) | Differenzdruck |
| - Örtliche Heizflächen | Grundfos UMSD 50/60 | | | | |
| - Lüftungsgeräte | Grundfos UPD 42-42 F 10 | | | | |
| Primärversorgung: Gegenströmer B-Bau | | | | | |
| Hauptverteiler B-Bau | | | | | |
| - Hauptpumpe 1 | Grundfos CR 30-20 | | 27 / 24 | 2,9 | Differenzdruck |
| - Hauptpumpe 2 | Grundfos LP 100-160-148 | | 140 / 15 | 7,5 | Differenzdruck |
| - Böschungsanbau-Pumpe 1 | Grundfos UMC 80-30 | | | 0,10-0,28 | |
| - Böschungsanbau-Pumpe 1 | Grundfos UMC 80-30 | | | 0,10-0,28 | |
| Primärversorgung: Gegenströmer Personalwohnhaus | | | | | |
| Unterstation Haus J (Wohnheim) | | | | | |
| - Nordseite Strang 7-12 | Wilo P 65/125r | 1990 | | 0,19-0,28 | Differenzdruck |
| - Südseite Strang 1-6 | Wilo P 65/125r | 1990 | | 0,19-0,28 | Differenzdruck |
| - Boilerladung | Wilo P 65/125r | 1990 | | 0,19-0,28 | Thermostat |
| - Boilerladung (Reserve) | Wilo P 65/125r | 1990 | | 0,19-0,28 | Thermostat |
| Unterstation Haus H (Verwaltung) | | | | | |
| Anschluß über Wärmetauscher (Fabrikat/Typ: CTC CETEPAC 320 1/2-150, Wärmeleistung: 350 kW) | | | | | |
| - Primärpumpe | Wilo S 80/125 r | 1992 | | 0,95-1,2 | |
| - Gebäude-Vorlauf | Wilo P 65/125r | 1992 | | 0,19-0,28 | Differenzdruck |
| - Boilerladung | Wilo S 50/80r | 1992 | | 0,12-0,19 | Thermostat |
| Primärversorgung: Gegenströmer CT-Lüftung | | | | | |
| Lüftungszentrale CT - A-Bau | | | | | |
| - Anlage 1 | Grundfos UP 32-55 G | | | 0,18 | |
| - Anlage 1 | Grundfos UP 32-55 G | | | 0,18 | |
| - Anlage 1 | Grundfos LP 100-160-123 | | 80 / 15 | 5,5 | Differenzdruck |
| Primärversorgung: Umformer Erweiterung Zentral OP | | | | | |
| Heizzentrale OP-Erweiterung UG (A-Bau) | | | | | |
| - Wärmetauscher 1/2 | Grundfos UP 100-25/121 | 1988 | 25 / 40 | | Differenzdruck |
| - Wärmetauscher 1/2 | Grundfos UP 100-25/121 | 1988 | 25 / 40 | | Differenzdruck |
| - Wärmetauscher 3 | Grundfos UMS 100-60 F | 1990 | | 0,30-0,95 | |
| - Wärmetauscher 3 (Reserve) | Grundfos UMS 100-60 F | 1990 | | 0,30-0,95 | |
| - Statische Heizung | Grundfos UPC 50-60 | 1988 | | 0,09-0,22 | |
| Klimazentrale Neubau OP 1 | | | | | |
| - Anlage 2 - OP 4 - VE | Grundfos UPS 15-20 | | | | |
| - Anlage 5 - Sterilgut - VE | Grundfos UPS 25-20 | | | 0,025-0,06 | |
| - Anlage 5.1 - VE | Grundfos UPS 15-20 | | | | |
| - Anlage 6 - OP-Flur - VE | Grundfos UPS 25-40 | | | 0,03-0,08 | |
| - Anlage 4 - OP 5/6/7 - VE | Grundfos UPS 15-20 | | | | |
| - Anlage 18 - Entbindung VE | Grundfos UPS 25-40 | | | 0,03-0,08 | |
| - Anlage 1 - OP 1-3 - VE | Grundfos UPS 15-20 | | | | |
| - Anlage 8 - Umkleide - VE | Grundfos UPS 25-20 | | | 0,025-0,06 | |
| - Anlage 7 - Aufwachraum- VE | Grundfos UPS 25-20 | | | 0,025-0,06 | |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|--|--|-----------|--|
| Intensivpflege | | | | | |
| - VL Neubau Klimazentrale 1. OG | Grundfos UPC 50-120 | | | 0,40-0,55 | |
| - Heizgruppe Nord | Grundfos UPS 25-60 | | | 0,03-0,10 | |
| - Heizgruppe Süd | Grundfos UPS 25-60 | | | 0,03-0,10 | |

| | | | | | |
|---|--------------------|------|--|------------|----------------|
| Sekundärkreis Anlage A6L | | | | | |
| Anschluß über Wärmetauscher (Typ: B10 30) | | | | | |
| - Primärpumpe | Grundfos UPE 25-80 | 1997 | | 0,40-0,250 | Differenzdruck |
| - Sekundärpumpe A6L | Grundfos UPE-25-80 | 1997 | | 0,40-0,250 | Differenzdruck |
| Heizzentrale Orthopädie | | | | | |
| - Orthopädie | Grundfos | | | | |
| - Heizgruppe Nord | Grundfos UPE 65-60 | | | 0,05-0,60 | Differenzdruck |
| - Heizgruppe Nord (Reserve) | Grundfos UPE 65-60 | | | 0,05-0,60 | Differenzdruck |
| - aseptischer OP (VE + NE) | Grundfos UPE 50-60 | | | 0,05-0,45 | Differenzdruck |
| - Septischer OP Klimaanlage | Grundfos UPE 40-80 | | | 0,04-0,25 | Differenzdruck |
| - Heizgruppe Süd | Grundfos UPE 60-80 | | | 0,08-0,15 | Differenzdruck |
| - Orthopädie-Klimaanl. (Sept.-OP) | Grundfos UPS 25-40 | | | 0,09 | |
| - Orthopädie-Klimaanl. (A-Sept. OP) | Grundfos UMC 32-30 | | | 0,03-0,11 | |

| | | | | | |
|---|-----------------|------|---------|-----------|--|
| Primärversorgung: Umformer OP2-Neurochirurgie | | | | | |
| Klimazentrale OP2-Neurochirurgie | | | | | |
| - Primärpumpe 1 | Wilo P 50/160r | 1994 | 6,5 / 5 | 0,22-0,31 | |
| - Primärpumpe 2 | Wilo P 50/160r | 1994 | 6,5 / 5 | 0,22-0,31 | |
| - Anlage 1 Not-OP | Wilo RP 25/100r | 1994 | 0,7 / 5 | 0,05-0,08 | |
| - Anl. 7 Aufwachraum/Endoskopie | Wilo RP 25/100r | 1994 | 0,5 / 5 | 0,05-0,08 | |
| - Anlage 6 Endoskopie 3 | Wilo RP 25/100r | 1994 | 0,7 / 5 | 0,05-0,08 | |
| - Anlage 4 OP-Flur/Nebenräume | Wilo RP 25/100r | 1994 | 1,0 / 5 | 0,05-0,08 | |
| - Anlage 5 Endoskopie 2 | Wilo RP 25/100r | 1994 | 0,6 / 5 | 0,05-0,08 | |
| - Anlage 3 Sterilgut | Wilo RP 25/100r | 1994 | 0,6 / 5 | 0,05-0,08 | |
| - Anlage 2 Endoskopie 1 | Wilo RP 25/100r | 1994 | 0,5 / 5 | 0,05-0,08 | |

| | | | | | |
|--|---------------------|------|--|-----------|--|
| Primärversorgung: Umformer Lüftungszentrale UG | | | | | |
| Lüftungszentrale UG (A-Bau) | | | | | |
| - Wärmetauscher 1 | Grundfos UMC 100-30 | 1996 | | 0,23-0,56 | |
| - Wärmetauscher 1 (Reserve) | Grundfos UMC 100-30 | 1996 | | 0,23-0,56 | |
| - Wärmetauscher 2 | Grundfos UMC 100-30 | 1996 | | 0,23-0,56 | |
| - Wärmetauscher 2 (Reserve) | Grundfos UMC 100-30 | 1996 | | 0,23-0,56 | |
| - Küche | Grundfos UMC 80-60 | 1996 | | 0,18-0,40 | |
| - Prosektur | Grundfos UMC 32-30 | 1996 | | 0,05-0,09 | |
| - Unfall-OP | Grundfos UMC 40-30 | 1996 | | 0,08-0,15 | |
| - Apotheke | Grundfos UMC 40-30 | 1996 | | 0,08-0,15 | |
| - Stationen-Ost | Grundfos UMC 40-60 | 1996 | | 0,13-0,27 | |
| - Stationen-West | Grundfos UMC 40-60 | 1996 | | 0,13-0,27 | |

| | | | | | |
|---|------------------------|------|--|-------------|--|
| Primärversorgung: Gegenströmer Casino/OP2 | | | | | |
| Heizzentrale Casino/OP2 | | | | | |
| - Wärmetauscher 1 | Grundfos UPSD 50-30 | 1997 | | 0,75-0,15 | |
| - Wärmetauscher 2 | Grundfos UPSD 50-30 | 1997 | | 0,75-0,15 | |
| - Vorerhitzer Küche | Grundfos UPS 32-80-180 | 1997 | | 0,145-0,245 | |
| - Vorerhitzer Casino | Grundfos UPS 32-80-180 | 1997 | | 0,145-0,245 | |

| | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|------|-----------|------------------|------------|
| - Klimaanlage OP2 | Wilo P 50/160 r | | | 0,22-0,31 | |
| - Klimaanlage OP2 (Reserve) | Wilo P 50/160 r | | | 0,22-0,31 | |
| Primärversorgung: Gegenströmer PNA | | | | | |
| Heizzentrale PNA | | | | | |
| - Wärmetauscher 1 | Grundfos UMS D 65-60 | 1985 | 32 / 1,4 | 0,18-0,58 (0,58) | |
| - Wärmetauscher 2 | Grundfos UMS D 65-60 | 1985 | 32 / 1,4 | 0,18-0,58 (0,58) | |
| - Bewegungsbad | Grundfos UMC80-60 | | | 0,18-0,40 | |
| - Statische Hzg.-Sommer | Grundfos UP 20-45 N | | 0,5 / 1,1 | 0,12 | |
| - Statische Hzg.-Sommer (Res.) | Grundfos UP 20-45 N | | | 0,12 | |
| - Statische Hzg.-Südost | Grundfos UPD 42-42 | 1985 | 4 / 2,1 | 0,11 | |
| - Statische Hzg.-Südwest | Grundfos UPSD 40-60 | | 8 / 2,9 | | |
| - Statische Hzg.-Nord | Grundfos UPSD 40-120 | | 12 / 4 | | |
| - Lüftungszentrale Bauteil B | Grundfos UPC 65-120 | | 21 / 4,8 | 0,32-0,68 | |
| - Lüftungszentrale Bauteil C | Grundfos UMSD 50-60 | | 15 / 2,8 | 0,08-0,22 | |
| - Boilerladung 1 | Grundfos UPD 42-42 | 1985 | 5 / 1,7 | | Thermostat |
| - Boilerladung 2 | Grundfos UPD 42-42 | 1985 | 5 / 1,7 | | Thermostat |
| Heizzentrale Bewegungsbad | | | | | |
| - Nebenräume | Wilo RP 30/80r | | | 0,03-0,12 | |
| - Lüftung Turnhalle | Grundfos UMC 32-30 | | | 0,03-0,11 | |
| - Lüftung Schwimmbad | Grundfos UMC 32-30 | | | 0,03-0,11 | |
| - Lüftung Behandlungsräume | Grundfos UMC 40-30 | | | 0,04-0,15 | |
| - ohne Bezeichnung | Wilo D 30 | | | 0,06 | |
| Lüftungszentrale C2 (PNA) | | | | | |
| - VE Anlage TK 14 | Grundfos UP 20-35 | 1985 | | 0,08 | |
| - VE Anlage TK 13 | Grundfos UP 20-35 | 1985 | | 0,08 | |
| - VE Anlage TK 9 | Grundfos UP 20-35 | 1985 | | 0,08 | |
| - VE Anlage TK 10 | Grundfos UP 20-35 | 1985 | | 0,08 | |
| - VE Anlage TK 11 | Grundfos UP 20-35 | 1985 | | 0,08 | |
| - VE1 Anlage TK 12 | Grundfos UP 42-42 | 1985 | | 0,12 | |
| - VE2 Anlage TK 12 | Grundfos UP 42-42 | 1985 | | 0,12 | |

Hinsichtlich ihres Zustandes und ihrer Konzeption sind die Warmwassersystem der SKH wie folgt zu bewerten:

- Aufgrund der sehr unterschiedlichen Nutzungszeiten der Anlagen ergibt sich kein einheitliches Bild des Gesamtzustandes. Bei den älteren Systemen wurden teilweise schon Sanierungsmaßnahmen vorgenommen. Mittelfristig ist allerdings für die zentralen Systeme der „ersten“ Generation erheblicher Sanierungsbedarf zu erwarten (Armaturen, Umwälzpumpen, Wärmedämmung).
- Von den installierten Umwälzpumpen wird bisher nur ein Teil geregelt betrieben und verursacht somit einen überhöhten Stromverbrauch. Vorliegende Auslegungsdaten für einzelne Netze lassen auch auf eine Überdimensionierung eines Teils der installierten Pumpen schließen.

3.2.4 Stammdaten der Wärmeversorgungsanlage Geriatrie

Das Gebäude der Geriatrischen Tagesklinik wird über ein separates Heizsystem mit einer eigenen Kesselanlage mit Wärme versorgt.

In der Tafel 3.2.5 sind die Stammdaten der Wärmeversorgungsanlage zusammengefaßt.

Tafel 3.2.5 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Wärmeversorgungsanlage Geriatrie

| | | | | |
|---|--|---------|-------------------|--------------|
| Wärmeerzeuger Hersteller/Typ Bauart Nennwärmeleistung Baujahr | Krupp SR 210 Warmwasserheizkessel 233 kW 1977 | | | |
| Brenner Hersteller/Typ Bauart Brennstoff Baujahr | Weishaupt WG 30 N/1-AZ Gas-Gebläsebrenner Erdgas 1977 | | | |
| Heizkreisbezeichnung | Umwälzpumpen Hersteller/Typ | Baujahr | Leistungsaufnahme | Regelung |
| Heizung Nord-Ost | Grundfos UPSD 40-60 | 1977 | 115-340 W | Dauerbetrieb |
| Heizung Süd-Ost | Krupp ZZ 405 D | 1977 | 110 W | Dauerbetrieb |
| Lüftung | Grundfos UMC 32-30 | 1996 | 30-110 W (110 W) | Dauerbetrieb |
| Boiler | Grundfos UPS 20-40 | | 30-60 W | Dauerbetrieb |

Bezüglich des Zustandes der Anlage ist folgendes festzuhalten:

- Die Kesselanlage hat ihre technische Nutzungszeit erreicht und entspricht nicht mehr dem technischen Stand.
- Hinsichtlich der Wärmedämmung und installierten Armaturen besteht beim Wärmeverteilungssystem Optimierungsbedarf.
- Die Umwälzpumpen werden unregelt betrieben und verursachen somit einen überhöhten Stromverbrauch.

3.2.5 Stammdaten des Dampfsystems der SKH

Prozeßdampf wird in den SKH in insgesamt 3 Druckstufen eingesetzt. Wie im Abschnitt 3.2.1 beschrieben wird zunächst ausschließlich Hochdruckdampf mit 7,5 bar erzeugt.

Durch einstufige Druckreduktionen des 7,5 bar Dampfes erfolgt die Versorgung der 2,4 bar Hochdruckschiene bzw. des 0,4 bar Niederdrucksystems.

In der Tafel 3.2.6 sind die Verbrauchergruppen für die drei Dampfsysteme zusammengestellt. Die Bezeichnungen entsprechen den Angaben der Bezeichnungsschilder im Kesselhaus.

Tafel 3.2.6 Energiekonzept SKH: Dampfverbrauchergruppen SKG

I. Verbrauchergruppen-Hochdruckdampf 7,5 bar (8 bar)

- B-Bau Fäkalien-Desinfektion
- Verteilung-Lüftungszentralen (Reindampferzeuger Zentral-OP)
- Alte Heizung Winter über Unterverteilung Orthopädie (PNA)
- Dampfverteiler 2,5 bar
- Dampfverteiler 0,4 bar

II. Verbrauchergruppen-Hochdruckdampf 2,4 bar (2,5 bar)

- HNO/CTH
- B-Bau/Sterilisation-Apotheke
- Lüftungszentrale
- Klima OP2
- Heizung Altbauten / OP-Orthopädie
- Gegenströmer 1 - A-Bau
- Gegenströmer 2 - A-Bau
- Gegenströmer 3 - A-Bau
- Pathologie / Warmwasserbereiter

III. Verbrauchergruppen-Niederdruckdampf 0,4 bar

- Kodra-Spülen A-Bau
- Klimaanlage / Spülmaschine Cafeteria
- Gegenströmer 1 - alte Flachbauten (B-Bau)
- Gegenströmer 2 - alte Flachbauten (B-Bau)
- Gegenströmer 3 - alte Flachbauten (B-Bau)
- Gegenströmer 4 - alte Flachbauten (B-Bau)
- Hauptküche
- Alte Geräte - B-Bau
- Personalhaus
- Klimaanlage Unfall-OP
- Pathologie Labor

Hinsichtlich seines Zustandes ist das zentrale Dampfsystem der SKH wie folgt zu bewerten:

- Wesentliche Komponenten des zentralen Verteilungssystems weisen inzwischen mehr als 36 Betriebsjahre auf. Kurz- bis mittelfristig ist ein erheblicher Sanierungsbedarf zu erwarten.
- Aufgrund der unzureichenden Wärmedämmung der Verteiler und der anschließenden Rohrleitungen verursacht das System hohe Wärmeverluste.
- Hinsichtlich der Betriebssicherheit muß die Anlage als sehr kritisch bewertet werden. Die gesamte Wärmeversorgung der SKH, mit Ausnahme der Geriatrie, erfolgt über einen Hochdruckdampfverteiler (7,5 bar), der 1961 installiert wurde. Für Notfälle ist keine redundante Versorgung (z.B.

Primärversorgung der 2,5 bar oder 0,4 bar Schiene über einen Kessel) vorhanden.

Über die an den jeweiligen Unterverteilungen angeschlossenen Verbraucher liegen keine vollständigen Bestandsunterlagen vor.

Im Rahmen der Datenerhebung wurden die in Tafel 3.2.7 aufgeführten Stammdaten der Dampfverbraucher der SKH ermittelt.

Tafel 3.2.7 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Dampfverbraucher

| | | | |
|---|--|---|---|
| Standort: Klimazentrale Neubau OP | | | |
| Bezeichnung | Reindampferzeuger | | |
| Reindampferzeuger-Nr. | 1 | 2 | |
| Hersteller | Kohler GmbH | | |
| Baujahr | 1989 | 1989 | |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 7,5 bar | | |
| Sekundärmedium | Reindampf: 2,5 bar | | |
| Wärmeleistung | 345 kW (500 kg/h / 7,5 bar) | 345 kW (500 kg/h / 7,5 bar) | |
| Standort: Zentralsterilisation (Versorgung durch Reindampferzeuger) | | | |
| Bezeichnung | Dampfsterilisatoren | | |
| Nr. | 1 | 2 | 3 |
| Hersteller/Typ | MWM -Selectomat-G S 3000 - 969/9612 | | |
| Baujahr | 1988 | | |
| Dampfbedarf | 3 X 250 kg/h | | |
| Bezeichnung | Dampfbefeuchter Intensivstation | | |
| Dampfbedarf | 75 kg/h | | |
| Bezeichnung | Taktreinigungs-/Desinfektions- und Trockenautomaten | | |
| Nr. | 1 | 2 | |
| Hersteller/Typ | BHT LS 76-E | NEWAMATIC T-600-1UDT | |
| Baujahr | 1988 | 1997 | |
| Dampfbedarf | 110 kg/h (2,5 bar) | Anschluß: 300 kg/h/Verbrauch: 90 kg/h (2,5 bar) | |
| Bezeichnung | Instrumenten-Waschmaschinen | | |
| Baujahr | 1988 | | |
| Dampfbedarf | 4 x 60 kg/h (2,5 bar) | | |
| Standort: Zentralküche ⁵ | | | |
| Bezeichnung | Bandspülmaschine | | |
| Nr. | 1 | 2 | |
| Hersteller/Typ | Stierlen Maquet / BTM DN 325 V - SPW 1000 | Stierlen Maquet / BTM DN 325 V - SPW 1000 | |
| Baujahr | 1985 | 1985 | |
| Dampfbedarf | 150 kg/h | 150 kg/h | |
| Bezeichnung | Topfspülmaschine | | |
| Hersteller/Typ | Rational / CM 20 | | |
| Baujahr | 1991 | | |
| Dampfbedarf | 75 kg/h (0,4 bar) | | |

⁵ Über die Dampfleistungen der Kochkessel der Zentralküche liegen keine Bestandsunterlagen vor. Die angegebenen Dampfleistungen wurden aus den Daten von Vergleichsobjekten ermittelt.

| | | |
|--------------------------------|---|-----------------------------|
| Bezeichnung | Rechteckkochkessel | |
| Anzahl | 4 | |
| Dampfbedarf | 4 x 75 kg/h (0,4 bar) | |
| Bezeichnung | Schnellkochkessel | |
| Anzahl | 5 | |
| Dampfbedarf | 5 x 50 kg/h (0,4 bar) | |
| Bezeichnung | Kippkochkessel | |
| Anzahl | 6 | |
| Dampfbedarf | 6 x 50 kg/h (2,5 bar) | |
| Standort: Apotheke/Labor | | |
| Bezeichnung | Sterilisateur | |
| Hersteller/Typ | Aigner 669-2 HAST-HD-L | |
| Baujahr | 1978 | |
| Dampfbedarf | | |
| Bezeichnung | Destillationsapparat | |
| Hersteller/Typ | Stilmas Mascarini FA 100 HR/SA | |
| Baujahr | 1979 | |
| Dampfbedarf | 17 kg (2,5 bar) | |
| Standort: PNA | | |
| Bezeichnung | Reindampferzeuger | |
| Reindampferzeuger-Nr. | 1 | 2 |
| Baujahr | 1984 | 1984 |
| Primärmedium | Hochdruckdampf: 7,5 bar | |
| Sekundärmedium | Reindampf: 2,5 bar | |
| Wärmeleistung | 160 kW (250 kg/h / 2,5 bar) | 160 kW (250 kg/h / 2,5 bar) |
| Bezeichnung | Dampfsterilisatoren (PNA und Orthopädie) | |
| Baujahr | 1984 | |
| Dampfbedarf | 140 kg/h (2,5 bar) | |
| Bezeichnung | Luftbefeuchter (PNA) | |
| Baujahr | 1984 | |
| Dampfbedarf | 170 kg/h (2,5 bar) | |
| Standort: Bettenzentrale (PNA) | | |
| Bezeichnung | Matratzendesinfektion | |
| Nr. | 1 | 2 |
| Baujahr | 1984 | 1984 |
| Dampfbedarf | 220 kg/h (0,4 bar) | 220 kg/h (0,4 bar) |
| Bezeichnung | Gestelldesinfektion | |
| Nr. | 1 | 2 |
| Baujahr | 1984 | |
| Dampfbedarf | 150 kg/h (2,5 bar) | 150 kg/h (2,5 bar) |

Hinsichtlich ihres Zustandes sowie Ihrer Konzeption sind die Anlagen wie folgt zu bewerten:

- Mit Ausnahme der Geräte in der Apotheke, haben die installierten Anlagen ihre technische Nutzungsgrenze noch nicht erreicht. Akuter Sanierungsbedarf besteht somit nur für die Sterilisations- bzw. Desinfektionsanlagen in der Apotheke.

- Mit Ausnahme der Luftbefeuchter werden alle Dampfverbrauchseinrichtungen nur während der Tagstunden betrieben. Das Versorgungsnetz wird aber ganzjährig über 24 h am Tag unter Betriebsdruck gehalten. Hierdurch werden hohe Wärmeverluste verursacht.

In der Tafel 3.2.8 sind die Anschlußleistungen der installierten Dampfverbraucher der SKH zusammengestellt.

Tafel 3.2.8 Energiekonzept SKH: Anschlußleistungen der Dampfverbraucher

| Bezeichnung | Druckstufe in bar (ü) | Anschlußleistung in kg/h | Anschlußleistung in kW |
|--|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Reindampferzeuger Neubau OP <ul style="list-style-type: none"> • Zentralsterilisation <ul style="list-style-type: none"> • Sterilisatoren • Desinfektionsgeräte • Instrumentenwaschanlagen • Dampfbefeuchter Klimaanlage Intensiv | 7,5 | 1.000 | 670 |
| Reindampferzeuger PNA <ul style="list-style-type: none"> • Sterilisatoren • Dampfbefeuchter Klimaanlage | 7,5 | 480 | 320 |
| Bettenzentrale <ul style="list-style-type: none"> • Gestelldesinfektion • Matratzendesinfektion | 2,5 0,4 | 300 440 | 225 264 |
| Apotheke/Labor ⁶ <ul style="list-style-type: none"> • Sterilisator • Desinfektor | 2,5 | 50 | 33 |
| Zentralküche <ul style="list-style-type: none"> • Topfspülmaschine • Geschirrspülmaschinen • Kochkessel | 0,4 | 1.225 | 735 |
| Gesamt | | | 2.247 |

Die gesamte installierte Anschlußleistung der Dampfverbraucher der SKH beträgt somit ca. 2,25 MW.

Bei der Ermittlung der tatsächlich benötigten maximalen Leistung sind folgende wesentlichen Faktoren zu berücksichtigen:

- Mit Ausnahme des Dampfbefeuchters der Klimaanlage für die Intensivstation (A2L) im A-Bau sind alle weiteren Dampfbefeuchter außer Betrieb. Durch den Mischluftbetrieb der Anlagen werden in der Regel in den klimatisierten Bereichen der SKH ausreichend hohe Luftfeuchtwerte erreicht.

⁶ Anschlußwerte anhand von Vergleichsobjekten geschätzt.

Die bei der Auslegung der Reindampferzeuger berücksichtigte Leistung der Dampfbefeuchter wird somit zum großen Teil nicht beansprucht.

- Aufgrund der Betriebsabläufe werden die Anlagen nie mit 100 %-tiger Gleichzeitigkeit betrieben.
- In der Regel weisen die Anlagen sehr hohe Unterschiede beim Dampfbedarf im Anfahrzustand und im Betriebszustand auf.

3.3 Stammdaten der Wasserversorgung und -aufbereitung

3.3.1 Stammdaten der Druckerhöhungsanlagen

Die Trinkwasserversorgung der SKH erfolgt über ein Ringsystem mit insgesamt 6 Einspeisepunkten. Zur Gewährleistung des Druckes für die Hochhäuser (Bettenhochhaus, Personalwohnheim III) sind Druckerhöhungsanlagen installiert.

Die wesentlichen technischen Kenndaten der installierten Druckerhöhungsanlagen sind in der Tafel 3.3.1 zusammengestellt.

Tafel 3.3.1 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Druckerhöhungsanlagen

| | |
|-------------------------------------|---|
| Standort: Kesselhaus (A-Bau) | |
| Anlagenbezeichnung: | Druckerhöhung - Zone 2 |
| Pumpenhersteller/Typ | Grundfos CR 16-60 |
| Anzahl der Druckerhöhungspumpen | 3 |
| Baujahr | 1997 |
| Volumenstrom/Förderhöhe, gesamt | 16-42 m ³ /h / 69 m |
| Pumpenmotorleistung, gesamt | 22,5 kW |
| Anlagenbezeichnung: | Druckerhöhung - Zone 3 |
| Pumpenhersteller/Typ | Grundfos CR 16-70 |
| Anzahl der Druckerhöhungspumpen | 3 |
| Baujahr | 1997 |
| Volumenstrom/Förderhöhe, gesamt | 18-42 m ³ /h / 65-95 m |
| Pumpenmotorleistung, gesamt | 22,5 kW |
| Anlagenbezeichnung: | Druckerhöhung - Zone 4 |
| Pumpenhersteller/Typ | Grundfos CR 16-60 |
| Anzahl der Druckerhöhungspumpen | 3 |
| Baujahr | 1997 |
| Volumenstrom/Förderhöhe, gesamt | 18-42 m ³ /h / 75-108 m |
| Pumpenmotorleistung, gesamt | 22,5 kW |
| Standort/Anlagenbezeichnung: | Druckerhöhung - Personalwohnheim III |
| Pumpenhersteller/Typ | Wilo CO 3-605 |
| Anzahl der Druckerhöhungspumpen | 3 |
| Baujahr | 1990 |
| Volumenstrom/Förderhöhe, gesamt | 6-18 m ³ /h / 54 m |
| Pumpenmotorleistung, gesamt | 3,3 kW |

Aufgrund der geringen Standzeit der Systeme ist derzeit kein Sanierungsbedarf zu erwarten.

3.3.2 Stammdaten der Wasseraufbereitungsanlagen

Die beiden Reindampferzeugungsanlagen der SKH werden mit vollentsalztem Wasser (VE-Wasser) gespeist. Die Wasseraufbereitung findet mittels Umkehrosmoseanlagen statt.

Die Stammdaten der installierten Wasseraufbereitungsanlagen sind in der Tafel 3.3.2 festgehalten.

Tafel 3.3.2 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Wasseraufbereitungsanlagen

| | |
|--|--|
| Standort: Klimazentrale OP-Anbau Anlagenbezeichnung | Umkehrosmoseanlage-OP-Erweiterung |
| Baujahr | 1988 |
| Versorgungsbereiche | Reindampferzeuger, Zentralsterilisation |
| Reinwasser-Volumenstrom Abwasser-Volumenstrom | 800 l/h 650 l/h |
| VE-Pumpe • Hersteller/Typ • Volumenstrom/Förderhöhe • Motorleistung | Grundfos CHT 4-40 4,5 m ³ /h / 28 m 1,08 kW |
| Versorgungspumpe-Reindampferzeuger • Hersteller/Typ • Volumenstrom/Förderhöhe • Motorleistung | Grundfos CRN 110 2,5 m ³ /h / 65,5 m 1,1 kW |
| Standort: Klimazentrale OP-Anbau Anlagenbezeichnung | Umkehrosmoseanlage-PNA |
| Baujahr | 1985 |
| Versorgungsbereiche | Reindampferzeuger, Instrumentenspüle |
| VE-Pumpe • Anzahl • Hersteller/Typ • Volumenstrom/Förderhöhe • Leistungsaufnahme | 2 (1 x Reserve) Grundfos CR 2-40 1,5 m ³ /h / 30 m 0,55 kW |

Im Rahmen der Datenaufnahme ergaben sich keine Anhaltspunkte für kurz- bis mittelfristigen Sanierungsbedarf bei den oben aufgeführten Wasseraufbereitungsanlagen.

3.3.3 Stammdaten der Brauchwasserversorgungsanlagen

Die Versorgung der SKH mit Brauch- und Heißwasser erfolgt aus insgesamt 5 Zentralen.

In der Tafel 3.3.3 sind die wesentlichen Kenndaten der Brauch- und Heißwasserversorgungsanlagen zusammengestellt.

Tafel 3.3.3 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Brauch- und Heißwassererzeuger

| | Druckzone/Versorgungsbereich | Baujahr | Speicher-temperatur | Inhalt |
|--|--|---------|---------------------|---------|
| Standort: Kesselhaus (A-Bau) | | | | |
| Brauchwasserspeicher | Pathologie | k.A. | 40 °C | 1.000 l |
| Brauchwasserspeicher | I (5 bar - bis 2.G) | 1996 | 50 °C | 3.000 l |
| Brauchwasserspeicher | I (5 bar - bis 2.G) | 1996 | 50 °C | 3.000 l |
| Brauchwasserspeicher | II (7,5 bar - 3.-6. OG) | 1961 | 50 °C | 8.000 l |
| Brauchwasserspeicher | III (8,5 bar - 7.-10. OG) | 1961 | 50 °C | 8.000 l |
| Brauchwasserspeicher | IV (7,5 bar - 11.- 14.OG) | 1980 | 50 °C | 8.000 l |
| Heißwasserspeicher | I (5 bar - bis 2. OG) | 1961 | 80 °C | 8.000 l |
| Heißwasserspeicher (außer Betrieb) | I (5 bar - bis 2. OG) | 1961 | 80 °C | 8.000 l |
| Heißwasserspeicher | II-IV (7,5-9 bar - 3.- 11. OG) | 1961 | 80 °C | 8.000 l |
| Standort: Heizzentrale PNA (D-Bau) | | | | |
| Versorgungsbereiche | PNA, Orthopädie, Bewegungsbad, Werkstatt | | | |
| Brauchwasserspeicher I | | 1985 | 50 °C | 1.000 l |
| Brauchwasserspeicher II | | 1985 | 50 °C | 1.000 l |
| Brauchwasserspeicher III | | 1985 | 50 °C | 1.000 l |
| Brauchwasserspeicher IV | | 1985 | 50 °C | 1.000 l |
| Standort: Heizzentrale Personalwohnheim I + II (H-Bau) | | | | |
| Brauchwasserspeicher I | Personalwohnheime I+II | 1992 | 50 °C | 500 l |
| Standort: Heizzentrale Personalwohnheim III (J-Bau) | | | | |
| Versorgungsbereiche | Personalwohnheim III | | | |
| Brauchwasserspeicher I | | 1962 | 50 °C | 2.000 l |
| Brauchwasserspeicher I | | 1962 | 50 °C | 2.000 l |
| Standort: Heizzentrale Geriatrische Tagesklinik (E-Bau) | | | | |
| Brauchwasserspeicher I | Geriatrische Tagesklinik | 1977 | 50 °C | 500 l |

Den oben aufgeführten Speichersystemen sind jeweils Zirkulationssysteme zugeordnet über welche die Verteilung des Brauchwarmwassers und Heißwassers erfolgt.

In der Tafel 3.3.3 sind die Stammdaten der Zirkulationssysteme zusammengestellt.

Tafel 3.3.3 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Brauchwasser- und Heißwasser-zirkulationssysteme

| Standort/Bezeichnung/ Versorgungsbereiche | Pumpenhersteller/Typ | Baujahr | Volumenstrom/ Förderhöhe | Motorleistung/ Leistungsaufnahme | Regelung |
|--|----------------------|---------|-----------------------------|-------------------------------------|----------|
| | | | in m³/h / m | in kW | |
| Standort: Kesselhaus (A-Bau) | | | | | |
| Brauchwassersystem-Zone I | | | | | |
| Versorgungsbereiche: Breitfuß über Zentrale, / B- u. D-Bauten / OP-Neubau / Breitfuß / OP-Abteilung und Breitfuß | | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CR-30-10 | 1988 | 30 / 10,1 | 1,5 | |
| Zirkulationspumpe II | Grundfos CR-30-10 | 1979 | 27 / 12 | 1,5 | |
| Zirkulationspumpe III (Reserve) | Grundfos CR-30-10 | 1992 | 30 / 10,1 | 1,5 | |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | | | | |
|---|---|------|----------|------|--|
| Brauchwassersystem-Zone II | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Zone II - A-Bau | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CR-30-10 | 1977 | 27 / 12 | 1,5 | |
| Zirkulationspumpe II (Reserve) | Grundfos CR-30-10 | 1987 | 27 / 12 | 1,5 | |
| Brauchwassersystem-Zone III | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Zone III - A-Bau | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CR-30-10 | 1986 | 27 / 12 | 1,5 | |
| Zirkulationspumpe II (Reserve) | Grundfos CR-30-10 | 1986 | 27 / 12 | 1,5 | |
| Brauchwassersystem-Zone IV | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Zone IV - A-Bau | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CR-30-10 | 1983 | | 1,5 | |
| Zirkulationspumpe II (Reserve) | Grundfos CR-30-10 | 1983 | | 1,5 | |
| Heißwassersystem-Zone I | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | B- und C-Bauten / Pathologie / Hauptküche, Bäderabteilung und HNO | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CP 8-20K | 1977 | 9 / 18 | 0,74 | |
| Zirkulationspumpe II | Grundfos CP 8-20K | 1984 | 8 / 17 | 0,75 | |
| Heißwassersystem-Zone II | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Zone II - A-Bau | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CP-3-30K | 1979 | 3 / 21,9 | 0,37 | |
| Zirkulationspumpe II | Grundfos CR-3-30K | 1979 | 27 / 12 | 0,37 | |
| Heißwassersystem-Zone III | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Zone III - A-Bau | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CR-4-30A | 1997 | 6 / 18,1 | 0,55 | |
| Zirkulationspumpe II (Reserve) | Grundfos CP-3-20K | 1979 | 3 / 30 | 1,1 | |
| Heißwassersystem-Zone IV | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Zone IV - A-Bau | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CP-3-30K | 1979 | 3 / 15 | 0,37 | |
| Zirkulationspumpe II (Reserve) | Grundfos CP-3-20K | 1994 | 6 / 10 | 0,37 | |
| Standort: Heizzentrale PNA | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | PNA, / Orthopädie / Bewegungsbad / Werkstatt | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos UPC 40-120 | 1985 | | 0,40 | |
| Zirkulationspumpe II | Grundfos UPC 40-120 | 1985 | | 0,40 | |
| Standort: Unterstation Bewegungsbad | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Behandlungs- und Nebenräume | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos UP 25-45 | | | 0,06 | |
| Zirkulationspumpe II | Grundfos UP 25-45 | | | 0,06 | |
| Standort: Heizzentrale Personalwohnheim I + II | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Personalwohnheim I + II | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Wilo Z 30 | 1992 | | 0,1 | |
| Standort: Heizzentrale Personalwohnheim III | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Personalwohnheim III | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos CR 8-20 | 1990 | 6 / 6,6 | 0,75 | |
| Zirkulationspumpe II | Grundfos CR 8-20 | 1990 | 6 / 6,6 | 0,75 | |
| Standort: Heizzentrale Geriatrische Tagesklinik | | | | | |
| Versorgungsbereiche: | Geriatrische Tagesklinik | | | | |
| Zirkulationspumpe I | Grundfos UP 20-45 | | | 0,12 | |

Die Brauchwasser- bzw. Heißwasserversorgungssysteme der SKH weisen hinsichtlich ihres baulichen Zustandes sowie ihrer jeweiligen Konzeption sehr heterogene Strukturen auf.

Auf der Basis der erhobenen Daten sind folgende wesentlichen Punkte anzuführen:

- Ein Großteil der installierten Speicher- und Leitungssysteme weist eine Nutzungszeit von mehr als 35 Jahren auf. Kurzfristig ist hier erheblicher Sanierungsbedarf zu erwarten.
- Insbesondere die Brauch- und Heißwassersysteme im A-Bau sind erheblich überdimensioniert. Im Kesselhaus sind Speicher mit einem Gesamtvolumen von 55.000 l installiert.
- Die ausgedehnten Verteilungs- und Zirkulationssysteme, insbesondere diejenigen der Brauch- und Heißwasserzonen I im A-Bau, verursachen erhebliche Wärmeverluste und einen hohen Strombedarf.
- Als sehr problematisch ist die Tatsache zu bewerten, daß die Leitungssysteme im Zuge von baulichen Erweiterungs- und Sanierungsmaßnahmen unstrukturiert ausgedehnt wurden. Über das System in seinem jetzigen Zustand liegt keine vollständige Dokumentation mehr vor. Zudem bestehen offensichtlich Kurzschlüsse zwischen verschiedenen Druck- und Temperaturzonen. Dies ist sowohl in technischer als auch in hygienischer Hinsicht sehr problematisch.

3.4 Stammdaten der Kälteversorgungsanlagen

3.4.1 Stammdaten des zentralen Kaltwassersystems

Zur Kälteversorgung von Klimaanlage, zur Bereitstellung von Prozeßkälte für die Kühlung von medizinischen Geräten und Apparaten sowie zur Kondensatorkühlung von Kühlgeräten in der Zentralküche wird in den SKH ein Kaltwassernetz betrieben, das von zwei Zentralen versorgt wird. Die Kältezentrale I befindet sich im A-Bau und die Kältezentrale II in der PNA.

Hydraulisch ist das System so aufgebaut, daß die Erzeuger im A-Bau das gesamte System mit Kälte versorgen können, während an die PNA-Zentrale nur die Anlagen in der PNA angeschlossen sind. Die wesentlichen Stammdaten der Kälteerzeuger des Kaltwassersystems sind in der Tafel 3.4.1 aufgeführt.

Tafel 3.4.1 Energiekonzept SKH: Stammdaten zentrale Kaltwassererzeuger

| | | |
|------------------------------------|--|----------------------------|
| Kältezentrale I | | |
| Standort | Kältezentrale OP-Neubau | |
| Bezeichnung/Bauart | Split-Flüssigkeitskühler mit 2-Verdichtern | |
| Flüssigkeitskühler-Nr. | 1 | 2 |
| Hersteller/Typ | YORK LCHHM 200 AL | YORK LCHHM 200 AL |
| Baujahr | 1991 | 1993 |
| Kälteleistung | 500 kW | 500 kW |
| Leistungsaufnahme Verdichter 1 | 108,4 kW | 108,4 kW |
| Leistungsaufnahme Verdichter 2 | 81,4 kW | 81,4 kW |
| Kondensatorleistung | 650 kW | 650 kW |
| Motorleistung Kondensatorlüfter | 6 x 7,5 kW | 6 x 7,5 kW |
| Kältemittel | R 22 | R 22 |
| Bezeichnung | Kältemaschinenkreispumpen | |
| KM-Pumpe-Nr. | 1 | 2 |
| Hersteller/Typ | Grundfos UPT 100-120 | |
| Baujahr | 1991 | 1993 |
| Volumenstrom/Förderhöhe | 75 m ³ /h / 6 m | 75 m ³ /h / 6 m |
| Motorleistung | 3 kW | 3 kW |
| Kältezentrale II - Standort | Kältezentrale PNA | |
| Bezeichnung/Bauart | Verdichter-Verflüssiger-Einheit | |
| Flüssigkeitskühler-Nr. | 1 | 2 |
| Hersteller/Typ | TRANE CACG 105 R | TRANE CACG 105 R |
| Baujahr | 1984 | 1984 |
| Kälteleistung | 107 kW | 107 kW |
| Leistungsaufnahme Verdichter | | |
| Motorleistung Kondensatorlüfter | 3,8 / 11,5 kW | 3,8 / 11,5 kW |
| Kältemittel | R 22 | R 22 |
| Bezeichnung | Kältemaschinenkreispumpen | |
| KM-Pumpe-Nr. | 1 | 2 |
| Hersteller/Typ | k.A. | |
| Baujahr | 1984 | 1984 |
| Motorleistung | 2,2 kW (1 x Reserve) | 2,2 kW (1 x Reserve) |

Die Stammdaten der durch die oben beschriebenen Kältemaschinen versorgten Kaltwassernetze sind in der Tafel 3.4.2 zusammengestellt.

Tafel 3.4.2 Energiekonzept SKH: Stammdaten des zentralen Kaltwassernetzes

| | | |
|---|--|-----------------------------|
| Kaltwasserspeicher | | |
| Standort | AB / UG | |
| Speicherinhalt | 3.000 l | |
| Zentrale Kaltwasserkreispumpe-Nr. | 1 | 2 |
| Hersteller/Typ | Grundfos LP 100-125/130 | |
| Volumenstrom/Förderhöhe | 75 m ³ /h / 25 m | 75 m ³ /h / 25 m |
| Motorleistung | 5,5 | 5,5 |
| Regelung | Drehzahlregelung | |
| Verbraucher | Standort/Geschoß | Anschlußleistung |
| Klimazentrale OP 1 | A 1 / 1. OG | 503 kW |
| Klimaanlage Intensivstation A2L | AB / 2. OG | 111 kW |
| Klimazentrale OP 2 | AB / 2. OG | 159 kW |
| Klimaanlage EKG | Allgemein ZB-Breitfuß / 2. OG Turm-Ost | 21 kW |
| Klimaanlage-SB-Laden | A-Bau-OP-Neubau / UG | 6 kW |
| Klimazentrale Unfallambulanz | AB / UG | 23 kW |
| Klimazentrale Wäschemagazin (Schock-Gipsraum) | AB / UG | |
| Technische Zentrale | | 7 kW |
| CT | | k.A. |
| Kernspinttomographie | | k.A. |
| Wäschemagazin | AB / UG | k.A. |
| Kältezentrale Küche 1 + 2 | AB / UG | 35 kW |
| Diätenkühlung Küche | AB / UG | k.A. |
| Sterillabor Apotheke | | k.A. |
| Klimazentrale Orthopädie Ost | C / UG | 60 kW |
| Klimazentrale Orthopädie West | C / UG | 33 kW |
| Klimazentrale Bewegungsbad | C / UG | nicht angeschlossen |
| Klimazentrale Augen OP | PNA / D / 3. OG | 174 kW |

Die bauliche und konzeptionelle Situation des zentralen Kaltwassersystems stellt sich wie folgt dar:

- Die Anlagenkomponenten haben ihre technische Nutzungsgrenze noch nicht erreicht. Kurz- bis mittelfristig ist kein relevanter Sanierungsbedarf zu erwarten.
- Als problematisch erweist sich die hydraulische Konzeption der Anlage I. Aufgrund einer Reihenschaltung der unregulierten Kältemaschinenkreisumpen zu den regulierten Kaltwasserkreisumpen kommt es zu Betriebsstörungen der Anlage. Der Parallelbetrieb der Maschinen unter Vollast ist nur manuell möglich.
- Die Luftzu- und -abfuhr für die Verflüssigerkühlung der Kältemaschinen im A-Bau ist, bedingt durch die räumliche Lage der Kältezentrale, für den maximalen Leistungsbedarf nicht ausreichend. Bei einem hohen Leistungsbedarf der Maschinen im Hochsommer kann die Verflüssigerwärme nicht mehr vollständig abgeführt werden.

- Der Kaltwasserspeicher ist hydraulisch nicht optimal eingebunden und hat somit nicht den gewünschten Puffereffekt.
- Durch das zentrale Netz werden auch Verbraucher versorgt, die ganzjährig Kältebedarf aufweisen (Umluftkühler, Maschinen- oder Gerätekühlung). Hierbei kann davon ausgegangen werden, daß die benötigte Kälteleistung dieser Anlagen weniger als 10 % der gesamten installierten Kälteleistung beträgt. Aufgrund der dezentralen räumlichen Anordnung der Anlagen muß das gesamte Hauptkaltwassernetz permanent beaufschlagt werden.

3.4.2 Stammdaten der dezentralen Kälteanlagen

3.4.2.1 Stammdaten der dezentralen Klimageräte

Neben den durch das zentrale Kaltwassersystem versorgten Klimaanlage werden in den SKH dezentrale Kälteanlagen zur Raumklimatisierung betrieben. Hierbei kommen Anlagen unterschiedlicher Bauart zum Einsatz. Im wesentlichen handelt es sich um Wärmepumpen-Rekuperatoren, Kompaktklimaanlagen, Direktverdampferanlagen, Split-Klimageräte und um Schrank-Klimageräte.

Durch Wärmepumpen-Rekuperatoren, Kompakt-Klimaanlagen und Direktverdampferanlagen werden insgesamt vier zentrale Klimaanlage mit Kälte versorgt. Die Stammdaten der Anlagenkomponenten zur Kälteversorgung sind in der Tafel 3.4.3 zusammengestellt. (Weitere Stammdaten vgl. Abschnitt 3.5).

Tafel 3.4.3 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Kälteaggregate zentraler Klimaanlagen

| Standort/Versorgungsbereich | Anl.-Nr. | Bauart | Hersteller/Typ | Kompressorleistungsaufnahme in kW | Kälteleistung in kW | Kältemittel |
|-----------------------------|----------|---------------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------|
| Bewegungsbad/UG/C-Bau | KL 28 | WP-Rekuperator | MENERGA TYP 381801 | 12,04 | k.A. | R 22 |
| Station A6L/6.OG/A-Bau | KL 33 | Klimakompaktgerät mit WRG | WEISS HK8 45 L | 8,88 | 26,3 | R 22 |
| Dach-Ost/2.OG/Linksherzk. | KL 35 | Direktverdampfer | RUHAAK GCA-C | 20,7 | 49,1 | |
| Turm-Ost/2.OG/EKG | KL 36 | Direktverdampfer | RUHAAK GCA-C | 15,9 | 25,0 | |

Die wesentlichen Kenndaten der dezentralen Split-Klimageräte, die im Rahmen des Ende 1997 durchgeführten Wartungszykluses erfaßt wurden, sind in der Tafel 3.4.4 zusammengestellt.

Tafel 3.4.4 Energiekonzept SKH: Stammdaten der dezentralen Split-Klimageräte

| Zentrale / Standorte | Anl.-Nr. | Anlagenbenennung | Gebäude Bauteil Versorgungsbereiche | Aggregat Typ | Verdampfer Typ | Kompressorstg. in kW | Kältemittel |
|---|----------|--------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------|
| Allgemein/PNA/1. OG/Hartwich, Prof. | SKL 1 | Psychiatrie | Prof. Hartwich | Polenz PC08DQ61 | CAS 08-13 | 1,40 | R 22 |
| Allgemein/Zentralbau-Breitfuß / EG / SG 14 | SKL 2 | EDV | Druckerraum | Polenz PC 13QC6 | WestinghouseV165C | 1,70 | R 22 |
| Allgemein/Zentralbau-Breitfuß/EG/Apotheke | SKL 3 | Apotheke | Lager 1 | DWM D9 RC 1000 | k.A. | 8,30 | R 22 |
| Allgemein/Zentralbau-Breitfuß/ EG / Apotheke | SKL 4 | Apotheke | Lager 2 - Büro | DWM DLLE 201 | k.A. | 2,30 | R 22 |
| Allgemein/Zentralbau-Breitfuß / UG / Wäschemagazin | SKL 5 | Wäschemagazin | Nähtube | Prestcold L 200 | Roller HKND 4 | 1,50 | R 12 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 6 | Radiologie 1 | Dunkelkammer - Zi. 134 | Polenz PC 13 LQ6 | RAS 2186 G 41 | 1,70 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 7 | Radiologie 1 | Nuklearmedizin - Zi. 157 | mit Raum 158 | Westinghouse | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 8 | Radiologie 1 | (EDV - DAS 1) - Zi. 167 | Polenz 24 MQYN9 | Polenz | 2,90 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 9 | Radiologie 1 | (EDV - DAS 2) - Zi. 168 | Polenz 24 MQYN9 | Polenz | 2,90 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 10 | Radiologie 1 | Diagnostik - Zi. 158 | DWM D9 RC 750 | Westinghouse | 5,40 | R 12 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 11 | Radiologie 1 | (Beleuchtung 1) - Zi. 172 | Lunite TAJ 9513 TMHR | Roller HKND 2 | 1,30 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 12 | Radiologie 1 | (Beleuchtung 2) - Zi. 109 | Polenz 95 D | Polenz | 1,70 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 13 | Radiologie 1 | (Bel. 3+4) - Zi. 143/142 | Lunite TAH 4524 TMHR | Westinghouse | 2,40 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 14 | Radiologie 1 | (Bel. 5+6) - Zi. 110 | Polenz PC 18 MQYN9 | Polenz | 2,10 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Radiologie | SKL 15 | Radiologie 1 | (Bel. 7+8) - Zi. 107 | DWM DLLE 301 | 2 x Roller HKND4 | 2,90 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ EG / Radiologie | SKL 16 | Radiologie 2 | CT - EDV | WR4LE 200 | Roller HKND 6 | 2,40 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 17 | Zentrallabor | (EDV) - Zi. 104 | Polenz | Polenz CAS 18-24 | 2,10 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 18 | Zentrallabor | (Enzymlab. Sek.) - Zi. 126 | P-C 18 DQYI | Polenz CAS 18-24 | 2,10 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 19 | Zentrallabor | (Gerinnungslab.) - Zi. 123 | P-C 18 DQYI | Polenz CAS 18-24 | 2,10 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 20 | Zentrallabor | (Chemie 1) - Zi. 129 | DWM DLLE 301 | Happel | 2,90 | R 12 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 21 | Zentrallabor | (Chemie 2) - Zi. 130 | gemeinsam | Roller HKND 6 | | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 22 | Zentrallabor | (Annahme) - Zi. 131 | k.A. | Roller HKND 6 | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 23 | Zentrallabor | (Hämatologie) - Zi. 115 | DWM D9 RS 1000 | Polenz CAS S24 | 7,30 | R 12 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 24 | Zentrallabor | (Blutbank) - Zi. 114 | gemeinsam | Polenz CAS S24 | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | SKL 25 | Zentrallabor | Eigenblut | k.A. | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / EG / Labor | SKL 27 | Bakteriologie | (Labor 1) - Zi. 112 | DWM DLSGB 401 | Happel | 3,80 | R 12 |
| Allgemein/ Zentralbau- Breitfuß / EG / Labor | SKL 28 | Bakteriologie | Labor 2 | gemeinsam | Happel | | |
| Technische Zentrale / AB / UG | SKL 29 | Techn. Zentrale | Leitwarte | KDLE 200 | 2 X GEA | 2,40 | R 22 |
| Technische Zentrale / AB / UG | SKL 30 | Techn. Zentrale | Aufenthaltsraum | DWM DLLE 301 EWL | 2 X GEA | 3,00 | R 12 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / 1. OG | SKL 31 | Dr. Dittmer | Unfallchirurgie | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1.OG / Koltai,Prof. | SKL 32 | Kinderchirurgie | Prof. Koltei | Polenz PC 13DQ6 | Roller HKND 6 | 1,70 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Stelter, Prof. | SKL 33 | Chirurgie | Prof. Stelter | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Lithotripter | SKL 34 | Urologie | Nierensteinz. | Maneurop GM 32 | PE 100 Q600 | 2,90 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Urologie | SKL 35 | Urologie | Untersuchung | gemeinsam | PE 100 Q600 | | |
| Allgemein/ Zentralbau / 7. OG / Station | SKL 36 | Intensivstat., A7R | Analyse | Maneurop GM 100 | 6 x PE 18D0600 | 7,60 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau / 7. OG / Station | SKL 37 | Intensivstat. A7R | EDV - Schrank | | | | |
| Allgemein / Bettennebenbauten / EG | SKL 38 | Prof. Haag | Innere Medizin | Hitachi RAC 2148 C | RAS 2148 CF | 1,40 | R 22 |
| Allgemein / Bettennebenbauten / EG | SKL 39 | Vorzimmer | Innere Medizin | Hitachi RAC 2109 L | RAS 2109 CF | 0,70 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG/ Czygan, Prof | SKL 40 | Frauenklinik | Prof. Czygan | | | | |
| Allgemein | SKL 41 | Telefonzentrale | Verteilung Ersatz | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 2. OG / Linksherz | SKL 42 | Linksherz | Steuerraum | | | | |
| Allgemein/ OP - Anbau/ EG | SKL 43 | Verwaltung | Konferenzraum | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ EG | SKL 44 | Apotheke | Sterillabor | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / UG | SKL 45 | Wäschemagazin | Wäschelager | s.o | Roller HKND 4 | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / EG / CT | SKL 46 | Radiologie 2 | CT-Wärmetauscher | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / EG / DR. Halbsguth | SKL 47 | Radiologie 3 | Dr. Halbsguth | | | | |

| | | | | | | | |
|--|--------|---------------|-------------------|------------------|-----------|------|------|
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ EG / Höllerhagen | SKL 48 | Radiologie 3 | Prof. Höllerhagen | | | | |
| Technische Zentrale / AB / UG | SKL 49 | Wärmetauscher | Aufenthalt TZ | s.o. | GEA | | |
| Technische Zentrale / AB / UG | SKL 50 | Büro-TZ | Lopez | Airwell 1100 | Eigenbau | 4,20 | R 22 |
| Allgemein/ Augen-Neurologie-Psychiatrie/ 2. OG | SKL 51 | Leitung | Prof. Eckardt | | | | |
| Allgemein/ Augen-Neurologie-Psychiatrie/ 3. OG | SKL 52 | Leitung | Prof. Schütz | Polenz PC 08DQ61 | CAS 08-13 | 1,40 | R 22 |

Außer den in der Tafel 3.4.4 aufgeführten fest installierten Anlagen werden in den SKH mobile Split-Klimageräte betrieben. Die wesentlichen Stammdaten dieser Anlagen sind in der Tafel 3.4.5 zusammengestellt.

Tafel 3.4.5 Energiekonzept SKH: Stammdaten der mobilen Split-Klimageräte

| Gebäude/Versorgungsbereich | Anl.-Nr. | Aggregat Typ | Anschlußleistung in kW | Kälteleistung in kW | Kältemittel |
|----------------------------|----------|--------------------------|------------------------|---------------------|-------------|
| Apotheke/Labor | MSKL 1 | AEG K19E Öko | 0,77 | 1,89 | FCKW-frei |
| Verwaltung | MSKL 2 | Delonghi Pinguino PAC 19 | 0,98 | 1,57 | R 22 |
| Anästhesie | MSKL 3 | Delonghi Pinguino PAC 19 | 0,98 | 1,57 | R 22 |
| Verwaltung | MSKL 4 | Delonghi Pinguino PAC 19 | 0,98 | 1,57 | R 22 |
| Verwaltung | MSKL 5 | Stiebel Eltron ACPS 14 | 1,47 | 4,00 | R 22 |

Neben den in den Tafeln 3.4.3-5 aufgeführten Anlagen sind in den SKH noch insgesamt 8 Klimaschrankanlagen zur Raumklimatisierung installiert.

Im Rahmen der Datenaufnahme zum Teil-Energiekonzept konnten für die Anlagen keine technischen Daten ermittelt werden.

Im folgenden sind die Standorte, Versorgungsbereiche sowie die Anlagennummern der Klimaschrankanlagen zusammengestellt.

Tafel 3.4.6 Energiekonzept SKH: Stammdaten der dezentralen Schrank-Klimageräte

| Zentrale / Standort | Anlagen-Nr. | Anlagenbenennung | Gebäude/Bauteil Versorgungsbereiche |
|--|-------------|-------------------|-------------------------------------|
| Allg. /Zentralbau-Breitfuß/EG/SG 14 | KLS 1 | Datenverarbeitung | Verwaltung |
| Lüftungszentrale CT/AB/ EG | KLS 2 | Radiologie 2 | CT -Funktionsraum |
| Lüftungszentrale CT/AB/ EG | KLS 3 | Radiologie 2 | CT - EDV |
| Telefonzentrale / D / EG | KLS 4 | Telefonzentrale | Verteilung |
| Allgemein/ ZB-Breitfuß/EG/Kernspin | KLS 5 | Radiologie 3 | Kernspin / Behandlung |
| Allgemein/ ZB-Breitfuß/EG/Kernspin | KLS 6 | Radiologie 3 | Kernspin / Technik |
| Allgemein/ ZB-Breitfuß / EG / Pathologie | KLS 7 | Pathologie | EG - Labor |
| Allgemein/Werkstattgebäude/DG/ | KLS 8 | Techn. Abt | Dachgeschoß |

Die Stammdaten der dezentralen Kälteversorgungsanlagen zur Raumklimatisierung sind wie folgt zu bewerten:

- Hinsichtlich der Bauarten sowie der Standzeiten zeigen die dezentralen Klima-Kälteanlagen ein

sehr heterogenes Bild. Neben Anlagen mit Standzeiten von weniger als 5 Jahren werden Geräte betrieben, die ihre technische Nutzungszeit überschritten haben. Zusätzlich zu dem schon bestehendem erheblichen Wartungs- und Instandhaltungsaufwand, ist kurz- bis mittelfristig erheblicher Sanierungsaufwand zu erwarten.

- Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß die eingesetzten dezentralen Kleingeräte wesentlich geringere Kältezahlen erreichen als eine Großanlage. Dies führt zu einem erhöhten Strombedarf für die Gebäudeklimatisierung.
- Kritisch ist auch die Tatsache zu bewerten, daß eine relevante Anzahl der Anlagen noch mit dem FCKW-haltigen Kältemittel R 12, daß seit 1995 nicht mehr produziert werden darf, betrieben wird. Beim Großteil der restlichen Anlagen wird das teilhalogenierte Kältemittel R 22 eingesetzt, das ein erhebliches klimabelastendes Potential aufweist.

3.4.2.2 Stammdaten der dezentralen Kühlmaschinen und Groß-Kühlschränke

Zur Kühlung von Lebensmitteln, Arzneimitteln, Blut oder sonstigen medizinischen Präparaten werden in den SKH Kühlmaschinen und Groß-Kühlschränke betrieben.

In den Tafeln 3.4.7 und 3.4.8 sind die Stammdaten der Kühlmaschinen und Kühlschränken, die regelmäßig gewartet werden, zusammengestellt.

Tafel 3.4.7 Energiekonzept SKH: Stammdaten der dezentralen Kälteanlagen

| Standort | Anlagen-Nr. | Anlagen-benennung | Versorgungsbereiche | Aggregat Typ | Verdampfer Typ | Verdichter in kW | Kältemittel |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------------|--------------------|----------------|------------------|-------------|
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 1 | Kalte Küche | Salatzelle, Milchraum | DWM DKSJ 100 | Linde SGA 31 | 1,4 | R 12 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 2 | Küche | Diätkühlraum | UGS 701 | Eigenbau | 0,9 | R 502 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 3 | Küche | Vorkühlraum / Kartoffellager | DWM DKLC 150 | Küba SHA 23 | 1,6 | R 12 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 4 | Küche | Tiefkühlraum | Prestcold PK 75-00 | HVST 20 | 1,1 | R 502 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 5 | Küche | Vorratskühlr.1-3 | Bitzer III | 3 x Linde | 2,2 | R 12 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 6 | Küche | Wurstkühlr. | Bitzer IV | 3 x Linde | 3 | R 12 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 7 | Küche | Schockfroster 1 | Prestcold PLG 500 | k.A. | 7,5 | R 502 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 7 | Küche | Schockfroster 2 | Prestcold 57/70/95 | k.A. | 7,5 | R 502 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 8 | Küche | Vorkühlzelle | Prestcold K 50 | HVS 20 | 0,4 | R 12 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. UG Küche | KM 9 | Küche | Tiefkühlzelle | DWM DLFD 201 | Küba SHBE 26 | 2,4 | R 502 |
| Allgem. Bettennebenb./UG/M.Küche | KM 10 | Kinderklinik | Milchküche | Viessmann KF 330 | Eigenbau | 0,5 | R 12 |
| Allgem. Zentralbau-Breitf. 1.OG/Labor | KM 11 | Zentrallabor | Laborkühlr. | DWM DKJA 75 | Roller UV-2 | 1,2 | R 22 |
| Allgem. ZB-Breitfuß/ 1.OG/Labor | KM 12 | Zentrallabor | Kühlwandschrank | Danfoss SC 18 C | Eigenbau | 0,6 | R 404a |
| Allgem. ZB-Breitf./UG/Pathologie | KM 13 | Pathologie | Leichenkühlung | DWM DLED 201 | Linde | 2,4 | R 12 |
| Allgem. ZB-Breitf. /EG/Apotheke | KM 14 | Apotheke | Medikamente 1-2 | Lunite CAE 9480 | Roller UV-1 | 0,9 | R 12 |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------------------|---------------|-------------|-------|-----|------|
| Allgem. ZB-Breitf. /EG/Apotheke | KM 15 | Apotheke | Medikamente 3 | Linde H/OFW | Linde | 0,9 | R 12 |
| Allgem.ZB-Breitf./2.OG/Decke Turm-Ost | KM 20 | EKG | Kältemaschine | | | | |
| Allgem. ZB-Breitf. /2. OG/ Dach-Ost | KM 21 | Linksherzkatheder | Kältemaschine | | | | |

Tafel 3.4.8 Energiekonzept SKH: Stammdaten der dezentralen Kühlschränke

| Standort | Anlagen-Nr. | Anlagenbenennung | Versorgungsbereich | Aggregat Typ | Verdampfer Typ | Kompressor in kW | Kältemittel |
|---|-------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------|
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ UG / Küche | KS 1 | Kalte Küche | Hauptküche | SC 18 CMX T2 | Eigenbau | 0,60 | R 22 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / UG / Küche | KS 2 | Kalte Küche | Hauptküche | Lunite TAJ 2446 | Eigenbau | 0,70 | R 12 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / UG / Küche | KS 3 | Küche | Hauptküche | | | | |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / UG / Küche | KS 4 | Küche | Hauptküche | | | | |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Küche | KS 5 | Küche | Hauptküche | | | | |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 6) | Zentrallabor | Blutbank | Kirsch BLV 520 CR | Eigenbau | 0,30 | R 12 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 7) | Zentrallabor | Blutbank | Kirsch BLV 520 CR | Eigenbau | 0,30 | R 12 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | (KS 8) | Zentrallabor | Blutbank | Kirsch BLV 520 CR | Eigenbau | 0,30 | R 12 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 9) | Zentrallabor | Blutbank | Jewett T100-1 | Eigenbau | 0,40 | R 12 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 10) | Zentrallabor | Blutbank | Jewett T100-1 | Eigenbau | 0,40 | R 12 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 11) | Zentrallabor | Blutbank | Jewett T100-1 | Eigenbau | 0,40 | R 134a |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 12) | Zentrallabor | Eigenblut | DWM WR2 | Roller UV-2 | 1,20 | R 22 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 13) | Zentrallabor | Eigenblut | Kirsch BL 520 | Eigenbau | 0,30 | R 22 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG / Labor | (KS 14) | Zentrallabor | Eigenblut | Kirsch BL V-520 | Eigenbau | 0,30 | R134a |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 15) | Zentrallabor | Eigenblut | Kirsch BL 173 | Eigenbau | 0,20 | R 502 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 16) | Zentrallabor | Eigenblut | Kirsch BL 520 | Eigenbau | 0,30 | R 502 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | (KS 17) | Zentrallabor | Eigenblut | Kirsch BL 520 | Eigenbau | 0,30 | R 502 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | KS 18 | Zentrallabor | Lager | Kühleg MK 701 | Eigenbau | 0,70 | R 12 |
| Allgemein / Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / Labor | KS 19 | Zentrallabor | Lager | Kühleg MK 701 | Eigenbau | 0,70 | R 12 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß/ UG / Milchküche | KS 20 | Kinderklinik | Milchküche | UG 701 | Eigenbau | 0,90 | R 12 |
| Allgemein/ Bettennebenbauten/ EG / Station | KS 21 | Innere Med. | Station B22 | | | | |
| Allgemein/ Bettenbauten/ 1. OG / Station | KS 22 | Innere Med. | Station B23 | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Hbreitfuß/ EG/ Apotheke | KS 23 | Apotheke | Lager | Kühleg LG 1400 | Eigenbau | 0,60 | R 12 |
| Allgemein / OP - Anbau/ 2.OG / OP | KS 24 | OP 1 | OP 8 | Fryka TS 80-55 | Eigenbau | 1,00 | R 507 |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / 1. OG / OP | KS 25 | OP 2 | Not-OP | Kirsch BL 176 | Eigenbau | 0,20 | R 134a |
| Allgemein/ Orthopädie / EG / OP | KS 26 | Orthopädie Ost | OP Funktion | Fryka TS 80-55 | Eigenbau | 1,00 | R507 |
| | | | Station C34 | Kirsch BL 176 | Eigenbau | 0,20 | R 134a |

Neben den in der Tafel 3.4.8 aufgeführten „Groß-Kühlschränken“ werden in den SKH in der Regel auf jeder Pflegestationen ein oder mehrere „Haushaltskühlschränken“ zur Kühlung von Lebensmitteln oder Medikamenten betrieben.

Ein Großteil der in den SKH eingesetzten Kühlmaschinen und Kühlschränken hat seine technische Nutzungszeit überschritten. Die Alt-Geräte werden überwiegend mit FCKW-haltigen Kältemitteln betrieben und entsprechen nicht dem Technischen Stand (z.B. Isolierung). Neben einem hohen Wartungs- und Instandhaltungsaufwand verursachen die Geräte somit auch einen überhöhten Stromverbrauch.

3.5 Stammdaten der Klima- und Lüftungsanlagen

Die Be- und Entlüftung sowie die Klimatisierung der SKH erfolgt mit Raumluftechnischen(RLT)-Anlagen, die hinsichtlich ihrer Bauart und Funktion erhebliche Unterschiede aufweisen.

Installiert sind im wesentlichen die folgenden Anlagenarten:

Einzonen Klimaanlage: RLT-Anlagen mit separater Luftansaugung und Luftaufbereitung ohne Nachbereitung

Einzonen-Lüftungsanlagen: RLT-Anlagen mit separater Luftansaugung und Luftherhitzung ohne Nachbereitung

Abluftanlagen: Lüftungsanlagen ohne Luftaufbereitung

Die Heizwärmeversorgung der RLT-Anlagen wird durch folgende Systeme gewährleistet:

Warmwasser (über Dampfumformer): RLT-Anlagen in den Gebäuden A, C, D, E, und F

Dampf: RLT-Anlagen im B-Bau

Von der Technischen Abteilung der SKH wurden die RLT-Anlagen gemäß der entsprechenden Definition der DIN 1946 in Gruppen eingeteilt (vgl. Tafel 3.5.1).

Tafel 3.5.1 Energiekonzept SKH: Definition der RLT-Anlagentypen

| SKH-Kurzbezeichnung | RLT-Anlagen-Typ nach DIN 1946 | Thermodynamische Behandlung |
|---------------------|-------------------------------|--|
| KL | Klimaanlage | Heizen, Kühlen, Befeuchten |
| | Teilklimaanlage | Heizen, Kühlen |
| LU | Lüftungsanlage ⁷ | Heizen |
| | Abluftanlagen | keine thermodynamische Behandlungsfunktion |

3.5.1 Stammdaten der Klimaanlage

In den Tafeln 3.5.2 - 3.5.4 sind die wesentlichen Daten der Klima- und Teilklimaanlagen für die einzelnen Gebäude der SKH zusammengestellt.

Hierbei sind:

VE = Vorerhitzerleistung

NE = Nacherhitzerleistung

WRG = Wärmerückgewinnungssystem

ML = Mischluft / KSWT = Kreuzstromwärmetauscher

BF = Befeuchterleistung

⁷ Mit einer thermodynamischen Behandlungsart (z.B. Heizen, Kühlen, etc.)

Tafel 3.5.2 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Klimaanlage im A-Bau

| Zentrale/ Standort | Anl.- Nr. | Versorgungs- bereich | Luftmengen | | | | Ventilator- motorlsg. Vollast | | Ventilator- motorlsg. Teillast | | VE in kW | NE in kW | Küh- ler in kW | WRG in kW | BF in kg/h | Bau- jahr |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|------------------|--------------|
| | | | Zuluft | | Abluft | | Zuluft in kW | Abluft in kW | Zuluft in kW | Abluft in kW | | | | | | |
| | | | Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | | | | | | | | | | |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 1 | OP 1-3 | 9.150 | | 8.550 | | 9,50 | 2,10 | 2,80 | 0,75 | 46,1 | 30,7 | 76,8 | ML | | 1988 |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 2 | OP 4 | 3.120 | | 3.300 | | 5,00 | 1,10 | 1,70 | 0,38 | 17,6 | 11,8 | 28,0 | ML | | 1988 |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 3 | OP 8 | 3.500 | | 3.300 | | 5,00 | 2,90 | 1,70 | 1,40 | 17,6 | 11,8 | 28,0 | ML | | 1988 |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 4 | OP 5-7 | 9.150 | | 8.550 | | 9,50 | 2,10 | 2,80 | 0,38 | 35,3 | 23,5 | 58,4 | ML | | 1988 |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 5 | Sterilgut / Flur | 7.000 | | 3.900 | | 9,50 | 1,10 | 2,80 | 0,38 | 35,3 | 23,5 | 58,4 | ML | | 1988 |
| | AKL 5a | | | | 2.300 | | | 0,80 | | 0,29 | | | | 0,8 | | 1988 |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 6 | OP - Flur | 7.150 | | 8.250 | | 9,50 | 2,10 | 2,80 | 0,75 | 36,0 | 24,0 | 61,6 | ML | | 1988 |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 7 | Aufwachraum | 4.600 | | 4.900 | | 5,00 | 4,00 | 1,70 | 1,80 | 23,2 | 15,5 | 37,3 | ML | | 1988 |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 8 | Umkleide | 6.350 | | 6.050 | | 9,50 | 1,70 | 2,80 | 0,60 | 32,0 | 21,3 | 51,6 | ML | | 1988 |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 9 | Steri. | 8.600 | | | | 5,00 | | 1,70 | | 78,0 | | | | | 1988 |
| | | Zone 1 | 5.050 | | | | | | | | | 17,0 | 26,0 | | | 1988 |
| | | Zone 2 | 3.550 | | | | | | | | | 11,9 | | | | 1988 |
| LZ / Zentrallager A1/UG | KL 10 | Verkaufsraum | 2.500 | | 2.800 | | 2,20 | | 2,20 | | 27,0 | | 16,0 | | | |
| KZ/OP 1/A1/ 1. OG | KL 11 | Entbindung | 6.500 | | | | 9,50 | | 2,80 | | 59,0 | | | | | 1988 |
| | | Zone 1 | 2.950 | | | | | | | | | 9,9 | 14,8 | | | 1988 |
| | | Zone 2 | 3.550 | | | | | | | | | 11,9 | 31,2 | | | 1988 |
| | AKL 18 | | | | 6.950 | | | 3,00 | | 0,90 | | 11,9 | 31,2 | | 29,30 | 1988 |
| KZ/OP 2/AB/ 2. OG | KL 12 | A 2 L | 12.610 | | 10.400 | | 14,00 | 3,70 | 3,50 | 0,90 | 76,3 | 97,4 | 111,4 | ML | 75,00 | 1991 |
| 2.OG-Turm West | | Intensivpflege | 2.680 | | | | 1,5 | | 0,5 | | | | | | | 1991 |
| KZ/OP 2/AB/ 2. OG | KL 13 | Not- OP 14 | 2.600 | | 2.350 | | 4,50 | 1,50 | 1,00 | 0,33 | 22,0 | | 20,1 | ML | | 1995 |
| KZ/OP 2/AB/ 2. OG | KL 14 | Urologie OP 13 | 2.250 | | 1.750 | | 3,00 | 1,10 | 0,60 | 0,23 | 19,1 | | 17,4 | ML | | 1994 |
| KZ/OP 2/AB/ 2. OG | KL 15 | Sterilgut | 2.650 | | 1.200 | | 4,50 | 0,75 | 1,00 | 0,15 | 22,5 | | 20,5 | ML | | 1995 |
| KZ/OP 2/AB / 2. OG | KL 16 | OP-Flur | 3.350 | | 2.825 | | 5,70 | 1,50 | 1,20 | 0,33 | 28,4 | | 26,1 | ML | | 1994 |
| KZ/OP 2/AB/ 2. OG | KL 17 | End.1 - OP 10 | 2.250 | | 1.750 | | 4,50 | 1,10 | 1,00 | 0,23 | 19,1 | | 17,4 | ML | | 1994 |
| KZ/OP 2/AB/ 2. OG | KL 18 | End. 2 - OP 11 | 2.250 | | 1.750 | | 4,50 | 1,10 | 1,00 | 0,23 | 19,1 | | 17,4 | ML | | 1994 |
| KZ/OP 2/AB/ 2. OG | KL 19 | End. 3 - OP 12 | 2.500 | | 3.550 | | 2,20 | 2,20 | 4,50 | 0,45 | 14,4 | | 13,3 | ML | | 1994 |
| KZ/OP 2/AB/ 2. OG | KL 20 | Sept. OP-OP 9 | 3.500 | | 2.900 | | 5,70 | 1,50 | 1,20 | 0,30 | 29,7 | | 26,5 | ML | | 1994 |
| KZ-Unfallchirurgie AB/UG | KL 32 | OP sept+asept | 3.200 | | 3.200 | 1.600 | 2,20 | 0,75 | | 0,15 | 44,5 | | 22,5 | | | 1996 |
| Allg. Zentralbau 6.OG | KL 33 | A 6 L | 4.000 | | 4.000 | | 4,00 | 4,00 | | | | 68,5 | 26,3 | | 23 | 1997 |
| Allg. ZB-Breitfuß/ UG /Wäsche | KL 34 | Schock-Gips | | | | | | | | | | | | | | |
| Allg. ZB- Breitfuß/ 2.OG/ Dach-Ost | KL 35 | Funktions- räume | 8.200 | | 8.500 | | 5,00 | 3,00 | 1,90 | 0,90 | 114,0 | | 49,1 | | | |
| 2.OG-Turm Ost | KL 36 | EKG | 6.000 | | 6.000 | | 2,40 | 3,00 | 0,75 | 1 | 46,0 | | 20,9 | ML | | 1992 |
| GESAMT | | | 140.760 | | 109.025 | 1.600 | 142,9 | 46,1 | 43,95 | 12,83 | 862,2 | 390,6 | 908,2 | | | 127,3 |

Im Zentralbau wurden 25 Klimaanlage mit einer Gesamtzuluftmenge von ca. 141.000 m³/h erfaßt. Die Summe der erfaßten elektrischen Zuluft-Ventilatormotorleistung beträgt 143 kW.

Über direkt zugeordnete Abluftgeräte werden im Vollastbetrieb ca. 109.000 m³/h Luft gefördert. Hierfür sind Abluftventilatoren mit einer Gesamtmotorleistung von 46 kW installiert. Die Daten der dezentralen Abluftanlagen sind in der Tafel 3.5.5 (Abschnitt 3.3.2) enthalten.

Tafel 3.5.3 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Klimaanlage im D-Bau

| Zentrale/ Standort | Anl.- Nr. | Versorgungs- bereich | Luftmengen | | | | Ventilator- motorlstg. Vollast | | Ventilator- motorlstg. Teillast | | VE | NE | Küh- ler | WRG | BF | Bau- jahr |
|-----------------------|--------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|------------|----|--------------|--------------|--------------|----|--------------|
| | | | Zuluft | | Abluft | | Zuluft | Abluft | Zuluft | Abluft | | | | | | |
| | | | Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | | | | | | | | | | |
| KZ/Aug.-OP/D/3.OG | KL 21 | Not - OP | 3.200 | 1.600 | 3.100 | 1.550 | 4,50 | 2,00 | 1,10 | 0,50 | | 25,4 | 25,6 | 15,8 | | 1984 |
| KZ/Aug.-OP/D/3.OG | KL 22 | OP 2 | 2.500 | 1.250 | 2.400 | 1.200 | 2,50 | 1,40 | 0,65 | 0,33 | | 19,3 | 18,9 | 12,1 | | 1984 |
| KZ/Aug.-OP/D/3.OG | KL 23 | OP 1 | 2.500 | 1.250 | 2.400 | 1.200 | 2,50 | 1,40 | 0,65 | 0,33 | | 19,3 | 18,9 | 12,1 | | 1984 |
| KZ/Aug.-OP/D/3.OG | KL 24 | OP - Flur | 7.600 | 3.800 | 7.800 | 3.900 | 8,00 | 5,90 | 2,00 | 1,45 | | 59,5 | 61,8 | 36,6 | | 1984 |
| KZ/Aug.-OP/D/1.OG | KL 25 | Ambulanz | 1.000 | 500 | 1.850 | | 1,50 | 1,40 | 0,70 | 0,33 | | 15,4 | 16,7 | 11,0 | | 1984 |
| KZ/Aug.-OP/D/3.OG | KL 26 | Augenklinik | 2.000 | 1.000 | 2.200 | 1.100 | 2,00 | 1,40 | 0,50 | 0,33 | | | 6,5 | | | 1984 |
| KZ/Aug.-OP/D/3.OG | KL 27 | Untersuchung | 3.100 | | 2.950 | | 4,50 | 2,00 | 1,10 | 0,50 | | 25,4 | 25,6 | 15,2 | | 1984 |
| GESAMT | | | 21.900 | 9.400 | 22.700 | 8.960 | 26,6 | 16,6 | 6,7 | 3,3 | | 164,3 | 148,4 | 102,8 | | |

Die 7 Klimaanlage im Haus D (PNA) verfügen über einen Gesamtzuluftvolumenstrom von 21.900 m³/h und eine Abluftmenge von 22.700 m³/h, bei einer elektrischen Ventilatormotorleistung für die Zuluft von 26,6 kW und für die Abluft von 16,6 kW.

Zur Wärmerückgewinnung sind Kreislauf-Verbund-Systeme installiert.

Tafel 3.5.4 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Klimaanlage im C-Bau

| Zentrale/ Standort | Anl.- Nr. | Versorgungs- bereich | Luftmengen | | | | Ventilator- motorlstg. Vollast | | Ventilator- motorlstg. Teillast | | VE | NE | Küh- ler | WRG | BF | Bau- jahr |
|-----------------------|--------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|----|--------------|
| | | | Zuluft | | Abluft | | Zuluft | Abluft | Zuluft | Abluft | | | | | | |
| | | | Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | | | | | | | | | | |
| Bewegungsb./C/UG | KL 28 | Bewegungs- bad | 16.000 | | 16.000 | | 8,20 | 8,20 | 3,50 | 3,00 | | | | KSW T | | 1997 |
| Bewegungsb./C/UG | KL 29 | Turnhalle | 12.500 | | 12.500 | | 6,00 | 6,00 | 2,20 | 2,20 | 92,0 | | | KSW T | | |
| Kl.-Zen. Ost/C/UG | KL 30 | OP 1-2 | 10.600 | 5.300 | 10.600 | 5.300 | 8,30 | 6,20 | 1,70 | 1,30 | 77,6 | | 59,6 | 50,2 | | 1997 |
| Kl.-Zen. West/C/UG | KL 31 | OP 3 | 5.000 | | 5.000 | | 4,50 | 2,50 | 1,10 | 0,65 | 36,0 | 34,8 | 32,5 | | | 1977 |
| GESAMT | | | 44.100 | 5.300 | 44.100 | 5.300 | 27,0 | 22,9 | 8,6 | 7,2 | 205,6 | 34,8 | 92,1 | 50,2 | | |

In der Orthopädie einschließlich der Funktionsbereiche, beträgt der klimatisierte Gesamtzuluftvolumenstrom für die vier Anlagen maximal 44.100 m³/h bei entsprechendem Abluftvolumen.

Die Ventilatormotoren weisen eine Gesamtleistung von 27,0 kW im Zuluftbereich und 22,9 kW im Abluftbereich auf.

3.5.2 Stammdaten der Lüftungs- und Abluftanlagen

In den Tafeln 3.5.5 - 3.5.8 sind die wesentlichen Daten der Lüftungsanlagen (einschl. Abluftanlagen) für die einzelnen Gebäude der SKH zusammengestellt.

Tafel 3.5.5 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Lüftungsanlagen im A-Bau

| Zentrale/ Standort | Anlagen- num- mer | Gebäude/ Bauteil Versorgungs- bereich | Luftmengen | | | | | | Ventilator- leistung Vollast | | Ventilator- leistung Teillast | | VE | WRG | |
|--|-------------------------|--|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------|----|---------|--|
| | | | Zuluft Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | Abluft Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | Zuluft in kW | Abluft in kW | Zuluft in kW | Abluft in kW | in kW | in kW | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| KZOP 1 / A 1 / 1. OG | LU 39 | OP1 AB- Taktwaschanlage | | | 1.000 | | | | 2,30 | | | | | | |
| KZOP 1 / A 1 / 1. OG | LU 40 | OP1- AB-Anl. 1-9, 18, 19A | | | 62.875 | | | | 15,00 | | | | | | |
| UT 3 UG | (15A) | Maschinenraum 0.003 | | | 500 | | | | 0,11 | | | | | | |
| Allgemein / OP - Anbau | LU 33 | OP 1 | | | | | | | | | | | | | |
| UT 3 UG | (16A) | Maschinenraum 0.001 | | | 500 | | | | 0,09 | | | | | | |
| Allgemein / OP - Anbau | LU 34 | OP 1 | | | | | | | | | | | | | |
| LZ / Zentrallager / A 1 / UG | LU 41 | Eingangshalle / WC | | | 500 | | | | 0,15 | | | | | | |
| LZ / Zentrallager / A 1 / UG | LU 42 | Dusche / WC | | | 440 | | | | 0,11 | | | | | | |
| KZ / A1 / UG | LU 43 | Kältezentrale | | | 1.000 | | | | 2,30 | | | | | | |
| UT 3 UG | (22A) | Maschinenraum 0.113 a | | | 500 | | | | 0,09 | | | | | | |
| Allgemein / OP - Anbau | LU 35 | OP 1 | | | | | | | | | | | | | |
| LZ / Zentrallager / A1 / UG | LU 9 | Verwaltung | 6.100 | | 6.050 | | | 3,60 | 3,00 | 1,20 | 0,90 | 51,2 | ML | | |
| LZ / Zentrallager / A1 / UG | LU 10 | Zentralmagazin | 6.450 | | 6.100 | | | 3,00 | 3,00 | 0,90 | 0,90 | 54,2 | ML | | |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 1 | Hauptküche | 50.000 | 33.330 | 50.000 | 33.330 | 26,00 | 30,00 | 9,50 | 9,00 | 703,2 | | | 1996/97 | |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 2 | Pathologie, Sektion | 6.220 | 3.110 | 6.220 | 3.110 | 2,80 | 3,50 | 0,60 | 0,70 | 89,7 | | | 1996/97 | |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 3 | Ambulanz, Behandlung | 9.360 | 6.240 | 9.900 | 6.600 | 4,50 | 4,50 | 1,50 | 1,50 | 120,5 | | | 1996/97 | |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 4 | Zentrallabor, Analyse | 5.640 | 2.820 | 5.640 | 2.820 | 3,50 | 3,50 | 0,70 | 0,70 | 82,9 | | | 1996/97 | |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 5 | Chirurgie, Umkleide | | | 3.370 | 1.685 | | 1,10 | | 0,23 | | | | 1997 | |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 6 | Radiologie, Beleuchtung | 9.900 | 6.600 | 9.360 | 6.240 | 6,00 | 4,50 | 2,00 | 1,50 | 144,8 | | | 1996/97 | |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 7 | Station A3R | 11.220 | 5.610 | 11.220 | 5.610 | 5,00 | 6,20 | 1,00 | 1,30 | 154,3 | | | 1996/97 | |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 8 | Station A3L | 11.500 | 5.750 | 11.500 | 5.750 | 5,00 | 6,20 | 1,00 | 1,30 | 156,6 | | | 1996/97 | |
| LZ / ZB-Breitfuß / EG-Ost | | Küche/Cafeteria | 8.750 | | | | | 8,00 | | 2,70 | | 106,6 | ML | 1997 | |
| LZ / AB /14.OG | | Küche/Cafeteria | | 6.000 | | | | | 3,00 | | 0,90 | | | 1997 | |
| LZ / ZB-Breitfuß / EG-Ost | | Cafeteria | 6.000 | | 6.000 | | | 3,00 | 1,50 | 0,90 | 0,33 | 71,7 | ML | 1997 | |
| Allgemein/ ZB-Breitfuß/2. OG /Turm-West | LU 11 | Archiv | 3.700 | | 3.700 | | | 1,50 | 1,00 | 0,50 | 0,40 | 10,5 | | | |
| Allgemein/ ZB-Breitfuß/EG / NAW-Anbau | LU 12 | Liegend-Anfahrt | 2.060 | | | | | 0,18 | | 0,03 | | 11,4 | | | |
| Allgemein/ZB-Breitfuß/ EG /Kernspin | LU 13 | Radiologie 3 | | | | | | | | | | | | | |
| Kältezentrale/ A1 / UG | LU 14 | Schaltschrank | 1.400 | | | | | 1,10 | | | | | | | |
| Alg/ZB-Breitfuß/ EG/Fahrradkäfig | LU 28 | Demoraum UG | 2.500 | 1.250 | 2.500 | 1.500 | 1,50 | 0,55 | 0,33 | 0,11 | 44,2 | | | 1997 | |
| Aufzugsmaschinenraum Turm Ost/A/DG | LU 36 | Abluft | | | | | | 0,30 | | 0,15 | | | | | |
| Aufzugsmaschinenraum West/A / DG | LU 37 | Abluft | | | | | | 0,30 | | 0,15 | | | | | |
| Aufzugsmaschinenraum Mitte / A / DG | LU 38 | Abluft | | | | | | 0,77 | | 0,44 | | | | | |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--|--|--|--|
| Allgemein/ZB-Breitfuß/ UG /Böschungsbau | LU 46 | Abluft | | | | | | | | 1,50 | | | | | |
| Klimazentr. OP1/A1/1.OG | LU 50 | Batterie - OP 1 | | | | | | | | 0,14 | | | | | |
| Klimazentr. OP2/AB/2.OG | LU 51 | Batterie - OP 2 | | | | | | | | | | | | | |
| Allgemein/Zentralbau-Breitfuß/ 1. OG | LU 54 | Ents. / Aufenthalt | | | | | | | | | | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß 1. OG | LU 55 | Unr. Arbeit | | | | | | | | | | | | | |
| Allgemein/ Zentralbau-Breitfuß / EG | LU 56 | Nischenabluft | | | | | | | | | | | | | |
| GESAMT | | | 140.800 | 70.710 | 195.875 | 46.645 | 74,68 | 94,71 | 22,68 | 20,51 | 1.801,1 | | | | |

Die Lüftungsanlagen im Zentralbau verfügen über eine Gesamtzuluftmenge von knapp 141.000 m³/h. In der Gesamtabluftmenge von fast 196.000 m³/h ist auch ein Anteil enthalten, der über separate Abluftsysteme aus klimatisierten Bereichen abgeführt wird. Die installierte Ventilatormotorleistung im Vollastbetrieb beträgt für die Zuluft 74,7 kW und für die Abluft 94,7 kW.

Tafel 3.5.6 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Lüftungsanlagen B-Bau

| Zentrale/ Standort | Anlagen-nummer | Gebäude/ Bauteil Versorgungsbereich | Luftmengen | | | | | | Ventilatorleistung Vollast | | Ventilatorleistung Teillast | | VE | WRG | |
|---|----------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|-------|------|-----|--|
| | | | Zuluft Voll-last in m ³ /h | Teil-last in m ³ /h | Abluft Voll-last in m ³ /h | Teil-last in m ³ /h | Zuluft in kW | Abluft in kW | Zuluft in kW | Abluft in kW | in kW | in kW | | | |
| Allgemein/ Bettennebenbauten/ UG / Nord | LU 15 | B22 - B 23 | 2.500 | | | | 1,10 | | | | 28,7 | | 1996 | | |
| Allgemein/ Bettennebenbauten/ UG / Mitte | LU 16 | B24 - B27 | 2.500 | | | | 1,10 | | | | 28,7 | | 1996 | | |
| Allgemein/ Bettennebenbauten/ UG / Süd | LU 17 | Milchküche, Zubereitung | 2.300 | | | | 1,10 | | | | 25,6 | | 1996 | | |
| Allgemein/ Bettennebenbauten/UG/ Techniklager | LU 18 | B 28-31 | 2.230 | | | | 1,10 | | | | 26,4 | | 1996 | | |
| Allgemein/ Bettennebenbauten./UG/ Techn. Gang | LU 19 | B - 32 Intensiv | 900 | 2.235 | 2.300 | | k.A. | k.A. | | | 12,1 | | 1987 | | |
| GESAMT | | | 10.430 | 2.235 | 2.300 | | 4,4 | | | | 121,8 | | | | |

Im Bettennebenbau befinden sich fünf Lüftungsanlagen mit einer Gesamtzuluftmenge von 10.430 m³/h und einer erfaßten Gesamtabluftmenge von 2.300 m³/h. Anzumerken ist, daß die separaten Abluftanlagen für die Anlagen LU 15-18 derzeit saniert werden. Die Beheizung der Luftheritzer (121,5 kW) erfolgt mit Dampf.

Tafel 3.5.7 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Lüftungsanlagen im D-Bau

| Zentrale/ Standort | Anlagen-nummer | Gebäude/ Bauteil Versorgungsbereich | Luftmengen | | | | | | Ventilatorleistung Vollast | | Ventilatorleistung Teillast | | VE + NE | WRG | |
|--------------------|----------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|-------|---------|-----|--|
| | | | Zuluft Voll-last in m ³ /h | Teil-last in m ³ /h | Abluft Voll-last in m ³ /h | Teil-last in m ³ /h | Zuluft in kW | Abluft in kW | Zuluft in kW | Abluft in kW | in kW | in kW | | | |
| LZ 2/ D / 4. OG | LU 20 | Keller | 12.300 | 6.150 | 12.000 | 6.000 | 13,30 | 9,00 | 3,00 | 2,20 | 122,0 | 54,7 | 1984 | | |
| LZ 2/ D / 4. OG | LU 21 | D 41 - D 62 | 16.600 | 8.300 | 16.600 | 8.300 | 15,50 | 13,00 | 3,80 | 3,00 | 103,8 | 69,9 | 1984 | | |
| LZ 2/ D / 4. OG | LU 22 | Umkleide | 6.900 | | 6.200 | | 5,90 | 4,50 | 1,45 | 1,10 | 68,9 | 33,8 | 1984 | | |
| LZ 2/ D / 4. OG | LU 23 | Untersuchung | 7.400 | 3.700 | 7.000 | 3.500 | 5,90 | 4,50 | 1,45 | 1,10 | 81,3 | 35,2 | 1984 | | |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| Zentrale/ Standort | Anlagen- num- mer | Gebäude/ Bauteil Versorgungs- bereich | Luftmengen | | | | | | Ventilator- leistung Vollast | | Ventilator- leistung Teillast | | VE + NE | WRG | |
|--|-------------------------|--|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------|---------------|-----|--|
| | | | Zuluft Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | Abluft Voll- last in m ³ /h | Teil- last in m ³ /h | Zuluft in kW | Abluft in kW | Zuluft in kW | Abluft in kW | in kW | in kW | | | |
| | | | 1.000 | | | | 0,70 | | 0,15 | | | | | | |
| KZ Augen OP/D/ 3. OG | LU 24 | Ambulanz | 4.100 | 2.200 | 4.100 | 2.350 | 3,10 | 3,10 | 0,80 | 0,80 | 48,0 | 24,8 | 1984 | | |
| Heizungszentrale/D/ UG | LU 25 | Lagerräume UG | 5.300 | 2.650 | 3.600 | 1.800 | 4,50 | 2,50 | 1,10 | 0,65 | 53,2 | 20,7 | 1984 | | |
| | | | | | 900 | | | 0,34 | | | | | | | |
| Allg./Augen-Neurologie- Psychiatrie/UG/Tagesk | LU 26 | Therapie | 2.235 | | 2.300 | | 1,10 | 1,10 | 0,37 | 0,37 | 14,8 | 14,0 | 1994 | | |
| Heizungszentrale/ D/UG | LU 53 | PNA | | | 750 | | | 0,65 | | | | | | | |
| Allg./Geriatrische Tageskl. /UG/Geriatr. TK | LU 27 | Geriatr. TK | 3.240 | 1.620 | 3.080 | 1.540 | 1,50 | | | | 46,8 | | 1997 | | |
| Aufzugsmaschinenraum Nord/D/ 4. OG, PNA | LU 30 | Abluft | | | | | | 0,37 | | | | | | | |
| Aufzugsmaschinenraum Haupt / D / 4. OG,PNA | LU 31 | Abluft | | | | | | 0,55 | | | | | | | |
| A/Augen-Neurologie- Psychiatrie/UG/Bunker | LU 48 | Batterie-Telefonzentrale | | | | | | 0,48 | | | | | | | |
| Augen-Neurologie- Psychiatrie/3. OG/Technik | LU 49 | Batterieraum - PNA | | | | | | 0,09 | | | | | | | |
| Heizungszentrale/D/UG | LU 53 | Liegendkrankenanhfahrt | | | | | | 0,34 | | | | | | | |
| GESAMT | | | 59.075 | 24.620 | 56.530 | 23.490 | 51,6 | 40,5 | 12,1 | 9,2 | 538,8 | 253,1 | | | |

Für die 14 Lüftungsanlagen in der PNA wurde eine Gesamtzuluftmenge von knapp 59.000 m³/h und eine Gesamt-Abluftvolumenstrom von 56.530 m³/h ermittelt. Für die Motorleistung der Zuluftventilatoren wurden 51,6 kW und für die der Abluftventilatoren 40,5 kW aufgenommen.

Tafel 3.5.8 Energiekonzept SKH: Stammdaten Lüftungsanlagen C-Bau und im Werkstattgebäude

| Zentrale/Standort | Anl.-Nr. | Bereich | Abluftvolumenstrom in m ³ /h | Ventilatormotorleistung in kW |
|--|----------|-----------|--|----------------------------------|
| Aufzugsmaschinenraum / C / 3. OG | LU 32 | Abluft | | 0,06 |
| Allgem/ Werkstattgebäude/ EG / Polsterei | LU 52 | Polsterei | 1.845 | 0,15 |
| Gesamt | | | 12.445 | 0,21 |

Die Abluftanlagen In der Orthopädie und im Werkstattgebäude verfügen über eine Gesamt-Ventilatormotorleistung von 0,21 kW.

3.5.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend ergeben sich für die RLT-Anlagen in den SKH, entsprechend der Gliederung nach DIN 1946, die in Tafel 3.5.9 dargestellten Anlagentypen und Luftmengen.

Tafel 3.5.9 Energiekonzept SKH: Verteilung der Luftmengen nach RLT-Anlagentypen

| RLT-Anlagen-Typ | Anzahl der Anlagen | Geförderte Zuluftmenge in m ³ /h | Geförderte Abluftmenge in m ³ /h | Ventilator-Motorleistung Zuluft in kW | Ventilator-Motorleistung Abluft in kW |
|-----------------------------|--------------------|--|--|--|--|
| Klima- und Teilklimaanlagen | 36 | 206.760 | 147.325 | 196,1 | 85,6 |
| Lüftungsanlagen | 35 | 210.305 | 309.860 | 130,7 | 106,1 |
| Abluftanlagen | 23 | | 84.780 ⁸ | | 29,3 |
| Gesamt | 94 | 417.065 | 541.965 | 326,8 | 221,0 |

Auf der Basis, der im Teil-Energiekonzept ermittelten Daten, kann der Zustand der RLT-Anlagen in den SKH wie folgt bewertet werden:

- Der Großteil der RLT-Anlagen der SKH hat seine technische Nutzungsdauer noch nicht erreicht. Wesentliche Anlagengruppen weisen Standzeiten von weniger als 5 Jahren auf. Kurz- bis mittelfristig ist kein relevanter Sanierungsbedarf zu erwarten.
- Hinsichtlich der Konzeption entsprechen insbesondere die Anlagen im A-Bau dem technischen Stand. Die überwiegend installierten Mischluftsysteme ermöglichen einen wärme- und kältesparenden Betrieb. Zudem kann, bis auf eine Ausnahme, auf den Betrieb von Dampf-Luftbefeuchtern verzichtet werden.

⁸ Luftmenge konnte nur von 12 Anlagen ermittelt werden.

3.6 Stammdaten der Elektroversorgung

3.6.1 Stammdaten der Übernahmeeinrichtungen

Die Versorgung der Städtischen Kliniken Frankfurt am Main-Höchst mit elektrischer Energie erfolgt über eine 10 kV-Schaltanlage aus dem Mittelspannungsnetz der Main-Kraftwerke AG (MKW).

Aus der 10 kV-Schaltanlage werden innerhalb der SKH insgesamt vier Stromnetze über 5 Transformatoren versorgt:

| | |
|----------------------|---|
| SV-Hauptnetz: | sicherheitsstromberechtigte Verbraucher (außer PNA) Trafoleistung: 2 x 630 kVA |
| AV-Hauptnetz: | nicht sicherheitsstromberechtigte Verbraucher Trafoleistung: 2 x 630 kVA |
| PNA-Netze: | sicherheitsstromberechtigte und nicht sicherheitsstromberechtigte Verbraucher PNA und Geriatriische Tagesklinik Trafoleistung: 630 kVA |

Die vertraglich zugesicherte Leistung beträgt 1.800 kVA. Die Meßeinrichtung befindet sich auf der Mittelspannungsseite und ist Eigentum der MKW.

Für die Sicherheitsstromversorgung der SKH stehen insgesamt 3 Diesel-Notstromaggregate zur Verfügung. Hiervon versorgen zwei Aggregate mit einer elektrischen Leistung von jeweils 500 kVA das SV-Hauptnetz sowie ein Aggregat mit einer Leistung von 360 kVA das SV-PNA-Netz.

Die Aggregate werden einmal pro Monat einem Probelauf unterzogen.

3.6.2 Stammdaten der Niederspannungshauptverteilungen

Die Niederspannungshauptverteilung (NSHV) der SKH wurde in den Jahren 1995-1997 saniert. Die wesentlichen Stammdaten der über die Niederspannungshauptverteilung der Hauptnetze versorgten Bereiche sind in der Tafel 3.6.1 dokumentiert.

Tafel 3.6.1 Energiekonzept SKH: Stammdaten der Niederspannungshauptverteilungen

| NSHV/Feld | Versorgungsbereich | Absicherung in Ampere |
|----------------------|---------------------------------|-----------------------|
| NSHV-SV-Haupt | | |
| Feld 1 | Verteilung Aufzugsmaschinenraum | 355 |
| Feld 3 | Orthopädie | 355 |
| | OP-Erweiterung NSHV 1.OG Neubau | 355 |
| | Unfall OP, HNO, Röntgen | 200 |
| | NSV | 200 |

| NSHV/Feld | Versorgungsbereich | Absicherung in Ampere |
|----------------------|---|-----------------------|
| Feld 4.1 | Technische Zentrale Kraft | 250 |
| | Stationen A7, A11 | 125 |
| | Stationen A6, A8, A10 | 125 |
| | Trennerkasten 1.OG, Zuleitung Intensivstation | 160 |
| | Unfall OP, HNO, Röntgen | 160 |
| | Stationen | 35 |
| Feld 4.2 | Böschung Ost | 100 |
| | Böschung West | 125 |
| | Stationen A6, A8, A10 | 125 |
| | OP-Verteilung | 100 |
| | OP-Verteilung Klima Intensiv | 100 |
| | Bäderabteilung | 100 |
| Feld 7 | Apotheke, Labor, Chefarzt | 200 |
| | Radiologie | 250 |
| | Nierensteinertrümmerer | 125 |
| Feld 8.1 | Zwischenverteilung Stationen West | 355 |
| | Küche | 125 |
| | SB Laden West, Radium Raum | 35 |
| | Cafeteria, Urologie, Gemeinschaftsraum | 63 |
| | CT-Radiologie | 63 |
| Feld 8.2 | Tiefgarage | 80 |
| | NSHV | 63 |
| | Aufzüge PH III | 125 |
| | Verwaltung, Wartehalle, Flure, HNO | 63 |
| | Prosektur UVS | 63 |
| | 3.-5. Stock | 35 |
| | Zuleitung Zentrale | 100 |
| | Turm-West | 63 |
| | Turm-Ost | 100 |
| | OP Klimaanlage | 100 |
| NSHV-AV-Haupt | | |
| Feld 1 | Apotheke | 63 |
| | Verteilung Audiometrie | 63 |
| | A12R, A13R, A14R, Bereitschaftszimmer 14. OG | 200 |
| | A12L, A13L, A14L, Bereitschaftszimmer 14. OG | 200 |
| | A9L, A10L, A11L, Bereitschaftszimmer 14. OG | 200 |
| | Aufzug Turm-Ost | 400 |
| | Kältemaschinen 1+2 A-Bau | 200 |
| | Aufzug Turm-West | 400 |
| Feld 2 | ehemalige Bäderabteilung | 63 |
| | Röntgen CT | 63 |

| NSHV/Feld | Versorgungsbereich | Absicherung in Ampere |
|-----------|--|-----------------------|
| | HV Orthopädie Keller | 200 |
| | Netzzuleitung CT | 200 |
| | Küche | 200 |
| | Kältemaschinen 3+4 PNA | 400 |
| | Verteilung LHKT | 400 |
| Feld 3 | Personalhaus 4 | 400 |
| Feld 4 | A12L, A13L, Bereitschaftszimmer 14. OG | 63 |
| | A9L, A10L, A11L | 63 |
| | A12R, A13R, Bereitschaftszimmer 14. OG | 63 |
| | Hebeanlage | 63 |
| | Ventilator | 63 |
| | A6R, A7R, A8R | 63 |
| | IT-Netz Kernspinn (nur mittlere Phase) | 63 |
| | A9R, A10R, A11R | 63 |
| | A3R, A4R, A5R | 63 |
| | A3R, A4R, A5R | 200 |
| | A3L, A4L, A5L | 200 |
| | A6R, A7R, A8R | 200 |
| | neue Cafeteria | 400 |
| | Lüftungszentrale UG-A-Bau | 400 |
| Feld 25 | Abluft Küche 14. OG-West | 100 |
| | Müllverbrennung | 100 |
| | A6L, A7L, A8L | 100 |
| | Lüftung Bandspülmaschinen Küche | 200 |
| | Orthopädie Anbau | 200 |
| | Zuleitung Turm-West | 200 |
| | Cafeteria 2. OG | 200 |
| | Zuleitung Turm-Ost | 200 |
| Feld 5 | Kältemaschinen A-Bau | 400 |
| Feld 6 | Kernspinn EG | 100 |
| | NHV 2 B-Bau | 200 |
| | A9L, A10L, A11L | 200 |
| | A12L, A13L, 14. OG-West | 200 |
| | UV Radiologie Röntgen | 200 |
| | A9R, A10R, A11R | 200 |
| | A12R, A13R, 14. OG-Ost | 200 |
| Feld 7 | Personalhaus 4 | 400 |
| Feld 8 | Prosektur | 100 |
| | UV EDV-Anlage Verwaltung West | 100 |
| | Urologie, Gemeinschaftsraum | 200 |
| | Bettenmagazin | 200 |

| NSHV/Feld | Versorgungsbereich | Absicherung in Ampere |
|-----------|------------------------------------|-----------------------|
| | Verwaltung Ost | 200 |
| | A3R, A4R, A5R | 200 |
| | A3L, A4L, A5L | 200 |
| Feld 9 | Rolltor Warenannahme | 63 |
| | Rolltor Technische Zentrale | 63 |
| | UV 54, Keller Flur Nord | 63 |
| | Müllpresse | 63 |
| | Zuleitung Zähler, Steuerung PH 1-3 | 63 |
| | Trenntrafo Unfall OP | 63 |
| | Apotheke, Labor | 63 |
| | Verwaltung West, Halle und Flure | 200 |
| | NHV 2 B-Bau | 200 |
| | ehemalige Bäderabteilung | 200 |
| Feld 10 | Apotheke Netz | 100 |
| | A9R, A10R, A11R | 100 |
| | Böschungsaufbau Ost | 100 |
| | PH 1-3 | 200 |
| | NHV 2 B-Bau | 200 |
| Feld 11 | frei (Urologie) | 100 |
| | frei (Bäderabteilung) | 100 |
| | Topfspüle Zuleitung rechts | 100 |
| | Funkcontainer | 200 |
| | ehemalige Bäderabteilung | 200 |
| | Apotheke (neue Verteilung) | 200 |
| | UV 71, Entlüftung 15. OG | 200 |
| | OP Neubau | 200 |
| | Topfspüle Zuleitung links | 200 |
| Feld 12 | OP-Abteilung 2 | 200 |
| | Lüftungszentrale Dach 2. OG | 200 |
| | Lüftungszentrale UV 60 | 200 |

3.6.3 Stammdaten von Elektro-Schwerpunktverbrauchern

Im Rahmen der Datenaufnahme zum Teil-Energiekonzept wurden die Stammdaten von Geräten und Anlagen erfaßt, die hinsichtlich der elektrischen Anschlußleistung sowie des Elektrizitätsverbrauchs als Schwerpunktverbraucher bezeichnet werden können.

Hierzu gehören:

- Umwälz-, Zirkulations- und Speisewasserpumpen (vgl. Abschnitte 3.2 und 3.3)
- Kompressoren/Verdichter von Kälteerzeugungsanlagen (vgl. Abschnitt 3.4)

- Ventilatoren von Klima- und Lüftungsanlagen (vgl. folgenden Abschnitt 3.6)
- Beleuchtungsanlagen und Arbeitshilfen
- Hardwarekomponenten der DV-Systeme
- Kraft- und Wärmesysteme der Zentralküche

3.6.3.1 Stammdaten von Beleuchtungsanlagen

Über die installierten Beleuchtungsanlagen der SKH liegt keine vollständige Dokumentation vor. Im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes wurden die Beleuchtungsanlagen wesentlicher Gebäudebereiche durch eine exemplarische Erfassung von Referenzzonen ermittelt. Die Ergebnisse der exemplarischen Erfassung wurden auf Flächen vergleichbarer Nutzung hochgerechnet.

In der Tafel 3.6.2 sind die Kenndaten der exemplarisch erfaßten Beleuchtungsanlagen der SKH dokumentiert bzw. auf die Vergleichsflächen hochgerechnet.

Tafel 3.6.2 Energiekonzept SKH: Stammdaten von Beleuchtungsanlagen

| Referenzzone | | | Gesamtbereich | | | Spezifische |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------|---|
| Bezeichnung | Nutz- Fläche in m ² | Anschluß- leistung in W | Bezeichnung | in m ² | in W | Anschlußleistung in W/m ² |
| Station A2L (Intensiv) | 418 | 9.675 | Intensivstationen, A-Bau | 1.254 | 29.025 | 23,2 |
| Station A4R (Gynäkologie) | 549 | 5.295 | Pflegestationen, A-Bau, alt | 8.787 | 84.720 | 9,6 |
| Station A12L (Chirurgie) | 544 | 6.198 | Pflegestationen, A-Bau, neu | 2.174 | 24.792 | 11,4 |
| Station B23 (Innere) | 656 | 8.298 | Pflegestationen, B-Bau | 3.936 | 49.788 | 12,6 |
| Station C35 (Orthopädie) | 468 | | Pflegestationen, C-Bau | 2.038 | | |
| Station D 43 (Psychiatrie) | 730 | 8.588 | Pflegestationen, D-Bau | 4.381 | 51.528 | 11,8 |
| | | | | | | |

Die aufgenommenen Beleuchtungsanlagen der SKH sind wie folgt zu bewerten:

- Ein Großteil der installierten Beleuchtungssysteme hat seine technische Nutzungszeit überschritten und ist dementsprechend sanierungsbedürftig.
- Außer in den durchgängig sanierten Gebäudebereichen (z.B. 4 Pflegestationen im A-Bau) sind überwiegend Leuchten installiert, die nicht dem Stand der Technik entsprechen. So werden z.B. die Leuchtstofflampen fast ausnahmslos mit konventionellen Vorschaltgeräten geschaltet und verursachen einen überhöhten Stromverbrauch. Diese Systeme beanspruchen zudem einen hohen Instandhaltungsaufwand.
- Exemplarische Messungen der Beleuchtungsstärke in den Fluren von nicht sanierten Pflegestationen im A-Bau haben gezeigt, daß die notwendige Nennbeleuchtungsstärke nach DIN 5035⁹ teilweise nicht erreicht wird.

⁹ vgl. DIN 5035, Teil 3 „Innenraumbelichtung mit künstlichem Licht - Beleuchtung in Krankenhäusern“

Analog zu dem bei der Erfassung der Beleuchtungsanlagen durchgeführten Verfahren wurden für die Pflegestationen Art, Anzahl und Anschlußleistungen der Arbeitshilfen (ohne DV-Komponenten) ermittelt. Hierunter fallen u.a. Kühlschränke, Kochgeräte, Kaffeemaschinen, Toaster, Radiogeräte, Steckbeckenspülen etc.

Aufgrund der teilweise unvollständigen Angaben sowie der nicht einheitlichen Ausstattung der Pflegestationen können die in Tafel 3.6.3 dargestellten Ergebnisse nur als Orientierungswerte angesehen werden.

Tafel 3.6.3 Energiekonzept SKH: Stammdaten von Arbeitshilfen auf den Pflegestationen

| Referenzzone | | | Gesamtbereich | | | Spezifische |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------|---------|---|
| Bezeichnung | Nutz- Fläche in m ² | Anschluß- leistung in W | Bezeichnung | in m ² | in W | Anschlußleistung in W/m ² |
| Station A4R (Gynäkologie) | 549 | 11.902 | Pflegestationen, A-Bau | 10.961 | 238.040 | 24,7 |
| Station B23 (Innere) | 656 | 5.860 | Pflegestationen, B-Bau | 3.936 | 35.160 | 8,9 |
| Station C35 (Orthopädie) | 468 | 8.174 | Pflegestationen, C-Bau | 2.038 | 40.870 | 20,1 |
| Station D 43 (Psychiatrie) | 730 | 14.772 | Pflegestationen, D-Bau | 4.381 | 87.432 | 20,0 |
| Gesamt | | | | 21.316 | 401.502 | 18,8 |

Auf der Basis der erhobenen Daten kann davon ausgegangen werden, daß in den Pflegebereichen der SKH elektrische Arbeitshilfen mit einer Gesamtanschlußleistung von mehr als 400 kW installiert sind. Jeweilige Leistungsschwerpunkte auf den Pflegestationen sind hierbei die Teeküchen.

3.6.3.2 Stammdaten von Hardwarekomponenten der DV-Systeme

Von der Abteilung „Datenverarbeitung“ der SKH wurde im Juli 1997 eine Aufstellung der Hardwarekomponenten erarbeitet.

Demnach waren zu diesem Zeitpunkt die in der Tafel 3.6.4 aufgeführten Komponenten installiert.

Tafel 3.6.4 Energiekonzept SKH: DV-Hardware-Komponenten

| Gebäude | Anzahl der Hardwarekomponenten | | |
|--|--------------------------------|----------|---------|
| | PC/Server | Monitore | Drucker |
| A-Bau (Breitfuß, Anbauten, Bettenhochhaus) | 199 | 195 | 173 |
| B-Bau | 31 | 27 | 30 |
| C-Bau | 26 | 26 | 19 |
| D-Bau | 48 | 47 | 15 |
| E-Bau | 4 | 4 | 1 |
| F-Bauten (Werkstatt, Bibliothek) | 7 | 7 | 5 |
| H-Bau (Verwaltung) | 26 | 25 | 30 |
| Gesamt | 341 | 331 | 273 |

| | | | | |
|--|------------|--------|--------|--------|
| Spezifische Anschlußleistung ¹⁰ | in W/Stück | 75 | 80 | 40 |
| Gesamtanschlußleistung | in W | 23.870 | 26.480 | 10.920 |

3.6.3.3 Stammdaten der Elektrogeräte in der Zentralküche und im neuen Personalcasino

Zentralküche und Personalcasino stellen aufgrund der hohen Anschlußleistung der Koch- und Wärmegeräte explizite Elektro-Verbrauchsschwerpunkte dar.

In der SKH wurde zum Ende des Jahres 1997 eine Strom-Lastoptimierungsanlage in Betrieb genommen, in welche im ersten Schritt Elektrogeräte der Zentralküche sowie dem neuen Personalcasino eingebunden wurden.

Die in der Tafel 3.6.5 dargestellten Anschlußleistungen sind der Belegungsliste zur Lastgangoptimierungsanlage entnommen.

Tafel 3.6.5 Energiekonzept SKH: Anschlußleistung von Koch-, Wärme- und Spülgeräten

| Gerätebezeichnung | Zentralküche Leistung in kW | Personalcasino Leistung in kW |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Kippbratpfannen | 39 | |
| Combi-Dämpfer | 544 | 19 |
| Wärmewagen und -schränke | 44 | 11 |
| Herde/Grillplatten | 12 | 25 |
| Spülmaschinen | 59 | |
| Sonstige | | 40 |
| Gesamt | 698 | 95 |

Bei der Bewertung der oben dargestellten Daten sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Beim Betrieb der erfaßten Anlagen und Geräte ist bedingt durch die Betriebsabläufe nur von einer geringen Gleichzeitigkeit beim Betrieb auszugehen.
- Neben den in Tafel 3.6.5 erfaßten Verbrauchseinrichtungen werden in den Bereichen Zentralküche und Personalcasino noch weitere Geräte zur Speisenaufbereitung betrieben, die nicht fest installiert sind, aber erhebliche Anschlußleistungen aufweisen. Hierzu zählen u.a. Zerkleinerer, Schneidemaschinen oder Mixer.

3.6.4 Stammdaten des Zentral-OPs

In Zusammenarbeit mit der Technischen Leitung wurden für die OP-Bereiche die elektrischen Verbraucher (Beleuchtung und Geräte) für verschiedene Referenzbereiche aufgenommen. In der folgenden Tafel 3.6.6 sind die Geräte mit elektrischen Anschlußleistungen aufgeführt.

¹⁰ Mittelwerte aus technischen Datenblättern

Tafel 3.6.6 Energiekonzept SKH: Anschlußleistung der Geräte im OP-Bereich

| Raubereich | Gerät | Leistung pro Gerät in W | Anzahl | Leistung in W |
|-------------------|--------------------------|----------------------------|--------|------------------|
| OP-Einheit | OP-Lampen | 150 | 2 | 300 |
| | Alternative A OP-Lampe | 150 | 1 | 150 |
| | Alternative A OP-Lampe | 525 | 1 | 525 |
| | OP-Tisch | 275 | 4 | 1.100 |
| | OP-Sauger | 120 | 1 | 120 |
| | Narkosegerät | 2.000 | 1 | 2.000 |
| | Monitor | 185 | 2 | 370 |
| | Röntgenbildbetrachter | 200 | 1 | 200 |
| | Kocher | 600 | 1 | 600 |
| | OP-Stuhl | 460 | 1 | 460 |
| | Skalpell (Ultraschall) | 400 | 1 | 400 |
| | OP-Lampe, einstrahlig | 50 | 1 | 50 |
| | Videoschrank, Laparoskop | 2.000 | 1 | 2.000 |
| OP-Einheit | | | | 8.275 |
| OP-Gesamt | Kühlschrank | 270 | 1 | 270 |
| | Kühltruhe | 2.100 | 1 | 2.100 |
| | Patientenschleuse | 900 | 2 | 1.800 |
| | Wärmeschrank | k.A. | 2 | |
| | Kühlschrank | 170 | 1 | 170 |
| | Patientenwärmer | 1.600 | 1 | 1.600 |
| | Blutwäscher | 1.000 | 1 | 1.000 |
| | C-Bogen, Dauer | 1.250 | 3 | 3.750 |
| | C-Bogen, Bereitschaft | 1.425 | 3 | 1.425 |
| | Blutwärmer | 250 | 1 | 250 |
| | HF-Chirurgiegerät | 620 | 1 | 620 |
| OP-Gesamt | | | | 12.985 |

Wird von 12 OP-Einheiten ausgegangen, dann liegt die Summe der Anschlußleistung hierfür bei 99,3 kW. Mit den Geräten, die für den gesamten OP-Bereich genutzt werden, errechnet sich eine Gesamtanschlußleistung für den zentralen OP-Bereich von 112,29 kW.

3.7 Stammdaten der Gebäudeleittechnik

In den SKH wird die vorhandene Technik derzeit ausschließlich für Regelungs- und Steuerungsfunktionen bzw. als Störmeldeanlage für der Klima- und Lüftungsanlagen und einige Brandschutzklappen genutzt.

Es ist aber keine Gebäudeleittechnik (GLT) installiert, welche die Technische Abteilung in die Lage versetzen würde, zentral und im Sinne einer energiesparenden Gebäudeoptimierung/-management, in wesentliche Funktionen der verschiedenen betriebstechnischen Anlagen einzugreifen.

Erschwerend zur sinnvollen Nutzung der vorhandenen Regelungstechnik kommt hinzu, daß drei Fabrikate von zwei Herstellern (Landis+Gyr, Johnson Controls) eingebaut sind, die über eine zusätzliche Schnittstelle miteinander verbunden werden müssen.

In der folgenden Tafel 3.7.1 sind die Haupt- und Unterstationen mit den erfaßten RLТ-Anlagen aufgeführt.

Tafel 3.7.1 Energiekonzept SKH: Übersicht über die Stationen und Anlagen der GLT

| Hauptstation/Unterstation - Standort | Anlage | Bezeichnung |
|--|---|-------------|
| Station 1 (Landis + Gyr) | | |
| OP-Neubau 1. OG, Raum 1003 A, Klimazentrale | Lüftung OP 1-3 und OP 4, Sanitär (Umkehrosmose) | EKL -1 |
| | Lüftung OP 5-7 und OP 8 | EKL -2 |
| | Lüftung Steri + OP-Flure | EKL -3 |
| | Lüftung Aufwachraum + Entbindung | EKL - 4 |
| | Lüftung OP-Umkleide + Z-Steri | EKL - 5 |
| | | |
| A-Bau Keller, Raum 0115 - Lüftungszentrale | Lüftung Eingangshalle, SB-Laden, Zentrallager, Technikraum, Abluftanlagen 15A/17A/16A/20A/22A | EKL -6 |
| | | |
| A-Bau Keller, Raum 0103 - Kältezentrale | Kältemaschine, Heizung(WT), Reindampferzeuger 1+2 | EKL - 7 |
| Station 2 (Landis + Gyr) | | |
| Kesselhaus 1. UG - Technikzentrale | Störmeldungen | EKL - 10 |
| | | |
| Hauptgebäude Dachzentrale A 2 L | Lüftung und statische Heizung Nord+Süd | EKL - 12 |
| | | |
| Hauptgebäude Dachzentrale neben A2L | Lüftung 51 - Not-OP und 52 - Urologie-OP | PRV -13 |
| | Lüftung 53 Sterilgut und 54 - OP-Flure | PRV - 14 |
| | Lüftung 55 - Endoskopie 1 und 56 - Endoskopie 2 | PRV - 15 |
| | Lüftung 57 Endo. 3 + Aufwachraum und 58 Sept-OP + Wärmetauscher | PRV - 16 |
| | | |
| PNA-Klinik, Keller, Raum 1113 - Nachrichtentech. | Störmeldungen | EKL - 11 |

| Station 3 (Johnson Controls) | | |
|-------------------------------------|--|--------------|
| Karte 1 | Lüftung / Kälte - Herzkatheder-Meßplatz | DX 1 |
| | Lüftung Unfall-Ambulanz mit Sept-/Asept-OP | DX 80 |
| | Lüftung Kernspin. | DX 10 |
| | Abluft Intensiv Neurologie | XT 101 - 103 |
| | Lüftung Casino | DX 240 |
| | Lüftung Küche/Casino | DX 245 |
| | | |
| Karte 2 | Lüftung Küche | DX 10 |
| | Lüftung Unfallstationen OP+Nebenräume | DX 20 |
| | Lüftung Röntgen, Gemeinschaftsräume, Chirurgie | DX 30 |
| | Lüftung Station West | DX 40 |
| | Lüftung Prosektur | DX 50 |
| | Lüftung Apotheke, Labor | DX 60 |
| | Lüftung Station Ost / Gegenströmer | DX 70 |
| | Lüftung Orthopädie Ost | DX 110 |
| | Lüftung Orthopädie Ost, WC-Ablüfter | DX 120 |
| Station 4 (Johnson Controls) | | |
| Karte 1 | Lüftung Kinderstationen EG+1.OG/Lüftung Milchküche | DX 130 |

4. Stammdaten des Energie- und Wasserverbrauchs

4.1 Wärmeerzeugung

4.1.1 Gas- und Heizölverbrauch der Wärmeerzeugung

Als Hauptbrennstoff zur Wärmeerzeugung wird in den Städtischen Kliniken Frankfurt am Main - Höchst Erdgas H aus dem Versorgungsnetz der Maingas AG eingesetzt. Zusätzlich können drei der fünf Dampfkessel des zentralen Versorgungssystems mit Heizöl befeuert werden.

Die Kesselanlage in der Geriatrischen Tagesklinik wird ausschließlich mit Erdgas versorgt.

Der Brennstoff Heizöl wird derzeit ausschließlich zur Reduzierung der Tages-Gasspitzenlast eingesetzt, so daß der Heizöleinsatz zur Wärmeerzeugung vernachlässigt werden kann.

Der Gasverbrauch der zentralen Kesselanlage der SKH wird über Zähleinrichtungen der Maingas AG erfaßt und monatlich abgerechnet.

Für die Verbrauchsstelle „Gotenstraße 6-8 - Technische Zentrale“, über welche die zentrale Dampfkesselanlage der SKH versorgt wird, wurden in den Jahren 1995-1997 folgende monatlichen Gesamtmengen erfaßt.

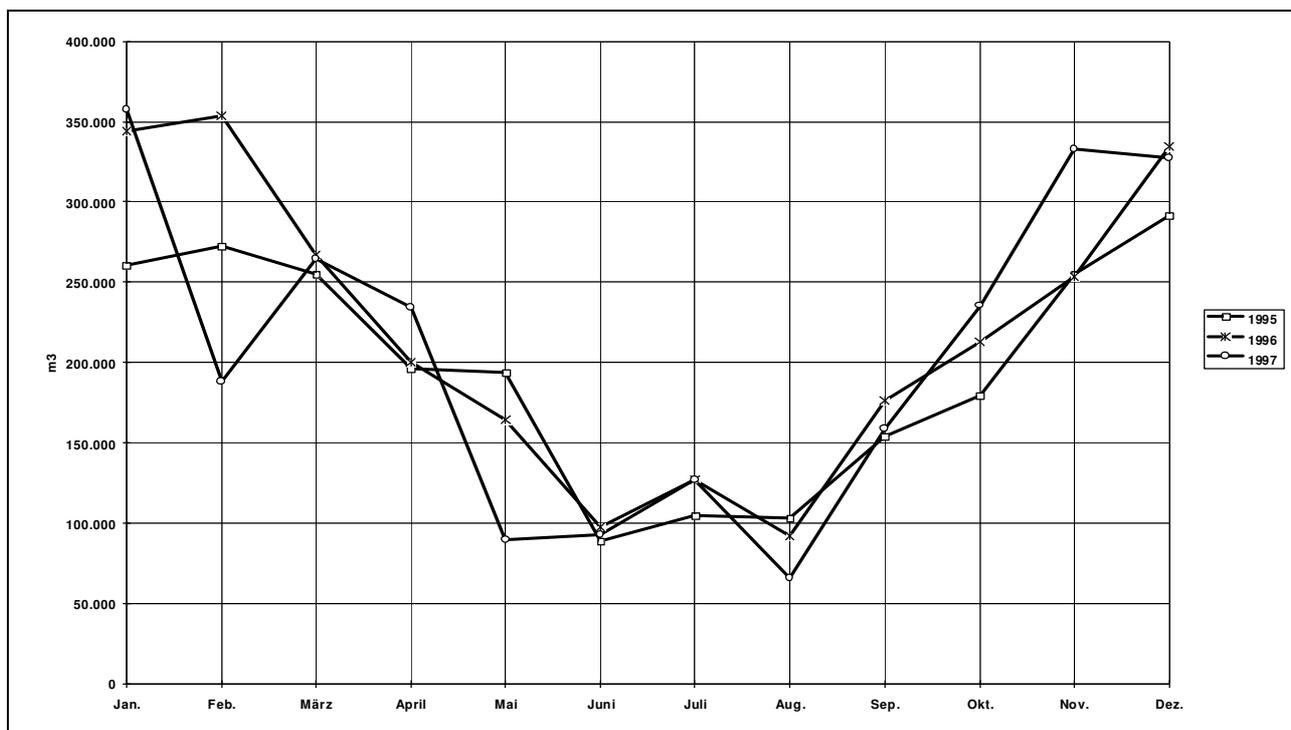
Tafel 4.1.1 Energiekonzept SKH: Monatswerte des Gasverbrauchs und Jahreswerte des Heizölverbrauchs 1995-1997 der Verbrauchsstelle „Gotenstraße 6-8 - Technische Zentrale“

| Monat | 1995 | | | 1996 | | | 1997 | | |
|---------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | m ³ | kWh _{HO} | kWh _{HU} | m ³ | kWh _{HO} | kWh _{HU} | m ³ | kWh _{HO} | kWh _{HU} |
| Januar | 260.171 | 3.011.995 | 2.718.325 | 343.674 | 3.978.707 | 3.590.783 | 357.220 | 4.135.529 | 3.732.315 |
| Februar | 272.426 | 3.153.332 | 2.845.882 | 353.430 | 4.090.953 | 3.692.085 | 188.248 | 2.178.971 | 1.966.521 |
| März | 255.101 | 2.958.406 | 2.669.962 | 266.825 | 3.094.369 | 2.792.668 | 264.682 | 3.069.517 | 2.770.239 |
| April | 196.498 | 2.279.180 | 2.056.960 | 200.114 | 2.321.122 | 2.094.813 | 234.130 | 2.715.674 | 2.450.896 |
| Mai | 193.604 | 2.246.388 | 2.027.365 | 164.233 | 1.905.596 | 1.719.800 | 89.668 | 1.040.418 | 938.977 |
| Juni | 88.644 | 1.027.916 | 927.694 | 97.676 | 1.132.651 | 1.022.218 | 92.971 | 1.078.092 | 972.978 |
| Juli | 104.920 | 1.216.127 | 1.097.555 | 127.473 | 1.477.539 | 1.333.479 | 126.994 | 1.471.987 | 1.328.468 |
| August | 103.531 | 1.200.028 | 1.083.026 | 92.039 | 1.066.825 | 962.809 | 66.177 | 767.058 | 692.270 |
| September | 153.881 | 1.784.286 | 1.610.318 | 176.299 | 2.044.228 | 1.844.915 | 159.130 | 1.845.149 | 1.665.247 |
| Oktober | 179.075 | 2.082.270 | 1.879.248 | 213.265 | 2.479.828 | 2.238.045 | 235.500 | 2.738.375 | 2.471.383 |
| November | 255.221 | 2.954.693 | 2.666.611 | 253.210 | 2.931.412 | 2.645.599 | 332.702 | 3.851.691 | 3.476.151 |
| Dezember | 291.639 | 3.376.597 | 3.047.378 | 334.244 | 3.869.877 | 3.492.564 | 327.598 | 3.792.930 | 3.423.119 |
| Gesamt | 2.354.711 | 27.291.218 | 24.630.324 | 2.622.482 | 30.393.108 | 27.429.780 | 2.475.020 | 28.685.391 | 25.888.565 |
| Heizöl | 100.000 l | 1.049.000 | 1.000.000 | 20.000 | 209.800 | 200.000 | 50.000 | 524.500 | 500.000 |

Der Vergleich der Jahreserdgasverbräuche für den Zeitraum von 1995-97 läßt keine eindeutige Tendenz bezüglich eines Mehr- oder Minderverbrauchs erkennen. Einem deutlichen Anstieg der Verbrauchswerte von 1996 gegenüber 1995 folgte eine relevante Reduktion im Folgejahr 1997. Offensichtlich sind die absoluten Verbrauchswerte direkt abhängig vom Heizwärmebedarf, der von den jeweiligen Witterungsverhältnissen bestimmt wird.

Im Bild 4.1.1 sind die monatlichen Belastungsverläufe für die Verbrauchsjahre 1995-97, bezogen auf die abgerechneten m_n^3 , dargestellt.

Bild 4.1.1 Energiekonzept SKH: Monatlicher Lastverlauf des Gasverbrauchs 1995-97 der Verbrauchsstelle „Gotenstraße 6-8 - Technische Zentrale“



Der monatliche Lastverlauf des Gasbezugs zeigt, daß der Gesamtverbrauch in den Sommermonaten auf eine Grundlast von ca. 25-30 % der Maximalwerte sinkt. Dieser Umstand belegt die starke Abhängigkeit des jährlichen Lastverlaufs vom Heizwärmebedarf.

Die Jahreswerte des Erdgasbezugs für die Abrechnungsstelle „Gotenstraße 6-8 - Geriatriische Tagesklinik“ sind in der Tafel 4.1.2 zusammengestellt.

Tafel 4.1.2 Energiekonzept SKH: Jährlicher Gasbezug 1995-97 der Verbrauchsstelle „Gotenstraße 6-8 - Geriatriische Tagesklinik“

| | | 1995 | 1996 | 1997 |
|-------------|---------------|---------|---------|---------|
| Jahresbezug | in m_n^3 | 36.356 | 39.282 | 30.281 |
| Jahresbezug | in kWh_{HO} | 402.263 | 434.638 | 335.046 |
| Jahresbezug | in kWh_{HU} | 363.043 | 392.261 | 302.379 |

Der Vergleich der Verbrauchswerte zeigt, analog zu den Werten der Verbrauchsstelle „Technikzent-

rale“, keinen eindeutigen Entwicklungstrend zu einem Mehr- oder Minderverbrauch. Die Unterschiede im Jahresverbrauch sind witterungsabhängigen Einflüssen zuzuordnen.

4.1.2 Belastungsverläufe des Heiz- und Prozeßwärmebedarfs

Der wesentliche Teil des Heiz- und Prozeßwärmebedarfs der Versorgungseinrichtungen der SKH wird nicht durch Zählerinrichtungen erfaßt.

Eine rechnerische Ermittlung des Heiz- und Prozeßdampfwärmebedarfs sowie die Erstellung entsprechender Belastungsverläufe wird durch die Tatsache erschwert, daß alle relevanten Versorgungseinrichtungen der SKH, mit Ausnahme der Geriatriischen Tagesklinik, über ein zentrales Dampfsystem versorgt werden.

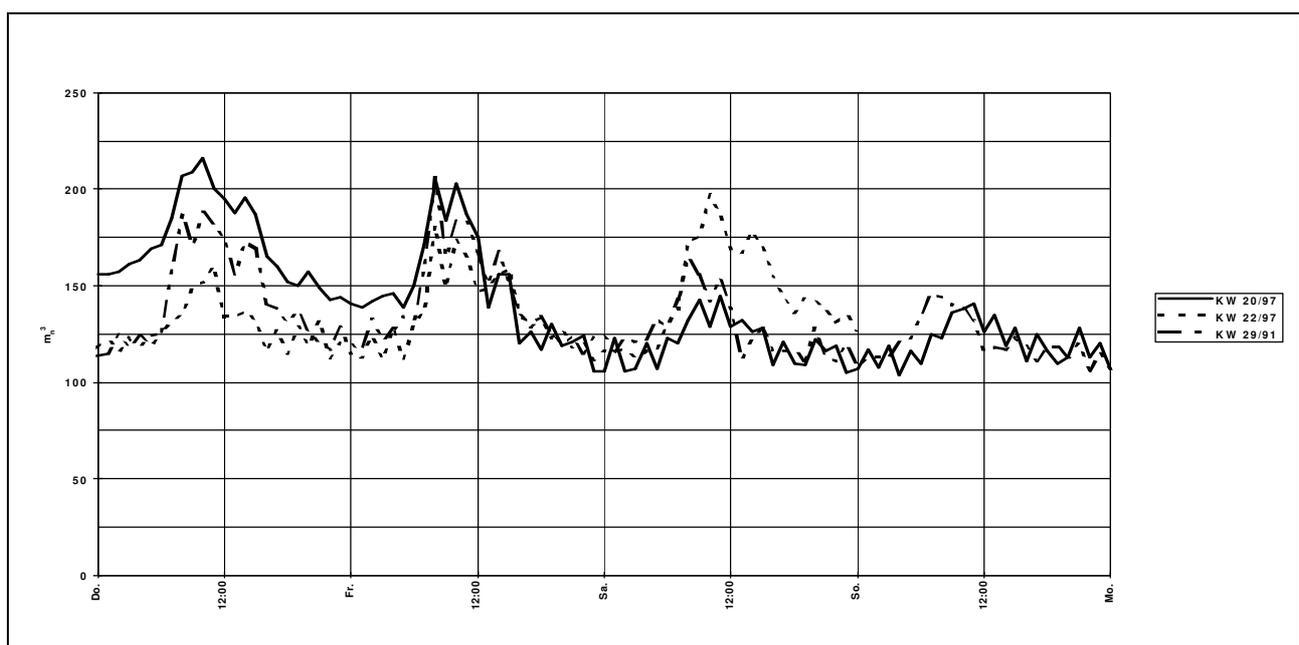
4.1.2.1 Grundlastwärmebedarf und Wärmeverluste

Zur Bestimmung des Grundlastwärmebedarfs können u.a. die Gasverbrauchswerte der heizfreien Zeit herangezogen werden.

Stundenmeßwerte des Gasbezugs für die zentrale Kesselanlage der SKH liegen für die Zeiträume 07/08.91 und 05./06.97 vor.

Im Bild 4.1.2 sind Lastgangverläufe für die Wochentage Donnerstag bis Sonntag in der 20. und 22. Kalenderwoche 97 sowie der 29. Kalenderwoche 1991 dargestellt.

Bild 4.1.2 Energiekonzept SKH: Monatlicher Lastverbrauch des Gasverbrauchs 1995-97 der Verbrauchsstelle „Gotenstraße 6-8 - Technische Zentrale“



Bei der Bewertung der Lastverläufe kann davon ausgegangen werden, daß in den jeweiligen Darstellungszeiträumen (07.91 und 05./06.97) der Einfluß des Heizwärmebedarfs auf den Gasverbrauch gering ist.

Der Grundlastverbrauch in den Nachtstunden, der sich bei ca. $110 \text{ m}_n^3/\text{h}$ bewegt, wird praktisch ausschließlich für die Deckung von Systemverlusten benötigt, da in diesem Zeitraum keine Prozeßdampfverbraucher in Betrieb sind und Brauchwasserbedarf in geringem Maße anfällt.

Im Tagesverlauf zeigen sich die Verbrauchsmaxima in den Vormittagsstunden von 8⁰⁰ bis 11⁰⁰ Uhr. Einem Verbrauchsrückgang in der Mittagszeit (12⁰⁰ Uhr) folgt ein kurzer Piek gegen 14⁰⁰ Uhr.

Bei der rechnerischen Zuordnung des Wärmeverluste des Wärmeversorgungssystems der SKH wurden folgende wesentlichen Faktoren berücksichtigt:

| Komponente | Verlustfaktoren |
|--------------------------|---|
| Umformer/Wärmetauscher | Leistung, Medientemperaturen, Betriebszeiten |
| Verteiler-/Rohrleitungen | Medientemperaturen, Wärmeisolierung, Betriebszeiten |
| Speicher/Behälter | Volumen, Medientemperaturen, Wärmeisolierung |

In der Tafel 4.1.3 sind die im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes überschlägig ermittelten Wärmeverluste (Leistung, Jahreswärme) der Hauptkomponenten des Wärmeversorgungssystems der SKH zusammengefaßt (Berechnungsgänge vgl. Anhang).

Tafel 4.1.3 Energiekonzept SKH: Wärmeverluste des Wärmesystems

| Medium | Komponente | Verlustleistung in kW | Jahreswärmeverluste in kWh |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Dampf | Umformer | 146,2 | 1.225.715 |
| | Reindampferzeuger | 17,3 | 151.500 |
| | Dampfleitungen/-verteiler | 229,4 | 2.009.870 |
| | Kondensatleitungen/-behälter | 120,0 | 1.051.200 |
| | | | 512,9 |
| Warmwasser (90/70 °C) | Heizwasserleitungen/-verteiler | 193,5 | 1.695.060 |
| Brauchwasser | Speicher | 12,1 | 91.615 |
| | Zirkulationsleitungen | 152,8 | 1.338.530 |
| | | 164,9 | 1.430.145 |
| Gesamt | | 871,3 | 7.563.490 |

Somit kann davon ausgegangen werden, daß bei dem Wärmeversorgungssystem durchschnittlich 871 kW Verlustleistung entstehen. Die Jahreswärmeverluste betragen ca. 7.563.500 kWh.

4.1.2.2 Brauchwasserwärmebedarf

Die Brauchwasserversorgung der SKH-Einrichtungen erfolgt über insgesamt 11 separate Systeme (vgl. auch Abschnitt 3.3). Bei der Mehrzahl der Systeme wird der Verbrauch nicht erfaßt.

Aufgrund der sehr komplexen Versorgungsstruktur war der nachträgliche Einbau von Meßeinrichtungen für alle Systeme im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes nicht durchführbar.

So konnten lediglich für die Anlage „PNA“, über die die Orthopädie(C-Bau), die PNA (D-Bau) und das Werkstattgebäude (F3) versorgt werden, Tages- und Wochenverbräuche ermittelt werden.

Mittels einer entsprechenden hydraulischen Schaltung des Stadtwasserringsystems der SKH konnte zudem der Kaltwasserverbrauch für das Personalwohnheim III (J-Bau) gemessen werden.

Eine näherungsweise Bestimmung des Brauchwarmwasserbedarfs der SKH erfolgte auf der Basis folgender Annahmen und Berechnungsverfahren:

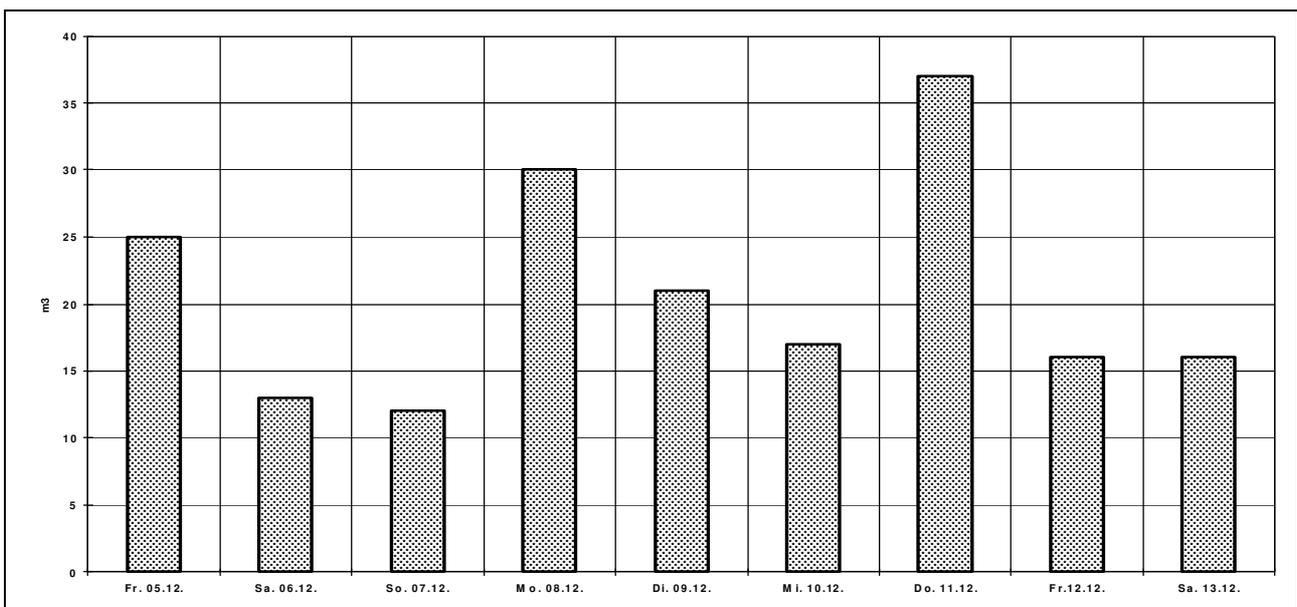
BW-System PNA: Meßwerte (12.97)

BW-System J-Bau: anteilige Ermittlung anhand des Kaltwasserverbrauchs (Annahme: Anteil Brauchwasser am Gesamtwasserbedarf 40 %)

BW-System Zentralbau: rechnerische Ermittlung anhand spezifischer Literaturwerte bzw. Meßwerte von Vergleichsobjekten (50 l/Bett*a)

Bild 4.1.3 zeigt die Tageswerte des Brauchwarmwasserverbrauchs im BW-System „PNA“.

Bild 4.1.3 Energiekonzept SKH: Tageswerte des Brauchwasserbedarfs im Versorgungssystem PNA vom 05.12.-14.12.97



Die Meßwerte belegen, daß der Brauchwasserbedarf nicht gleichmäßig auf die Wochentage verteilt ist. Grundsätzlich kann aber von einem Minderverbrauch an den Wochenendtagen gegenüber den Werktagen ausgegangen werden. Durchschnittlich sinkt der Verbrauch in diesem Zeitraum um ca. 40 %.

In der Tafel 4.1.4 sind die überschlägig ermittelten Werte des Brauchwarmwasserbedarfs der Verbrauchsschwerpunkte der SKH zusammengestellt.

Tafel 4.1.4 Energiekonzept SKH: Brauchwarmwasserbedarf (50 °C)

| Schwerpunkt | Verbraucher | Berechnungsgang | Jahresgesamtverbrauch |
|---------------------|------------------------|--|--------------------------|
| PNA | C-Bau, D-Bau, F3-Bau | 155 m ³ /Wo * 52 Wo | 8.060 m ³ /a |
| PWH III | PWH III | 51 m ³ /Wo * 0,4 * 52 Wo | 1.060 m ³ /a |
| Zentralbau/Sonstige | A-Bau, B-Bau, PWH I+II | 0,05 m ³ /Bett x d * 838 Betten * 365 d/a | 15.290 m ³ /a |
| Gesamt | | | 24.410 m ³ /a |

Der Wärmebedarf zur Brauchwassererwärmung kann nach folgendem Berechnungsgang ermittelt werden:

$$Q_{\text{Bwa}} = \text{Jahreswärmebedarf zur Brauchwassererwärmung} \quad \text{in kWh}$$

$$= V_{\text{Bwa}} * c_w * \rho * dT$$

$$V_{\text{Bwa}} = \text{Jahresbrauchwasserbedarf} \quad \text{in m}^3/\text{a}$$

$$c_w = \text{Spezifische Wärmekapazität Wasser} \quad \text{in Wh/kgK}$$

$$\rho_w = \text{Dichte Wasser} \quad \text{in kg/m}^3$$

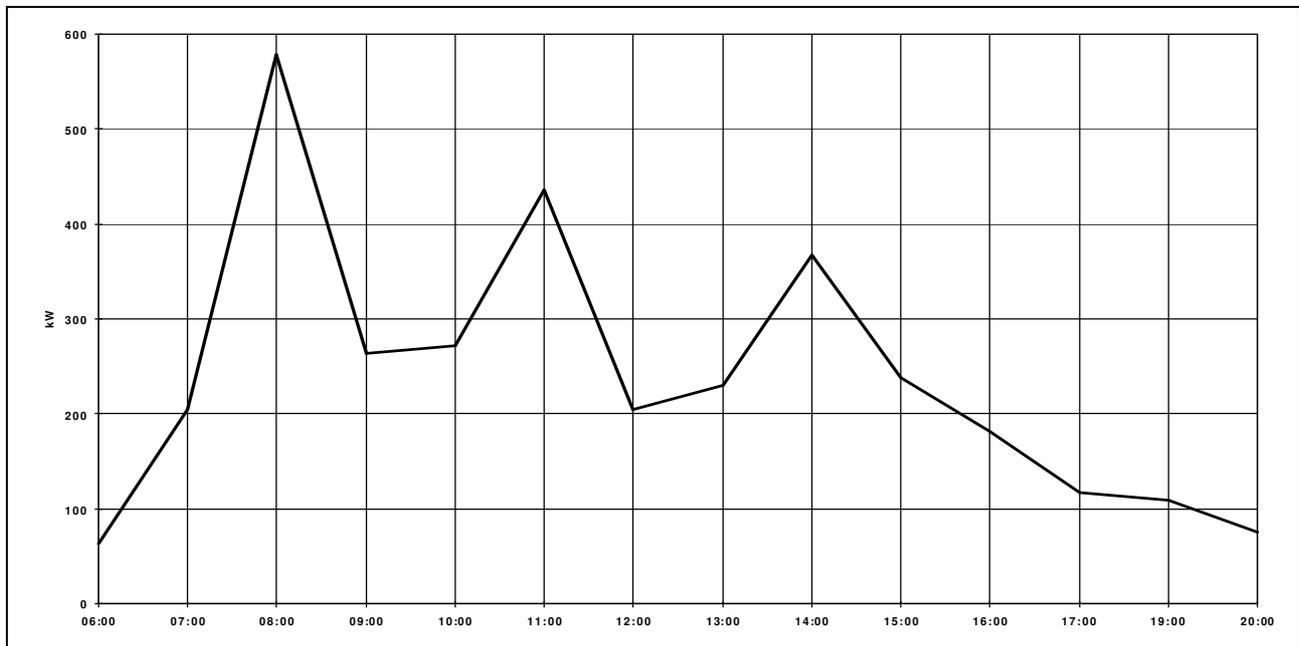
$$dT = \text{Temperaturdifferenz Wasser (kalt/warm)} \quad \text{in K}$$

Somit ergibt sich für die SKH folgender Jahreswärmebedarf zur Brauchwassererwärmung:

$$Q_{\text{Bwa}} = 24.410 \text{ m}^3/\text{a} * 1,16 \text{ Wh/kgK} * 1.000 \text{ kg/m}^3 * 38 \text{ K} = 1.075.990 \text{ kWh/a}$$

Aufgrund der fehlenden Meßeinrichtungen für den Brauchwasserverbrauch der SKH, können Taglastgänge des Brauchwasserwärmebedarfs nur näherungsweise bestimmt werden. Im Bild 4.1.4 ist eine typische Tagesganglinie eines Werktages dargestellt, die aus Meßwerten eines Vergleichsobjektes (Dr.-Horst-Schmidt-Kliniken GmbH, Wiesbaden) hochgerechnet wurde.

Bild 4.1.4 Energiekonzept SKH: Typische Tagesganglinie des Brauchwasserwärmebedarfs an einem Werktag



Im Taglastgang zeigt sich eine maximale Verbrauchsspitze gegen 8⁰⁰ Uhr. Ein wesentlicher Faktor ist hierfür in der Regel der Bedarf auf den Pflegestationen (Duschen, Patientenbäder etc.), die Durchführung von Anwendungen in der Physikalischen Therapie sowie der Erstbetrieb von Spülmaschinen in der Zentralküche.

Die zweite Verbrauchsspitze gegen 11⁰⁰ Uhr wird überwiegend vom Küchenbetrieb (Kochen und Spülen) verursacht.

Für die Nachmittagsspitze gegen 14⁰⁰ Uhr sind ebenfalls überwiegend der Küchenbetrieb (Spülen) sowie der Brauchwasserbedarf für Reinigungszwecke verantwortlich.

4.1.2.3 Prozeß- und Reindampfwärmebedarf

Aufgrund fehlender Meßdaten kann der Prozeß- und Reindampfbedarf der wesentlichen Verbrauchseinrichtungen der SKH nur näherungsweise ermittelt werden.

Basis der durchgeführten Berechnungen bilden:

- Stammdaten (Anschlußleistungen) der Dampfverbraucher (vgl. auch Abschnitt 3.2.6)
- Betriebszeiten der Verbrauchseinrichtungen (vgl. auch Abschnitt 3.2.6)
- Gasverbrauchswerte (vgl. Abschnitt 4.1.1)

Im Rahmen der Datenaufnahme zum Teil-Energiekonzept wurden von der Technischen Leitung der SKH die Betriebszeiten der Dampfversorgungseinrichtungen bei den jeweiligen Abteilungen abgefragt. Zusätzlich wurde bei Vor-Ort-Begehungen die Betriebszeiten einzelner Anlagen vom Bedienungspersonal angegeben.

Demnach ergeben sich für die wesentlichen Verbrauchseinrichtungen folgende Betriebszeiten:

Zentralküche (A-Bau)

- Kochkessel: tägl. max. 5 h (vormittags)
- 2 Spülmaschinen: tägl. 3 x 2 h (9⁰⁰-11⁰⁰ Uhr, 13⁰⁰-15⁰⁰ Uhr, 19⁰⁰-21⁰⁰ Uhr)
- 1 Spülmaschine: tägl. 5 h (8⁰⁰-11⁰⁰ Uhr, 13⁰⁰-15⁰⁰ Uhr)

Bettenzentrale (D-Bau)

- Waschstraße: Montag - Samstag (7⁰⁰-15¹⁵ Uhr)
- Thermo-Dampf-Sterilisatoren: Montag - Samstag (7⁰⁰-15¹⁵ Uhr)

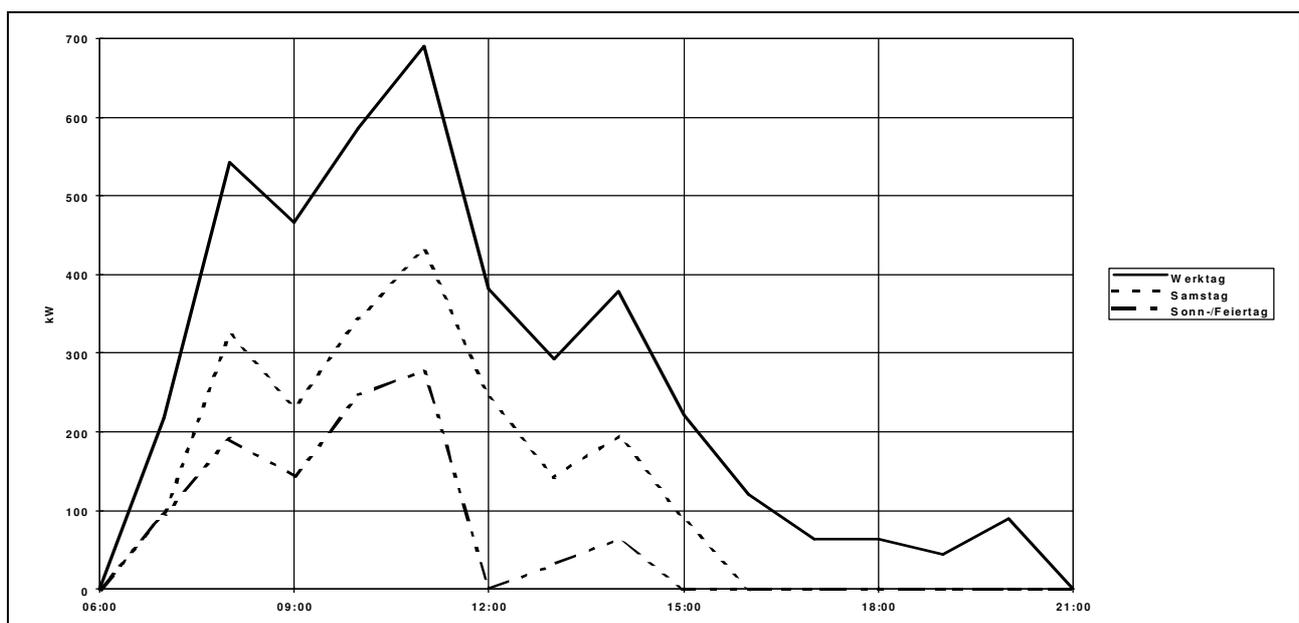
Zentralsterilisation (A-Bau): Montag - Freitag (6⁰⁰ - 16⁰⁰ Uhr)

Apotheke/Labor (A-Bau): 3-4 x pro Woche 3-4 h, (vormittags)

OP-Sterilisatoren (C/D-Bau): Montag - Freitag (7⁰⁰ - 19⁰⁰ Uhr)

Auf der Basis der ermittelten Anschluß- bzw. Betriebsleistungen der Dampfverbrauchssysteme sowie unter Annahme von Gleichzeitigkeitsfaktoren wurden typische Tagesverläufe des Prozeß- und Reindampfwärmebedarfs erstellt (vgl. Bild 4.1.5).

Bild 4.1.5 Energiekonzept SKH: Typische Tagesganglinien des Prozeß- und Reindampfwärmebedarfs



In der Tafel 4.1.5 sind die Gesamtwerte des Prozeß- und Reindampfwärmebedarfs für die typischen Tage sowie für das Gesamtjahr bilanziert.

Tafel 4.1.5 Energiekonzept SKH: Jahresbilanz des Prozeß- und Reindampfwärmebedarfs

| Tagart | Tagzahl in d/a | Tagesbedarf in kWh/d | Jahresbedarf in kWh/a |
|----------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| Werktag | 250 | 4.160 | 1.040.000 |
| Samstag | 52 | 2.100 | 109.200 |
| Sonn-/Feiertag | 63 | 1.050 | 66.150 |
| Gesamt | | | 1.215.350 |

Der bilanzierte jährliche Prozeß- und Reindampfwärmebedarf beträgt demnach **1.215.350 kWh/a**.

4.1.2.4 Heizwärmebedarf

Der tatsächliche Heizwärmebedarf der statischen Heizungen sowie der RLT-Anlagen der SKH wird nur zum geringen Teil durch Wärmemengenzählungen erfaßt.

Ein Verfahren zur möglichst realitätsnahen Ermittlung von Lastverläufen und Bedarfswerten des Wärmebedarfs stellt die Erstellung von typischen Tagesganglinien gemäß der VDI Richtlinie 2067 Blatt 7 „Blockheizkraftwerke“ dar.

Im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes wurden die typischen Tagesganglinien des Heizwärmebedarfs für die SKH auf der Basis folgender Grundlagen ermittelt:

- Temperaturverläufe für typische Tage nach DIN 4710 „Meteorologische Daten“
- Stunden-, Tages- und Jahreswerte des Erdgasbezugs (Meßdaten der Maingas AG)
- Gebäudewärmebedarf (vgl. auch Abschnitt 3.1)
- Stammdaten und Betriebszeiten der RLT-Anlagen (vgl. auch Abschnitt 3.5)

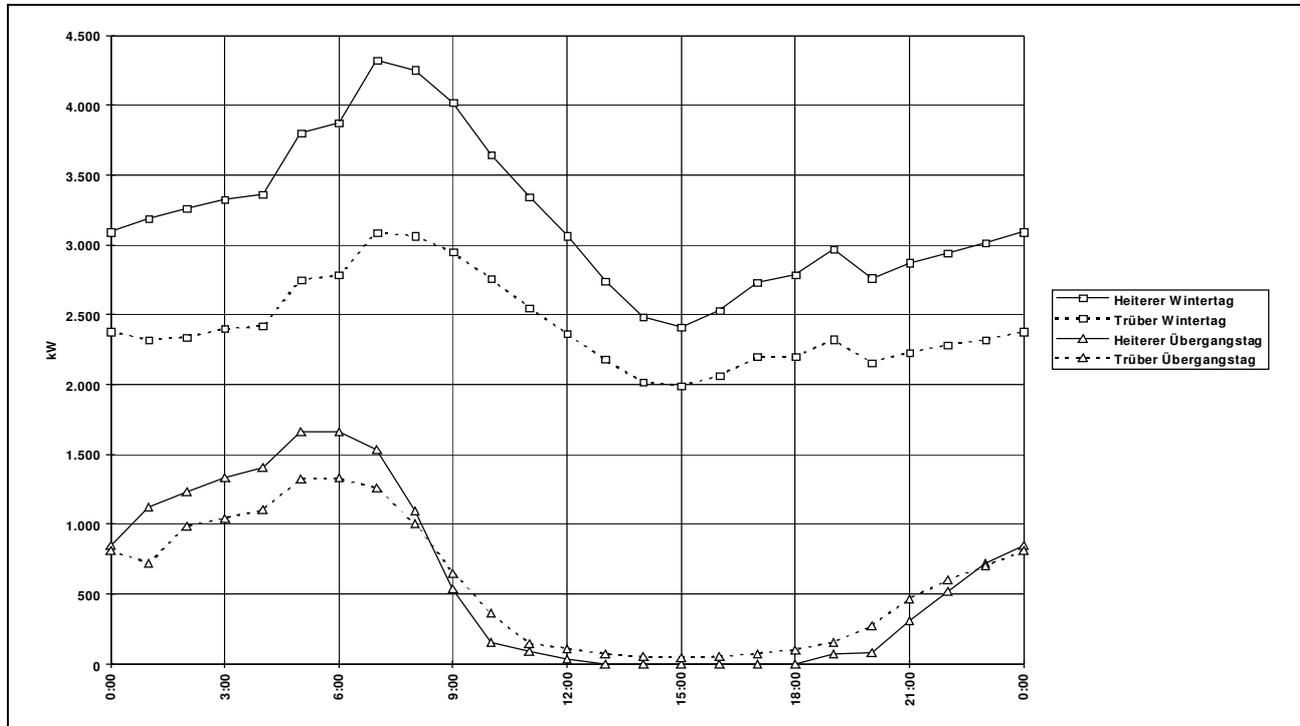
Die Datenaufnahme im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes zeigte keine relevanten Betriebsunterschiede zwischen Werk- und Sonn-/Feiertagen. Unterschiede zwischen Voll- und Teillastbetrieb ergeben sich nur im Tagesverlauf.

Unter Berücksichtigung der genannten Voraussetzungen wurden Tagesganglinien für folgende typischen Tage erstellt (vgl. Bild 4.1.6):

- Heiterer und trüber Wintertag
- Heiterer und trüber Übergangstag

- Heiterer und trüber Sommertag

Bild 4.1.6 Energiekonzept SKH: Typische Tagesganglinien des Heizwärmebedarfs



Bei der Bilanzierung der Tagesganglinien zeigte sich, daß in den typischen Sommertagen kein relevanter Heizwärmebedarf anfällt. Dementsprechend wurden diese Tagarten in der grafischen Darstellung nicht berücksichtigt.

In den Wintermonaten fallen die Bedarfsmaxima, in Abhängigkeit von der Außentemperatur sowie dem Vollastbetrieb der RLT-Anlagen gegen 7⁰⁰ Uhr an. Danach fällt der Lastbedarf bis gegen 15⁰⁰ Uhr ab.

In der Übergangszeit liegen die Maximalwerte in der Zeit zwischen 5⁰⁰ und 7⁰⁰ Uhr. In den Mittags- und Nachmittagsstunden sinkt der Bedarf an diesen Tagen gegen null.

Eine Bilanzierung des Heizwärmebedarfs für die typischen Tage sowie für das Gesamtjahr ist in der Tafel 4.1.6 enthalten.

Tafel 4.1.6 Energiekonzept SKH: Jahresbilanz des Heizwärmebedarfs

| Tagart | Tagzahl in d/a | Tagesbedarf in kWh/d | Jahresbedarf in kWh/a |
|-----------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| Heiterer Wintertag | 76 | 76.810 | 5.837.560 |
| Trüber Wintertag | 75 | 58.160 | 4.362.000 |
| Heiterer Übergangstag | 80 | 14.435 | 1.154.800 |

| | | | |
|---------------------|----|--------|-------------------|
| Trüber Übergangstag | 42 | 13.480 | 566.160 |
| Gesamt | | | 11.920.520 |

Der bilanzierte durchschnittliche Jahresheizwärmebedarf für die Gebäudeheizung (statisch und RLT-Anlagen) beträgt somit **11.920.520 kWh/a**.

4.1.3 Energetische Gesamtbilanz der zentralen Wärmeerzeugung

Die Qualität eines Wärmeversorgungssystems bestimmt sich im wesentlichen aus dem Verhältnis der Mengen der erzeugten bzw. benötigten Nutzenergie und der eingesetzten Energieträger.

Bei der energetischen Gesamtbilanzierung der zentralen Wärmeerzeugung der SKH wurden folgende Faktoren berücksichtigt:

- Gasverbrauch (vgl. Abschnitt 4.1.1)
- Erzeugungsverluste
- Heizwärmebedarf (vgl. Abschnitt 4.1.2.4)
- Brauchwasserwärmebedarf (vgl. Abschnitt 4.1.2.2)
- Prozeß- und Reindampfwärmebedarf (vgl. 4.1.2.3)
- Speicher- und Verteilungsverluste (vgl. 4.1.2.1)

Der Jahresnutzungsgrad der zentralen Wärmeerzeugungsanlage der SKH wurde im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes auf der Basis von Aufzeichnungen aus den Kesseltagesberichten des Jahres 1996 ermittelt. In den Tagesberichten werden u.a. die Gasverbräuche sowie die Betriebsstunden der Kesselanlagen festgehalten. Die Auswertung der Berichte zeigte, daß die Wärmeversorgung 1996 von 3 der 5 installierten Dampfkessel gewährleistet wurde.

Tafel 4.1.7 Energiekonzept SKH: Jahresnutzungsgrad der zentralen Wärmeerzeugung

| | | | 1 | 2 | 3 |
|---|--|--------|----------|----------|----------|
| | | | Kessel 3 | Kessel 4 | Kessel 5 |
| | Baujahr | | 1977 | 1972 | 1972 |
| A | Spezifischer Bereitschaftsverlust ¹¹ | in % | 3 | 3,5 | 3,5 |
| B | Bereitschaftszeit | in h/a | 8.760 | 8.760 | 8.760 |
| C | Betriebsstunden | in h/a | 5.229 | 4.856 | 4.718 |
| D | Bereitschaftswirkungsgrad (= $(1 - (A * (B/C))) / (1 - A)$) | in % | 97,9 | 97,1 | 96,9 |
| E | Strahlungsverluste ¹² | in % | 4,0 | 4,7 | 4,7 |
| F | Abgasverluste (vgl. Abschnitt 3.2) | in % | 11,7 | 9,6 | 10,0 |
| G | Kesselwirkungsgrad (= $1 - (F+E)$) | in % | 84,3 | 85,7 | 85,3 |

¹¹ Literaturwerte (vgl. u.a. Recknagel/Sprenger/Schrameck: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik)

¹² Literaturwerte

| | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|
| H | Jahresnutzungsgrad der Kessel (= D*G) | in % | 82,5 | 83,2 | 82,7 |
| I | Jahresnutzungsgrad der Kesselanlage (= (H1+H2+H3)/3) | in % | 82,8 | | |

Die Berechnungsergebnisse zeigen, daß 17,2 % der eingesetzten Brennstoffenergie bei der Wärmeerzeugung verloren gehen.

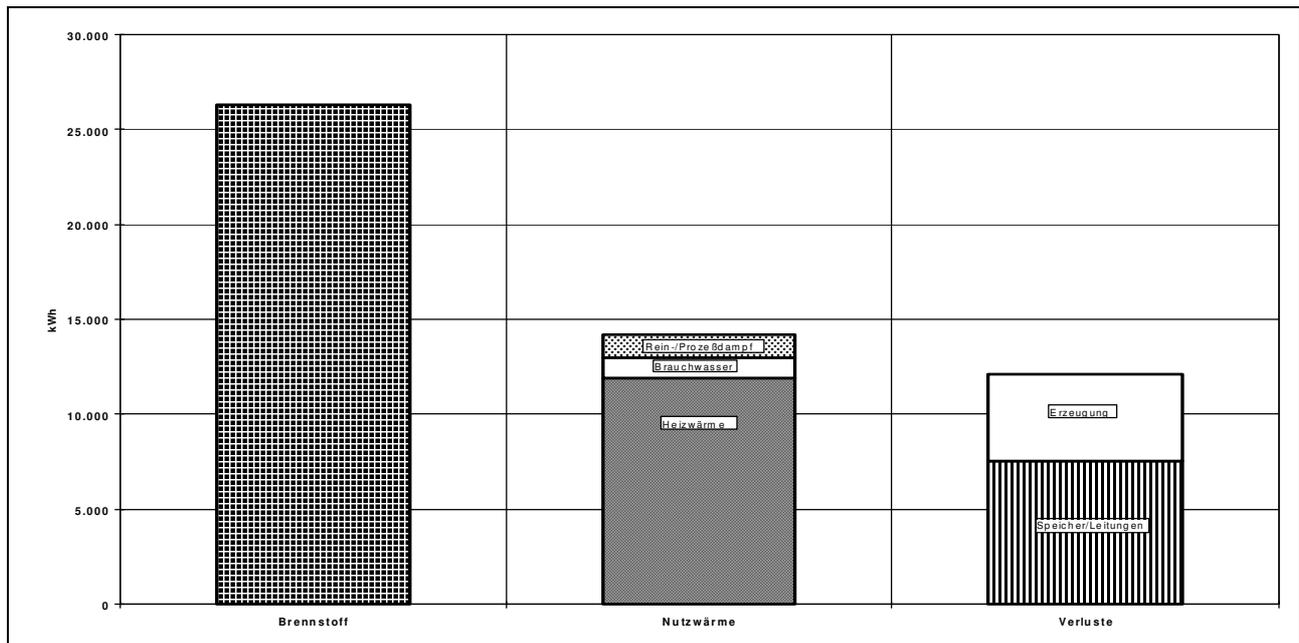
Die energetische Jahresbilanz das zentrale Wärmeerzeugungssystem der SKH ist in der Tafel 4.1.8 aufgeführt.

Tafel 4.1.8 Energiekonzept SKH: Jahresnutzungsgrad der zentralen Wärmeerzeugung

| | | Brennstoff/Wärme in kWh _{HU} /a / kWh/a | Anteil in % |
|----------|---|---|----------------|
| A | Speicher- und Verteilungsverluste | | |
| | - Dampf- und Kondensatsystem | 4.438.285 | 16,88 |
| | - Warmwasser-Heizsystem | 1.695.060 | 6,45 |
| | - Brauchwasserspeicher und Zirkulationssystem | 1.430.145 | 5,44 |
| | | 7.563.490 | 28,76 |
| B | Nutzwärme | | |
| | - Rein- und Prozeßdampf | 1.215.350 | 4,62 |
| | - Heizwärme | 11.920.520 | 45,33 |
| | - Brauchwassererwärmung | 1.075.990 | 4,09 |
| | | 14.211.860 | 54,04 |
| C | Brennstoff (= (A + B) / 0,828) | 26.298.730 | 100 % |

Die hohen Erzeugungs- und Verteilungsverluste des zentralen Wärmeerzeugungssystems der SKH verdeutlicht auch die Darstellung in Bild 4.1.7.

Bild 4.1.7 Energiekonzept SKH: Verteilung des Brennstoffbedarfs



Aufgrund der Ergebnisse der energetischen Gesamtbilanz muß das zentrale Wärmeversorgungssystem der SKH hinsichtlich seiner energetischen Effektivität als sehr schlecht bewertet werden. Der jährlich eingesetzte Brennstoff wird nur etwa zu 54 % in Nutzwärme umgewandelt. Eine wesentliche Ursache für die hohen Systemverluste beruht auf der Tatsache, daß für die primäre Wärmeversorgung ausschließlich Hochdruckdampf eingesetzt wird, obwohl der Anteil des Rein- und Prozeßdampfes am gesamten Nutzwärmebedarf nur ca. 8,6 % beträgt.

4.1.4 Normierung des Heizwärme- und Brennstoffbedarfs

Der Brennstoffbedarf für die Wärmeversorgung der SKH wird wesentlich vom Heizwärmebedarf beeinflusst und ist u.a. auch deshalb jährlichen Schwankungen ausgesetzt.

Ein Instrument zur Bewertung und der Vergleichbarkeit von Jahreswerten des Brennstoffbedarfs für die Wärmeerzeugung stellt die Normierung des Heizwärmebedarfs auf der Basis von Gradtagzahlen dar.

Durch das Gradtagzahlverfahren werden die Einflüsse der Außentemperaturen auf die Gebäudebeheizung erfaßt. Weitere Einflüsse auf den Heizwärmeverbrauch, die beim Gradtagzahlverfahren nicht berücksichtigt werden, sind z.B. Wind, Luftfeuchtigkeit, Wolkenbildung oder Sonneneinstrahlung.

Im Abschnitt 4.1.3 wurde, im Rahmen der Erstellung einer energetischen Gesamtbilanz der zentralen Wärmeversorgung der SKH, der Jahresheizwärmebedarf auf der Basis von typischen Tagesganglinien des Außentemperaturverlaufs gemäß DIN 4710 „Meteorologische Daten“ berechnet. Die in der DIN 4710 berücksichtigten Temperaturverläufe stellen die Mittelwerte einer 20-jährigen Messung dar. Der errechnete Heizwärmebedarf kann somit als Basiswert für Vergleichsberechnungen herangezogen werden.

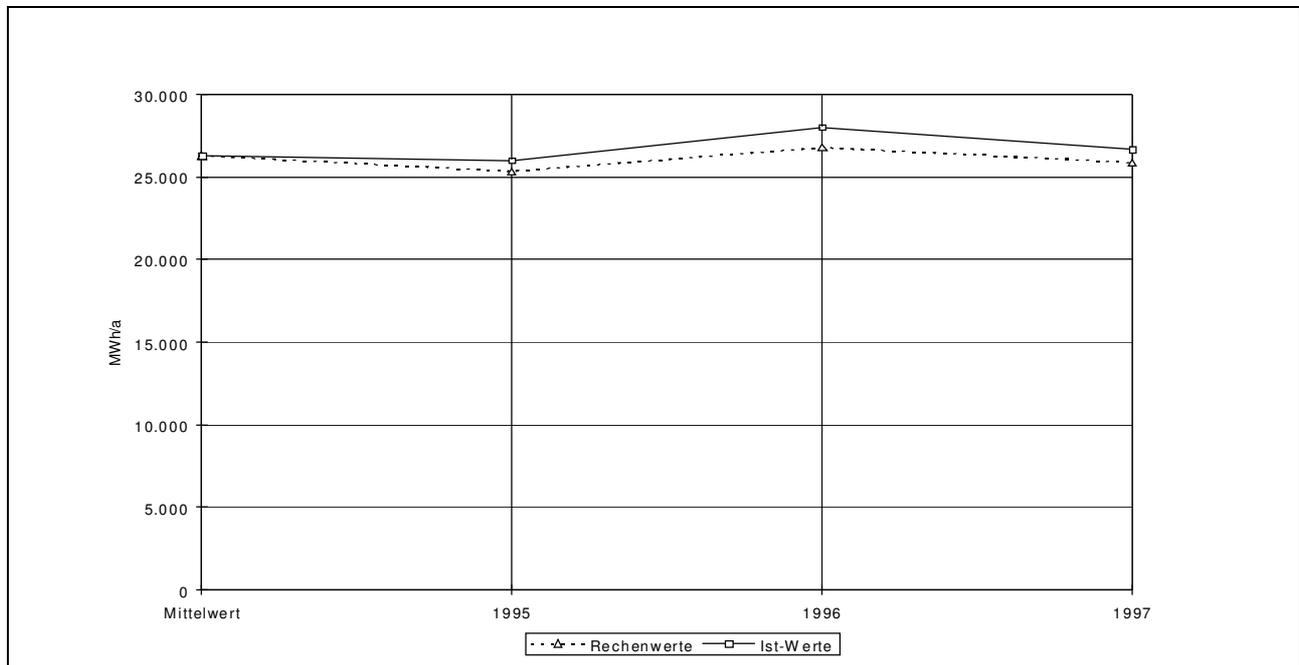
In der Tafel 4.1.9 sind die tatsächlichen Werte des Jahresbrennstoffbedarfs der SKH denjenigen Werten gegenübergestellt, die auf der Basis von Gradtagzahlen errechnet wurden.

Tafel 4.1.9 Energiekonzept SKH: Ist- und Rechenwerte des Jahresbrennstoffbedarfs

| | | Mittelwert | 1995 | 1996 | 1997 |
|---|----------|------------|----------|----------|----------|
| Gradtage (Frankfurt am Main - Flughafen) | in K/d*a | 2.225 | 2.076 | 2.467 | 2.088 |
| Abweichung gegen Mittelwert | in % | - | -6,70 | +10,88 | -6,16 |
| Heizwärmebedarf, rechnerisch | in MWh/a | 11.920,5 | 11.122,3 | 12.332,0 | 11.573,0 |
| Brauchwasser-, Prozeßwärmebedarf, Systemverluste | in MWh/a | 9.854,8 | 9.854,8 | 9.854,8 | 9.854,8 |
| Gesamtwärmebedarf | in MWh/a | 21.775,3 | 20.977,1 | 22.186,8 | 21.427,5 |
| Jahresbrennstoffbedarf, rechn. (Kesselnutzungsgrad = 0,828) | in MWh/a | 26.298,7 | 25.334,6 | 26.795,6 | 25.878,6 |
| Jahresbrennstoffbedarf, Ist | in MWh/a | - | 25.993,4 | 28.022,0 | 26.690,9 |
| Abweichung, Ist gegen Rechenwert | in % | - | + 2,53 | + 4,38 | + 1,49 |

In Bild 4.1.8 sind die Rechenwerte und die tatsächlichen Werte des Jahresbrennstoffbedarfs grafisch gegenübergestellt.

Bild 4.1.8 Energiekonzept SKH: Entwicklung des Jahresbrennstoffbedarfs



Der Vergleich der Rechenwerte des Jahresbrennstoffbedarfs mit den tatsächlichen Verbrauchswerten führt zu folgenden Ergebnissen:

- Ein eindeutiger Trend bei der Entwicklung des Brennstoffverbrauchs kann aus den ermittelten

Werten nicht abgeleitet werden.

- Tendenziell wird der erhebliche Einfluß des Heizwärmebedarfs auf den Gesamtbrennstoffbedarf der SKH belegt. Höhere Gradtagzahlen schlagen sich auch in einem höheren Brennstoffbedarf nieder.
- Durchgängig höhere Ist-Werte als Rechenwerte beim Jahresbrennstoffbedarf können auf verschiedenen Ursachen beruhen. Zum einen besteht die Möglichkeit, daß der tatsächliche Anteil des Heizwärmebedarfs am Gesamtwärmebedarf noch höher ist als bei den Berechnungen im Abschnitt 4.1.3 erfaßbar war. Zum anderen muß davon ausgegangen werden, daß wesentliche, den Gesamtwärmebedarf bestimmende Faktoren, in den SKH über den 3-jährigen Berechnungszeitraum Veränderungen unterlegen waren. Hierzu zählen z.B. der Prozeß- und Brauchwasserwärmebedarf oder Betriebszeiten und die technische Konzeption der RLT-Anlagen.

4.2 Kälteerzeugung und -verbrauch

Der Energiebedarf für die zentrale Kälteversorgung der Klimaanlage sowie die Prozeßkühlung von medizinischen Geräten und die Kondensatorkühlung von Kühlgeräten in den SKH wird nicht durch Meß- bzw. Zähleinrichtungen erfaßt.

Das zentrale Kälteversorgungssystem der SKH wird ganzjährig betrieben um die Kühlung medizinischer Großgeräte und die Kondensatorkühlung von Kühlaggregaten der Zentralküche zu gewährleisten.

4.2.1 Grundlastkältebedarf

Als Grundlage für eine näherungsweise Berechnung des Stromeinsatzes zur Grundlastkälteerzeugung der zentralen Kälteversorgungsanlage (einschließlich der Verteilungsverluste) können Aufzeichnungen des technischen Personals über die täglichen Betriebszeiten der einzelnen Kältemaschinenverdichter in den Wintermonaten (Dezember 1997 und Januar 1998) verwendet werden.

Hierbei wurde bei einer durchschnittlichen Außentemperatur von 2 °C, eine tägliche Betriebszeit von 15 Stunden für einen Verdichter aufgenommen. Da jeder Verdichter insgesamt über 4 Leistungsstufen verfügt, wird im folgenden angenommen, daß die Kältemaschine auf der kleinsten Stufe (Kälteleistung 70 kW, Stromleistungsbedarf 26,6 kW) durchgehend betrieben wird. Daraus errechnet sich, einschließlich dem Leistungsbedarf der Rückkühlung (7,5 kW¹³) und der Kaltwasserpumpe (3,0 kW) folgender jährlicher Strombedarf für die Grundlastkälteversorgung:

$$\begin{aligned} E_{\text{KGa}} &= \text{Jahresstrombedarf der Grundlastkälteversorgung} \\ &= (26,6 + 7,5/2 + 3,0) \text{ kW} * 15 \text{ h/d} * 365 \text{ d/a} \\ &= 182.590 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

Bei einer Leistungszahl (= Kälteleistung / Gesamtstromleistungsbedarf) von 1,9 kann somit von einem ganzjährigen Kältebedarf von 346.921 kWh/a (= 182.590 kWh/a*1,9) ausgegangen werden.

4.2.2 Belastungsverläufe und Jahreskältebedarf zur Raumklimatisierung

Der durchschnittliche Jahreskältebedarf zur Raumklimatisierung der über die zentrale Kälteanlage versorgten Bereiche kann rechnerisch durch die Erstellung von Belastungsverläufen ermittelt werden.

Zur Bestimmung der Belastungsverläufe sowie des Jahreskältebedarfs zur Raumklimatisierung der

¹³ Es wird angenommen, daß der Lüfter nur die Hälfte der Betriebszeit läuft, da die übrige Zeit die Außenlufttemperatur für die Rückkühlung ausreicht.

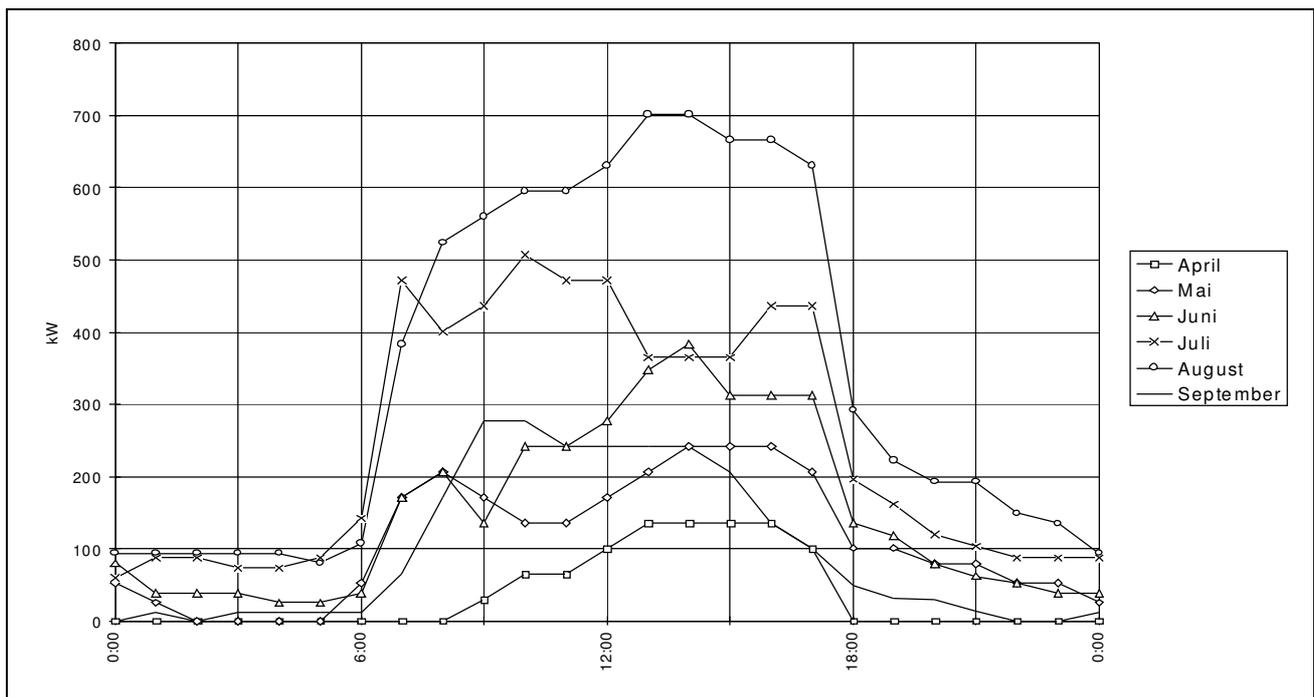
SKH wurden im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes folgende Faktoren berücksichtigt:

- Stundenwerte der Außenlufttemperaturen für Frankfurt gemäß Testreferenzjahr
- stündliche Luftraten der Klimaanlage
- Zu- und Ablufttemperaturen
- Mischluftraten und WRG-System

Aufgrund der durchschnittlichen Außenlufttemperaturen kann davon ausgegangen werden, daß relevanter Kältebedarf für die Raumklimatisierung nur im Zeitraum April-September anfällt. Dementsprechend wird nur dieser Zeitraum bei der Bilanzierung des Jahreskältebedarfs berücksichtigt.

In Bild 4.2.1 sind repräsentative Taglastgänge des Kältebedarfs für die Monate April-September (jeweils der 15.) dargestellt.

Bild 4.2.1 Energiekonzept SKH: Taglastgänge des Kältebedarfs zur Raumklimatisierung



Die an dieser Stelle repräsentativ dargestellten Belastungsverläufe des Kältebedarfs zeigen, daß die maximalen Lastspitzen in den frühen Nachmittagsstunden (gegen 14⁰⁰ Uhr) anfallen.

Die monatlichen Werte des Kältebedarfs sind in der Tafel 4.2.1 bilanziert.

Tafel 4.2.1 Energiekonzept SKH: Monatswerte des Kältebedarfs zur Raumklimatisierung

| | | April | Mai | Juni | Juli | August | September | Gesamt |
|-------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|----------------|
| Kältebedarf | in kWh | 39.510 | 92.400 | 137.380 | 164.390 | 154.350 | 99.810 | 687.840 |

Der rechnerisch ermittelte Jahreskältebedarf zur Raumklimatisierung beträgt 687.840 kWh.

4.2.3 Jahresstrombedarf der zentralen Kälteversorgungsanlage

Der Jahresstrombedarf der zentralen Kälteversorgungsanlage wird bestimmt aus der durchschnittlichen Leistungszahl der Kälteerzeugung und dem Jahreskältebedarf.

Die Kältemaschinen im zentralen Kältesystem der SKH verfügen über luftgekühlte Verflüssiger. Dies bedeutet, daß bei hohen Außenlufttemperaturen, der Zeit des höchsten Kältebedarfs, die Leistungszahl der Kälteerzeugung schlechter wird. Verstärkt wird dieser Effekt bei den Anlagen der SKH durch die Tatsache, daß die Kühlluftzu- und -abfuhr bei der Hauptanlage nicht optimal gewährleistet ist.

Auf der Basis der vorliegenden technischen Unterlagen zu den installierten Anlagen (vgl. auch Abschnitt 3.5) kann eine durchschnittliche Leistungszahl, einschließlich des Strombedarfs für die Rückkühlung und die Maschinenkreispumpen, von 2,5 veranschlagt werden.

Unter Berücksichtigung des im Abschnitt 4.2.2 ermittelten Jahreskältebedarfs kann somit von folgendem Jahresstrombedarf der zentralen Kälteversorgung ausgegangen werden:

$$\begin{aligned}
 E_{Rka} &= \text{Jahresstrombedarf der zentralen Kälteversorgung zur Raumklimatisierung} \\
 &= \frac{Q_{Ka}}{\epsilon_K} \quad \text{in kWh/a} \\
 Q_{Ka} &= \text{Jahreskältebedarf (vgl. Tafel 4.2.1)} \quad \text{in kWh/a} \\
 \epsilon_K &= \text{Leistungszahl der Kälteerzeugung} \\
 &= 687.840 \text{ kWh/a} / 2,5 \\
 &= \mathbf{275.140 \text{ kWh/a}}
 \end{aligned}$$

Der Gesamtstrombedarf der zentralen Kälteversorgung errechnet sich somit wie folgt:

$$\begin{aligned}
 E_{Kgesa} &= \text{Jahresgesamtstrombedarf der zentralen Kälteversorgung} \\
 &= E_{KGa} + E_{Rka} \\
 &= 182.590 \text{ kWh/a} + 275.140 \text{ kWh/a} \\
 &= \mathbf{457.730 \text{ kWh/a}}
 \end{aligned}$$

Der rechnerisch ermittelte Gesamtstrombedarf der zentralen Kälteversorgungsanlage beträgt demnach 457.730 kWh/a.

4.3 Elektrischer Strombedarf- und -verbrauch

4.3.1 Gesamtstrombedarf und -verbrauch

Der Strombedarf der SKH wird ausschließlich aus dem Netz der Main-Kraftwerke Aktiengesellschaft (MKW) gedeckt. Auf der Mittelspannungsseite des MKW-Netzes ist eine Meßeinrichtung installiert, die den Gesamtstrombezug der SKH erfaßt. In monatlichen Abrechnungen werden die entsprechenden Daten dokumentiert.

Die in der Tafel 4.3.1 dargestellten Verbrauchswerte für die Jahre 1995 bis 1997 wurden den internen Monatsaufzeichnung der SKH entnommen.

Tafel 4.3.1 Energiekonzept SKH: Monatswerte des Strombezugs 1995-1997

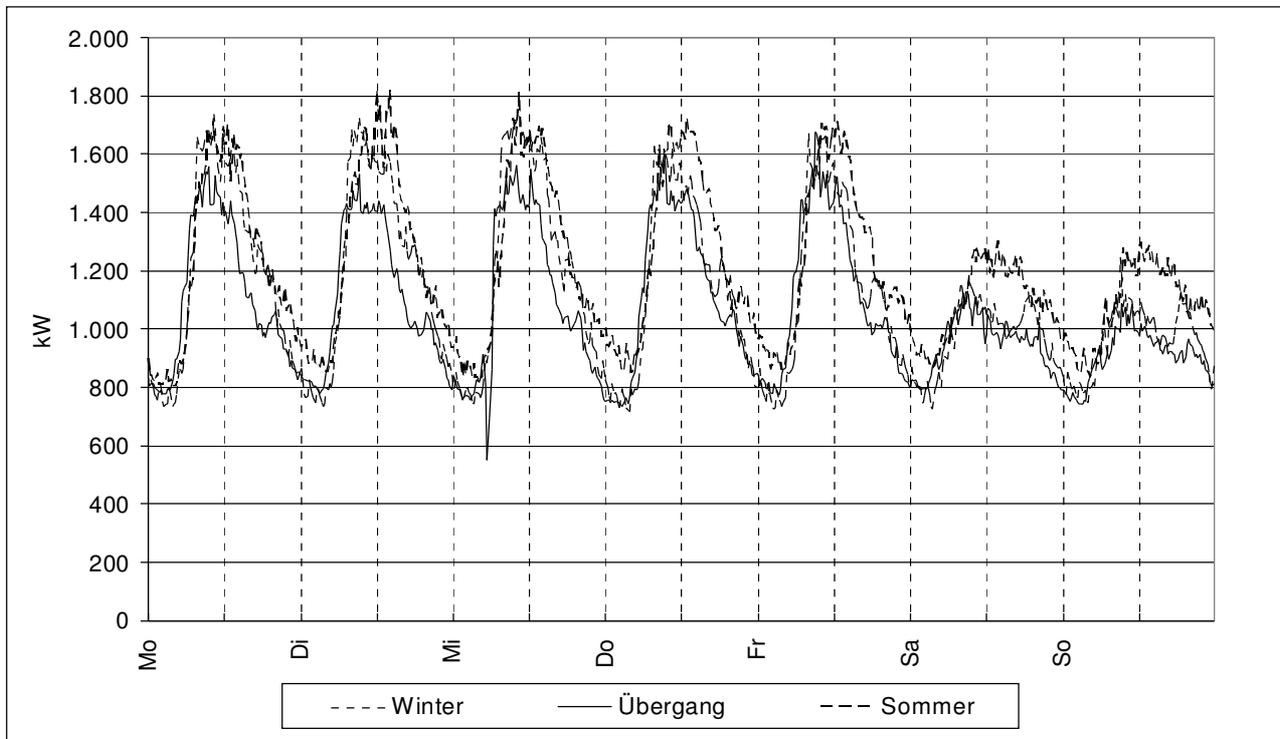
| | 1995 | | | | 1996 | | | | 1997 | | | |
|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| Monat | HT-Arbeit in kWh | NT-Arbeit in kWh | Arbeit, ges in kWh | Leistung in kW | HT-Arbeit in kWh | NT-Arbeit in kWh | Arbeit, ges in kWh | Leistung [kW] | HT-Arbeit in kWh | NT-Arbeit in kWh | Arbeit, ges in kWh | Leistung in kW |
| Januar | 711.920 | 301.760 | 1.013.680 | 1.676 | 697.120 | 302.840 | 999.960 | 1.718 | 744.264 | 303.192 | 1.047.456 | 1.762 |
| Februar | 446.720 | 184.080 | 630.800 | 1.672 | 533.440 | 230.160 | 763.600 | 1.696 | 554.931 | 221.134 | 776.065 | 1.792 |
| März | 403.720 | 345.200 | 748.920 | 1.612 | 373.000 | 322.480 | 695.480 | 1.682 | 379.304 | 327.594 | 706.898 | 1.716 |
| April | 383.600 | 320.240 | 703.840 | 1.538 | 405.360 | 344.200 | 749.560 | 1.668 | 510.870 | 428.848 | 939.718 | 1.644 |
| Mai | 365.560 | 300.280 | 665.840 | 1.574 | 494.920 | 407.240 | 902.160 | 1.736 | 426.651 | 352.198 | 778.849 | 1.687 |
| Juni | 416.440 | 346.200 | 762.640 | 1.664 | 361.680 | 296.520 | 658.200 | 1.801 | 434.250 | 343.697 | 777.947 | 1.703 |
| Juli | 441.600 | 358.720 | 800.320 | 1.664 | 434.720 | 357.760 | 792.480 | 1.734 | 474.205 | 383.959 | 858.164 | 1.775 |
| August | 453.600 | 373.240 | 826.840 | 1.706 | 501.400 | 406.280 | 907.680 | 1.774 | 480.701 | 401.058 | 881.759 | 1.810 |
| September | 377.440 | 310.360 | 687.800 | 1.576 | 428.000 | 346.920 | 774.920 | 1.734 | 448.482 | 367.674 | 816.156 | 1.745 |
| Oktober | 531.720 | 229.520 | 761.240 | 1.614 | 580.400 | 237.080 | 817.480 | 1.776 | 593.501 | 241.219 | 834.720 | 1.804 |
| November | 556.880 | 235.200 | 792.080 | 1.646 | 585.240 | 231.360 | 816.600 | 1.728 | 571.660 | 229.886 | 801.546 | 1.731 |
| Dezember | 422.520 | 174.120 | 596.640 | 1.692 | 431.520 | 166.280 | 597.800 | k.A. | | | 812.025 | |
| Gesamt Maximum | 5.511.720 | 3.478.920 | 8.990.640 | 1.706 | 5.826.800 | 3.649.120 | 9.475.920 | 1.801 | | | 10.031.303 | 1.810 |

Der Vergleich der Werte zeigt, daß der Gesamtstrombedarf der SKH von 1995 bis 1997 kontinuierlich um jährlich ca. 5 % gestiegen ist. Die Leistungsspitzen in den Sommermonaten können auf die Kälteerzeugung, die stark witterungsabhängig ist, zurückgeführt werden. Der jeweils überhöhte Verbrauchswert im Januar ist mit dem Verschieben der Ablesetage (aufgrund der Weihnachts- und Neujahrsfeiertage) zu erklären.

Der Tageslastverlauf des Gesamtstrombezugs der SKH wurde durch eine Meßeinrichtung der MKW von Januar bis August 1997 erfaßt und auf PC-Diskette dokumentiert.

Im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes wurden die entsprechenden Daten ausgewertet. Im Bild 4.3.1 ist jeweils ein gemessener Wochenlastverlauf für den Winter (Februar), die Übergangszeit (April) und den Sommer (August) in 1997 dargestellt.

Bild 4.3.1 Energiekonzept SKH: Wochenlastgänge des Gesamtstrombedarfs im Winter, in der Übergangszeit und im Sommer



Die im Bild 4.3.1 dargestellten Wochenlastverläufe werden wie folgt interpretiert:

- Ganzjährig muß von einer hohen Grundlast ausgegangen werden, die in der Regel nie unter 50% der Spitzenlast abfällt.
- Die Leistungsspitzen im Sommer liegen deutlich über denjenigen im Winter und in der Übergangszeit.
- Die Lastspitzen im Winter und in der Übergangszeit fallen während der Werktage regelmäßig vormittags zwischen 9⁰⁰ und 12⁰⁰ Uhr an.
- Die Lastspitzen im Sommer, die wesentlich von den Kälteerzeugern mitverursacht werden, fallen in die Mittagsstunden.
- Das Absinken der Last an Sams- und Sonntagen zeigt, daß die Spitzen durch Einrichtungen verursacht werden, die vor allem während der Werktage in Betrieb sind.
- In den Morgenstunden des Mittwochs in der Übergangszeit ist deutlich der Test der Netzersatzaggregate mit einem sprunghaften Abfallen der Bezugsleistung zu sehen.

4.3.2 Strom-Schwerpunktverbraucher

Zur Ermittlung der Strom-Schwerpunktverbraucher der SKH wurden im Vorfeld des Teil-Energiekonzeptes von der Technischen Leitung mit Zusammenarbeit mit den MKW schreibende Leistungsmessungen durchgeführt. Weiterhin können bestimmte Verbrauchsgruppen durch vorhandene Verbrauchszählungen zugeordnet werden. Die Mehrzahl der verbleibenden Stromverbraucher konnte, anhand entsprechender technischer Dokumentationen, identifiziert werden.

Verbrauchszähler

In den SKH sind 11 Stromunterzählungen installiert, die jährlich abgelesen werden. In der Tafel 4.3.2 sind die erfaßten Verbrauchswerte der Stromzähler für die Jahre 1995 und 1996 zusammengestellt.

Tafel 4.3.2 Energiekonzept SKH: Jahreswerte der Stromzähler 1995 und 1996

| Bezeichnung | Standort Unterzählung | 1995 in kWh | 1996 in kWh |
|--------------------|------------------------------|----------------|----------------|
| Habermann | Werkstatt | 1.039 | 1.179 |
| UV-Sparkasse | Pforte | 5.535 | 6.177 |
| Cafeteria | Pforte Besucher | 27.313 | 34.921 |
| Funk-Container | A-Bau Keller-Hauptverteilung | | |
| | Hochtarif | 14.310 | 14.348 |
| | Niedertarif | 12.241 | 12.370 |
| SB-Laden | Pforte Verteiler | 20.502 | 22.011 |
| PH 1-3 | A-Bau Keller-Hauptverteilung | 214.313 | 220.591 |
| PH 3 - Sumardi | 14.OG Wandler links | 3.061 | 2.686 |
| PH 3 - Müller | 14. OG Wandler rechts | 3.281 | 3.598 |
| PH 4 | A-Bau Keller-Hauptverteilung | 515.474 | 552.550 |
| PH 2 - Controlling | | 324 | 516 |
| PH 1 2.OG | | 115 | 155 |
| Gesamt | | 817.708 | 871.102 |

Eine Bewertung der dargestellten Jahreswerte der Stromzähler führt zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

- Durch die installierten Zähler wurden 1996 etwa 10 % des Gesamtstromverbrauchs der SKH intern erfaßt. Hierbei haben das Personalwohnhaus 4 mit über 500.000 kWh/a bzw. die Personalwohnhäuser 1-3 (Haus G und J) mit mehr als 210.000 kWh/a den höchsten Anteil.
- Im Vergleich zu 1995 stieg in 1996 der erfaßte Jahresverbrauch um ca. 6 %. Dies entspricht der Steigerung des Gesamtstrombezugs der SKH.

Zentrale Kälteerzeugung

In Abschnitt 4.2 wurde für die zentrale Kälteerzeugungsanlage der SKH der jährliche Strombedarf

ermittelt und dargestellt. Danach ist von einem Jahresgesamtstromverbrauch von **457.730 kWh** auszugehen.

Dezentrale Kälteerzeugung

Für die in Abschnitt 3.4.2.1 aufgeführten dezentralen Kühlmaschinen und Großkühlschränke, kann der jährliche Strombedarf, anhand der aufgenommenen Leistung und einer durchschnittlichen täglichen Vollbenutzungszeit¹⁴, rechnerisch ermittelt werden. Die Ergebnisse sind in Tafel 4.3.3 zusammengefaßt.

Tafel 4.3.3 Energiekonzept SKH: Jährlicher Strombedarf der dezentralen Kälteerzeuger

| Bereich | Summe der installierten Leistung in kW | Tägliche Vollaststunden in h/d | Jährlicher Stromverbrauch in kWh/a |
|--|--|--------------------------------|------------------------------------|
| Dezentrale Kältemaschinen (vgl. Tafel 3.4.7) | 34,5 | 8 | 100.740 |
| Großkühlschränke (vgl. Tafel 3.4.8) | 11,0 | 8 | 32.996 |
| Gesamt | 45,5 | | 133.736 |

Der rechnerisch ermittelte Gesamtstrombedarf für die dezentralen Kälteanlagen und Großkühlschränken beträgt jährlich ca. 133.750 kWh.

Beleuchtung

Wie im Abschnitt 3.7.3 dargestellt, wurden durch Datenaufnahme (Leistung, Leuchten, Vorschaltgeräte, Betriebszeiten) von Beleuchtungsanlagen

- des Zentral-OP,
- der Intensivstationen,
- der alten und der neuen (sanierten) Pflegestationen und
- der durchgehend beleuchteten Bereiche (Flure, Gänge)

die Jahresstromverbräuche der wichtigsten Funktionsbereiche rechnerisch ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tafel 4.3.4 zusammengefaßt.

Tafel 4.3.4 Energiekonzept SKH: Jahresstromverbrauch von

¹⁴ Ermittelt aus gemessenen Stromverbrauchswerten und installierter Kompressorleistung

Beleuchtungsanlagen

| Bezeichnung | Jahresstromverbrauch in kWh |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Zentral OP, A-Bau | 65.428 |
| Intensivstationen, A-Bau | 182.602 |
| Pflegestationen, A-Bau, alt | 242.559 |
| Pflegestationen, A-Bau, neu | 72.343 |
| Pflegestationen, B-Bau | 228.934 |
| Pflegestationen, C-Bau | 161.867 |
| Pflegestationen, D-Bau | 132.589 |
| Flure + Gänge, A-, B-, C- und D-Bau | 136.025 |
| Gesamt | 1.222.347 |

Der rechnerisch ermittelte Strombedarf für die Beleuchtungsanlagen der SKH liegt bei jährlich ca. 1.222.350 kWh/a. Dies entspricht einem Anteil am Gesamtstrombedarf der SKH von ca. 12 %.

Aufzüge

Im Haus A der SKH sind insgesamt 3 Aufzugsgruppen installiert bei denen von einer häufigen Frequentierung auszugehen ist. Aufzeichnungen über die jährlichen Fahrten der einzelnen Aufzüge liegen nicht vor. Nach Schätzungen des Aufzugherstellers ist von jährlich ca. 1 Mio. Fahrten pro Personen- und 500.000 pro Bettenaufzug auszugehen.

In der Tafel 4.3.5 sind die Motorleistungen sowie die angenommenen jährlichen Fahrtenzahlen dargestellt.

Tafel 4.3.5 Energiekonzept SKH: Motorleistungen und Anzahl der Fahrten der Aufzugsanlagen in Zentralbau

| Aufzug-Nr. | Funktion | Motorleistung in kW | Fahrten pro Jahr |
|---------------|----------------|---------------------|------------------|
| 1 | Weststationen | 38 | 500.000 |
| 8 | Oststationen | 38 | 500.000 |
| 2 | Bettenaufzug | 53 | 500.000 |
| 3 | Bettenaufzug | 53 | 500.000 |
| 4 | Bettenaufzug | 29 | 500.000 |
| 5 | Personenaufzug | 12,5 | 1 Mio. |
| 6 | Personenaufzug | 12,5 | 1 Mio. |
| 7 | Personenaufzug | 12,5 | 1 Mio. |
| Gesamt | | 248,5 | 5,5 Mio. |

Anhand von gemessenen vergleichbaren Aufzugsanlagen durch den Hersteller, kann vom einem durchschnittlichen Strombedarf pro Fahrt von 55 Wh ausgegangen werden. Bezogen auf die Gesamtfahrtenzahl aller Aufzüge der 3 zentralen Anlagen ergibt sich somit ein **Jahresstromverbrauch**

von **302.500 kWh**. Dies entspricht einem Anteil von ca. 3,2 % am Gesamtstromverbrauch der SKH in 1996.

Pumpen

Die Leistungswerte der Umwälzpumpen für das Heizungssystem und der Zirkulationspumpen für das Brauchwarmwassernetz wurden im Rahmen von Begehungen vor Ort aufgenommen und in Abschnitt 3.2 und 3.3 dokumentiert. Die gesamte erfaßte Umwälzpumpenleistung liegt bei 47 kW und die der Zirkulationspumpen bei 21 kW.

Nach Mitteilung der technischen Leitung der SKH werden die nicht geregelten Umwälzpumpen im Dauerbetrieb betrieben. Die Zirkulationspumpen müssen ebenfalls durchgehend betrieben werden, damit durchgehend an jeder Zapfstelle warmes Wasser ansteht.

Nach Auswertung der Laufzeiten ergibt sich ein Jahresgesamtstromverbrauch für die Umwälzpumpen von **224.291 kWh** und für die Zirkulationspumpen von **181.858 kWh/a**.

Stromverbrauch der Wärmeerzeugung

Der Stromverbrauch, der beim Betrieb der Wärmeerzeugungsanlagen der SKH anfällt, wird nicht explizit durch Zählerleinrichtungen erfaßt.

Über die Anschlußleistungen der Brenner und Kesselpumpen sowie die entsprechenden Betriebsstunden der Motoren kann der Stromverbrauch der Wärmeerzeugung näherungsweise errechnet werden. Hiernach ergeben sich die in der Tafel 4.3.6 dargestellten Werte.

Tafel 4.3.6 Energiekonzept SKH: Jahresstromverbrauch der Wärmeerzeugungsanlagen

| | Brenner Leistung in kW | Kesselspeise- wasserpumpe Leistung in kW | Betriebsstunden in h/a | Strombedarf in kWh/a |
|---------------------------|------------------------------|---|---------------------------|-------------------------|
| HDD-Kessel 1 | 9,0 | 4,0 | 15 | 195 |
| HDD-Kessel 2 | 9,0 | 4,0 | 173 | 2.249 |
| HDD-Kessel 3 | 9,0 | 4,0 | 5.229 | 67.977 |
| HDD-Kessel 4 | 9,0 | 4,0 | 4.856 | 63.128 |
| HDD-Kessel 5 | 9,0 | 4,0 | 4.718 | 61.334 |
| Zentr. Speisewasserpumpen | | 6,5 | 8.760 | 56.940 |
| Geriatric | 0,3 | | 1.929 | 579 |
| Gesamt | | | 25.680 | 252.402 |

Der Gesamtstrombedarf für die Heiz- und Prozeßwärmeversorgung der SKH kann somit in einer

Größenordnung von ca. 271.000 kWh/a veranschlagt werden.

4.3.3 Lastverläufe des Strombedarfs von Schwerpunktverbrauchern

Um näheren Aufschluß über die Struktur des Stromverbrauchs zu erhalten, wurden im Vorfeld des Teil-Energiekonzeptes schreibende Strommessungen bei Verbrauchergruppen (Funktionsbereiche, Bauteile) durch die MKW vorgenommen (Meßzeitraum: Dezember 1996 bis April 1997). Hierbei wurden, über einen Zeitraum von mindestens 3 Wochen, die 1/4-stündlichen Tageslastgänge des Strombedarfs aufgezeichnet, so daß sowohl Tages- als auch Wochenprofile erstellt werden konnten.

Des weiteren wurden während der Erarbeitung des Konzeptes Messungen der Stromleistungsaufnahme bei Lüftermotoren durchgeführt, da die Nennleistung in den technischen Unterlagen in der Regel relevant von der tatsächlich aufgenommenen Leistung abweicht.

RLT-Anlagen

In der Tafel 4.3.7 sind die gemessenen Stromleistungsaufnahmewerte für die RLT-Anlagen mit Ventilatornennleistungen über 5 kW zusammengestellt. Mit den, von der Technischen Leitung angegebenen, Betriebszeiten der Anlagen, wird der jährliche Strombedarf errechnet.

Tafel 4.3.7 Energiekonzept SKH: Gemessene Stromleistungsaufnahme der Ventilatoren von RLT-Anlagen mit den höchsten Ventilatornennleistungen

| Anlagen-Nr. | Gebäude/Bauteil Versorgungsbereiche | Motormennleistung - Zuluft | | Motormennleistung - Abluft | | Motormeßleistung - Zuluft | | Motormeßleistung - Abluft | | Betriebszeiten | | Strombedarf in kWh/a |
|-------------|--|----------------------------|----------|----------------------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|----------------|----------|-------------------------|
| | | Volllast | Teillast | Volllast | Teillast | Volllast | Teillast | Volllast | Teillast | Volllast | Teillast | |
| | | in kW | in kW | in kW | in kW | in kW | in kW | in kW | in kW | in h/d | in h/d | |
| KL 1 | OP 1-3 | 9,50 | 2,80 | 2,10 | 0,75 | 6,25 | 2,70 | 1,83 | 0,87 | 10,50 | 13,50 | 48.558 |
| KL 2 | OP 4 | 5,00 | 1,70 | 1,10 | 0,38 | 4,50 | 1,80 | 0,70 | 0,44 | 10,50 | 13,50 | 30.967 |
| KL 5 | Sterilgut / Flur | 9,50 | 2,80 | 1,10 | 0,38 | 7,40 | 1,60 | 0,50 | 0,40 | 10,50 | 13,50 | 40.132 |
| AKL 5a | Sterilgut | | | 0,80 | 0,29 | | | 0,70 | 0,45 | 10,50 | 13,50 | 4.900 |
| KL 6 | OP - Flur | 9,50 | 2,80 | 2,10 | 0,75 | 2,60 | 0,82 | 1,60 | 0,70 | 10,50 | 13,50 | 23.586 |
| KL 7 | Aufwachraum | 5,00 | 1,70 | 1,70 | 0,60 | 4,20 | 1,60 | 1,40 | 0,68 | 10,50 | 13,50 | 32.697 |
| KL 8 | Umkleide | 9,50 | 2,80 | 1,70 | 0,60 | 5,00 | 1,70 | 1,60 | 0,65 | 10,50 | 13,50 | 36.874 |
| KL 9 | Steri. | 5,00 | 1,70 | 3,60 | 1,20 | 4,70 | 1,80 | 3,80 | 1,60 | 10,50 | 13,50 | 49.330 |
| KL 11 | Entbindung | 9,50 | 2,80 | 3,00 | 0,90 | 7,90 | 1,50 | 1,70 | 0,80 | 10,50 | 13,50 | 48.125 |
| KL 12 | A 2 L | 14,00 | 3,50 | 3,70 | 0,90 | 9,12 | 2,20 | 3,30 | 0,70 | 24,00 | | 108.799 |
| KL 23 | OP 1 | 2,50 | 0,65 | 1,40 | 0,33 | 2,70 | 0,00 | 1,80 | 0,00 | 10,50 | 13,50 | 17.246 |
| KL 24 | OP - Flur | 8,00 | 2,00 | 5,90 | 1,45 | 8,00 | 1,00 | 4,30 | 0,70 | 10,50 | 13,50 | 55.517 |
| KL 28 | Bewegungsbad | 8,20 | 3,50 | 8,20 | 3,00 | 6,60 | 2,00 | 7,00 | 2,00 | 10,50 | | 52.122 |
| KL 29 | Turnhalle | 6,00 | 2,20 | 6,00 | 2,20 | 5,20 | 1,10 | 5,00 | 1,20 | 14,50 | | 53.984 |
| KL 30 | OP 1-2 | 8,30 | 1,70 | 6,20 | 1,30 | 7,10 | 1,10 | 5,30 | 0,95 | 10,50 | 13,50 | 57.624 |
| LU 39 | OP 1 - AB-Taktwasch. | | | | 7,50 | | | | 7,50 | | 24,00 | 65.700 |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| Anlagen-Nr. | Gebäude/Bauteil Versorgungsbereiche | Motormennleistung - Zuluft | | Motormennleistung - Abluft | | Motormeßleistung - Zuluft | | Motormeßleistung - Abluft | | Betriebszeiten | | Strombedarf in kWh/a |
|-------------|--|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| | | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in h/d | Teillast in h/d | |
| LU 40 | OP 1 - AB-Anlagen | | | | 7,50 | | | | 4,10 | | 24,00 | 35.916 |
| LU 9 | Verwaltung | 3,60 | 1,20 | 3,00 | 0,90 | 1,90 | 0,95 | 2,30 | 0,93 | 14,50 | 9,50 | 28.747 |
| LU 10 | Zentralmagazin | 3,00 | 0,90 | 3,00 | 0,90 | 2,90 | 1,20 | 2,70 | 1,20 | 10,50 | 13,50 | 33.288 |
| LU 20 | Keller | 13,30 | 3,00 | 9,00 | 2,20 | 5,80 | 1,00 | 5,30 | 1,30 | 12,50 | | 50.644 |
| LU 21 | D 41 - D 62 | 15,50 | 3,80 | 13,00 | 3,00 | 11,30 | 1,50 | 7,30 | 1,30 | 24,00 | | 162.936 |
| LU 22 | Umkleide | 5,90 | 1,45 | 4,50 | 1,10 | 4,50 | 0,78 | 3,20 | 0,52 | 24,00 | | 67.452 |
| LU 23 | Untersuchung | 5,90 | 1,45 | 4,50 | 1,10 | 6,20 | 0,95 | 3,10 | 0,60 | 24,00 | | 81.468 |
| LU 1 | Hauptküche | 26,00 | 9,50 | 30,00 | 9,00 | 20,00 | 6,70 | 26,00 | 8,30 | 14,00 | | 235.060 |
| LU 6 | Radiologie, Beleuchtung | 6,00 | 2,00 | 4,50 | 1,50 | 3,40 | 1,40 | 3,80 | 1,70 | 14,00 | | 36.792 |
| LU 7 | Station A3R | 5,00 | 1,00 | 6,20 | 1,30 | 3,70 | 0,75 | 5,00 | 1,00 | 24,00 | | 76.212 |
| LU 8 | Station A3L | 5,00 | 1,00 | 6,20 | 1,30 | 3,70 | 0,75 | 5,00 | 1,00 | 24,00 | | 76.212 |
| | Summe | 199 | 58 | 133 | 52 | 145 | 37 | 104 | 42 | | | 1.610.887 |

Wie aus den Summenwerten in Tafel 4.3.7 zu ersehen ist, liegen die Werte der gemessenen Motorleistungen zu den angegebenen Nennleistungen um ca. 25 - 30 % niedriger. Unter Berücksichtigung der Betriebszeiten der einzelnen RLT-Anlagen errechnet sich ein Jahresstromverbrauch von 1.610.890 kWh/a. Dies entspricht etwa 17 % des Gesamtstromverbrauchs der SKH.

Für die übrigen Klima- und Lüftungsanlagen der SKH wurden, anhand technischer Dokumentationen und den Betriebszeiten der Anlagen (kursive gedruckte Zeiten mußten angenommen werden, da keine exakten Betriebszeiten ermittelt werden konnten).

Tafel 4.3.8 Energiekonzept SKH: Berechneter Strombedarf der nicht gemessenen Klimaanlage

| Zentrale / Standort | Anlagen Nr. | Versorgungsbereiche | Ventilatorleistung Zuluft | | Ventilatorleistung Abluft | | Betriebszeit | | Strombedarf in kWh/a |
|----------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| | | | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in h/d | Teillast in h/d | |
| KZ/OP 1/A1 / 1. OG | KL 3 | OP 8 | 5,00 | 1,70 | 2,90 | 1,40 | 10,5 | 13,5 | 45.552 |
| KZ/ OP 1/ A1/ 1. OG | KL 4 | OP 5-7 | 9,50 | 2,80 | 2,10 | 0,38 | 10,5 | 13,5 | 60.126 |
| KZ/ OP 2/ AB / 2. OG | KL 13 | Not- OP 14 | 4,50 | 1,00 | 1,50 | 0,33 | 10,5 | 13,5 | 29.549 |
| KZ/ OP 2/ AB / 2. OG | KL 14 | Urologie OP 13 | 3,00 | 0,60 | 1,10 | 0,23 | 10,5 | 13,5 | 19.803 |
| KZ/ OP 2/ AB / 2. OG | KL 15 | Sterilgut | 4,50 | 1,00 | 0,75 | 0,15 | 10,5 | 13,5 | 25.787 |
| KZ/ OP 2/ AB / 2. OG | KL 16 | OP-Flur | 5,70 | 1,20 | 1,50 | 0,33 | 10,5 | 13,5 | 35.133 |
| KZ/ OP 2/ AB / 2. OG | KL 17 | Endos.1 -OP 10 | 4,50 | 1,00 | 1,10 | 0,23 | 10,5 | 13,5 | 27.523 |

| Zentrale / Standort | Anlagen Nr. | Versorgungsbereiche | Ventilatorleistung Zuluft | | Ventilatorleistung Abluft | | Betriebszeit | | Strombedarf in kWh/a |
|-----------------------|-------------|---------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| | | | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in h/d | Teillast in h/d | |
| KZ/ OP 2/ AB / 2. OG | KL 18 | Endos. 2-OP 11 | 4,50 | 1,00 | 1,10 | 0,23 | 10,5 | 13,5 | 27.523 |
| KZ/ OP 2/ AB / 2. OG | KL 19 | Endos. 3-OP 12 | 2,20 | 4,50 | 2,20 | 0,45 | 10,5 | 13,5 | 41.254 |
| KZ/ OP 2/ AB / 2. OG | KL 20 | Septischer OP 9 | 5,70 | 1,20 | 1,50 | 0,30 | 10,5 | 13,5 | 34.985 |
| KZ/Augen OP/D | KL 21 | Not - OP | 4,50 | 1,10 | 2,00 | 0,50 | 10,5 | 13,5 | 32.795 |
| KZ/ Augen OP/ D | KL 22 | OP 2 | 2,50 | 0,65 | 1,40 | 0,33 | 10,5 | 13,5 | 19.776 |
| KZ/ Augen OP/ D | KL 25 | Ambulanz | 1,50 | 0,70 | 1,40 | 0,33 | 10,5 | 13,5 | 16.190 |
| KZ/ Augen OP/ D | KL 26 | Augenklinik | 2,00 | 0,50 | 1,40 | 0,33 | 10,5 | 13,5 | 17.120 |
| KZ/ Augen OP/ D | KL 27 | Untersuchung | 4,50 | 1,10 | 2,00 | 0,50 | 10,5 | 13,5 | 32.795 |
| LZ / Zentrallager /A1 | KL 10 | Verkaufsräume | 2,20 | 2,20 | | | 12,0 | | 9.636 |
| 2.OG/Turm Ost | KL 36 | | 2,40 | 0,75 | 3,00 | 1,00 | 12,0 | 12,0 | 31.317 |
| 2.OG/Turm West | | | | | 1,50 | 0,50 | | 24,0 | 4.380 |
| KZ West /C/ | KL 31 | OP 3 | 4,50 | 1,10 | 2,50 | 0,65 | 5,0 | 5,0 | 15.969 |
| KZ-Unfallchirurgie | KL 32 | OP sept + asept | 2,20 | | 0,75 | 0,15 | 24,0 | | 25.842 |
| Allgem. Zentralbau/ | KL 33 | A 6 L | 4,00 | | 4,00 | | 24,0 | | 70.080 |
| Allg. ZB-Breitfuß | KL 34 | Schock-Gips | | | | | 24,0 | | 0 |
| Allg. ZB-Breitfuß | KL 35 | Funktionsräume | 5,00 | 1,90 | 3,00 | 0,90 | 10,0 | | 29.200 |
| Allg. ZB-Breitfuß0 | KL 37 | Labor/Büros | | | | | | | 0 |
| GESAMT | | | | | | | | | 652.335 |

Der rechnerisch ermittelte jährliche Strombedarf der nicht gemessenen Klimaanlage der SKH liegt bei ca. 652.000 kWh.

Die technischen Daten und Berechnungsergebnisse für die nicht gemessenen Lüftungsanlagen ist in Tafel 4.3.9 dargestellt.

Tafel 4.3.9 Energiekonzept SKH: Berechneter Strombedarf der nicht gemessenen Lüftungsanlagen

| Zentrale / Standort | Anlagen Nr. | Versorgungsbereiche | Ventilatorleistung Zuluft | | Ventilatorleistung Abluft | | Betriebszeit | | Strombedarf in kWh/a |
|-------------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| | | | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in kW | Teillast in kW | Volllast in h/d | Teillast in h/d | |
| UT 3 UG | (15 A) | Maschinenraum 0.003 | 0,00 | | 0,11 | | 10,5 | | 422 |
| UT 3 UG | (16 A) | Maschinenraum 0.001 | 0,00 | | 0,09 | | 10,5 | | 326 |
| LZ /Zentrallager/A 1 | LU 41 | Eingangshal./WC | | | 0,15 | | 10,5 | | 575 |
| LZ / Zentrallager/A 1 | LU 42 | Dusche / WC | | | 0,11 | | 10,5 | | 422 |
| KZ / A1 / UG | LU 43 | Kältezentrale | | | 2,30 | | 10,5 | | 8.815 |
| UT 3 UG | (22 A) | Maschinenraum 0.113 a | 0,00 | | 0,09 | | 10,5 | | 326 |
| KZ Augen OP / D / 3. OG | LU 24 | Ambulanz | 3,10 | 0,80 | 3,10 | 0,80 | 10,5 | | 23.762 |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| Zentrale / Standort | Anlagen Nr. | Versorgungsbereiche | Ventilatorleistung Zuluft | | Ventilatorleistung Abluft | | Betriebszeit | | Strombedarf in kWh/a |
|---|-------------|-------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | | | Vollast in kW | Teillast in kW | Vollast in kW | Teillast in kW | Vollast in h/d | Teillast in h/d | |
| Heizungszentrale/ D | LU 53 | PNA | | | 0,65 | | 10,5 | | 2.491 |
| LZ / ZB-Breitfuß | | Küche/Cafeteria | 8,00 | 2,70 | | | 10,5 | 13,5 | 43.964 |
| LZ / AB / 14.OG | | Küche/Cafeteria | | | 3,00 | 0,90 | 10,5 | 13,5 | 15.932 |
| LZ / ZB-Breitfuß / EG | | Cafeteria | 3,00 | 0,90 | 1,50 | 0,33 | 10,5 | 13,5 | 23.307 |
| ZB-Breitfuß/2. OG | LU 11 | Archiv | 1,50 | 0,50 | 1,00 | 0,40 | 10,5 | | 9.581 |
| Allg. Bettennebenbau | LU 18 | B 28-31 | 1,10 | | | | 10,5 | | 4.216 |
| Aufzugsmaschinenraum Haupt / D / 4. OG, PNA | LU 31 | Abluft | | | 0,55 | | 10,5 | | 2.108 |
| Heizungszentrale/D | LU 25 | Lagerräume UG | 4,50 | 1,10 | 2,50 | 0,65 | 24 | | 61.320 |
| Allg. PNA/ UG | LU 26 | Therapie | 1,10 | 0,37 | 1,10 | 0,37 | 11 | | 8.833 |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 2 | Pathologie, Sektion | 2,80 | 0,60 | 3,50 | 0,70 | 24 | | 55.188 |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 3 | Ambulanz, Behandlung | 4,50 | 1,50 | 4,50 | 1,50 | 24 | | 78.840 |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 4 | Zentrallabor, Analyse | 3,50 | 0,70 | 3,50 | 0,70 | 24 | | 61.320 |
| Haupt-LZ / AB / UG | LU 5 | Chirurgie, Umkleide | | | 1,10 | 0,23 | 24 | | 9.636 |
| Allgem./ ZB-Breitfuß | LU 12 | Liegend-Anfahrt | 0,18 | 0,03 | | | 24 | | 1.577 |
| Allgem./ZB-Breitfuß | LU 13 | Radiologie 3 | | | | | 13,5 | 10,5 | 0 |
| Kältezentrale/ A1/ UG | LU 14 | Schaltschrank | 1,10 | | | | 24 | | 9.636 |
| Allg. Bettennebenbau | LU 15 | B22 - B 23 | 1,10 | | | | 24 | | 9.636 |
| Allg. Bettennebenbauten | LU 16 | B24 - B27 | 1,10 | | | | 24 | | 9.636 |
| Allg. Bettennebenbau | LU 17 | Milchküche, Zubereitung | 1,10 | | | | 24 | | 9.636 |
| Allg. Bettennebenbau | LU 19 | B - 32 Intensiv | | | | | 24 | | 0 |
| Allg./Geriatrische Tageskl./UG/Geriatr. TK | LU 27 | Geriatr. TK | 1,50 | | | | 12,5 | | 6.844 |
| Allg/ZB-Breitfuß | LU 28 | Demoraum UG | 1,50 | 0,33 | 0,55 | 0,11 | 24 | | 17.958 |
| Aufzugsmasch. Nord/D | LU 30 | Abluft | | | 0,37 | | 24 | | 3.241 |
| Aufzugsmasch. C / 3. OG | LU 32 | Abluft | | | 0,06 | | 24 | | 482 |
| Aufzugsmasch.Ost/A/DG | LU 36 | Abluft | | | 0,30 | 0,15 | 11 | | 1.205 |
| Aufzugsmasch West/A | LU 37 | Abluft | | | 0,30 | 0,15 | 10,5 | | 1.150 |
| Aufzugsmasch. Mitte / A | LU 38 | Abluft | | | 0,77 | 0,44 | 10,5 | | 2.951 |
| Allg./ZB-Breitfuß/UG | LU 46 | Abluft | | | 1,50 | | 10,5 | | 5.749 |
| Augen-Neurologie-Psychiatrie/UG/ | LU 48 | Batterie-Telefonz. | | | 0,48 | | 10,5 | | 1.840 |
| A/Augen-Neurologie-Psychiatrie/3. OG | LU 49 | Batterieraum - PNA | | | 0,09 | | 10,5 | | 345 |
| KZ OP 1/ A! / 1. OG | LU 50 | Batterie - OP 1 | | | 0,14 | | 10,5 | | 537 |
| KZ OP 2 / AB/ 2. OG | LU 51 | Batterie - OP 2 | | | | | | | 0 |
| Allgem/ Werkstattgebäude/ EG / Polsterei | LU 52 | Polsterei | | | 0,15 | | 10,5 | | 575 |
| Heizungszentrale /D / UG | LU 53 | Liegendkrankenanhfahrt | 0,00 | | 0,34 | | 10,5 | | 1.303 |
| Zentralb.-Breitfuß/ 1.OG | LU54 | Ents. / Aufenthalt | | | | | | | 0 |
| Allg./ Zentralbau-Breitfuß | LU 55 | Unr. Arbeit | | | | | | | 0 |
| Allg./ Z-Bau-Breitfuß / EG | LU 56 | Nischenabluf | | | | | | | 0 |

| Zentrale / Standort | Anlagen Nr. | Versorgungsbereiche | Ventilatorleistung Zuluft | | Ventilatorleistung Abluft | | Betriebszeit | | Strombedarf in kWh/a |
|---------------------|-------------|---------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | | | Vollast in kW | Teillast in kW | Vollast in kW | Teillast in kW | Vollast in h/d | Teillast in h/d | |
| GESAMT | | | | | | | | | 495.681 |

Für die nicht gemessenen Lüftungsanlagen der SKH wurde ein jährlicher Stromverbrauch von 495.680 kWh ermittelt.

Funktionsbereiche

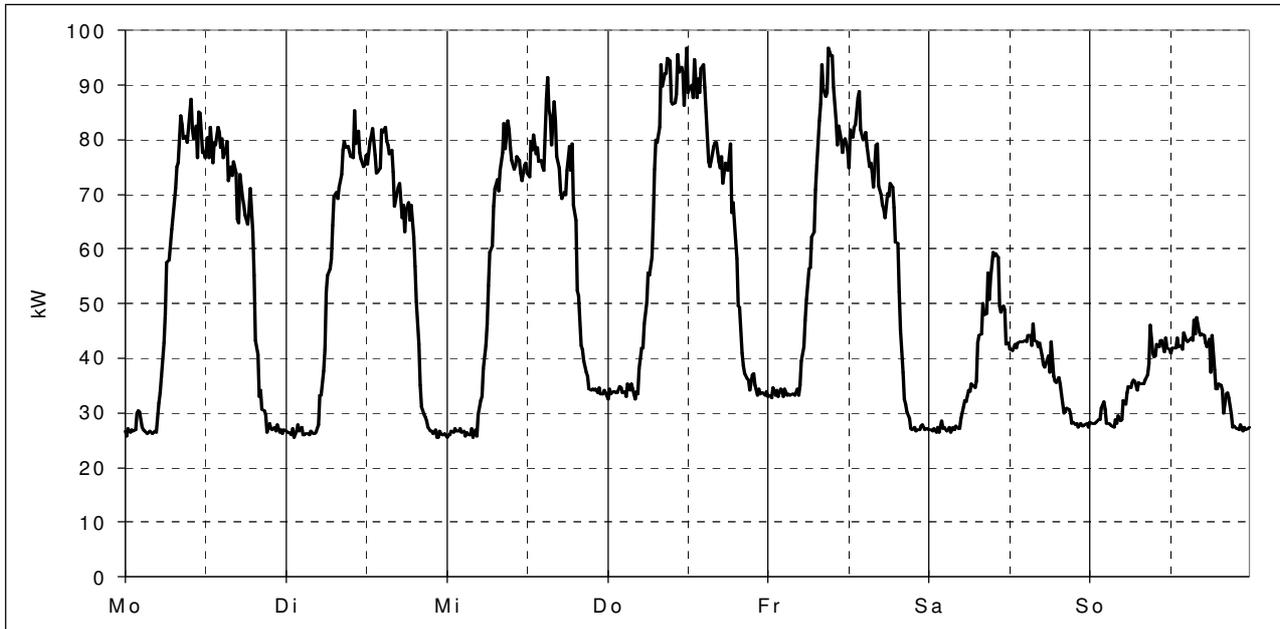
In den Bildern 4.3.2ff sind die Ergebnisse der Tagesgangmessungen für folgende Funktionsbereiche bzw. Gebäude dokumentiert:

| Meßstelle | Stromzange in Ampere | Einbau | Ausbau |
|-------------------------------|----------------------|----------|----------|
| OP-Neubau | 500 | 20.12.96 | 23.01.97 |
| Lüftungszentrale Dach | 200 | 20.12.96 | 23.01.97 |
| OP-Abt. 2, 1.OG | 200 | 20.12.96 | 23.01.97 |
| Lüftungsmaschinenraum | 500 | 23.01.97 | 19.02.97 |
| Personalhaus 1-3 | 500 | 23.01.97 | 19.02.97 |
| Radiologie | 200 | 23.01.97 | 19.02.97 |
| Kernspin. | 150 | 23.01.97 | 19.02.97 |
| Röntgen CT | 100 | 23.01.97 | 19.02.97 |
| Orthopädie | 500 | 19.02.97 | 05.03.97 |
| Orthopädie Anbau | 500 | 19.02.97 | 05.03.97 |
| Küche | 500 | 19.02.97 | 05.03.97 |
| Apotheke | 150 | 19.02.97 | 05.03.97 |
| Audiometrieraum ¹⁵ | 100 | 19.02.97 | 05.03.97 |

OP-Neubau

Bild 4.3.2 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs des OP-Neubaus vom 06.01-12.01.97

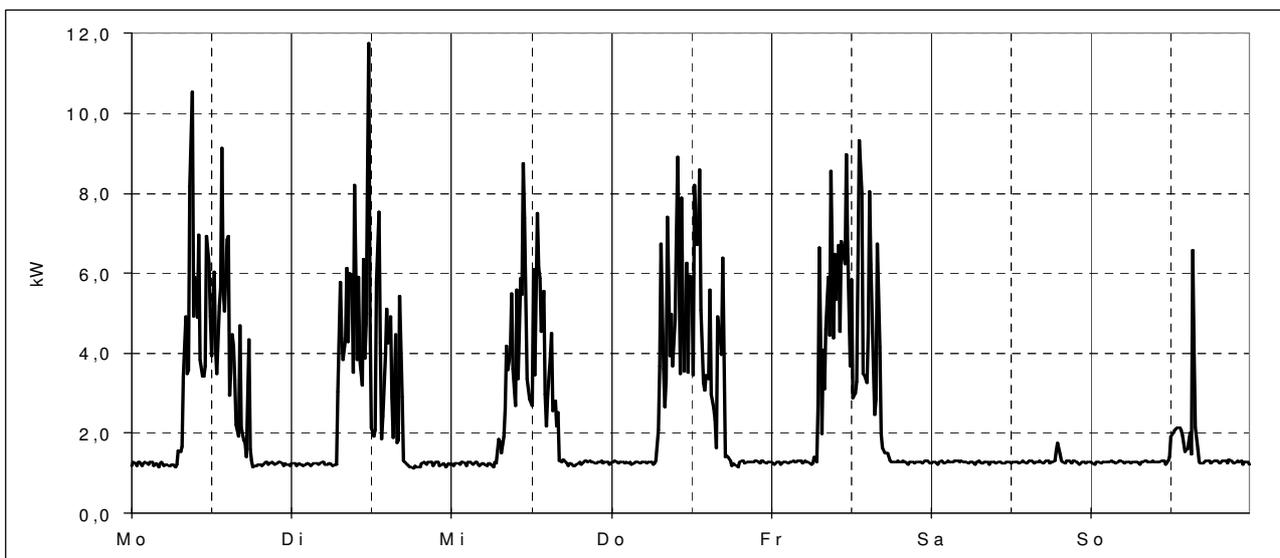
¹⁵ Es wurden keine verwertbaren Ergebnisse dokumentiert



Am Lastverlauf ist deutlich abzulesen, daß die Grundlast für den OP-Neubau durchgehend bei 27 kW liegt. Der Bedarf steigt während des Krankenhausbetriebs tagsüber bis auf Spitzenwerte von 100 kW auf. Der Stromverbrauch während des Meßzeitraums betrug 8.583 kWh/Wo.

OP-Abteilung 2 (1.OG)

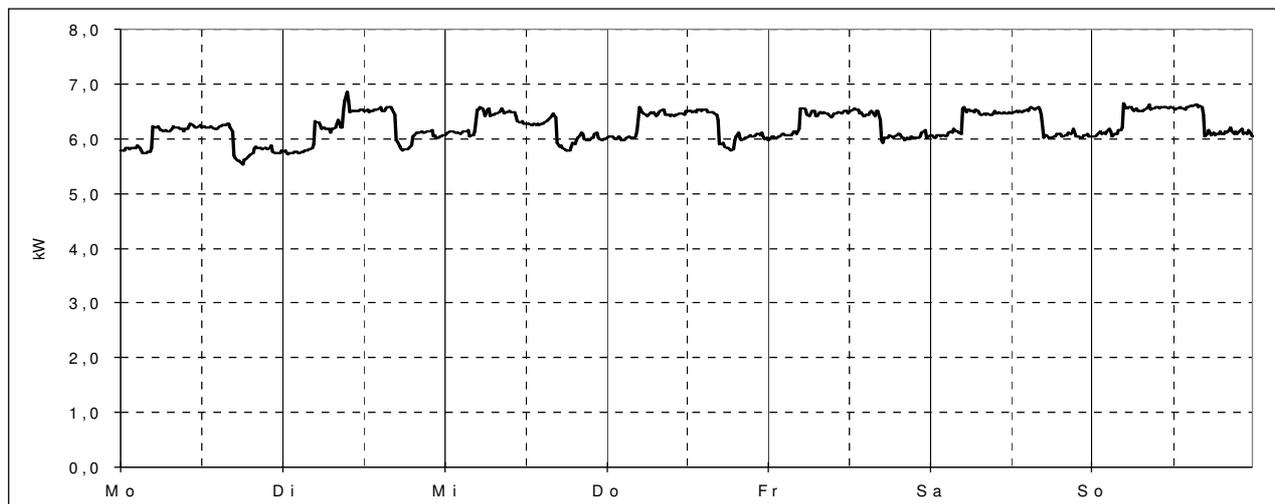
Bild 4.3.3 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs der OP-Abteilung 2 vom 06.01-12.01.97



Die Stromgrundlast der OP-Abteilung 2 beträgt ca. 1,3 kW. Während des Krankenhausbetriebs steigen die Bedarfswerte in den Mittagsstunden an Werktagen bis auf knapp 12 kW an. Der registrierte Stromverbrauch des Meßzeitraums lag bei 379 kWh/Wo. Die Lastspitzen am Wochenende sind auf außerplanmäßige OP-Nutzungen zurückzuführen.

Lüftungszentrale Dach (OP 2, Endoskopie, Intensiv A2L)

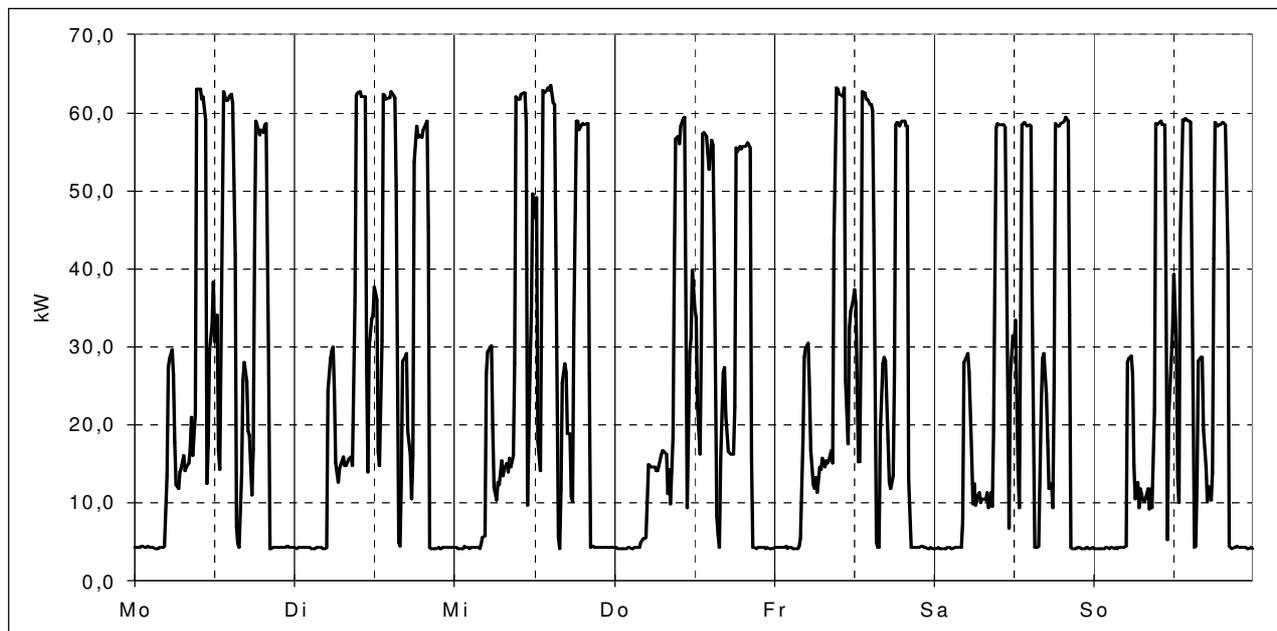
Bild 4.3.4 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs der Lüftungszentrale Dach vom 06.01-12.01.97



Aufgrund des durchgehenden Betriebs der RLT-Anlagen treten keine nennenswerten Lastschwankungen über den Tag und auch nicht über die Woche auf. Die Grundlast liegt bei ca. 6 kW, der gemessene Stromverbrauch betrug 1.044 kWh/Wo.

Lüftungsmaschinenraum

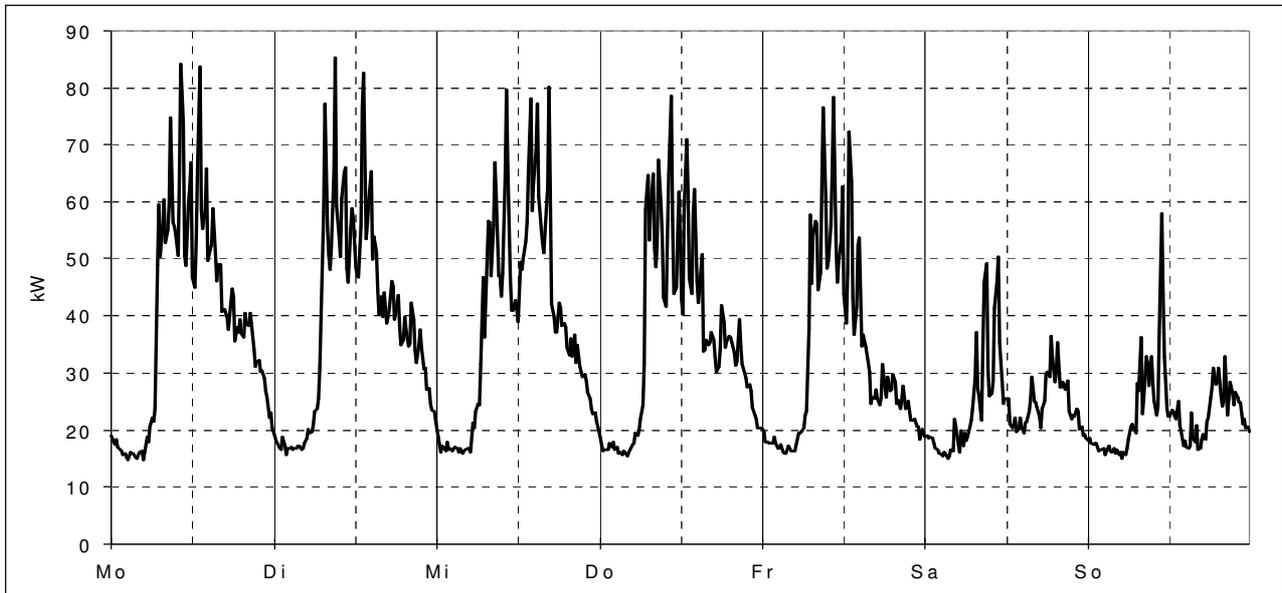
Bild 4.3.5 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs des Lüftungsmaschinenraums vom 23.01-19.02.97



Die Lastprofile zeigen keinen Unterschiede zwischen Werktagen und Wochenende. Die Stromgrundlast für den Lüftungsmaschinenraum liegt bei 5 kW. Tagsüber treten drei Lastspitzen mit Werten zwischen 60 und 65 kW auf. Der gemessene Stromverbrauch lag bei 3.938 kWh/Wo.

Personalhäuser 1+2 (Haus G) und Personalhaus 3 (Gebäude J)

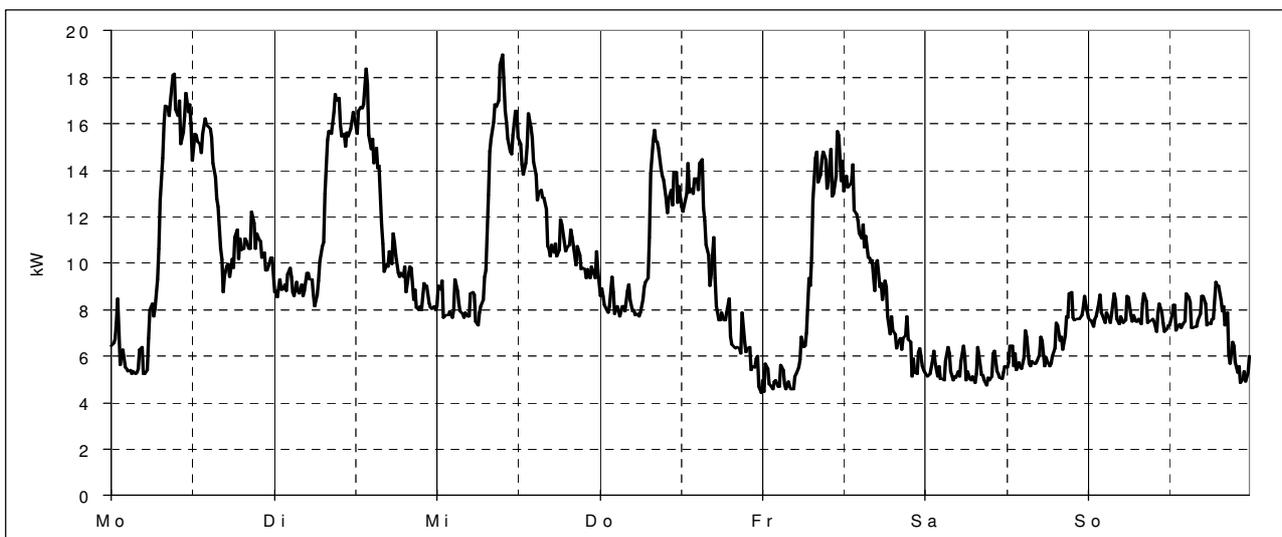
Bild 4.3.6 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs der Personalhäuser G und J vom 23.01-19.02.97



Die Grundlast der Personalhäuser liegt bei ca. 15 kW. Die Maximalwerte werden werktags in den Vormittagsstunden mit ca. 85 kW erreicht. Eine kleinere zweite Spitzen tritt in den frühen Abendstunden auf. Am Wochenende sinken die maximalen Bedarfswerte unter 50 kW. Der wöchentliche Strombedarf trug während des Meßzeitraums 5.552 kWh/Wo.

Radiologie

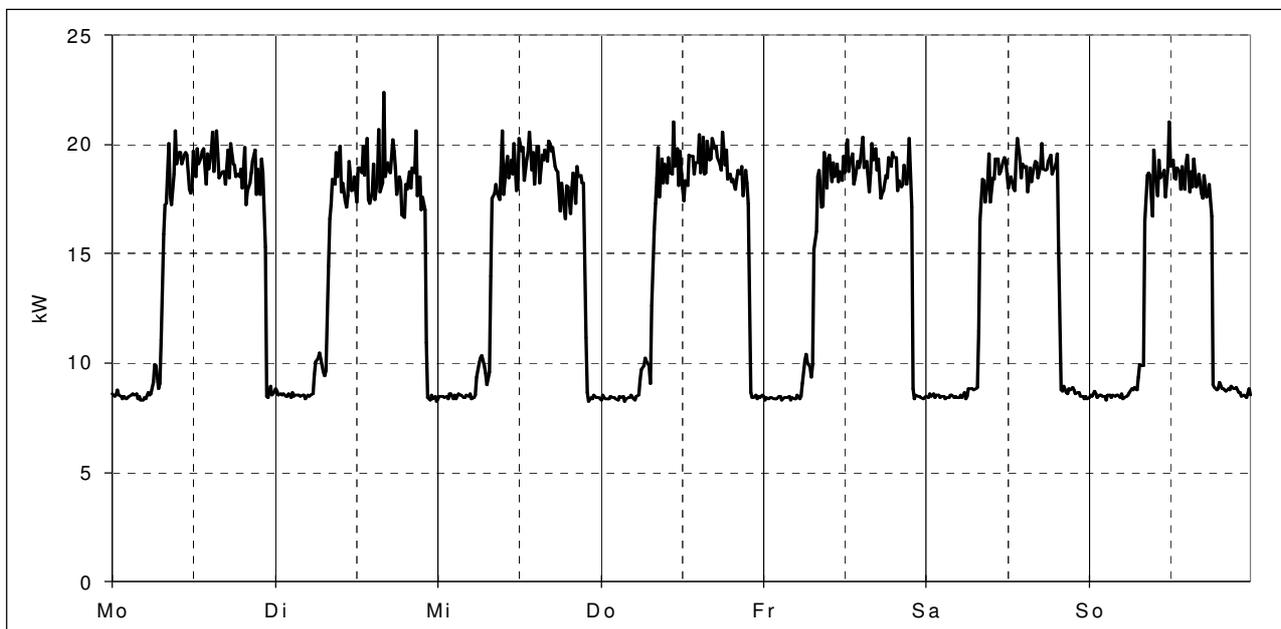
Bild 4.3.7 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs der Radiologie vom 23.01-19.02.97



Die Grundlast der Radiologie erreicht Stromleistungswerte von ca. 5kW. Die bezogene Stromleistung steigt während des Krankenhausbetriebs an Werktagen bis auf ca. 20 kW an. Am Wochenende sind keine ausgeprägten Lastspitzen festzustellen. Der gemessene Wochenstrombedarf lag bei 1.592 kWh/Wo.

Kernspintomographie

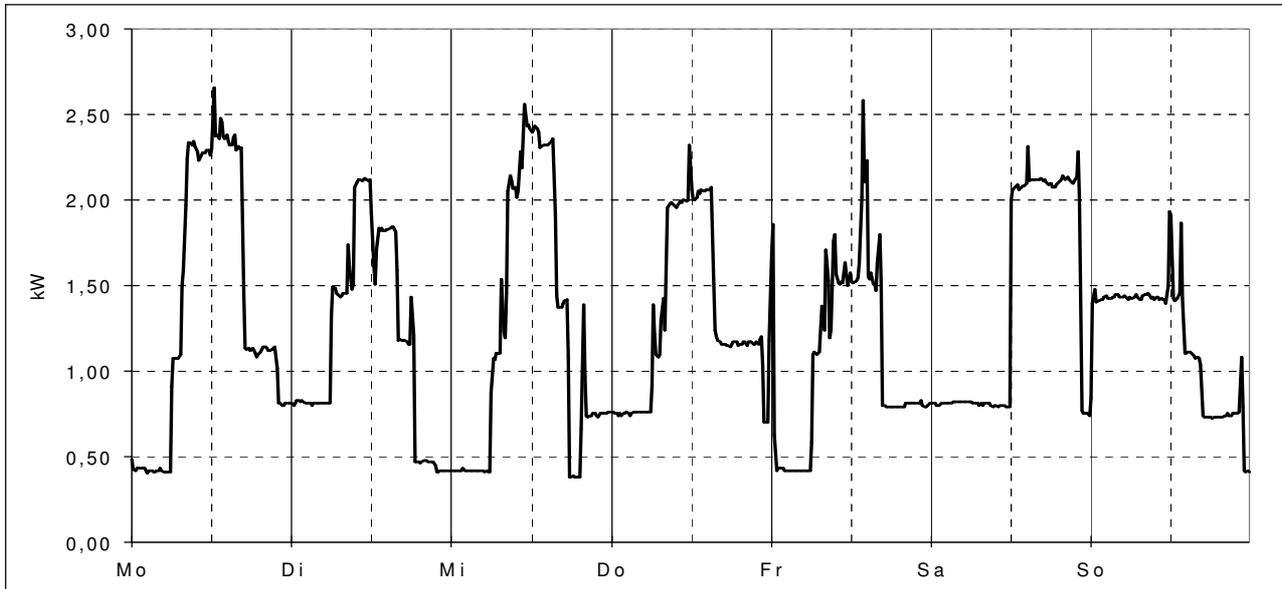
Bild 4.3.8 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs der Kernspintomographie vom 23.01-19.02.97



Aus den Lastverläufen ist zu erkennen, daß die Kernspintomographie durchgehend von 6.00 bis ca. 22.00 Uhr in Betrieb ist und einen fast gleichbleibenden Leistungsbedarf von 21 kW aufweist. In den Nachtstunden reduziert sich der Stromleistungsbezug auf eine Grundlast von 8 kW. Auch am Wochenende werden die gleichen Bedarfswerte erreicht, nur die Betriebszeit verkürzt sich auf ca. 18.00 Uhr. Der gemessene Stromverbrauch betrug während des Meßzeitraums 2.404 kWh/Wo.

Röntgen-CT

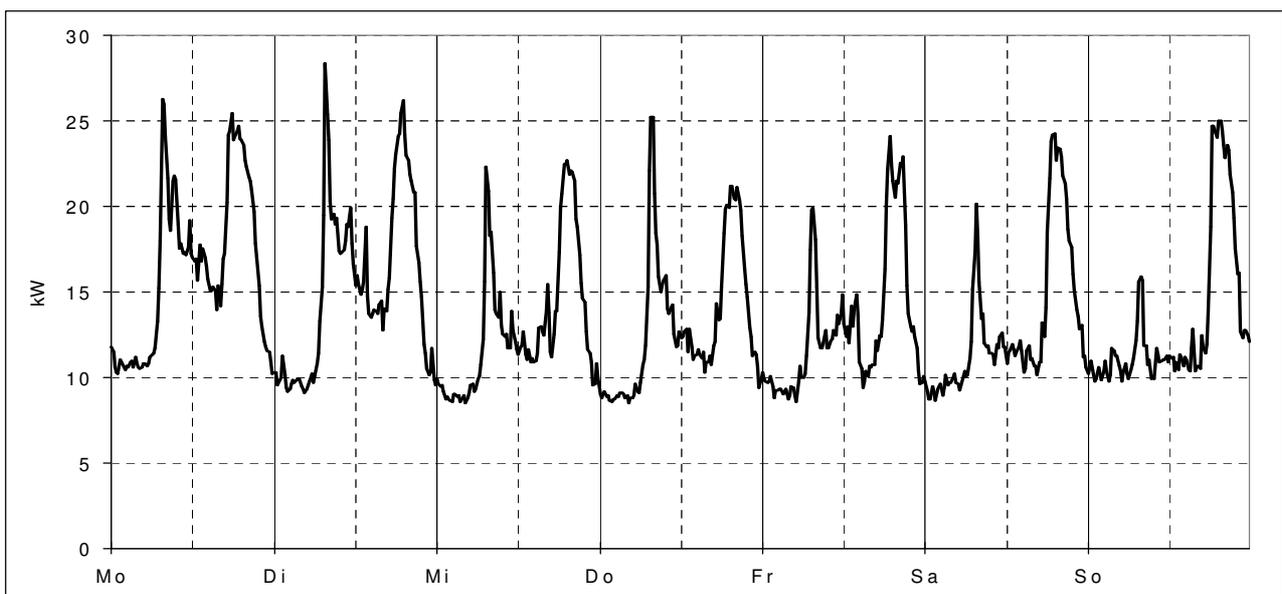
Bild 4.3.9 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs des Röntgen-CT Bereichs vom 23.01-19.02.97



Die Stromgrundlast des Röntgen-CT-Bereichs liegt bei ca. 0,5 kW, während die Maximalwerte bei 2,5 kW liegen. Während des Meßzeitraums ergab sich ein Verbrauch von 208 kWh/Wo.

Orthopädie

Bild 4.3.10 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs der Orthopädie vom 24.02-02.03.97

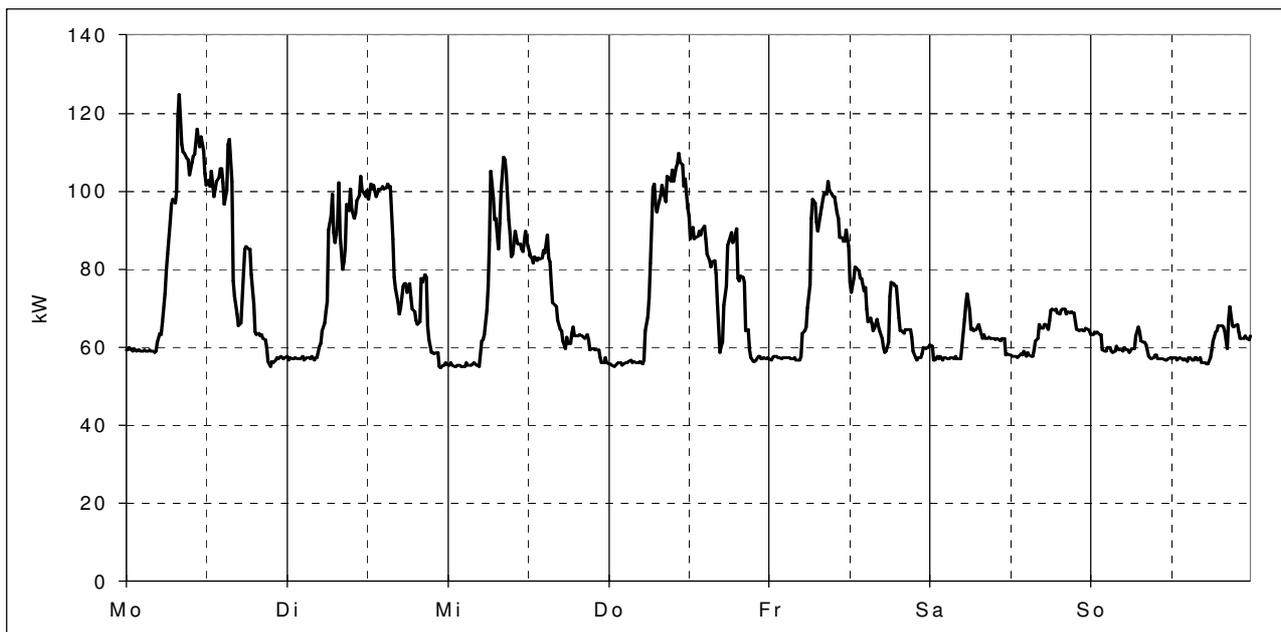


Am Lastgang der Orthopädie sind zwei Lastspitzen am frühen Morgen (Beginn Krankenhausbetrieb)

und in den Abendstunden (Beleuchtung) mit Maximalwerten von 27 kW zu erkennen. Die Grundlast fällt nicht unter Bezugswerte von 8 kW. Es wurde für die Meßperiode ein Stromverbrauch von 2.326 kWh/Wo gemessen.

Orthopädie-Anbau

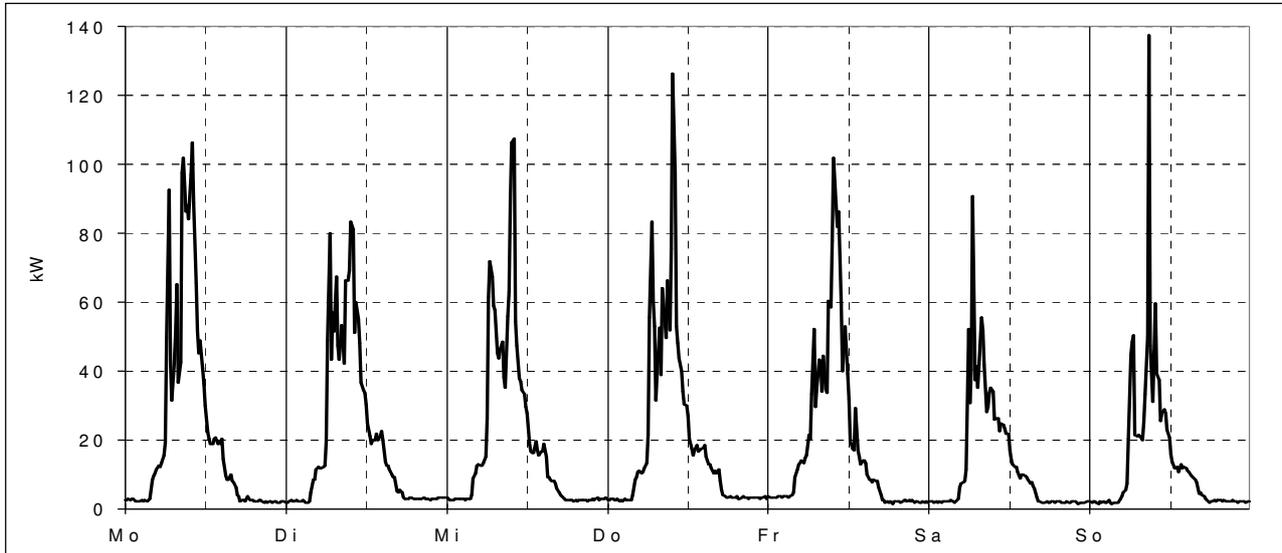
Bild 4.3.11 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs des Orthopädie Anbaus vom 24.02-02.03.97



Für den Anbau der Orthopädie wurde, außerhalb des Krankenhausbetriebs (nachts und am Wochenende), eine durchgehende Grundlast von knapp 60 kW aufgezeichnet. Während des Krankenhausbetriebs steigt die Bezugsleistung in den Vormittagsstunden bis 120 kW an. Der Stromverbrauch lag bei 11.995 kWh/Wo.

Küche

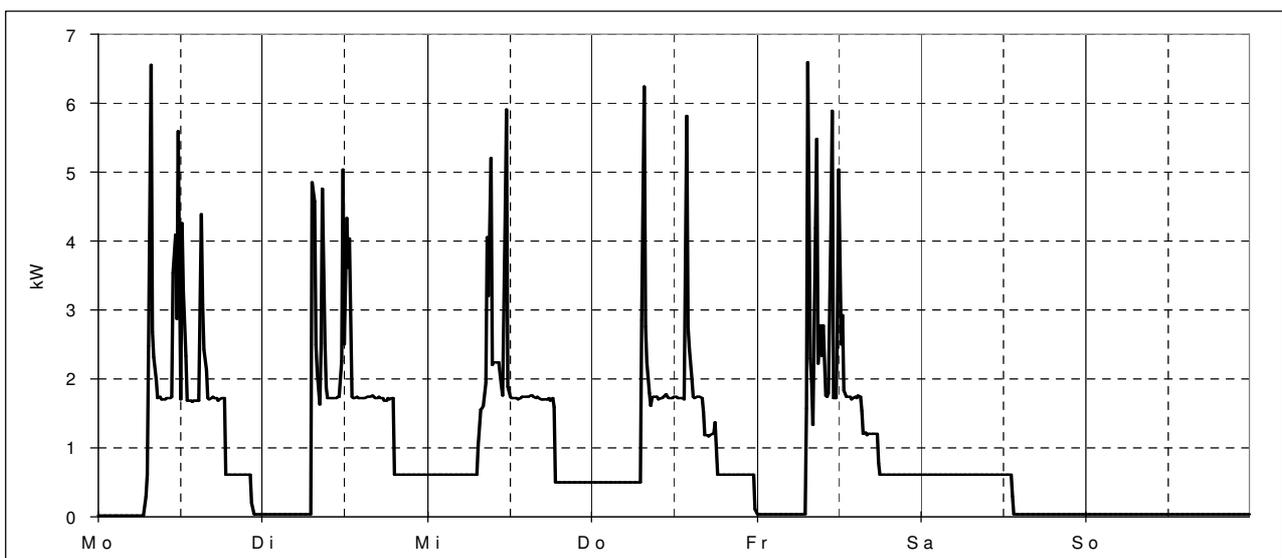
Bild 4.3.12 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs der Küche vom 24.02-02.03.97



Die Grundlast der Küche geht außerhalb des Küchenbetriebs fast bis auf null zurück. Die Bezugsspitzen (ca. 130 kW) treten am Vormittag bis ca. 11.00 Uhr auf. Danach geht der Strombedarf auf ca. 20 kW zurück. Eine Relevanz der Küche bei der Gesamtstrombezugsspitze der SKH in den späten Mittagsstunden im Sommer ist aus den Aufzeichnungen nicht zu erkennen. Während des Meßzeitraums von einer Woche wurde ein Stromverbrauch von 2.906 kWh gemessen.

Apotheke

Bild 4.3.13 Energiekonzept SKH: Wochenlastgang des Strombedarfs der Apotheke vom 24.02-02.03.97



Die Grundlast der Apotheke erreicht an Werktagen einen Wert von 0,6 kW. Die Spitzenlast mit 7 kW wird mehrmals täglich kurzzeitig erreicht. Am Wochenende geht der Bedarf gegen Null. Der gemessene Stromverbrauch lag bei 154 kWh/Wo.

4.3.4 Zusammenfassung der Strombedarfswerte einzelner Schwerpunktverbrauchern

In der folgenden Tafel 4.3.10 sind zusammenfassend die Strombedarfswerte der Schwerpunktverbraucher mit den Anteil am Gesamtstrombedarf der SKH und der Art der Bedarfsermittlung aufgeführt.

Tafel 4.3.10 Energiekonzept SKH: Zusammenstellung der Strombedarfswerte einzelner Schwerpunktverbraucher

| Bereich | Jahresstromverbrauch in kWh/a | Anteil | Art der Bedarfsermittlung |
|---|-------------------------------|---------|-----------------------------|
| Habermann-Werkstatt | 1.179 | 0,01% | Unterzählung SKH |
| UV-Sparkasse | 6.177 | 0,07% | Unterzählung SKH |
| Cafeteria | 34.921 | 0,37% | Unterzählung SKH |
| Funk-Container | 26.718 | 0,28% | Unterzählung SKH |
| SB-Laden | 22.011 | 0,23% | Unterzählung SKH |
| PH 1-3 (Haus H und I) | 220.591 | 2,33% | Unterzählung SKH |
| PH 4 | 552.550 | 5,83% | Unterzählung SKH |
| Beleuchtung Intensivstationen A-Bau | 182.602 | 1,93% | Datenaufnahme, berechnet |
| Beleuchtung Pflegestationen A-Bau, alt | 242.559 | 2,56% | Datenaufnahme, berechnet |
| Beleuchtung Pflegestationen A-Bau, neu | 72.343 | 0,76 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Beleuchtung Pflegestationen B-Bau | 228.934 | 2,42 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Beleuchtung Pflegestationen C-Bau | 161.867 | 1,71 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Flure + Gänge, A-, B-, C- und D-Bau ¹⁶ | 123.656 | 1,30 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Aufzüge | 302.500 | 3,19 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Heizungsumwälzpumpen | 220.764 | 2,29 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Brauchwasser-Zirkulationspumpen | 181.858 | 1,92 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Zentrale Kälteerzeugung | 457.730 | 4,83 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Dezentrale Kälteerzeugung | 133.736 | 1,41 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Wärmeerzeugung (Brenner) | 135.498 | 1,43 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Speisewasserpumpen Dampfversorgung | 116.903 | 1,23 % | Datenaufnahme, berechnet |
| RLT-Anlagen | 1.618.890 | 17,08 % | Leistungsmessung, berechnet |

¹⁶ Berechneter Bedarf der Beleuchtung im Gang des OP-Neubaus wurde nicht berücksichtigt, da dieser in der Leistungsmessung OP-Neubau bereits ermittelt wurde.

| Bereich | Jahresstromverbrauch in kWh/a | Anteil | Art der Bedarfsermittlung |
|---------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------|
| Klimaanlagen | 652.335 | 6,88 % | Datenaufnahme, berechnet |
| Lüftungsanlagen | 495.860 | 5,23 % | Datenaufnahme, berechnet |
| OP-Neubau ¹⁷ | 446.351 | 4,71 % | Leistungsmessung |
| OP-Abteilung 2, 1.OG | 19.710 | 0,21 % | Leistungsmessung |
| Lüftungsmaschinenraum | 204.775 | 2,16 % | Leistungsmessung |
| Radiologie | 82.785 | 0,87 % | Leistungsmessung |
| Kernspintomographie | 125.005 | 1,32 % | Leistungsmessung |
| Röntgen CT | 10.815 | 0,11 % | Leistungsmessung |
| Orthopädie | 72.570 | 0,77 % | Leistungsmessung |
| Orthopädie Anbau | 623.740 | 6,58 % | Leistungsmessung |
| Küche | 151.110 | 1,59 % | Leistungsmessung |
| Apotheke | 8.005 | 0,08 % | Leistungsmessung |
| Nicht erfaßte Verbraucher | 1.538.872 | 16,24 % | |
| Gesamt | 9.475.920 | 100 % | |

Der erfaßte Strombedarf der einzelnen Strom-Schwerpunktverbrauchern liegt bei jährlich **7.937.048 kWh**. Dies entspricht einem Anteil am Gesamtstrombedarf der SKH von knapp 84 %. Den größten erfaßten Verbraucher stellen die RLT-Anlagen mit insgesamt 2.767.085 kWh pro Jahr bzw. 29,2 % dar.

¹⁷ Einschl. dem rechnerisch ermittelten Strombedarf der Beleuchtung Zentral-OP

4.4 Wasserverbrauch

4.4.1 Gesamtwasserverbrauch der SKH

Die Wasserversorgung der SKH erfolgt über insgesamt sechs Einspeise- bzw. Meßpunkte aus dem Versorgungsnetz der Stadtwerke Frankfurt.

Die jährlichen Wasserverbrauchswerte von 1994 bis 1997 sind in der folgenden Tafel 4.4.1 dargestellt.

Tafel 4.4.1 Energiekonzept SKH: Wasserverbrauchswerte von 1994-1997

| | 1994 in m ³ | 1995 in m ³ | 1996 in m ³ | 1997 in m ³ |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Januar | 13.505 | 15.482 | 14.544 | 13.656 |
| Februar | 15.370 | 11.191 | 13.919 | 12.835 |
| März | k.A. | 15.341 | 13.626 | 11.048 |
| April | 13.555 | 12.107 | 13.516 | 14.510 |
| Mai | 16.682 | 13.541 | 13.231 | 11.663 |
| Juni | 14.334 | 13.451 | 12.305 | 12.181 |
| Juli | 13.495 | 13.339 | 14.458 | 12.896 |
| August | 15.392 | 14.770 | 13.130 | 11.400 |
| September | 14.505 | 13.609 | 12.861 | 12.289 |
| Oktober | 12.935 | 14.406 | 14.203 | 11.836 |
| November | 14.490 | 13.438 | 12.836 | 11.712 |
| Dezember | 10.439 | 11.939 | 12.884 | 12.872 |
| Gesamt | 154.902 | 162.814 | 161.513 | 148.898 |

Ein Vergleich der Verbrauchswerte ab 1994 zeigt, daß der Trend einer kontinuierlichen Steigerung des Verbrauchs seit 1996 nicht mehr zu registrieren ist. Vielmehr konnte der jährliche Wasserverbrauch im vergangenen Jahr, im Vergleich zu 1996, um 12.612 m³ (ca. 8 %) gesenkt werden.

In Tafel 4.4.2 sind die Monatswerte der einzelnen Meßstellen in der Ringleitung der SKH für 1996 aufgeführt.

Tafel 4.4.2 Energiekonzept SKH: Wasserverbrauchswerte der einzelnen Meßstellen in 1996

| Meßstelle | PH I+II (Haus H) in m ³ | Küche in m ³ | Haupt PNA in m ³ | Neben PNA in m ³ | Haupt PH III (Haus J) in m ³ | Neben PNA in m ³ | Gesamt in m ³ |
|----------------|--|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|------------------------------------|
| Januar | 196 | 498 | 8.190 | 60 | 3.271 | 2.329 | 14.544 |
| Februar | 195 | 216 | 9.570 | 10 | 2.380 | 1.548 | 13.919 |
| März | 195 | 309 | 8.460 | 0 | 2.717 | 1.945 | 13.626 |
| April | 194 | 312 | 7.710 | 0 | 3.099 | 2.201 | 13.516 |
| Mai | 190 | 276 | 7.580 | 0 | 3.164 | 2.021 | 13.231 |
| Juni | 185 | 113 | 7.560 | 0 | 2.902 | 1.545 | 12.305 |
| Juli | 222 | 126 | 8.870 | 0 | 3.216 | 2.024 | 14.458 |
| August | 205 | 150 | 7.810 | 0 | 2.979 | 1.986 | 13.130 |
| September | 236 | 176 | 7.860 | 0 | 2.662 | 1.927 | 12.861 |
| Oktober | 228 | 326 | 7.630 | 0 | 3.240 | 2.779 | 14.203 |
| November | 206 | 250 | 7.400 | 0 | 2.805 | 2.175 | 12.836 |
| Dezember | 204 | 248 | 6.800 | 0 | 3.242 | 2.390 | 12.884 |
| Gesamt. | 2.456 | 3.000 | 95.440 | 70 | 35.677 | 24.870 | 161.513 |

Aufgrund der Verknüpfung des gesamten Systems ist eine direkte Zuordnung der Meßstellen zu einzelnen Verbrauchsschwerpunkte nicht möglich.

Um eine Zuordnung des Wasserverbrauchs näherungsweise zu ermöglichen, wurden im Oktober/November 1997, für einen Zeitraum von 14 Tagen, einzelne Verbrauchsschwerpunkte abgeschiebert. Die Ergebnisse dieser Zuordnung sind in Tafel 4.4.3 dargestellt.

Tafel 4.4.3 Energiekonzept SKH: Wasserverbrauchswerte einzelner separat erfaßter Bereiche für den Meßzeitraum vom 27.10 - 07.11.1997

| Bereich | Wasserbedarf insgesamt in m ³ | Wasserbedarf pro Woche in m ³ |
|---|--|--|
| Tagesklinik, PNA, Orthopädie, Gärtnerei | 259 | 129,5 |
| Werkstatt | 44 | 22 |
| A-Bau, B-Bau, Neubau | 1.095 | 547,5 |
| Haus H | 93 | 46,5 |
| Haus J | 102 | 51 |
| GESAMT | 1.593 | 796,5 |

Die Messergebnisse für die Bereiche Tagesklinik/PNA/Orthopädie/Gärtnerei und Werkstatt können nicht als gesichert angesehen werden, da allein für die Brauchwasserversorgung dieser Bereiche, ein wöchentlicher Bedarf von 155 m³ gemessen wurde (Vorgriff auf Abschnitt 4.4.2).

4.4.2 Brauchwasserversorgung

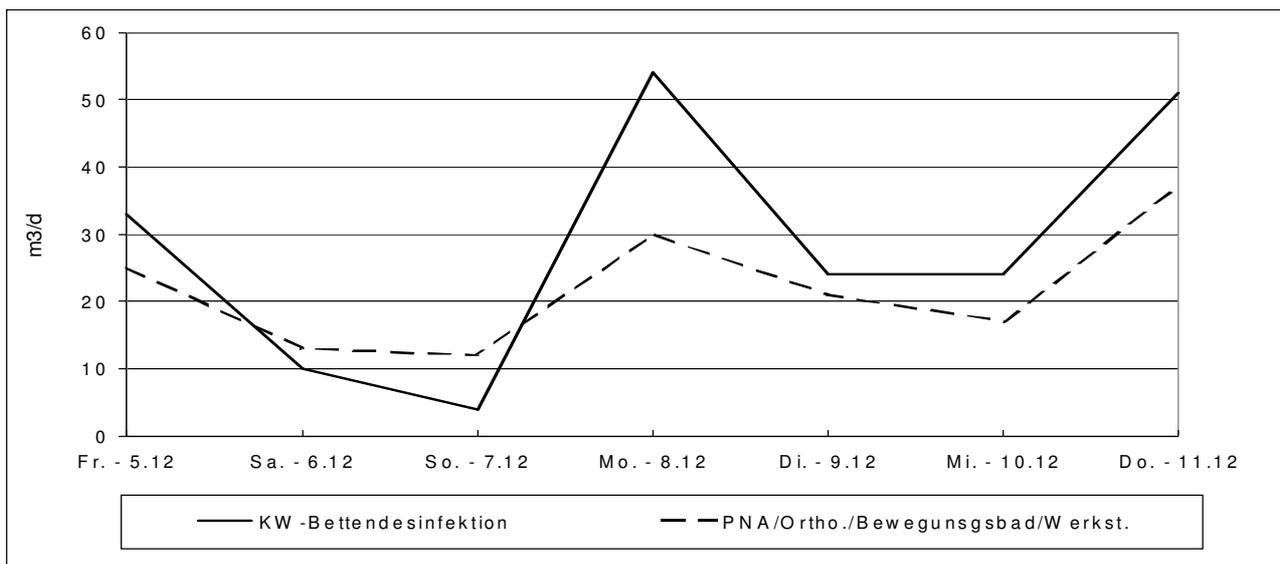
Eine separate Erfassung der Kaltwasserzulaufmengen bei den vier Brauchwasserspeichern des Hauses A erscheint derzeit nicht möglich, da die jeweiligen Systeme miteinander verbunden sind. Dies ergaben die während der Erstellung des Teil-Energiekonzepts durchgeführten Messungen. Ein Einbau von zusätzlichen Wasserzählern in die Zuleitungen der Brauchwasserspeicher sind nach Auskunft der Technischen Leitung der SKH zu kostenintensiv. Aus den genannten Gründen ist eine Erfassung des Warmwasserbedarfs für das Haus A derzeit nicht möglich.

Im Rahmen des Teil-Energiekonzepts wurden für den Bereich

- Warmwasser PNA/Orthopädie/Bewegungsbad/Werkstatt
- Kaltwasser Bettendesinfektion

über einen Zeitraum von einer Woche (5.12. bis 14.12.1997) die Tagesverbräuche aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Bild 4.4.1.

Bild 4.4.1 Energiekonzept SKH: Gemessene Tageswerte des Kalt- bzw. Warmwasser- verbruchs für Bettendesinfektion und PNA/Orthopädie/Bewegungsbad/ Werkstatt für den Zeitraum vom 06.12 - 12.12.1997



Während des Meßzeitraums von einer Woche wurden für die Bettendesinfektion **200 m³** Kaltwasser verbraucht. Die Spitzenbedarfswerte wurden am Montag mit 54 m³/d erreicht, während die Bedarfswerte am Wochenende fast auf Null zurückgingen. Bei einer erfaßten Bettenzahl von 711 pro Woche, errechnet sich ein spezifischer Kaltwasserbedarf für die Bettenreinigung von 280 l/Bett. Der gemessene Warmwasserbedarf der PNA, Orthopädie, Bewegungsbad und Werkstatt betrug **155 m³** pro Woche. Das Belastungsprofil zeigt einen relativ konstanten Bedarf während der Woche mit einer geringen Abnahme am Wochenende. Der Spitzenwert lag Donnerstags bei 37 m³.

4.4.3 Prozeßwasser für Dampferzeugung

Durch das technische Personal der SKH werden täglich die Speise-, Kessel-, und Notkühlwassermengen durch Ablesen von internen Zählern erfaßt und dokumentiert. In Tafel 4.4.4 sind die Jahressummen der Wassermengen aufgeführt.

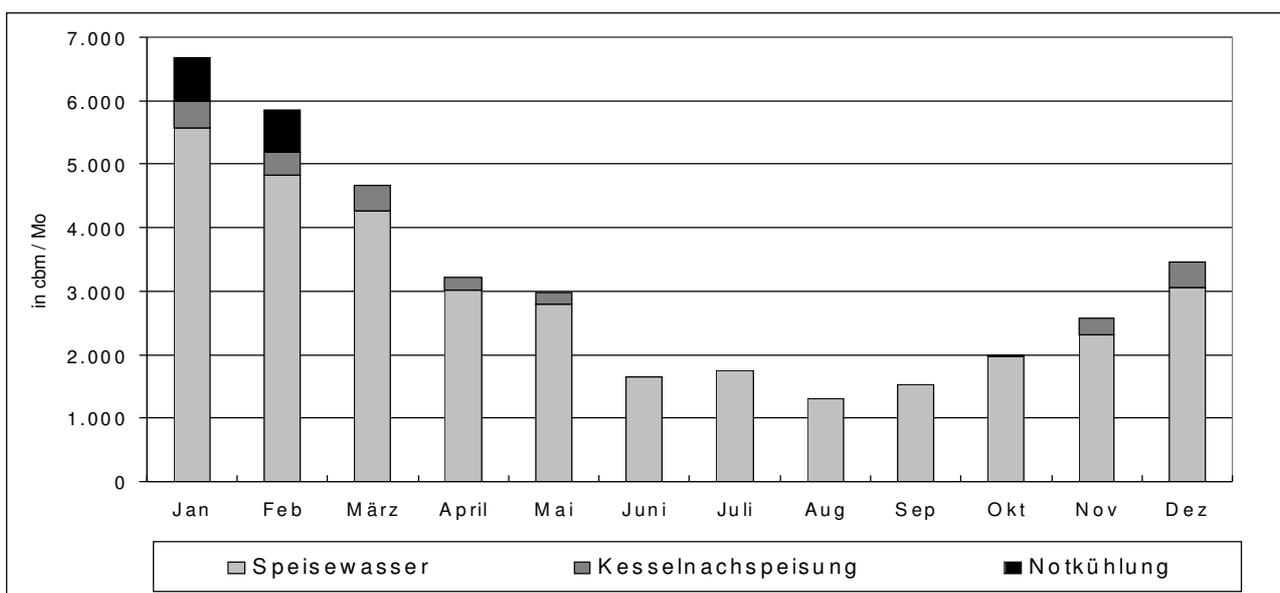
Tafel 4.4.4 Energiekonzept SKH: Jährliche Wasserverbrauchswerte für die Dampferzeugung in 1996

| Bereich | Jährlicher Wasserverbrauch in m ³ |
|---------------------------------|---|
| Speisewasser für Dampferzeugung | 34.044 |
| Kesselnachspeisewasser | 2.244 |
| Notkühlung | 1.345 |
| GESAMT | 37.633 |

Für die Dampferzeugung in den SKH werden jährlich ca. 37.600 m³ Frischwasser verbraucht. Dies entspricht einem Anteil von 23 % am Gesamtwasserverbrauch (1996) der SKH.

Der Prozeßwasserbedarf ist abhängig vom Wärmebedarf für die Heiz- und Brauchwasserversorgung bzw. der Prozeßdampferzeugung der SKH, d.h., der Verbrauch geht in den Zeiten mit einem geringeren Wärmebedarf (Sommermonaten) zurück. Dies ist in Bild 4.4.2 mit den monatlichen Verbrauchswerten dargestellt.

Bild 4.4.2 Energiekonzept SKH: Monatliche Wasserverbrauchswerte für Dampferzeugung



4.4.4 Zusammenfassung

Bezüglich der Wasserversorgung der SKH kann zusammenfassend folgendes festgehalten werden:

- Der Wasserverbrauch der SKH konnte in 1997, im Vergleich zu 1995 um ca. 12.600 m³ bzw. knapp 8 % gesenkt werden.
- Als gesicherter Schwerpunktverbraucher ist der Wasserbedarf für die Dampferzeugung der SKH mit einem Anteil von ca. 23 % anzusehen.
- Die Richtigkeit der Meßwerte für Tagesklinik, PNA, Orthopädie, Gärtnerei und Werkstatt, die durch Abschiebern der Ringleitung erfaßt wurden (siehe Tafel 4.4.2), sind nicht eindeutig zu belegen, da der gemessene Warmwasserbedarf (siehe Bild 4.4.1) höher ist als der Gesamtwasserbedarf für den Meßbereich.

4.5 Ermittlung spezifischer Kennzahlen und Gegenüberstellung mit Vergleichswerten

Um die SKH, mit ihren Energie- und Wasserverbräuchen bzw. -kosten, mit anderen Krankenhäusern gleicher Größe vergleichen zu können, werden im folgenden spezifische Kennzahlen ermittelt. Grundlage bilden folgende Daten aus 1997 für die SKH:

| | |
|-----------------------------|--|
| Bettenzahl: | 1.202 (einschl. tagesklinische Plätze) |
| Jährlicher Strombedarf: | 10.031.303 kWh/a |
| Jährlicher Erdgasverbrauch: | 25.888.565 kWh _{HU} /a |
| Wasserverbrauch: | 148.898 m ³ /h |

Spezifische Kennzahlen nach Bettenzahl:

In der Krankenhaustechnik 09/95 wurden von Herrn Dipl.-Ing. Heinrich Roth, die in Tafel 4.5.1 dargestellten, spezifische Verbrauchskennzahlen je Bett und Jahr veröffentlicht, die im folgenden mit dem Werten der SKH verglichen werden.

Tafel 4.5.1 Energiekonzept SKH: Verbrauchskennzahlen mit Bewertung für Krankenhäuser¹⁸

| Wärme | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| kWh/Bett | 5.000 | 8.000 | 12.000 | 16.000 | 20.000 | 25.000 | 30.000 | 35.000 | 40.000 | 45.000 |
| Bewertung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

¹⁸ Dipl.-Ing. Heinrich Roth, „Datenpool ermöglicht Vergleich“, Krankenhaustechnik, September 1995

| Strom | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| kWh/Bett | 2.000 | 3.000 | 4.000 | 5.000 | 6.000 | 7.000 | 8.000 | 9.000 | 10.000 | 12.000 |
| Bewertung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |
| Wasser | | | | | | | | | | |
| cbm/Bett | 50 | 70 | 90 | 110 | 130 | 150 | 170 | 190 | 220 | 250 |
| Bewertung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Die spezifischen Verbräuche werden durch Zahlen zwischen 1 und 10 bewertet, wobei 1 ein sehr gutes Verhältnis von Bedarf zu Bettenzahl und 10 das ungünstigste Verhältnis darstellt. Somit ermöglicht die Bewertungszahl einen Vergleich der Qualität der Energieversorgung mit anderen Krankenhäusern. Die Verbrauchskennzahl wird wie folgt berechnet:

| |
|---|
| Verbrauchskennzahl: Jahresverbrauch / Ist-Bettenzahl |
|---|

In der folgenden Tafel 4.5.2 sind die Verbrauchskennzahlen der SKH mit der Bewertungsnote für die einzelnen Bedarfsbereiche aufgeführt.

Tafel 4.5.2 Energiekonzept SKH: Verbrauchskennzahlen der SKH mit Bewertungsnote

| Bereich | Berechnung | Verbrauchskennzahl | Bewertungsnote |
|---------|--|----------------------------|----------------|
| Wärme | 25.888.565 kWh/a / 1.202 Betten = | 21.540 kWh/Bett*a | 5 |
| Strom | 10.031.303 kWh/a / 1.202 Betten = | 8.345 kWh/Bett*a | 7 |
| Wasser | 148.898 m ³ /a / 1.202 Betten = | 125 m ³ /Bett*a | 4-5 |

Aus der Tafel 4.5.2 ist zu entnehmen, daß die Bewertungsnoten im „Mittelfeld“ der Skala liegen. Für den Bereich Strom sei angemerkt, daß die relativ hohe Bewertungszahl damit zusammenhängt, daß die SKH ein Krankenhaus der Maximalversorgung sind und folglich, durch die entsprechende technische bzw. elektrische Ausstattung, ein höherer Bedarf gegeben ist.

Für die Bereiche Wärme- und Wasserverbrauch werden Bewertungsnoten von 5 erreicht, d.h., es besteht, im Vergleich zu guten Bewertungsnoten, noch ein erheblicher Unterschied im spezifischen Bedarf mit relevanten Einsparungsmöglichkeiten.

5. Kosten der Energie- und Wasserversorgung

5.1 Kosten für Strombezug

5.1.1 Strombezugstarife

Die Städtischen Kliniken Höchst beziehen Ihren elektrischen Strom ausschließlich aus dem Mittelspannungsnetz der Main-Kraftwerke-Aktiengesellschaft (MKW). Hierfür liegt ein seit 19xx (?) gültiger Stromlieferungsvertrag für Sondervertragskunden mit der Strompreisregelung L 210 vor.

Ab 1. Januar 1996 wurde eine Ergänzung vereinbart, die u.a. eine Änderung der Strompreisregelung auf den Tarif L 200 vorsieht. Daraus ergeben sich für die SKH derzeit folgende Bezugsbedingungen:

Jahresleistungspreis

Für jedes kW der Jahreshöchstlast 200,- DM/kW

Als Jahreshöchstlast gilt das arithmetische Mittel aus den zwei höchsten im Abrechnungsjahr aufgetretenen viertelstündlich gemessenen Monatshöchstlastwerten, mindestens jedoch 70 % der bereitgestellten Leistung in kW (1 kVA = 0,9 kW). Die bereitgestellte Leistung beträgt 1.800 kVA bzw. 1.620 kW.

Arbeitspreis

Der Arbeitspreis beträgt in der Hochtarifzeit (HT)

| | |
|-------------------------------------|--------------|
| für die ersten 240.000 kWh/Jahr | 16,80 Pf/kWh |
| für die nächsten 600.000 kWh/Jahr | 14,65 Pf/kWh |
| für die nächsten 3.960.000 kWh/Jahr | 12,70 Pf/kWh |
| für alle weiteren kWh/Jahr | 11,50 Pf/kWh |

und in der Niedertarifzeit (NT)

| | |
|-------------------------------------|--------------|
| für die ersten 240.000 kWh/Jahr | 10,20 Pf/kWh |
| für die nächsten 600.000 kWh/Jahr | 8,95 Pf/kWh |
| für die nächsten 3.960.000 kWh/Jahr | 7,60 Pf/kWh |
| für alle weiteren kWh/Jahr | 7,00 Pf/kWh |

Als Niedertarifzeit gilt

| | |
|---|--|
| während der Wintermonate (Oktober bis Februar): | 21 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰ Uhr |
| während der Sommermonate (März bis September): | 18 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰ Uhr |

Blindstromzuschlag: Der Preisregelung liegt ein Strombezug mit einem Leistungsfaktor zwischen $\cos \phi = 0,9$ induktiv und $\cos \phi = 0,9$ kapazitiv zugrunde. Bei Überschreiten des Blindstromverbrauchs (kVArh) von mehr als 50 % des HT-Wirkstroms, ist pro kVArh ein Zuschlag von 15 % des Wirkstromdurchschnittspreises, höchstens jedoch 3,00 Pf/kVArh, zu entrichten.

Benutzungstundenrabatt: Beträgt die Benutzungsdauer in einem Abrechnungsjahr mehr als

3.400 Stunden, so wird der Strompreis um einen Benutzungsdauerrabatt ermäßigt, der sich wie folgt berechnet:

$$\text{Rabatt} = 3,5 \times (\text{Benutzungsstunden} - 3.400 \text{ h}) / 1000 \text{ in } \%$$

Die Benutzungsstunden errechnen sich aus der Summe des jährlichen Strombezugs geteilt durch die maximale Strombezugsleistung.

5.1.2 Jahresgesamtstromkosten und spezifische Stromkosten

In der Tafel 5.1.1 ist die Entwicklung der Strombezugskosten in den Jahren 1994-1997 dokumentiert.

Tafel 5.1.1 Energiekonzept SKH: Jährliche Kosten für Strombezug von 1994-1997

| | | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|--------------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Wirkleistung | in kW/a | 1.704 | 1.700 | 1.789 | 1.807 |
| Wirkarbeit ¹⁹ | in kWh/a | 8.870.390 | 8.962.889 | 9.558.920 | 10.301.303 |
| Netto-Gesamt | in DM/a | 1.298.725,26 | 1.300.626,39 | 1.323.856,53 | 1.394.352,18 |
| Ausgleichsabgabe | in DM/a | 106.495,47 | 105.350,74 | - | - |
| Mehrwertsteuer | in DM/a | 210.783,11 | 210.896,58 | 198.578,47 | 209.152,82 |
| Brutto-Gesamt | in DM/a | 1.616.003,11 | 1.616.873,71 | 1.522.435,00 | 1.603.505,00 |
| Spezifischer Strompreis | in DM/kWh | 0,182 | 0,180 | 0,159 | 0,156 |

Die relevante Verminderung der Stromkosten im Jahr 1996 ist auf den Wegfall der Ausgleichsabgabe und die Umstellung des Bezugstarifs zurückzuführen. Diese Minderung der Bezugskosten wurde aber in 1997 durch eine deutliche Steigerung des Strombezugs, sowohl für die Wirkarbeit als auch für die Leistung, wieder neutralisiert.

¹⁹ Hauptverbrauch abzüglich Fremdverbrauch gemäß Stromverbrauchsübersicht der MKW

5.2 Kosten für Gasbezug

5.2.1 Gasbezugstarif

Städtische Kliniken außer Geriatriische Tagesklinik

Die Versorgung der Dampfkesselanlage in der Technikzentrale der SKH erfolgt aus dem Gasnetz der Maingas Aktiengesellschaft (Maingas). Grundlage bildet der Ende 1995 abgeschlossenen Gaslieferungsvertrag für Sonderabnehmer. Dieser beinhaltet folgende Regelungen:

- Maingas liefert den SKH folgende maximale Gasmengen:
 - bis zu 10.900 kWh/Stunde
 - bis zu 120.000 kWh/Tag
 - bis zu 29.000.000 kWh/Jahr
- Der derzeit gültige Gasarbeitspreis (Stand Dezember.1997) beträgt **3,28 Pf/kWh_{Ho}**. Hierin ist die Erdgassteuer in Höhe von 0,36 Pf/kWh_{Ho} enthalten. Der Arbeitspreis ist in jedem Vertragsjahr für mindestens 70 % der vertraglichen Jahresmenge (20.300.00 kWh) sowie für mindestens des 52-fache der tatsächlichen maximalen Tagesmenge. Der Arbeitspreis wird jeweils für ein Kalender- vierteljahr, in Abhängigkeit von dem maßgebenden Heizöl-EL-Preis, bestimmt.
- Bei Gasentnahme während der Abschaltzeit fällt ein Leistungspreis in Höhe von **113,6 Pf/kWh_d** (Stand Dezember 1997) an. Der Jahresleistungspreis ist in jedem Vertragsjahr für mindestens 80 % der vertraglichen Tagesmenge (96.000 kWh/Tag) zu bezahlen.
- Ein Meßpreis für die Vorhaltung eines Zähler ist nicht zu entrichten.

Geriatriische Tagesklinik

Die Versorgung der Heizungsanlage in der Geriatriischen Tagesklinik erfolgt ebenfalls aus dem Gasnetz der Maingas. Folgende Abzugsbedingungen liegen vor:

- Der derzeit gültige Gasarbeitspreis (Stand Dezember.1997) beträgt **3,70 Pf/kWh_{Ho}**.
- Der spezifische Jahresgrundpreis beträgt **12,96 DM/kW**. Bei einer installierten Kesselleistung von 244 kW errechnet sich daraus ein Netto-Jahresgrundbetrag von 3.162 DM.
- Ein Meßpreis für die Vorhaltung eines Zähler ist nicht zu entrichten.

5.2.2 Jahresgesamtgaskosten und spezifische Gaskosten

Die Entwicklung der Gaskosten für die Verbrauchsjahre 1994-97 ist in der Tafel 5.2.1 dokumentiert.

Tafel 5.2.1 Energiekonzept SKH: Jährliche Kosten für Gasbezug von 1994-97

| | | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-----------------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Tageshöchstmenge | in kWh _{HO} /d | k.A. | k.A. | k.A. | 155.689 |
| Arbeit | in kWh _{HO} /a | 29.029.647 | 27.267.553 | 30.368.341 | 28.685.391 |
| | in m ³ /a | 2.506.878 | 2.354.711 | 2.622.482 | 2.475.709 |
| Brutto-Gesamt | in DM/a | 1.179.404 | 1.063.480 | 1.191.515 | 1.279.118 |
| Spezifischer Gaspreis | in Pf/kWh _{HO} | 4,06 | 3,90 | 3,92 | 4,45 |
| | in Pf/kWh _{HU} | 4,51 | 4,33 | 4,36 | 4,94 |

Der Kostenvergleich zeigt in den Jahren 1994 bis 1996 relativ konstante spezifische Gaspreise, wohingegen in 1997 eine Steigerung von 12 % zu registrieren ist. Entsprechend liegen die Gasbezugskosten in 1997, trotz eines geringeren Verbrauchs von 1.683 MWh/a, um 88.000,- DM höher.

Geriatrische Tagesklinik

Für die Geriatrische Tagesklinik haben sich die jährlichen Gaskosten in den Jahren 1994 bis 1997 wie folgt entwickelt:

Tafel 5.2.2 Energiekonzept SKH: Jährliche Gasbezugskosten der Geriatrie von 1994-97

| | | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Arbeit | in kWh _{HO} /a | 389.441 | 401.763 | 434.097 | 335.046 |
| | in m ³ /a | 33.630 | 34.695 | 37.487 | 28.897 |
| Brutto-Gesamt | in DM/a | 17.652 | 17.011 | 18.971 | 17.708 |
| Spezifischer Gaspreis | in Pf/kWh _{HO} | 4,53 | 4,23 | 4,37 | 5,29 |
| | in Pf/kWh _{HU} | 5,03 | 4,70 | 4,86 | 5,88 |

Der Kostenvergleich zeigt für die Jahre 1994 bis 1996 ebenfalls relativ konstante spezifische Gasbezugskosten, wohingegen in 1997 eine Steigerung von mehr als 17 % zu registrieren ist. Trotzdem konnten die Gasbezugskosten in 1997, aufgrund einer Reduzierung des Gasbezugs um 23 %, um ca. 1.260,- DM gesenkt werden.

5.3 Kosten für Wasser und Abwasser

Die Wasserversorgung der SKH erfolgt über sechs Zählstellen aus dem Versorgungsnetz der Stadtwerke Frankfurt. Die Verbrauchsabrechnung erfolgt monatlich.

Die jährlichen Wasser- und Abwasserkosten der SKH sowie die entsprechenden spezifischen Preise für die Verbrauchsjahre 1994-97 sind in der Tafel 5.3.1 gegenübergestellt.

Tafel 5.3.1 Energiekonzept SKH: Wasser- und Abwasserkosten 1994 bis 1997

| | | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------------|----------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Wasserverbrauch | in m ³ /a | 154.902 | 162.814 | 161.513 | 148.898 |
| Wasserkosten | in DM/a | 527.822 | 567.733 | 636.040 | 602.848 |
| Spezifischer Wasserpreis | in DM/m ³ | 3,41 | 3,49 | 3,91 | 4,05 |
| Abwasserkosten | in DM/a | 433.750 | 561.735 | 557.220 | 513.749 |
| Spezifische Kanalgebühren | in DM/m ³ | 2,80 | 3,45 | 3,45 | 3,45 |
| Gesamt-Wasser/Abwasserkosten | in DM/a | 961.572 | 1.129.468 | 1.193.260 | 1.116.597 |
| Spezifischer Gesamtpreis | in DM/m ³ | 6,21 | 6,94 | 7,33 | 7,50 |

Ein Vergleich der Kosten- und Verbrauchswerte seit 1994 zeigt einen kontinuierlichen Anstieg der spezifischen Kosten für die Wasserver- und -entsorgung der SKH. Einem Wasserminderverbrauch von 3,9 % im Jahr 1997 gegenüber 1994, steht eine Gesamtkostensteigerung von 13,9 % für den gleichen Zeitraum gegenüber. Insbesondere im Abwasserbereich sind zukünftig erhebliche Preissteigerungen zu erwarten.

5.4 Dampf- und Wärmegestehungskosten

5.4.1 Gestehungskosten für die zentrale Dampferzeugung

Durch die zentrale Dampfkesselanlage wird über Umformer fast die gesamte Heizwärme- (statisch und RLT-Anlagen), Brauchwasser und Prozeßdampfversorgung der SKH sichergestellt. Ausnahme bildet die separate Heizungsanlage zur Heizwärme- und Brauchwasserversorgung der Geriatrischen Tagesklinik.

Der im folgenden ermittelte Dampfpreis bezieht sich auf die gesamte, durch die zentrale Dampfkesselanlage der SKH im Jahr 1996, erzeugte Dampfmenge einschließlich der Verteilungsverluste im System.

Bei den Berechnungen wurden folgende Kostenfaktoren berücksichtigt:

- Gaskosten für die Versorgung der Dampfkessel
- Stromkosten für den Betrieb der Kesselanlage
- Wartungskosten für die Wärmeerzeuger und Brenner

Grundlage der Berechnung bilden u.a.

- die VDI-Richtlinie 2067, Blatt 1,
- Betriebsaufzeichnungen der Technischen Abteilung der SKH,
- die Gas- und Stromrechnungen der Maingas bzw. der MKW.

In der Tafel 5.4.1 sind der Rechengang und die Ergebnisse der durchgeführten Wärmepreisberechnung dokumentiert.

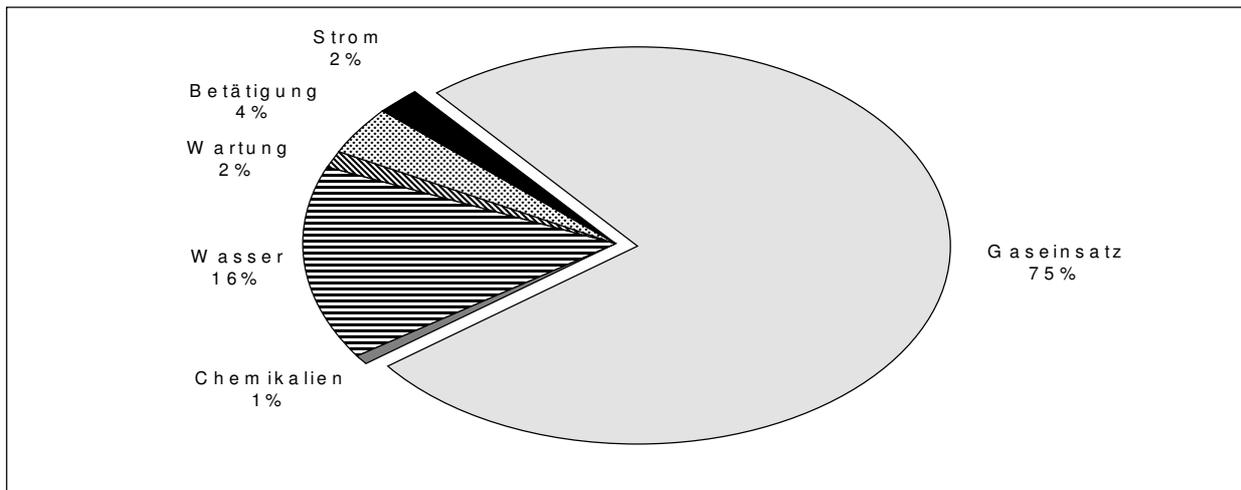
Tafel 5.4.1 Energiekonzept SKH: Kosten der zentralen Dampferzeugung

| | | | |
|---|--|-------------------------|-------------------|
| A | Gaseinsatz in 1996 | in kWh/a | 27.429.780 |
| B | Jahreswärmeerzeugung ab Kesselanlage (vgl. Abs 4.1) | in kWh/a | 22.715.277 |
| C | Spezifischer Gaspreis (Abs. 5.2) | in DM/kWh _{HU} | 0,0494 |
| D | Gaskosten der Dampferzeugung (A*C) | in DM/a | 1.355.031 |
| E | Strombedarf der Dampferzeugung (Abs. 4.5) | kWh/a | 252.401 |
| F | Spezifischer Strompreis (Abs. 5.1) | in DM/kWh | 0,156 |
| G | Stromkosten für Dampferzeugung (E*F) | in DM/a | 39.375 |
| H | Wasserverbrauch für Dampferzeugung (Abs. 4.6) | in m ³ /a | 37.633 |
| I | Spezifischer Wasserpreis (einschl. Kanalgebühren) | in DM/m ³ | 7,50 |
| J | Wasserkosten für Dampferzeugung (H*I) | in DM/a | 282.248 |
| K | Chemikalien zur Wasseraufbereitung (geschätzt) | in DM/a | 15.000 |
| L | Wartungskosten für Brenner- und Kesselanlage | in DM/a | 27.245 |
| M | Betätigungsaufwand nach VDI 2067 | in h/a | 1.600 |
| N | Spezifische Personalkosten ²⁰ | in DM/h | 43 |
| O | Betätigungskosten (M*N) | in DM/a | 68.800 |
| P | Jahresgesamtdampfkosten (D+G+J+K+L+O) | in DM/a | 1.787.698 |
| Q | Spezifischer Wärmepreis der Dampferzeugung (P/B) | in DM/kWh | 0,0787 |
| R | Spezifische Dampfleitung bei 7,5 bar | in kg/kWh | 1,6 |
| S | Jahresdampferzeugung (B*R/1000) | in t/a | 36.344 |
| T | Spezifischer Dampfpreis (P/S) | in DM/t | 49,19 |

Bei Gesamtkosten von knapp 1,8 Mio. DM pro Jahr für die zentrale Dampferzeugung ergibt sich ein **spezifischer Dampfpreis von 7,87 Pf/kWh** bzw. 49,19 DM pro Tonne. In Bild 5.4.1 ist die prozentuale Verteilung der Jahresgesamtkosten der Dampferzeugung dargestellt.

Bild 5.4.1 Energiekonzept SKH: Verteilung der Kosten der zentralen Dampferzeugung

²⁰ Bezogen auf einen Monatslohn von 4.800 DM/Mo. einschl. AG-Anteil und einer effektiven jährlichen Arbeitszeit von 1.500 h/a.



Die Berechnungen verdeutlichen, daß der spezifische Preis für die Dampferzeugung der SKH überwiegend von den Gaskosten bestimmt werden. Ihr Anteil an den ermittelten Gesamtkosten beträgt ca. 76 %. Weiterhin stellen die Wasserkosten mit 16 % eine relevante Größe dar.

5.4.2 Wärmegestehungskosten für die zentrale Heizwärmeversorgung der Geriatrie

Durch die zentrale Warmwasserkesselanlage in der Geriatrie wird ganzjährig die Heizwärme- und Brauchwasserversorgung sichergestellt.

Der im folgenden in Tafel 5.4.2 ermittelte Wärmepreis bezieht sich auf die gesamte erzeugte Wärme einschließlich der Verteilungsverluste des Heizsystems.

Tafel 5.4.2 Energiekonzept SKH: Kosten der zentralen Wärmeerzeugung in der Geriatrie

| | | | |
|---|--|-------------------------|----------------|
| A | Gaseinsatz in 1996 | in kWh/a | 392.261 |
| B | Jahreswärmeerzeugung ab Kesselanlage (vgl. Abs 4.1) | in kWh/a | 320.243 |
| C | Spezifischer Gaspreis (Abs. 5.2) | in DM/kWh _{HU} | 0,0588 |
| D | Gaskosten der Wärmeerzeugung (A*C) | in DM/a | 23.065 |
| E | Strombedarf der Wärmeerzeugung (Abs. 4.5) | kWh/a | 579 |
| F | Spezifischer Strompreis (Abs. 5.1) | in DM/kWh | 0,156 |
| G | Stromkosten für Wärmeerzeugung (E*F) | in DM/a | 90 |
| H | Wartungskosten für Brenner- und Kesselanlage | in DM/a | 500 |
| I | Betätigungsaufwand nach VDI 2067 | in h/a | 80 |
| J | Spezifische Personalkosten | in DM/h | 43 |
| K | Betätigungskosten (I*J) | in DM/a | 3.440 |
| L | Jahresgesamtwärmekosten (D+G+H+K) | in DM/a | 27.095 |
| M | Spezifischer Wärmepreis (L/B) | in DM/kWh | 0,085 |

Die jährlichen Gesamtkosten für die Wärmeerzeugung für das zentrale Heizsystem der Geriatrie betragen somit knapp **27.000,- DM** woraus sich ein spezifischer Wärmepreis von **8,5 Pf/kWh** er-

rechnet. Die Berechnungen verdeutlichen, daß der Wärmepreis überwiegend von den Gaskosten bestimmt wird. Ihr Anteil an den ermittelten Gesamtkosten beträgt ca. 85 %.

5.5 Kosten für Kälteerzeugung

Zur Ermittlung der Kosten für die Kälteversorgung der Klimaanlage und medizinischen Geräte der SKH können folgende Basisdaten herangezogen werden:

- Rechnerisch ermittelter Stromverbrauch der Kälteerzeugungsanlagen (vgl. Abschnitt 4.2)
- Spezifische Strompreise der SKH (vgl. Abschnitt 5.1)
- Jahreskosten für externe Wartung und Instandhaltung (Angabe der Technischen Leitung)

Hierbei gelten folgende Annahmen:

- Der Kältebedarf für die Versorgung der Klimaanlage ist unmittelbar abhängig von den klimatischen Bedingungen und somit jährlichen Schwankungen unterzogen. Aufgrund der durchschnittlichen Außenlufttemperaturen ist davon auszugehen, daß relevanter Kältebedarf nur von April bis September anfällt.
- Der Grundlastkältebedarf zur Kühlung medizinischer Großgeräte und der Kondensatorkühlung von Kälteaggregaten fällt durchgehend ganzjährig an.
- Die Kälteversorgung verursacht Zusatzstrombedarf in den Preiszonen 4 der HT- und NT-Wirkarbeit und ist für die Leistungsspitzen bei der Jahresverrechnungsleistung verantwortlich.

Für 1996 ergeben sich somit die in Tafel 5.5.1 ermittelten Kälteerzeugungskosten:

Tafel 5.5.1 Energiekonzept SKH: Kosten der Kälteerzeugung 1996

| | | | |
|---|----------------------------------|------------|---------|
| A | Jahreskälteerzeugung | | |
| | 1. Grundlastkälte | in kWh/a | 346.921 |
| | 2. Raumklimatisierung | in kWh/a | 275.140 |
| | Gesamt | in kWh/a | 622.061 |
| B | Gesamtkältestrom | | |
| | 1. Hochtarif-Wirkstrom | in kWh/a | 366.183 |
| | 2. Niedertarif-Wirkstrom | in kWh/a | 91.547 |
| | Gesamt | in kWh/a | 457.730 |
| C | Stromleistungsspitze | | |
| | Übergang / Winter | in kW | 1.801 |
| | Sommer | in kW | 1.776 |
| | Differenz | in kW | 25 |
| D | Spezifische Strompreise (brutto) | | |
| | 1. HT-Wirkarbeit Zone 4 | | 0,132 |
| | 2. NT-Wirkarbeit Zone 4 | | 0,081 |
| | 3. Wirkleistung | in DM/kW*a | 230 |

| | | | |
|----------|---------------------------------|----------------|---------------|
| E | Kältestromkosten | | |
| | HT-Wirkarbeit (B1*D1) | in DM/a | 48.428 |
| | NT-Wirkarbeit (B2*D2) | in DM/a | 7.370 |
| | Leistung (C*D3) | in DM/a | 5.750 |
| | Gesamt | in DM/a | 61.547 |
| F | Wartung/Instandhaltung | in DM/a | 8.240 |
| G | Jahresgesamtkosten (E+F) | in DM/a | 69.787 |
| H | Spezifischer Kältepreis (G/A) | in DM/kWh | 0,112 |

Die Gesamtkosten für die Kälteversorgung der SKH in 1996 betragen knapp 69.800,- DM. Der spezifische Kältepreis lag bei **11,2 Pf/kWh**.

5.6 Zusammenstellung der Energie-, Wasser- und Abwasserkosten der SKH

In der Tafel 5.6.1 sind die Jahresenergie- und Wasserkosten der SKH sowie die entsprechenden spezifischen Kostenwerte für das Verbrauchsjahr 1997 zusammengestellt.

Tafel 5.6.1 Energiekonzept SKH: Energie- und Wasserkosten der SKH 1997

| | Jahresgesamtkosten | | Anteil an den Gesamtkosten | Spezifische Kosten | |
|-------------------|--------------------|-------------|----------------------------|--------------------|----------------------|
| | | DM/a | | | |
| Strom | 1.603.505 | DM/a | 39,9 % | 15,6 | Pf/kWh |
| Erdgas, SKH | 1.279.118 | DM/a | 31,8 % | 4,94 | Pf/kWh _{HU} |
| Erdgas, Geriatrie | 17.708 | DM/a | 0,5 % | 5,88 | Pf/kWh _{HU} |
| Wasser/Abwasser | | | | | |
| - Wasser | 602.848 | DM/a | 15,0 % | 4,05 | DM/m ³ |
| - Abwasser | 513.749 | DM/a | 12,8 % | 3,45 | DM/m ³ |
| - Gesamt | 1.116.597 | DM/a | 27,8 % | 7,50 | DM/m ³ |
| Summe | 4.016.928 | DM/a | 100 % | | |

Die Zusammenstellung zeigt, daß die Stromversorgung derzeit noch den größten Einzelposten bei den externen Energie- und Wasserversorgungskosten der SKH darstellt. Wie im Abschnitt 5.3 aber schon erwähnt, dürfte insbesondere der Wasser-/Abwasserbereich hier zukünftig zunehmende Relevanz erfahren.

In der Tafel 5.6.2 sind die Gestehungskosten für die Deckung des Endenergiebedarfs im Bereich der Wärme- und Kälteversorgung der SKH zusammengestellt.

Tafel 5.6.2 Energiekonzept SKH: Gestehungskosten für Dampf , Wärme und Kälte

| | Gesamtkosten | | Spezifische Kosten | |
|------------------|--------------|------|--------------------|--------|
| | | DM/a | | |
| Dampf, zentral | 1.787.698,- | DM/a | 7,87 | Pf/kWh |
| | | | 49,19 | DM/t |
| Wärme, Geriatrie | 27.095,- | DM/a | 8,50 | Pf/kWh |
| Kälte | 69.787,- | DM/a | 11,20 | Pf/kWh |

6. Energiesparmaßnahmen

6.1 Maßnahmen zur Reduzierung des Gebäudewärmebedarfs

Im folgenden Abschnitt werden Wärmeschutzmaßnahmen an der Gebäudehülle der SKH untersucht, wobei zwischen Maßnahmen, die aus Gründen der Bauhaltung notwendig sind und Maßnahmen, die zusätzlich einen erheblichen energetischen Einsparungseffekt aufweisen, unterschieden werden muß.

6.1.1 Ausgangslage

Die Berechnung der möglichen Wärmedämmmaßnahmen an den Umschließungsflächen der einzelnen Gebäude der SKH, basiert auf den Stammdaten des Ist-Zustandes in Abschnitt 3.1, worin die Beschreibung der einzelnen Bauteile, die Ermittlung der Flächen und die Darstellung des rechnerisch ermittelten jährlichen Heizenergiebedarfs aufgeführt sind.

Die Tafel 6.1.1 enthält eine Zusammenstellung der mittleren k-Werte der Umschließungsflächen, die für die Berechnung des Heizenergiebedarfs zugrundegelegt wurden (Abschnitt 3.1).

Tafel 6.1.1 Energiekonzept SKH: Zusammenstellung der mittleren k-Werte für die Umschließungsflächen der einzelnen Bauteile

| Haus | Außenwandfläche in W/m ² K | Dachfläche in W/m ² K | Grundfläche in W/m ² K | Außenwand gegen Erdreich in W/m ² K | Angrenzende Bauteile in W/m ² K | Fensterfläche | |
|---------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|--|--|---------------------------------|---------------|
| | | | | | | k-Wert in W/m ² K | g-Wert (-) |
| Haus A-Alt | 1,45 | 1,23 | 0,96 | 1,00 | 0,83 | 4,17 | 0,75 |
| Haus A-Neu | 0,57 | 0,30 | 0,88 | 0,44 | | 2,9 | 0,70 |
| Haus B | 1,46 | 1,23 | 0,96 | | 0,83 | 5,20 | 0,80 |
| Haus C-Altbau | 0,85 | 1,41 | 1,56 | | | 3,00 | 0,70 |
| Haus C-Anbau | 0,82 | 0,39 | 0,75 | | | 2,90 | 0,70 |
| Haus D | 0,61 | 0,45 | 0,68 | | | 3,10 | 0,70 |
| Haus E | 1,21 | 0,76 | 0,96 | | | 3,00 | 0,70 |
| Haus F1 | 1,18 | 1,38 | 1,66 | | | 5,20 | 0,80 |
| Haus F3 | 1,15 | 1,41 | 1,27 | 1,24 | 1,05 | 5,20 | 0,80 |
| Haus F5 | 1,16 | 1,38 | 1,27 | | | 5,20 | 0,80 |
| Haus H | 1,27 | 0,85 | 0,83 | | | 2,90 | 0,70 |
| Haus J | 0,67 | 0,85 | 0,83 | | | 2,90 | 0,70 |

Eine Bilanzierung des jährlichen Heizenergiebedarfs der SKH für den derzeitigen Ist-Zustand wurde in Abschnitt 4.1 erstellt. Unter Berücksichtigung der spezifischen Ausgangsdaten für die SKH, wurden Tagesganglinien erstellt. Die Ergebnisse für den statischen Heizenergiebedarf zur Raumbeheizung der SKH sind in Tafel 6.1.2 dargestellt.

Tafel 6.1.2 Energiekonzept SKH: Jahresbilanz des Heizwärmebedarfs für die Raumbeheizung des derzeitigen Ist-Zustandes

| Tagart | Tagzahl in d/a | Tagesbedarf in kWh/d | Jahresbedarf in kWh/a |
|-----------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| Heiterer Wintertag | 76 | 50.708 | 3.853.801 |
| Trüber Wintertag | 75 | 37.701 | 2.827.571 |
| Heiterer Übergangstag | 80 | 9.581 | 766.477 |
| Trüber Übergangstag | 42 | 8.602 | 361.288 |
| Gesamt | | | 7.809.137 |

Bei der Bilanzierung der Tagesganglinie des Heizenergiebedarfs für die Raumbeheizung der Städtischen Kliniken Höchst errechnen sich **7.809,14 MWh** pro Jahr.

6.1.2. Vorgaben der Zielplanung für die SKH

Die für die Städtischen Kliniken Höchst in 1997 von der Frankfurter Aufbau AG (FAAG) erstellte Zielplanung, kam bezüglich des derzeitigen Zustandes des Gebäudebestandes, zu folgenden Ergebnissen:

- Haus A (Zentralbau) und Haus B (Bettennebenbau) bedürfen einer baulichen Sanierung
- Die bauliche Struktur des Orthopädie Altbaus (Haus C) ist für einen modernen Pflegebetrieb nicht geeignet
- Die PNA (Haus D) und die Geriatrische Tagesklinik (Haus E) erfüllen, bei entsprechender Instandsetzung, auch zukünftigen Anforderungen bezüglich Nutzung und Funktion.
- Über die weitere Nutzung bzw. dem möglichen Abriß der Nebengebäude (F1, F3 und F5) wird zu einem späteren Zeitpunkt entschieden.

Auf Grundlage der beschriebenen Ausgangssituation sieht die derzeitige Zielplanung für die SKH vor, daß die Bettenflügel (Haus B) Schritt für Schritt durch drei neue fünfstöckige Bettenflügel (Innere II / Kinder / Innere III) ersetzt werden. Hierdurch entfallen die unwirtschaftlichen Häuser B und C und können nach Abschluß des letzten Bauabschnitts abgerissen werden.

Der geplante Neubau des Hauses B sieht eine Nutzfläche von 14.620 m² vor. Unter Berücksichtigung eines Zielwertes für den spezifischen Heizenergiebedarf nach dem Hessischen Leitfaden für energiebewußte Gebäudeplanung von 60 kWh/m²*a, errechnet sich für den möglichen Neubau ein jährlicher Heizenergiebedarf von ca. **878 MWh**. Durch den zusätzlichen Wegfall der Häuser C (Alt- und Anbau), ergeben sich dadurch für die SKH die in Tafel 6.1.3 dargestellten zukünftigen Bedarfs- werte.

Tafel 6.1.3 Energiekonzept SKH: Gegenüberstellung der Bedarfswerte für den Ist-Zustand und der Zielplanung

| | | Ist-Zustand | Zielplanung | Reduzierung zum Ist-Zustand | |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-----------------------------|--------|
| Energiebezugsfläche | in m ² | 77.338 | 76.978 | 360 | 0,5 % |
| Jährlicher Heizenergiebedarf | in kWh/a | 7.809.137 | 6.686.184 | 1.122.953 | 14,4 % |
| Wärmebedarf für Raumbeheizung | in kW | 5.759 | 4.930 | 829 | 14,4 % |

Nach Umsetzung der Zielplanung für die SKH reduziert sich der jährliche Heizenergiebedarf, bei fast gleichbleibender Energiebezugsfläche, um ca. 1.123 MWh/a bzw. knapp 14,5 %.

In den folgenden Untersuchungen, bezüglich der Reduzierung des Gebäudewärmebedarfs, wird davon ausgegangen, daß die Häuser

- B (Bettennebenbau)
- C (Orthopädie einschl. Anbau)
- F1 (Bibliothek)
- F3 (Werkstatt) und
- F5 (Garagen)

abgerissen und demnach nicht mehr saniert bzw. wärmetechnisch optimiert werden.

6.1.3 Maßnahmen aus Gründen der Bauerhaltung

Nach Ortsbegehungen und den Ergebnissen der Zielplanung sind für mehrere Gebäude der SKH Sanierungsmaßnahmen aus Gründen der Bauerhaltung notwendig, um die weitere Funktionsfähigkeit sicherzustellen.

Hierbei sind die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung (WSchV) von 1994 bei Erneuerungsmaßnahmen an Gebäudeflächen einzuhalten. Die entsprechenden maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Werte) sind in Tafel 6.1.4 aufgeführt.

Tafel 6.1.4 Energiekonzept SKH: Begrenzung des Wärmedurchgangskoeffizienten bei Erneuerungsmaßnahmen an Gebäudeflächen nach WSchV 1994

| Bauteil | max. Wärmedurchgangskoeffizient in W/m ² *K |
|--|---|
| Außenwände | 0,4 |
| Fenster | 1,8 |
| Decke unter nicht ausgebauten Dachräumen und Decken (einschl. Schrägen), die Räume nach oben/unten gegen Außenluft abgrenzen | 0,3 |
| Kellerdecken, Wände und Decken gegen unbeheizte Räume sowie Decken und Wände gegen Erdreich | 0,5 |

Um die geforderten maximalen k-Werte bei den anstehenden Bauerhaltungsmaßnahmen einzuhalten, werden folgende Sanierungen für die einzelnen Bauteile vorgesehen.

Außenwand (Zentralbau): Entfernen der Verkleidung, anbringen einer 8 cm Mineralfaser- oder Polystyrol-Dämmung, anbringen neuer Fassadenelemente.

Flachdach: Öffnen des Daches und Verlegung von 10 cm Dämmmaterial für den Zentralbau bzw. 8 cm für die Geriatrie (Haus E)

Fenster: Einbau von 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung

In der folgenden Tafel 6.1.5 sind die neuen k-Werte nach der Sanierung und die energetischen Einsparungseffekte durch die Bauerhaltungsmaßnahmen für die Gebäude der SKH dargestellt.

Tafel 6.1.5 Energiekonzept SKH: Energetischer Nutzen der Bauerhaltungsmaßnahmen für die einzelnen Gebäude

| Gebäude | Abk. | Dämmmaßnahme | Neuer k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² | Heizenergie- bedarf in MWh/a | Einsparung zum Ist-Zustand | | Gesamt- wärmebedarf in kW |
|----------------------------|---------|-----------------------|--|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------|---------------------------------|
| | | | | | | in MWh/a | in % | |
| Haus A - Altbau | A1 (Aw) | Außenwand | 0,37 | 8.354 | 7.392,78 | 416,36 | 5,3 | 5.451 |
| | A2 (Da) | Dach | 0,30 | 6.478 | 7.531,11 | 278,03 | 3,6 | 5.553 |
| | A3 (Fe) | Fenster ²¹ | 1,50 | 3.073 | 7.284,28 | 524,86 | 6,7 | 5.371 |
| Haus E - Geriatrie | E1 (Da) | Dach | 0,30 | 892 | 7.790,15 | 18,99 | 0,3 | 5.744 |
| | E2 (Fe) | Fenster | 1,50 | 203 | 7.795,58 | 13,56 | 0,2 | 5.748 |
| Haus H - Verwaltung | H1 (Fe) | Fenster | 1,50 | 505 | 7.777,94 | 31,19 | 0,4 | 5.735 |
| Haus J - Wohnheim | J1 (Fe) | Fenster | 1,50 | 1.055 | 7.745,40 | 63,74 | 0,8 | 5.711 |
| GESAMT | | | | | | 1346,73 | 17,2 | |

Durch die Realisierung der Bauerhaltungsmaßnahmen kann der jährliche Heizenergiebedarf der SKH um jährlich knapp **1.347 MWh** reduziert werden. Unter Berücksichtigung des Kesselwirkungsgrades von 85,1 %, errechnet sich daraus eine Endenergieeinsparung von 1.582,5 MWh/a. Dies entspricht einer Reduzierung um 17,2 %. Der Gebäudewärmebedarf könnte von 5.758 kW auf 4.724 kW gesenkt werden.

6.1.4. Maßnahmen aus Gründen der Energieeinsparung

Für die weiteren Bauteile bzw. Gebäude haben sich, im Rahmen der Konzepterstellung, die in Tafel 6.1.6 aufgeführten Sanierungsmöglichkeiten als technisch realisierbar und als energetisch sinnvoll herausgestellt. Des weiteren wurde eine energetische Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahmen durchgeführt, d.h., es wurden dickere Dämmstärken mit folglich kleineren k-Werten als durch die

²¹ Die Maßnahme beinhaltet nur den Austausch der einfachverglasten Fenster des Zentralbaus

WSchV gefordert, gewählt.

Tafel 6.1.6 Energiekonzept SKH: Vorgeschlagene Maßnahmen zur Verbesserung der Gebäudesubstanz aus energetischen Gründen

| Gebäude | Abkürzung | Bauteil | Sanierungsmaßnahme | k-Wert neu in W/m ² *K |
|---------------------|-----------|-------------|--|-----------------------------------|
| Haus A - Altbau | A4 (AW) | Außenwand | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme durch Anbringen eines 12 cm dicken Wärmedämmverbundsystems (WDVS) | 0,27 |
| | A5 (Fe) | Fenster | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme (2-Scheiben Wärmeschutzverglasung) durch Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | A6 (Fe) | Fenster | Austausch der isolierverglasten Fenster (Südfassade) gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | A7 (Da) | Dach | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme mit 14 cm Dämmschicht anstelle von 10 cm | 0,26 |
| Haus A - Anbau | A8 (Fe) | Fenster | Austausch sämtlicher Fenster gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| Haus D - PNA | D1 (Fe) | Fenster | Austausch sämtlicher Fenster gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| Haus E - Geriatrie | E3 (Aw) | Außenwand | Anbringen eines 12 cm dicken(WDVS | 0,21 |
| | E4 (Fe) | Fenster | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme (2-Scheiben Wärmeschutzverglasung) durch Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | E5 (Da) | Dach | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme mit 14 cm Dämmschicht anstelle von 8 cm | 0,21 |
| Haus H - Verwaltung | H2 (Aw) | Außenwand | Anbringen eines 12 cm dicken WDVS | 0,21 |
| | H3 (Da) | Dach | Dämmung der obersten Geschoßdecke mit 2 x 10 cm Dämmplatten, Spanplatten begehbar | 0,16 |
| | H4 (Fe) | Fenster | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme (2-Scheiben Wärmeschutzverglasung) durch Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | H5 (Ke) | Kellerdecke | Dämmung unterseitig, mit 6 cm PS-Platten | 0,37 |
| Haus J - Wohnheim | J2 (Aw) | Außenwand | Anbringen eines 12 cm dicken WDVS an den beiden nicht gedämmten Außenwänden | 0,26 |
| | J3 (Da) | Flachdach | Öffnen der Dachhaut, verlegen von 14 cm dickem Dämmmaterial | 0,22 |
| | J4 (Fe) | Fenster | Optimierung der Bauerhaltungsmaßnahme (2-Scheiben Wärmeschutzverglasung) durch Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 1,00 |
| | J5 (Ke) | Kellerdecke | Dämmung unterseitig, mit 6 cm PS-Platten | 0,37 |

Der energetische Nutzen der einzelnen Maßnahmen für die Bauteile bzw. Gebäude, wurde mit Hilfe des in Abschnitt 4 beschriebenen Berechnungsverfahrens nach VDI 2067 Blatt 7 ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tafel 6.1.7 zusammenfassend dargestellt.

Die Maßnahmen mit dunkel unterlegten Feldern beziehen die Heizenergieeinsparung nicht auf den Ist-Zustand sondern geben die zusätzliche Einsparung gegenüber der Bauerhaltungsmaßnahme an

(z.B. 3-Scheiben Wärmeschutzglas anstelle von 2-Scheiben Wärmeschutzglas).

Tafel 6.1.7 Energiekonzept SKH: Energetischer Nutzen zusätzlicher Optimierungsmaßnahmen

| Gebäude | Abk. | Dämmmaßnahme | Neuer k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² | Heizenergie- bedarf in MWh/a | Einsparung zum Ist-Zustand | | Gesamt- wärmebedarf in kW |
|---------------------------|---------|--------------|--|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------------------|
| | | | | | | in MWh/a | in % | |
| Haus A - Altbau | A4(AW) | Außenwand | 0,27 | 8.354 | 7.353,45 | 39,33 | 0,5 | 5.422 |
| | A5 (Fe) | EV-Fenster | 1,00 | 3.073 | 7.213,76 | 70,52 | 1,0 | 5.319 |
| | A6 (Fe) | IV-Fenster | 1,00 | 2.710 | 7.558,24 | 250,90 | 3,2 | 5.573 |
| | A7 (Da) | Zus. Dämmung | 0,26 | 6.478 | 7.518,91 | 12,21 | 4,4 | 5.544 |
| Haus A - Anbau | A8 (Fe) | Fenster | 1,00 | 1.110 | 7.711,49 | 97,65 | 1,3 | 5.686 |
| Haus D - PNA | D1 (Fe) | Fenster | 1,00 | 2.285 | 7.573,15 | 235,983 | 3,0 | 5.584 |
| Haus E - Geriatrie | E3 (Aw) | Außenwand | 0,26 | 613 | 7.782,01 | 27,12 | 0,3 | 5.738 |
| | E4 (Fe) | Fenster | 1,00 | 203 | 7.790,15 | 5,43 | 0,1 | 5.744 |
| | E6 (Da) | Dach | 0,21 | 892 | 7.786,08 | 4,07 | 0,1 | 5.741 |
| Haus H - Verwalt. | H2(Aw) | Außenwand | 0,26 | 1.388 | 7.748,11 | 61,03 | 0,8 | 5.713 |
| | H3 (Da) | Dach | 0,16 | 838 | 7.783,37 | 25,77 | 0,3 | 5.739 |
| | H4 (Fe) | Fenster | 1,00 | 505 | 7.767,10 | 10,85 | 0,1 | 5.727 |
| | H5 (Ke) | Kellerdecke | 0,37 | 838 | 7.791,51 | 17,63 | 0,2 | 5.745 |
| Haus J - Wohnh. | J2(Aw) | Außenwand | 0,26 | 640 | 7.780,66 | 28,48 | 0,4 | 5.737 |
| | J3 (Da) | Dach | 0,22 | 442 | 7.796,93 | 12,21 | 0,2 | 5.749 |
| | J4 (Fe) | Fenster | 1,00 | 1.055 | 7.722,34 | 23,06 | 0,3 | 5.694 |
| | J5 (Ke) | Kellerdecke | 0,37 | 442 | 7.799,64 | 9,49 | 0,1 | 5.751 |
| GESAMT | | | | | | 236.678,75 | 11,4 | |

Sollten alle vorgeschlagenen energetischen Optimierungsmaßnahmen realisiert werden, würde sich der jährliche Heizenergiebedarf der SKH für Raumheizzwecke um **931,7 MWh** bzw. 11,4 % reduzieren. Dies entspricht, bei Berücksichtigung eines mittleren Kesselwirkungsgrades von 85,1 %, einer Endenergieerduzierung von 1.094,83 MWh/a.

6.1.5 Zusammenfassung

In Tafel 6.1.8 ist der energetische Nutzen bei Realisierung sämtlicher Maßnahmen, die aus Gründen der Bauhaltung notwendig sind bzw. eine relevante energetische Optimierung darstellen, für die einzelnen Gebäude der SKH zusammengefaßt.

Tafel 6.1.8 Energiekonzept SKH: Energetischer Nutzen der untersuchten Maßnahmen zur wärmetechnischen Verbesserung der Gebäudesubstanz

| Maßnahme | Heizenergiebedarf | | | Wärmebedarf | |
|--|-------------------|-------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| | IST in kWh/a | Reduzierung in MWh/a | in % | IST in kW | Reduzierung in kW |
| IST-ZUSTAND | 7.809.137 | | | 5.759 | |
| Bauerhaltung | | 1.346.727 | 17,2 | | 993 |
| Energetische Optimierungen | | 931.723 | 11,4 | | 687 |
| Zielplanung | | | | | |
| Abriß Haus B - Neubau Haus B, Abriß Haus C | | 1.122.953 | 14,4 | | 829 |
| Abriß der F-Häuser | | 219.703 | 2,8 | | 162 |
| GESAMT | | 1.342.656 | 17,2 | | 991 |

Werden sämtliche beschriebenen Maßnahmen realisiert, die

- der Bauerhaltung dienen,
- aus energetische Gründen sinnvoll sind und
- sich aus der Vorgabe der Zielplanung - Abriß vom Bettennebenbau, der Orthopädie und der F-Häuser - und gleichzeitiger Errichtung eines 5-stöckigen Funktionsbaus mit einem Zielwert von 60 kWh/m²*a ergeben,

dann läßt sich der jährliche Heizenergiebedarf für die SKH um insgesamt **3.621 MWh** bzw. 45,8 % auf 4.188 MWh/a senken. Mit einem Kesselwirkungsgrad von 85,1 % errechnet sich daraus eine Reduzierung des Endenergiebedarfs um jährlich 4.255,1 MWh. Der Wärmebedarf für die Raumbeheizung der SKH reduziert sich von 5.759 kW auf 3.088 kW.

6.2 Betriebszeitenoptimierung der RLT-Anlagen

6.2.1 Maßnahmenbeschreibung

Der Großteil der Raumluftechnischen Anlagen der SKH wurde in den vergangenen Jahren saniert und entspricht im wesentlichen dem Technischen Stand.

Ein energetisches Einsparungspotential ist demzufolge weniger durch technische Verbesserungen als in einer Optimierung der Betriebsweise zu mobilisieren.

Die überwiegende Zahl der RLT-Anlagen in den SKH wird nach festgelegten Tagesprogrammen im Wechsel von Vollast und Teillast betrieben.

Teilweise werden mit den Anlagen Raumbereiche versorgt, die an Wochenenden und Feiertagen gar nicht oder nur kurzzeitig genutzt werden (OPs, Zentralsterilisation, Zentrallager). Die betreffenden RLT-Anlagen könnten in diesen Zeiträumen im Teillastbetrieb gefahren werden.

Als ergänzende Maßnahme wird im vorliegenden Teil-Energiekonzept ein zeitweiser Teillastbetrieb der RLT-Anlage der Hauptküche untersucht, die bisher täglich 14 h ausschließlich im Vollastbetrieb gefahren wird. Hierbei wird davon ausgegangen, daß Vollastbetrieb nur im eigentlichen Kochbetrieb der Hauptküche (ca. 5 h/d) gefahren wird.

In der Tafel 6.2.1 sind die Ist- und Soll-Betriebszeiten von denjenigen Anlagen zusammengestellt, bei denen eine Reduktion der Betriebszeiten möglich erscheint (vgl. auch Abschnitt 3.5).

Tafel 6.2.1 Energiekonzept SKH: Ist- und Sollbetriebszeiten von RLT-Anlagen

| Anl.-Nr. | Zentrale/Standort | Versorgungsbereich | Ist-Betriebszeit | | Soll-Betriebszeit | |
|----------|------------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | | Vollast in h/a | Teillast in h/a | Vollast in h/a | Teillast in h/a |
| KL 1 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | OP 1+3 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 2 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | OP 4 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 3 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | OP 8 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 4 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | OP 5-7 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 5 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | Sterilgut Flur | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 6 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | OP-Flur | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 7 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | Aufwachraum | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 8 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | Umkleide | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 9 | KZ / OP 1 / A1 / 1. OG | Sterilisation | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 13 | KZ / OP 2 / AB / 2. OG | Not-OP 14 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 14 | KZ / OP 2 / AB / 2. OG | Urologie-OP 13 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 15 | KZ / OP 2 / AB / 2. OG | Sterilgut | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 16 | KZ / OP 2 / AB / 2. OG | OP-Flur | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 17 | KZ / OP 2 / AB / 2. OG | Endoskopie 1 - OP 10 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 18 | KZ / OP 2 / AB / 2. OG | Endoskopie 2 - OP 11 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |

| Anl.-Nr. | Zentrale/Standort | Versorgungsbereich | Ist-Betriebszeit | | Soll-Betriebszeit | |
|----------|-----------------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | | Vollast in h/a | Teillast in h/a | Vollast in h/a | Teillast in h/a |
| KL 19 | KZ / OP 2 / AB / 2. OG | Endoskopie 3 - OP 12 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 20 | KZ / OP 2 / AB / 2. OG | Septischer OP - OP 9 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 21 | KZ / Augen OP / D / 3. OG | Not OP | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 22 | KZ / Augen OP / D / 3. OG | OP 2 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 23 | KZ / Augen OP / D / 3. OG | OP 1 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 24 | KZ / Augen OP / D / 3. OG | OP-Flur | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| KL 30 | KZ Ost / C / UG | OP 1-2 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| LU 10 | LZ / Zentrallager / A1 / UG | Zentralmagazin | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 |
| LU 1 | Haupt-LZ / AB / UG | Zentralküche | 5.110 | 0 | 1.825 | 3.285 |

Zur Realisierung des untersuchten Teillastbetriebes der Anlagen, sollte folgender Maßnahmensschritt durchgeführt werden:

- Optimierung der GLT-fähigen Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik für jede Anlage zur Vorgabe der Betriebsparameter sowie zur Überwachung der vorgesehenen Betriebsweise

Durch die veränderten Betriebszeiten sowie den Teillastbetrieb bei bestimmten Anlagen sind Einsparungseffekte in folgenden Bereichen zu erwarten:

- Reduktion des Ventilatorstromverbrauchs
- Verminderung des Heizwärmebedarfs
- Verminderung des Kälte(-strom)bedarfs

6.2.2 Reduktion des Ventilatorstrombedarfs

Die Reduktion des Ventilator-Strombedarfs wurde im Rahmen der Berechnungen zum Teil-Energiekonzept aus den Leistungsdaten der Ventilatormotoren (vgl. Stammdaten im Abschnitt 3.5), Meßdaten (vgl. Abschnitt 4.3.3) und den jeweiligen Betriebszeiten der Anlagen im Ist- und Soll-Zustand ermittelt.

In der Tafel 6.2.2 wird der jährliche Ventilator-Strombedarf der Anlagen im Ist- und Soll-Zustand gegenübergestellt.

Tafel 6.2.2 Energiekonzept SKH: Reduktion des Ventilator-Strombedarfs durch Teillastbetrieb von RLT-Anlagen

| A | | B | | C | | D | |
|---------------------------------------|----------|------------------|-------|-------------------|----------|----------------------------|------------------------------|
| Leistungsaufnahme (Zu- und Abluft) | | Ist-Betriebszeit | | Soll-Betriebszeit | | Jahresstromverbrauch | |
| Volllast | Teillast | | | Volllast | Teillast | Ist (=ΣA*B) in kWh/a | Soll (=ΣA*ΣC) in kWh/a |
| in kW | in kW | | | in h/a | in h/a | | |
| 130,9 | 39,3 | 3.832 | 4.928 | 2.636 | 6.124 | 830.520 | 698.540 |
| 46,0 | 15,0 | 5.110 | 0 | 1.825 | 3.285 | 235.060 | 133.225 |
| Gesamt | | | | | | 1.065.580 | 831.765 |
| Einsparung gegen Ist-Zustand | | | | | | | 233.815 |

Durch eine Änderung der Betriebszeiten bei den im Abschnitt 6.2.1 genannten 23 RLT-Anlagen könnten der jährliche Ventilatorstrombedarf um ca. 233.800 kWh/a vermindert werden.

6.2.3 Reduktion des Heizwärmebedarfs

Die Reduktion des Heizwärmebedarfs, die durch den zeitweisen Teillastbetrieb der RLT-Anlagen erzielt wird, kann analog dem im Abschnitt 4. dargestellten Verfahren gemäß VDI 2067 Blatt 7 berechnet werden.

In den Bildern 6.2.1 und 6.2.1 sind die Wärmelastverläufe für die Referenztage im Winter sowie der Übergangszeit im Ist- und Soll-Zustand gegenübergestellt.

Bild 6.2.1 Energiekonzept SKH: Taglastverläufe des Heizwärmebedarfs der optimierbaren RLT-Anlagen im Ist-Betrieb (alle Tage)

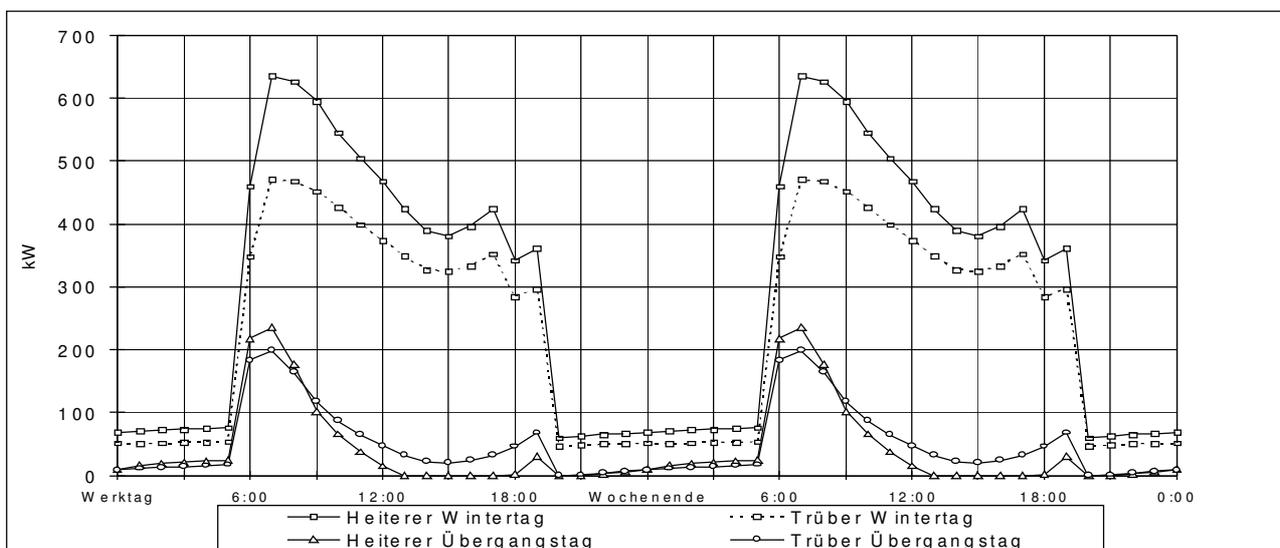
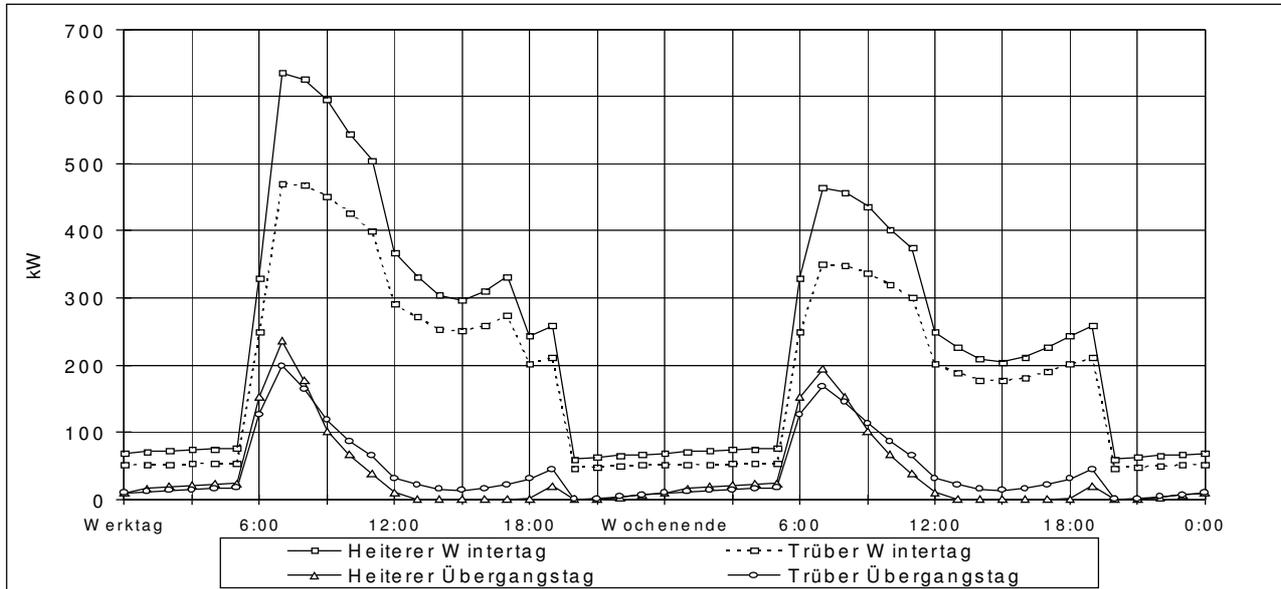


Bild 6.2.2 Energiekonzept SKH: Taglastverläufe des Heizwärmebedarfs der optimierbaren RLT-Anlagen im Soll-Betrieb (Wochenende und Feiertage)



Der Vergleich der Lastgänge im Soll und Ist-Betrieb zeigt die erhebliche Reduktion des Heizwärmebedarfs während der Teillastbetriebszeiten der untersuchten RLT-Anlagen.

Die Auswertung der Lastgänge für die zugrundegelegten typischen Tage führt zu den in der Tafel 6.2.3 dargestellten Ergebnissen.

Tafel 6.2.3 Energiekonzept SKH: Jahresheizwärmebedarf für optimierbare RLT-Anlagen im Ist- und Soll-Betrieb

| Tagart | Tagzahl Werktage in d/a | Spezifischer Heizwärmebedarf | | Jahresheizwärmebedarf | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|
| | | Ist-Zustand in kWh/d | Soll-Zustand in kWh/d | in kWh/a | in kWh/a |
| Werktage | | | | | |
| Wintertag, heiter | 51 | 7.244 | 6.373 | 369.460 | 325.008 |
| Wintertag, trüb | 60 | 5.718 | 4.988 | 343.108 | 299.272 |
| Übergangstag, heiter | 55 | 1.004 | 922 | 55.207 | 50.693 |
| Übergangstag, trüb | 28 | 1.198 | 1.042 | 33.532 | 29.163 |
| Wochenende/Feiertage | | | | | |
| Wintertag, heiter | 25 | 7.244 | 4.987 | 181.108 | 124.664 |
| Wintertag, trüb | 25 | 5.718 | 3.947 | 142.962 | 98.683 |
| Übergangstag, heiter | 25 | 1.004 | 857 | 25.094 | 21.421 |
| Übergangstag, trüb | 14 | 1.198 | 987 | 16.766 | 13.822 |
| Gesamt | | | | 1.167.237 | 962.726 |

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Einsparung gegen Ist | 204.511 |
|-----------------------------|----------------|

Die durch den zusätzlichen zeitweisen Teillastbetrieb der untersuchten RLT-Anlagen erzielbare jährliche Heizwärmeeinsparung beträgt somit ca. 204.500 kWh/a.

6.2.4 Reduktion des Kältebedarfs

Bis auf eine Ausnahme sind alle der für einen zusätzlichen zeitweisen Teillastbetrieb in Frage kommenden RLT-Anlagen Klimaanlage, die über Luftkühler verfügen.

Gemäß dem im Abschnitt 4. dargestellten Verfahren, kann der Belastungsverlauf des Kältebedarfs anhand der Außentemperaturen eines entsprechenden Referenzzeitraumes, den Zuluftvolumenströmen sowie den Temperaturunterschieden zwischen Außen- und Zuluft ermittelt werden.

Für die untersuchten Anlagen ergaben sich die in Tafel 6.2.4 dargestellten Jahreswerte der Kältebedarfs für den Ist- und Soll-Betriebszustand der Anlagen.

Tafel 6.2.4 Energiekonzept SKH: Jahreskältebedarf für optimierbare RLT-Anlagen im Ist- und Soll-Betrieb

| Tagart | Jahreskältebedarf Ist-Betrieb | Jahreskältebedarf Soll-Betrieb | Einsparung gegen Ist |
|---------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | in kWh/a | in kWh/a | in kWh/a |
| Werktage | 216.092 | 216.092 | 0 |
| Samstage | 45.259 | 17.895 | 27.364 |
| Sonntage | 53.861 | 21.208 | 32.653 |
| Gesamt | 315.212 | 255.195 | 60.017 |

Die Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Werte zeigt, daß durch die untersuchte Maßnahme ca. 60.000 kWh/a an Kälteenergie eingespart werden könnten.

Unter Zugrundelegen einer durchschnittlichen Kältezahl der zentralen Kälteerzeugung von 2,5 (vgl. Abschnitt 4.2.3) errechnet sich hieraus eine jährliche Stromeinsparung von 24.006 kWh.

6.2.5 Gesamtenergieeinsparung

In der Tafel 6.2.5 ist die jährliche Strom- und Heizwärmeeinsparung aufgeführt, die durch einen zusätzlichen Teillastbetrieb von RLT-Anlagen erzielt werden kann.

Tafel 6.2.5 Energiekonzept SKH: Jahreskältebedarf für optimierbare RLT-Anlagen im Ist- und Soll-Betrieb

| | Stromeinsparung in kWh/a | Heizwärmeeinsparung in kWh/a |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Ventilatorstrom | 233.815 | - |
| Heizwärme | - | 204.510 |
| Kältestrom | 24.006 | - |
| Gesamt | 257.821 | 204.510 |

Durch die untersuchte Betriebszeitenoptimierung der RLT-Anlagen könnten jährlich somit 257.820 kWh an Strom und ca. 204.510 kWh an Heizwärme bzw. 219.150 kWh/a an Endenergie eingespart werden.

6.3 Stromeinsparung durch Umwälzpumpenregelung

6.3.1 Allgemein

Die Analyse des Ist-Zustandes hat gezeigt, daß die Umwälzpumpen im Heizwasserversorgungssystem der SKH teilweise überdimensioniert sind und überwiegend ohne Leistungsregelung betrieben werden.

Nach den Anforderungen der Heizungsanlagen-Verordnung von 1994 sind nach dem 01.01.1996 installierte Umwälzpumpen in Heizsystemen mit Kesselleistungen oberhalb 50 kW so auszustatten, daß die elektrische Leistungsaufnahme dem betriebsbedingten Förderbedarf in mindestens drei Stufen angepaßt wird. Regelgrößen für die Leistungsregelung von Umwälzpumpen sind der sogenannten Differenzdruck oder die Temperaturdifferenz zwischen Systemvor- und -rücklauf.

6.3.2 Energetischer Einsparungseffekt der Umwälzpumpenregelung

Durch eine Leistungsanpassung der Umwälzpumpen und eine Leistungsregelung vermindert sich deren Leistungsbedarf. Für die Veränderung des Leistungsbedarfes gelten im Idealfall die Proportionalitätsgesetze von Kreiselpumpen.

Hierbei gilt:

- Der Förderstrom ist proportional der Drehzahl
- Die Förderhöhe ist proportional dem Quadrat der Drehzahl
- Der Leistungsbedarf ist proportional der dritten Potenz der Drehzahl

Umwälzpumpen können durch übliche Drehzahlregelungen auf ca. 50 % ihrer Nenndrehzahl heruntergeregelt werden. Der Leistungsbedarf reduziert sich dabei auf ca. 35 %.

Im Regelfall kann in Heizungssystemen der Förderstrom den tatsächlichen Lastverhältnissen angepaßt werden. Auf der Basis der Wetterdaten der DIN 4710 wurden für die, in der SKH installierten, Umwälzpumpen für mehrere Lastpunkte (100 %, 55 %, 45 % und 35 %) Berechnungen zum Leistungsbedarf gemäß den oben genannten Proportionalitätsgesetzen durchgeführt. Hierbei wurde ferner in Umwälzpumpen für statische Heizgruppen bzw. RLT-Geräte unterschieden, da sich die Betriebszeiten und die Art der Drehzahlregelung unterscheiden. Für statische Heizgruppen wurden Differenzdruck geregelte und für die Lüftungsheizkreise wurden Differenztemperatur geregelte Pumpen vorgesehen.

Bezüglich der Pumpenleistung ist davon auszugehen, daß während der Stromspitzenzeiten der SKH im Sommer, die neuen drehzahlgeregelten Pumpen im Schwachlastbetrieb (35 %) arbeiten, und demnach sich der Spitzenstrombedarf der SKH reduziert.

Die Ergebnisse der Berechnungen für die einzelnen Zentralen und Bereiche sind in der Tafel 6.3.1 zusammengestellt.

Tafel 6.3.1 Energiekonzept SKH: Jahresstrombedarf von Umwälzpumpen

| Standort/Heizkreisbezeichnung | Ist-Zustand (ungeregelt) | | | Soll-Zustand (geregelt) | | |
|--|--------------------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------------|-----------------|
| | Leistung in kW | Jahresstrom | | Leistung in kW | Jahresstrom | |
| | | Hzg. in kWh/a | RLT in kWh/a | | Hzg. in kWh/a | RLT in kWh/a |
| Primärversorgung: Gegenströmer A-Bau | | | | | | |
| Kesselhaus/Hauptverteiler A-Bau | 7,0 | 16.293 | 0 | 7,0 | 16.293 | 0 |
| Heizzentrale Unfallambulanz | 0,3 | 2.015 | 701 | 0,1 | 533 | 184 |
| Verteiler Unfallambulanz | 0,2 | 526 | 1.051 | 0,1 | 140 | 279 |
| Primärversorgung: Gegenströmer Türme | | | | | | |
| Kesselhaus/Hauptverteiler Türme | 1,5 | 5.188 | 964 | 0,5 | 3.259 | 275 |
| Primärversorgung: Gegenströmer B-Bau | | | | | | |
| Hauptverteiler B-Bau | 11,0 | 29.112 | 0 | 3,7 | 24.904 | 0 |
| Primärversorgung: Gegenströmer Personalwohnhaus | | | | | | |
| Unterstation Haus J (Wohnheim) | 0,8 | 1.955 | 0 | 0,3 | 1.955 | 0 |
| Unterstation Haus H (Verwaltung) | 1,7 | 11.606 | 0 | 0,6 | 3.887 | 0 |
| Primärversorgung: Gegenströmer CT-Lüftung | | | | | | |
| Lüftungszentrale CT - A-Bau | 5,9 | 0 | 16.898 | 2,0 | 0 | 14.244 |
| Primärversorgung: Umformer Erweiterung Zentral OP | | | | | | |
| Heizzentrale OP-Erweiterung UG (A-Bau) | 3,3 | 16.902 | | 0,8 | 9.376 | |
| Klimazentrale Neubau OP 1 | 0,5 | | 4.030 | 0,2 | | 1.150 |
| Intensivpflege | 0,8 | 1.752 | 4.818 | 0,3 | 466 | 1.374 |
| Sekundärkreis Anlage A6L | 0,5 | 1.250 | | 0,2 | 1.250 | |
| Heizzentrale Orthopädie | 2,3 | 3.142 | 3.501 | 0,8 | 3.142 | 2.215 |
| Primärversorgung: Umformer OP2-Neurochirurgie | | | | | | |
| Klimazentrale OP2-Neurochirurgie | 1,0 | | 8.760 | 0,4 | | 2.499 |
| Primärversorgung: Umformer Lüftungszentrale UG | | | | | | |
| Lüftungszentrale UG (A-Bau) | 3,6 | | 31.273 | 1,3 | | 8.921 |
| Primärversorgung: Gegenströmer Casino/OP2 | | | | | | |
| Heizzentrale Casino/OP2 | 1,4 | | 12.352 | 0,5 | | 3.524 |
| Primärversorgung: Gegenströmer PNA | | | | | | |
| Heizzentrale PNA | 3,7 | 22.938 | 7.884 | 1,3 | 6.444 | 2.249 |
| Heizzentrale Bewegungsbad | 0,6 | 1.051 | 3.767 | 0,2 | 279 | 1.451 |
| Lüftungszentrale C2 (PNA) | 0,6 | | 5.606 | 0,2 | | 1.599 |
| Geriatric | 0,6 | 4.468 | 964 | 0,2 | 1.573 | 275 |
| GESAMT | 47,0 | 118.196 | 102.568 | 20,7 | 73.500 | 40.239 |
| Einsparung gegen Ist | | | | 26,3 | | 107.025 |

Durch den Einbau von drehzahlgeregelten Pumpen kann der jährliche Strombedarf der SKH um

107.025 kWh reduziert werden. Dies entspricht einer Reduzierung des Gesamtstromverbrauchs um 1,1 %. Der Leistungsbedarf kann durch geregelte Pumpen um 26,3 kW verringert werden.

6.4 Stromeinsparung durch Erneuerung der Aufzugstechnik

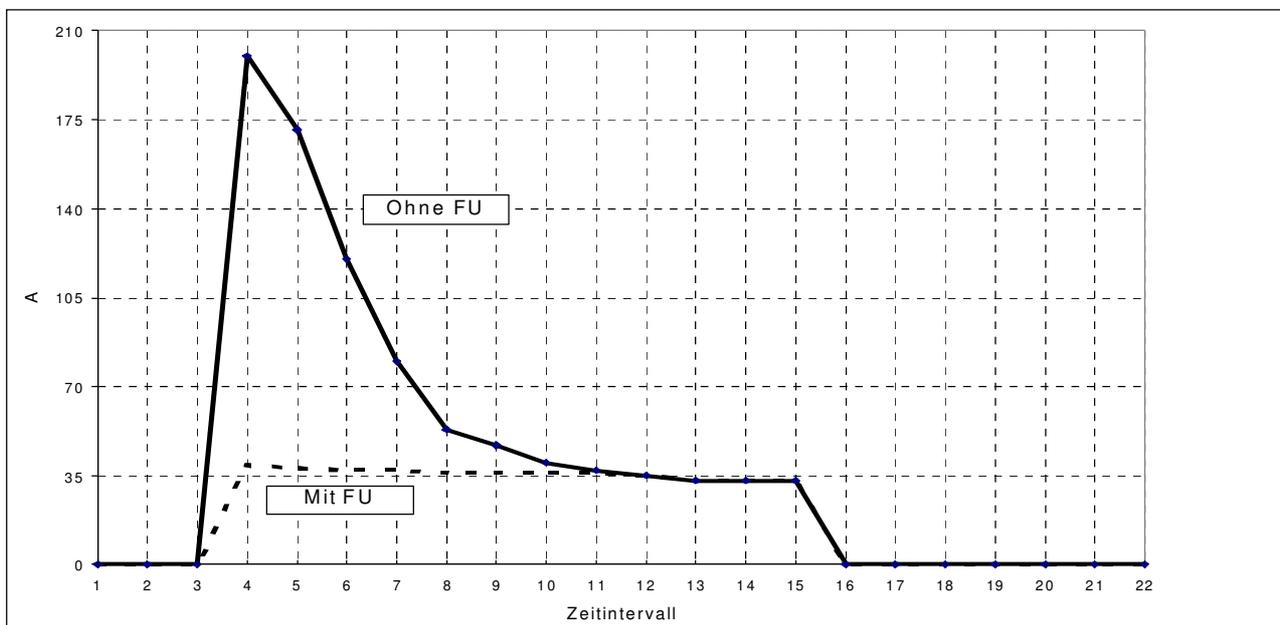
6.4.1 Allgemein und Beschreibung der Maßnahme

Die drei, im Zentralbau der SKH, installierten Aufzugsgruppen mit insgesamt 8 Aufzügen für Personen- und Bettenbeförderung, sind seit der Inbetriebnahme des Klinikums in Betrieb. Aufgrund der schrittweise durchgeführten Erneuerung der Motoren- und Steuerungstechnik befinden sich die Aufzüge in einem funktionssicheren Zustand.

Der jährliche Strombedarf von derzeit 302.500 kWh (vgl. Abschnitt 4.3) hat einen relevanten Anteil am Gesamtstromverbrauch der SKH. Des weiteren ist davon auszugehen, daß mindestens 5 der 8 Aufzüge in Zeiten des Spitzenlastanfalls in Betrieb sind und so zur Erhöhung der Strombezugsspitze um ca. 154 kW beitragen.

Aus den genannten Gründen ist ein Austausch der Antriebsmotoren nicht sinnvoll bzw. die Erneuerung der Steuerung nicht notwendig. Es besteht aber die Möglichkeit, zur besseren energetischen Nutzung, den **Einbau von Frequenzumrichtern (FU)** vorzunehmen. Durch die FU-Technik werden die Peaks der Anfahrströme auf ca. ein Drittel des konventionellen Bedarfs reduziert. Dieser Effekt ist in Bild 6.4.1 grafisch dargestellt.

Bild 6.4.1: Energiekonzept SKH: Anfahrverhalten der Aufzüge mit und ohne FU



Durch die FU-Technik kann die Schwungmasse entfallen, die das Fahrverhalten der Aufzüge mechanisch mit Gewichten „weicher“ machen.

6.4.2 Energetische Berechnungen der Maßnahme

Die beschriebene Maßnahme hat unter energetischen Gesichtspunkten folgende Vorteile:

- Geringerer Leistungsbedarf der Antriebsmotoren, da Schwungmasse entfällt und der Wirkungsgrad der Motoren, aufgrund geringerer Wärmeabstrahlung, deutlich besser ist,
- Wegfall der Anfahrpeaks mit einem dadurch verbundenen Reduzierung des Strombedarfs pro Fahrt um mindestens 50 %. Die Ersparnis kann aus Bild 6.4.1 abgelesen werden, da die Fläche (Stromarbeit) des Peaks beim FU-Betrieb wegfällt.

In Tafel 6.4.1 sind die energetischen Berechnungen bei Sanierung der Aufzüge gegenüber dem Ist-Zustand dargestellt.

Tafel 6.4.1 Energiekonzept SKH: Energetischer Vergleich der Aufzugskonzepte

| | | | Ist-Zustand Konventionell | Sollzustand mit FU-Technik |
|--|--|-----------------|------------------------------|-------------------------------|
| A | Anzahl der Fahrten pro Jahr | | 5.500.000 | 5.500.000 |
| B | Installierte Strombezugsleistung | in kW | 248,5 | 208,5 |
| C | Spezifische Strombedarf pro Fahrt | in Wh/Fahrt | 55,0 | 30,3 |
| D | Gleichzeitigkeit der Aufzüge | in % | 62 | 62 |
| E | Strombezugsleistung in Spitzenzeiten (B*D) | in kW | 154 | 129 |
| F | Stromverbrauch (A*C) | in kWh/a | 302.500 | 166.650 |
| Reduzierung Leistungsbezug zu Ist | | in kW | 25 | |
| Stromeinsparung zu Ist | | in kWh/a | 135.850 | |

Durch den Einbau der von FU für die beschriebenen Aufzugsanlagen kann der Stromleistungsbezug um 25 kW reduziert werden und der Stromverbrauch sinkt um fast 136.000 kWh/a.

6.5 Optimierung der Beleuchtungsanlagen

6.5.1 Maßnahmenbeschreibung

Der überwiegende Teil der Beleuchtung der SKH wird durch Leuchtensysteme gewährleistet, die mit Leuchtstofflampen und konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet sind.

Die Beleuchtung der patientennahen Bereiche, der Intensivstationen, der Allgemeinpflagestationen sowie des Zentral-OP wurde, gemäß Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten auf eine rationelle Elektrizitätsversorgung untersucht und bewertet (vgl. Abschnitt 8.). Im gesamten Klinikbereich muß aber von einer heterogenen Nutzungs- und Gebäudestruktur ausgegangen werden.

Da im Bereich der weiteren Hauptnutzungszonen der SKH derzeit keine Sanierungsmaßnahmen vorgesehen sind, in die eine entsprechende Komplettsanierung von Beleuchtungsanlagen integriert werden könnte, kann an dieser Stelle nur die folgende Maßnahme dargestellt und untersucht:

- Austausch der vorhandenen Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) gegen Leuchtstofflampen mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) in durchgehend beleuchteten Bereichen (Verkehrswege)

6.5.2 Ermittlung der Stromeinsparung in durchgehend beleuchteten Bereichen

Beleuchtungsanlagen, die ganztägig eingeschaltet bleiben, tragen sowohl zum Grundlaststrombedarf der SKH als auch zum Spitzenlastbedarf bei. Aus diesem Grund wird im folgenden Abschnitt die erzielbare Stromeinsparung durch einen Leuchtstofflampenwechsel mit Austausch der Vorschaltgeräte für die in Tafel 6.5.1 aufgeführten Bereiche der SKH berechnet, die ganztägig beleuchtet werden. Hierbei werden nur die Bereiche berücksichtigt, die gemäß Zielplanung auch zukünftig genutzt werden.

Tafel 6.5.1 Energiekonzept SKH: Durchgehend beleuchtete Bereiche mit installierten Leuchtenanlagen

| Bauteil | Bereich | Leuchten zahl | Lampen je Leuchte | Leistung | | Nacht- schaltung |
|---------|----------------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------|---------------------|
| | | | | Lampe in Watt | KVG in Watt | |
| A-Bau | Gang-Neubau-OP | 8 | 2 | 58 | 13 | nein |
| | | 2 | 2 | 36 | 10 | nein |
| A-Bau | Flur bis zu den Aufzügen | 5 | 1 | 58 | 13 | nein |
| | | 1 | 2 | 36 | 10 | nein |
| A-Bau | Flur Richtung Warenannahme | 11 | 1 | 58 | 13 | nein |
| A-Bau | Flur Richtung TZ | 18 | 1 | 58 | 13 | nein |
| | | 1 | 1 | 36 | 10 | nein |
| A-Bau | Flur parallel zur TZ | 8 | 2 | 36 | 10 | nein |

| Bauteil | Bereich | Leistung | | | | Nachtschaltung |
|-----------|-----------------|--------------|-------------------|---------------|-------------|----------------|
| | | Leuchtenzahl | Lampen je Leuchte | Lampe in Watt | KVG in Watt | |
| A-Bau | Flur Küche | 14 | 2 | 58 | 13 | nein |
| A-Bau | Flur/Zentralbau | 16 | 1 | 58 | 13 | nein |
| A-/B-Bau | Übergang | 4 | 1 | 58 | 13 | nein |
| B/PNA | Übergang 1 | 7 | 1 | 65 | 13 | nein |
| B/PNA | Übergang 2 | 7 | 1 | 58 | 13 | nein |
| PNA | alle Flure PNA | 42 | 1 | 58 | 13 | nein |
| | | 13 | 1 | 58 | 13 | nein |
| PNA/E-Bau | Übergang | 3 | 1 | 58 | 13 | nein |

Die Optimierung der Beleuchtung basiert auf einer angenommenen Referenzvariante. Hierbei wird angenommen, daß im Zuge von Bauerhaltungsmaßnahmen, die Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten gegen Leuchten mit verlustarmen Vorschaltgeräten ausgetauscht werden, d.h., es wird die zusätzliche Stromeinsparung durch den Einbau von elektronischen Vorschaltgeräten ermittelt. In Tafel 6.5.2 wird der jährliche Strombedarf für die Referenzvariante demjenigen der optimierten Variante gegenübergestellt und bilanziert.

Tafel 6.5.2 Energiekonzept SKH: Jährlicher Strombedarf der durchgehend beleuchteten Bereiche im Referenz-Zustand und nach der Optimierung mit EVG

| Bauteil | Bereich | Leistung | | Jahresstrombedarf | |
|-------------------|--------------------------|----------------|--------------|-------------------|---------------|
| | | REFERENZ in kW | SOLL in kW | REFERENZ in kWh/a | SOLL in kWh/a |
| A-Bau | Gang-Neubau-OP | 1,308 | 1,072 | 11.458 | 9.391 |
| A-Bau | Flur bis zu den Aufzügen | 0,414 | 0,339 | 3.627 | 2.970 |
| A-Bau | Flur zur Warenannahme | 0,726 | 0,605 | 6.360 | 5.300 |
| A-Bau | Flur Richtung TZ | 1,230 | 1,022 | 10.775 | 8.953 |
| A-Bau | Flur parallel zur TZ | 0,672 | 0,512 | 5.887 | 4.485 |
| A-Bau | Flur Küche | 1,848 | 1,540 | 16.188 | 13.490 |
| A-Bau | Flur/Zentralbau | 1,056 | 0,880 | 9.251 | 7.709 |
| A-/B-Bau | Übergang | 0,264 | 0,220 | 2.313 | 1.927 |
| B/PNA | Übergang 1 | 0,511 | 0,420 | 4.476 | 3.679 |
| B/PNA | Übergang 2 | 0,462 | 0,385 | 4.047 | 3.373 |
| PNA | alle Flure PNA | 2,592 | 2,121 | 22.706 | 18.580 |
| PNA/E-Bau | Übergang | 0,198 | 0,165 | 1.734 | 1.445 |
| Summe | | 11,281 | 9,281 | 98.822 | 81.302 |
| Einsparung | | | 2,000 | | 17.520 |

Auf der Basis der beschriebenen Bereiche und Beleuchtungsanlagen, kann von einer Reduktion der

Anschlußleistung von 2,0 kW und einer Verminderung des Jahresstrombedarfs von ca. 17.520 kWh gegenüber der Referenzvariante ausgegangen werden.

6.6. Thermische Solarenergienutzung zur Brauchwasserbereitung

6.6.1 Ausgangslage

Die zunehmende Belastung der Umwelt, insbesondere durch die bei der Verbrennung auftretenden Schadstoffemissionen, verstärkt die Diskussion über die Nutzung von regenerativen Energien. Gerade in dichtbesiedelten Regionen, wie das Rhein-Main-Gebiet, ist der Einsatz von Solarenergie zur Brauchwassererwärmung eine sinnvolle Maßnahme, um den Verbrauch fossiler Brennstoffe und dem damit verbundenen Schadstoffausstoß zu reduzieren.

Im Rahmen des Energiekonzeptes wurde festgestellt, daß das Personalwohnheim und der PNA-Bau (Haus D) günstigste Voraussetzungen für die Nutzung der Solarenergie zur Brauchwassererwärmung besitzen, da ein relevanter Warmwasserbedarf auch in den sonnenreichen Jahreszeiten besteht.

Im Rahmen der Ermittlung und Darstellung des Ist-Zustandes für die Untersuchungsbereiche PNA und Wohnheim, wurden bereits in den vorangegangenen Abschnitten die folgenden Ausgangsdaten ermittelt und dargestellt.

- Brauchwasserbereitungssystem,
- Wasser- und Energieverbrauchsdaten,
- bauliche Gegebenheiten und
- Abschätzung des Warmwasserbedarfs

Im folgenden werden kurz die wichtigsten Daten noch einmal genannt.

Haus D (PNA)

Für die Brauchwasserversorgung stehen vier liegende Speicher mit je 1.000 l Inhalt zur Verfügung. Die Wärmeversorgung erfolgt durch das zentrale Warmwassersystem der SKH. Die Zirkulation wird ohne Unterbrechung betrieben.

Haus J (Wohnheim)

Die Brauchwasserversorgung erfolgt durch zwei 35 Jahre alte Speicher mit je 2.000 l Inhalt. Die Beheizung erfolgt durch das zentrale Warmwassersystem der SKH. Die Zirkulation wird nicht unterbrochen.

6.6.2 Brauchwasserbedarf

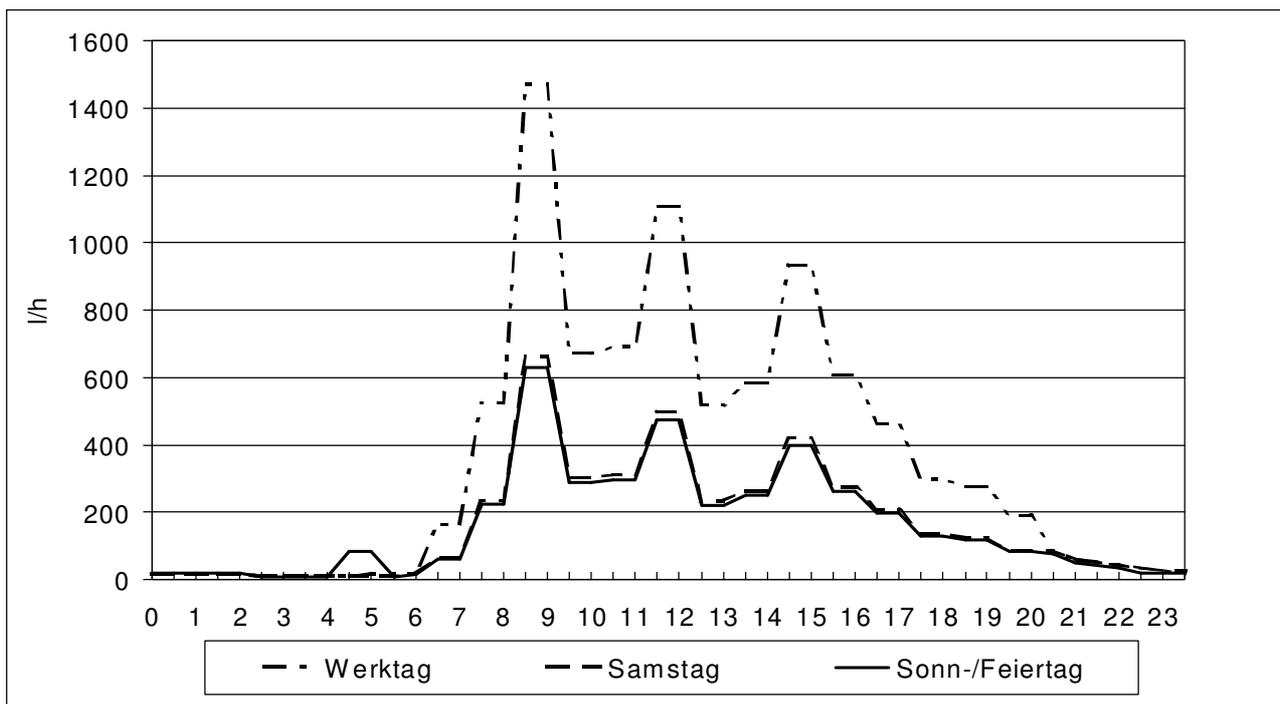
Der Brauchwasserbedarf für die Untersuchungsbereiche wurde in Abschnitt 4.1.2.2 ermittelt. Die wichtigsten relevanten Daten sind in Tafel 6.6.1. dargestellt. Für den Bereich der PNA wurde bei den folgenden Berechnungen berücksichtigt, daß die mitversorgten Bereiche der Orthopädie und der Werkstatt, entsprechend der Zielplanung, nicht weiter genutzt werden.

Tafel 6.6.1 Energiekonzept SKH: Ermittlung der Brauchwasserbedarfswerte

| | | Haus D (PNA) | Haus J |
|--|----------------------|----------------|---------------|
| Tagesbedarf Warmwasser (45 °) | in l/d | 14.550 | 2.650 |
| Jahresbedarf-Brauchwarmwasser (45 °C) | in m ³ /a | 5.310 | 967 |
| | | | |
| Jahres-Nutzenergiebedarf ²² | in kWh/a | 214.852 | 39.350 |
| Jahresverluste für Zirkulation und Speicheraus Kühlung | in kWh/a | 102.148 | 37.395 |
| Jahresgesamtbedarf für die Brauchwasserversorgung | in kWh/a | 317.000 | 76.745 |

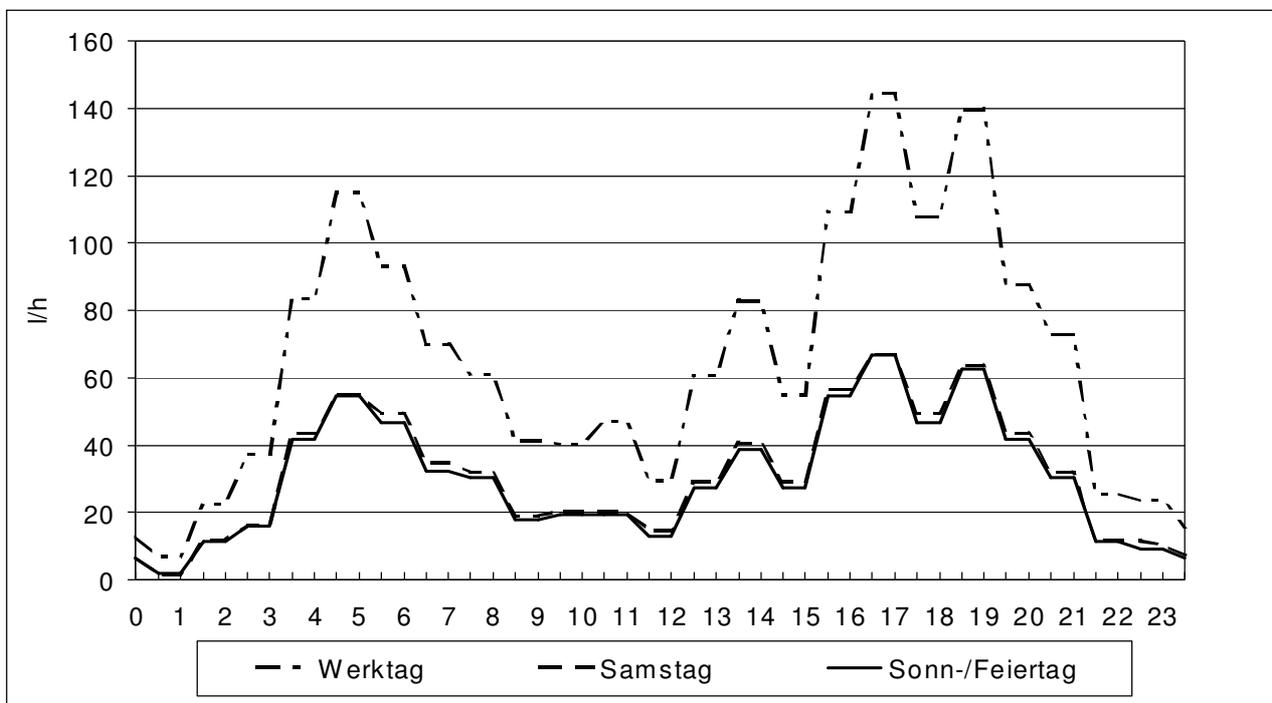
Die Lastkurven des jährlichen Brauchwarmwasserverbrauchs wurden, mit Hilfe des Simulationsprogramms T-SOL und bestehender Verbrauchsprofile normiert und sind in den Bildern 6.6.1 und 6.6.2 noch einmal dargestellt.

Bild 6.6.1 Energiekonzept SKH: Tagesprofil des Brauchwarmwasserbedarfs für das Haus D - PNA (ohne Orthopädie und Werkstatt)



²² Die Jahresbedarfswerte/Lastverläufe wurden mit dem Solarsimulationsprogramm T-SOL 3.1, Copyright Dr.-Ing. Valentin, Berlin, 1998, erstellt.

Bild 6.6.2 Energiekonzept SKH: Tagesprofil des Brauchwarmwasserbedarfs für das Personalwohnheim



6.6.3 Beschreibung der untersuchten Solaranlagen

Für die PNA und das Personalwohnheim der Städtischen Kliniken Höchst wurden, unter Annahme des ermittelten Jahres-Brauchwarmwasserbedarfs, der Einsatz der nachstehend beschriebenen Solaranlagen untersucht.

Tafel 6.6.2 Energiekonzept SKH: Auslegungsdaten der untersuchten Solaranlagen

| | Haus D (PNA) | Haus J (Personalwohnheim) |
|-----------------------|--|--|
| Kollektortyp | Flachkollektor mit selektiv beschichtetem Absorber | Flachkollektor mit selektiv beschichtetem Absorber |
| Kollektorfläche | 210 m ² | 60 m ² |
| Solarspeichersystem | 4 Speicher a 2000 l | 2 Speicher a 1.500 l |
| Bereitschaftsspeicher | 1 x 1.500 l | 1 x 1.000 l |
| Rohrleitungslänge | Einfache Länge 125 m (2.520 l/h) | Einfache Länge 50 m (720 l/h) |
| Leistung Solarpumpe | 564 W | 121 W |
| Nachheizung | Durch zentrales Heizsystem | Durch zentrales Heizsystem |

In den nachfolgenden Berechnungen wird das beschriebene Konzept als neuer Ausgangszustand für die Ermittlung der Einsparungen durch eine Solaranlage angenommen. Der auftretende Mehr-/Minderverbrauch gegenüber der derzeitigen Versorgungsvariante wird an den betreffenden Stellen

erläutert.

Da im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes keine genaueren Daten über den Brauchwasserverbrauch ermittelt werden konnten, können die für die Berechnung notwendigen Systemgrößen, wie z.B. Speichervolumen, Kollektorfläche nur überschlägig ermittelt werden. Vor einer etwaigen Realisierung der untersuchten Maßnahmen sollten demzufolge der tatsächliche Verbrauch durch Messungen belegt werden.

Die vorhandenen liegenden Speicher der PNA bzw. die 35 Jahre alten Speicher des Wohnheims, sind für die Solarenergienutzung nicht geeignet, da eine thermische Schichtung im Speicher nicht erreicht werden kann. Aus diesem Grund wird die Neuinstallation der o.g. Speicheranlagen empfohlen.

Die Kollektoren können in südlicher Orientierung mit einer Neigung von ca. 35 - 45° (optimierte Neigung) auf den Flachdächern aufgestellt werden. Vor einer Realisierung dieser Maßnahme sollte eine statische Überprüfung durchgeführt werden.

6.6.4 Energieeinsparungen

Der Energieertrag der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Solaranlagen wurde stundenweise mit Hilfe des Simulationsprogrammes TSOL für Solaranlagen zur Brauchwarmwassererwärmung berechnet.

In der folgenden Tafel 6.6.3 sind die Ergebnisse der Simulation für die einzelnen Solaranlagen zusammengestellt.

Tafel 6.6.3 Energiekonzept SKH: Ergebnisse der Simulationsrechnung für die untersuchten Solaranlagen

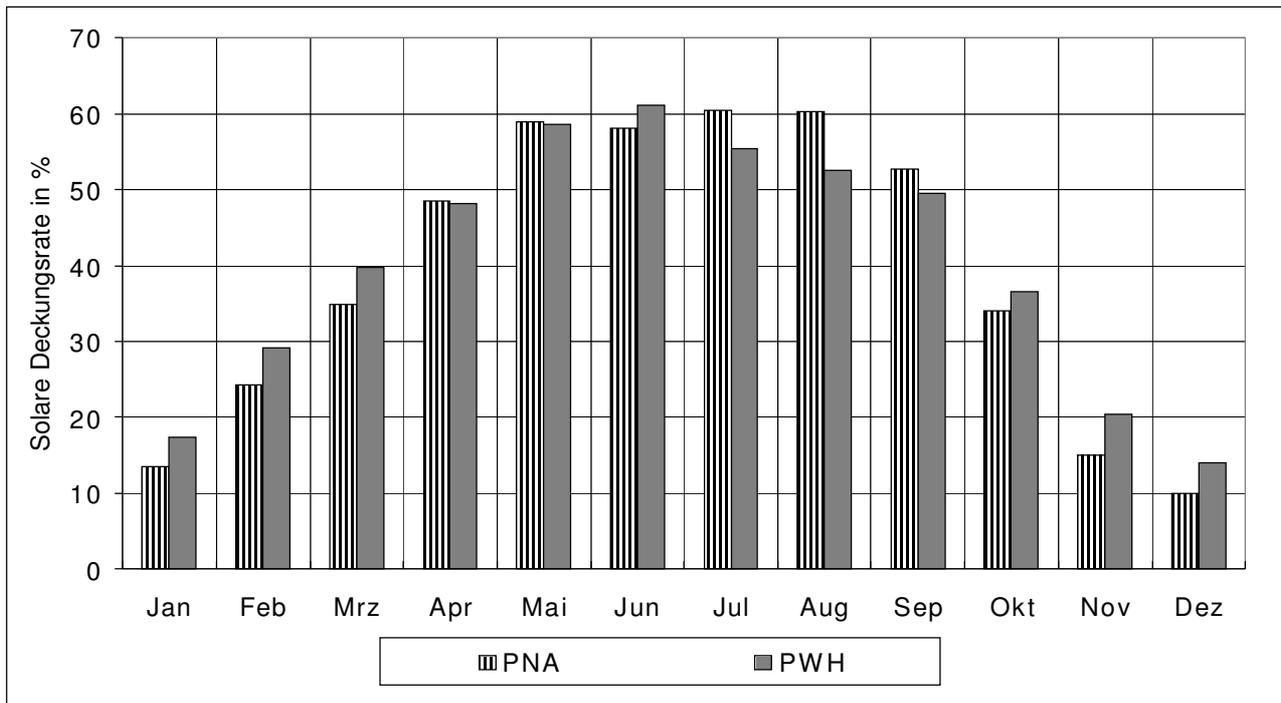
| | | Haus D (PNA) | Haus J (Wohnheim) |
|--|-------------------------|--------------|-------------------|
| Nutzenergiebedarf inkl. Speicher- und Zirkulationsverluste für Brauchwasserbereitung | in kWh/a | 0 | 0 |
| Nutzbarer Solarertrag | in kWh/a | 121.332 | 31.259 |
| Spezifischer Solarertrag pro m ² | in kWhm ² *a | 578 | 521 |
| Solarer Deckungsanteil | in % | 38 | 41 |
| Endenergieeinsparung ²³ | in kWh/a | 142.575 | 36.732 |
| Laufzeit Kollektorkreispumpe | in h/a | 2.419 | 2.336 |
| Strombedarf für Kollektorkreispumpe | in kWh/a | 1.364 | 283 |

Durch den Einsatz einer thermischen Solaranlage zur Brauchwasserbereitung in der PNA können, im Vergleich zur jetzigen Versorgung, jährlich **142.575 kWh** an Endenergie eingespart werden. Für das Personalwohnheim errechnet sich eine Endenergieeinsparung von **36.750 kWh/a**.

²³ Unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Kesselwirkungsgrades von 85,1 %

Die Verteilung des solaren Deckungsanteils, d.h., des Anteils der Solarenergie am Gesamtbedarf der Brauchwasserbereitung, ist für beide Anlagen in Bild 6.6.3 dargestellt.

Bild 6.6.3 Energiekonzept SKH: Verteilung der solaren Deckungsraten für PNA und PWH



Die solare Deckung erreicht für beide Solaranlagen in den Sommermonaten einen Anteil von ca. 60 %. Aus diesem Grund muß die Nachheizung durch das zentrale Heizsystem aufrechterhalten werden.

Eine vollständige solare Deckung in den Sommermonaten kann nur erreicht werden, wenn zusätzlich erheblich mehr Kollektorfläche und größere Speichervolumen installiert würden, was aber zu Problemen bei der Aufstellung führen würde bzw. das Kosten / Nutzen - Verhältnis sehr negativ beeinflussen würden.

6.7. Kondensatorkühlung der Dampfsterilisatoren

6.7.1 Ausgangslage

Die Kondensatoren vor den Vakuumpumpen der Dampfsterilisatoren im Zentralsteri werden derzeit ganzjährig mit Frischwasser gekühlt. Nach Rücksprache mit dem Hersteller der Sterilisatoren können diese an das zentrale Kaltwassernetz (10 °C/15 °C) der SKH angeschlossen werden. Im folgenden Abschnitt wird geprüft, ob diese wassersparende Maßnahme sinnvoll ist.

6.7.2 Jährlicher Wasserbedarf zur Kondensatorkühlung

Für die Kühlung der Kondensatoren vor der Vakuumpumpe werden nach Auskunft der Technischen Leitung der SKH pro Dampf-Steri täglich 9 m³ Frischwasser verbraucht. Daraus errechnet sich, bei einer Betriebszeit von 250 d/a, ein derzeitiger jährlicher Frischwasserbedarf für die Kühlung der Dampfsterilisatoren von

$$W_a = 9 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{Steri} \cdot 3 \text{ Sterilisatoren} \cdot 250 \text{ d/a} = 6.750 \text{ m}^3/\text{a}$$

Derzeit werden jährlich ca. 6.750 m³ Frischwasser zur Kühlung der Kondensatoren benötigt. Dies entspricht einem Anteil am Gesamtwasserbedarf der SKH von 4,2 %.

6.7.3 Jährlicher Kältebedarf zur Kondensatorkühlung

Wird der technisch mögliche Anschluß der Kondensatoren an die zentrale Kaltwasserversorgung realisiert, ergeben sich die in Tafel 6.7.1 dargestellten Kälte- und Strombedarfsmengen. Für die Versorgung der Vakuumpumpen wird weiterhin eine Wassermenge von täglich 1,35 m³ benötigt. Zum Vergleich werden die Wasserbedarfswerte des Ist-Zustandes aufgeführt.

Tafel 6.7.1 Energiekonzept SKH: Gegenüberstellung der Wasser-, Kälte- und Strombedarfswerte der möglichen Kondensatorkühlung der Dampfsterilisatoren

| | | Ist-Zustand | Soll-Zustand |
|--|-------------------|-------------|--------------|
| Wasserverbrauch | m ³ /d | 27 | 1,35 |
| Betriebszeit | d/a | 250 | 250 |
| Jahreswasserverbrauch | m ³ /a | 6.750 | 338 |
| Kühlwassertemperatur-Eintritt | °C | 10 | 10 |
| Kühlwassertemperatur-Austritt | °C | 15 | 15 |
| Jahreskältebedarf | kWh/a | 39.150 | 39.150 |
| Leistungszahl-Kältemaschine/Rückkühlwerk | | | 3 |
| Strombedarf-Kältemaschine/Rückkühlwerk | | | |
| - Arbeit | kWh/a | | 13.050 |

| | | | |
|------------|----|--|-----|
| - Leistung | kW | | 7,5 |
|------------|----|--|-----|

Durch die Realisierung der Kondensatorkühlung durch das zentrale Kaltwassersystem kann der jährlicher Frischwasserbedarf von derzeit 6.750 m^3 auf 338 m^3 gesenkt werden. Dies entspricht einer Wassereinsparung von **6.412 m³/a**. Dieser Frischwasserreduzierung steht ein Strombedarf für die Kälteerzeugung von jährlich 13.050 kWh und ein zusätzlicher Stromleistungsbezug von 7,5 kW gegenüber.

6.8 Optimierung der zentralen Kälteversorgung

6.8.1 Maßnahmenbeschreibung

Wie im Abschnitt 3.4.1 dargelegt, weist die zentrale Kälteversorgungsanlage der SKH erhebliche hydraulische Mängel auf, die ihre optimale Funktion beeinträchtigen. Zudem muß die Anlage ganzjährig betrieben werden, um die Grundlastversorgung zu gewährleisten (vgl. Abschnitt 4.2.1).

Hierbei kommt es zum Taktbetrieb und zudem erreicht die Anlage eine relativ geringe Kältezah, da auch in der Grundlast sämtliche Hilfsaggregate (Maschinenpumpe, Kondensatorlüfter) mitbetrieben werden müssen.

Zur hydraulischen und energetischen Optimierung der Kälteversorgung wurde im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes folgendes Maßnahmenpaket untersucht:

- Hydraulische Trennung des Erzeuger- und Verbraucherkreises durch Schaffung von Primär- und Sekundärverteilungen
- Installation von 4 Kaltwasserspeichern (je 3 m³) als Pufferspeicher zur Verringerung der Taktzeiten der Kältemaschinen, zur Erhöhung der Kältezah sowie zur hydraulischen Entkopplung von Primär- und Sekundärkreis
- Einbindung eines Luftkühlsystems (Axial-Glykoler / Wärmetauscher) zur Gewährleistung der Grundlastkälteversorgung bei Außenlufttemperaturen ≤ 0 °C.

Möglicher Standort für den Aufbau der Verteilungen sowie die Aufstellung einer Speicherbatterie ist die Heizzentrale (Orthopädie/OP-Neubau), die sich direkt neben der Kältezentrale im UG des OP-Anbaus befindet. Voraussetzung für die geänderte Raumnutzung wäre allerdings die Umstellung der zentralen Wärmeversorgung der SKH auf ein Warmwasserheizsystem.

Die wesentlichen Kenndaten der neu zu installierenden Systemkomponenten für das zentrale Kältesystem sind in der Tafel 6.8.1 zusammengestellt.

Tafel 6.8.1 Energiekonzept SKH: Kenndaten der Systemkomponenten zur Optimierung der zentralen Kälteversorgung

| Komponentenbezeichnung | Kenndaten | Aufstellungsort |
|--------------------------------------|-------------|---------------------------|
| Kaltwasserprimärverteiler/-sammler | 2 x DN 350 | HZ im UG-OP-Anbau (A-Bau) |
| Kaltwassersekundärverteiler/-sammler | 2 x DN 350 | HZ im UG-OP-Anbau (A-Bau) |
| Kaltwasserspeicher | 4 x 3.000 l | HZ im UG-OP-Anbau (A-Bau) |

| Komponentenbezeichnung | Kenndaten | Aufstellungsort |
|------------------------------------|---|---------------------------|
| Axial-Glykoler ²⁴ | Lufteintrittstemperatur: 0 °C Luftaustrittstemperatur: 5 °C Wassereintrittstemperatur: 6 °C Wasseraustrittstemperatur: 3 °C Kälteleistung: 100 kW elektrische Anschlußleistung: 8 kW | Dach-OP-Anbau |
| Wasser-Glykol/Wasser-Wärmetauscher | Leistung: 100 kW Primärtemperatur: 3/6 °C Sekundärtemperatur: 6/12 °C | HZ im UG-OP-Anbau (A-Bau) |

6.8.2 Energetische Berechnungen

Bei den energetischen Berechnungen wird davon ausgegangen, daß das in Abschnitt 6.8.1 beschriebene System wie folgt betrieben werden kann:

| | |
|-------------------------------|---|
| Außentemperatur ≤ 0 °C: | Glykolerbetrieb ohne Kältemaschine |
| Außentemperatur 0 bis +15 °C: | Pufferspeicherbetrieb mit Kältemaschine |
| Außentemperatur ≥ 15 °C | Dauerbetrieb-Kältemaschine |

Unter Berücksichtigung des Grundlastkältebedarfs von 44 kW (vgl. Abschnitt 4.2.1), der Summenhäufigkeit der Außenlufttemperaturen für Frankfurt am Main gemäß DIN 4710 sowie der Kenndaten der Anlagen im Ist- und Soll-Zustand ergeben sich die in Tafel 6.8.2 zusammengestellten Energiebilanzen.

Tafel 6.8.1 Energiekonzept SKH: Kenndaten der Systemkomponenten zur Optimierung der zentralen Kälteversorgung

| Betriebsart | Betriebszeit (nach DIN 4710) in h/a | Kälteleistung in kW | Kältezah (einschl. Pumpenstrom) | Kältestrom in kWh/a |
|------------------------------------|--|------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Soll-Zustand | | | | |
| Glykolerbetrieb | 860 | 44 | 10 | 3.784 |
| Pufferspeicherbetrieb | 5.785 | 44 | 2,5 | 101.816 |
| Dauerbetrieb | 2.115 | 44 | 2,5 | 37.224 |
| Summe-Soll | | | | 142.824 |
| Ist-Zustand (vgl. Abschnitt 4.2.1) | | | | 182.590 |
| Einsparung gegen Ist-Zustand | | | | 39.766 |

²⁴ Berücksichtigung einer Leistungsreserve für zukünftige Erweiterungen

Durch das untersuchte Maßnahmenpaket könnte der Strombedarf zur Grundlastkälteversorgung somit um ca. 39.770 kWh/a gesenkt werden. Zudem würde sich die hydraulische Situation des zentralen Kälteversorgungssystems und damit die Versorgungsleistung im Maximalbetrieb wesentlich verbessern.

7. Kosten und Wirtschaftlichkeit der untersuchten Energiesparmaßnahmen

7.1 Grundlagen und -daten der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Energiesparmaßnahmen und Wärmeversorgungsvarianten wird in dem vorliegenden Konzept das Verfahren der VDI-Richtlinie 2067 zugrunde gelegt. Bei diesem Verfahren werden für die einzelnen Varianten Jahreskostenberechnungen durchgeführt.

Bestandteil der Jahreskosten sind

- **Kapitalkosten**, die sich aus den Investitionskosten unter Berücksichtigung von Kapitalzinsen, bezogen auf die rechnerische Nutzungszeit der Anlagen, errechnen. Zusätzlich wird für alle Anlagenteile der Instandhaltungsaufwand berücksichtigt.
- **Energie- und Wasserkosten**, die unter Berücksichtigung spezifischer Energie- und Wasserpreise, aus dem zu erwartenden Jahresbrennstoffverbrauch, dem Wasser- und dem Strombezug sowie den zu erwartenden Erlösen einer Überschußstromspeisung der Versorgungsvarianten ermittelt werden.
- **Betriebskosten**, die sich aus Kosten für die Wartung, Instandhaltung sowie Bedienung und Betreuung der Anlagen ergeben.

Für die in der vorliegenden Untersuchung vorgenommenen Wirtschaftlichkeitsberechnungen gelten folgende Grunddaten:

Kapitalkosten

K_K = Kapitalkosten in DM/a
= $I \cdot a$

I = Investitionskosten in DM (ermittelt nach Firmenangaben und Ergebnissen von Vergleichsausschreibungen). Die Baunebenkosten wurden pauschal mit 15 % veranschlagt. Bei der Kostenermittlung wurde ein Mehrwertsteuersatz von 15 % angesetzt.

a = Annuitätsrate in 1/a (ermittelt aus $p = \text{Kapitalzins}^{25}$) und erwarteter technischer Nutzungszeit

²⁵⁾ Bei den Berechnungen wird von einem einheitlichen Zinssatz von 7 %, der mit kaufmännischer Verwaltung der SKH abgestimmt wurde, ausgegangen.

der Anlage in Jahren)

Energie- und Wasserkosten

Für die Berechnungen der Energiekosten werden die folgenden spezifischen Energiepreise (Bruttopreise einschl. MwSt.) zugrundegelegt:

Spezifischer Gaspreis

Grundlage für die Festlegung des Gasarbeitspreises bildet der durchschnittliche Heizölpreis und wird nach der Formel²⁶

$$AP = 0,0913 * HEL - 0,60 + \text{Steuer für begünstigtes Erdgas (derzeit } 0,36 \text{ Pf/kWh)} + 15 \% \text{ MwSt.}$$

berechnet. In Absprache mit dem Energiereferat der Stadt Frankfurt werden drei unterschiedliche Heizölbezugspreise angenommen, um eine Sensitivitätsanalyse bezüglich der Entwicklung der Energiepreise erstellen zu können. Folgende durchschnittliche Heizöl- bzw. Gasarbeitspreise werden für den Betrachtungszeitraum von 15 Jahren angenommen:

| | |
|---|--------------------------------------|
| Langfristig realistischer Basispreis: HEL = 40 DM/hl = | Gas-AP = 3,924 Pf/kWh _{HO} |
| Jährl. Reduzierung um 1,5 % zum Basispreis : HEL = 30 DM/hl = | Gas-AP = 2,874 Pf/ kWh _{HO} |
| Jährl. Steigerung um 1,5% zum Basispreis: HEL = 50 DM/hl = | Gas-AP = 4,974 Pf/ kWh _{HO} |

Durchschnittspreise im Winter (unter Berücksichtigung des Gasleistungspreises)

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Langfristig realistischer Basispreis: | Gas-AP = 4,647 Pf/kWh _{HO} |
| Billigerer Basispreis: | Gas-AP = 3,597 Pf/ kWh _{HO} |
| Teurerer Basispreis: | Gas-AP = 5,697 Pf/ kWh _{HO} |

Spezifische Strompreise

In den folgenden Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen werden die Strombezugspreise der Zone 4 angesetzt.

Bezug (inkl. MwSt.)

| | |
|------------------|---------------|
| - HT-Wirkarbeit: | 132,25 DM/MWh |
| - NT-Wirkarbeit: | 80,50 DM/MWh |
| - Leistung: | 230,00 DM/kW |

²⁶ Entsprechend dem derzeit gültigen Gaslieferungsvertrag für die SKH

Um auch für den Bereich der Stromeinsparung eine Sensitivitätsanalyse, bezüglich der Entwicklung der Strompreise, durchführen zu können, werden folgende Preisannahmen untersucht:

- Gleichbleibende Strompreise
- Mittlere jährliche Strompreissteigerung um 1,5 %
- Mittlere jährliche Strompreisreduzierung um 1,5 %

Einspeisevergütung für Strom aus KWK-Anlagen in Frankfurt am Main (Stand 10/96)

| Leistung | Hochtarif in Pf/kWh | Niedertarif in Pf/kWh |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|
| bis 50 kWel | 14,34 | 14,34 |
| bis 500 kWel Volleinspeisung | 14,34 | 11,47 |
| Teileinspeisung | 14,34 | 10,52 |
| ab 500 bis Volleinspeisung | 11,47 | 8,60 |
| 1.500 kW Teileinspeisung | 9,56 | 6,69 |

Spezifischer Wasserpreis einschl. Abwassergebühr

Rohwasser: 7,50 DM/m³

Betriebskosten

Instandhaltung

K_j = Instandhaltungskosten in DM/a
 = $I \cdot i$

I = Investitionskosten in DM (ermittelt nach Firmenangaben und Ergebnissen von Vergleichsausschreibungen). Die Baunebenkosten wurden pauschal mit 15 % veranschlagt. Bei der Kostenermittlung wurde ein Mehrwertsteuersatz von 15 % angesetzt.

i = Instandhaltungsfaktor in 1/a (ermittelt aus der VDI 2067 Blatt 1) für die einzelnen Komponenten

Amortisationszeit

Diese wird energiepreisdynamisch nach VDI 2067 Blatt 1 Beiblatt berechnet. Unter Anwendung einer mittleren Preissteigerung lautet die Berechnungsformel vereinfacht:²⁷

$$TA = \frac{\ln [1 - (A/K_e)^* (i-j)]}{-}$$

²⁷ vgl. Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten zur rationellen Elektrizitätsverwendung, Hess. Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, August 1996.

$$\ln [(1+j) / (1+i)]$$

- TA = Amortisationszeit (preisdynamisch) in Jahren
A = Investitionsbetrag in DM
K_e = Kostenersparnis im 1. Jahr ohne Preissteigerung in DM/a
i = Kapitalzinssatz in %
j = Mittlere Preissteigerung in %

7.1.1 Förderprogramme

Für energiesparende Maßnahmen können kommunale Krankenhäuser Fördermittel in Form von Investitionszuschüssen oder zinsverbilligten Darlehen erhalten. In der folgenden Aufstellung sind Programme des Landes Hessen, die für die untersuchten Maßnahmen in Betracht kommen, aufgeführt.

Bauliche Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand

Nach §§ 5 bis 8 Hessisches Energiegesetz (s. Staatsanzeiger S. 1906 vom 23. Mai 1996) erfolgt eine Förderung von die wärmetechnischen Sanierungen an Einzelbauteilen sowie einer Gesamtsanierung von gemeideeigenen Gebäuden (ausgenommen Wohngebäude). Folgende Einzelmaßnahmen sind förderfähig:

- Außenwand auf der Außenseite, Dämmdicke mind. 12 cm, 60 DM/m²
- Außenwand auf der Innenseite, Dämmdicke mind. 6 cm, 25 DM/m²
- Dach oder oberste Geschoßdecke, Dämmdicke mind. 15 cm, 30 DM/m²
- Fenster mit k-Wert < 1,5 W/m²*k (bei Dämmschicht 5 cm vorhanden/geplant), 100 DM/m²
- Bei einer Gesamtsanierung bestehender Gebäude darf der rechnerische Jahresheizwärmebedarf nach Ausführung der baulichen Maßnahmen 90 kWh/m²*a nicht überschreiten.

Diese genannten Förderungen gelten nach Angaben des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit nicht für Krankenhausbauten, da bauliche Sanierungsmaßnahmen Pflegesatzrelevant sind. Eine Förderung könnte aber, z.B. für das Wohnheim oder das Ausbildungszentrum, in Anspruch genommen werden.

Rationelle Elektrizitätsverwendung in kommunalen Einrichtungen

Nach Hessischem Energiegesetz können Investitionsvorhaben zur umfassenden Verminderung des Elektrizitätsbedarfs und -verbrauchs in bestehenden Gebäuden als Einzelmaßnahme oder Gesamtpaket mit Investitionszuschüssen von bis zu 20 % (bei Ausgaben bis 1 Mio. DM) oder alternativ als Zinszuschüsse zu bestehenden Krediten (bei Ausgaben über 1 Mio. DM) gefördert werden.

Förderfähig ist ein Paket von Maßnahmen insbesondere aus den Bereichen:

- Beleuchtung
- Pumpen / Antriebe

- Luftförderung
- Kälteerzeugung (z.B. AKM)
- elektrische Anwendung in Großküchen
- Wärmeanwendungen
- Lastmanagement
- Verbrauchserfassung und -kontrolle sowie sonstiger DDC-Technik

Anlagen zur rationellen Energienutzung und zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen

Folgende Maßnahmen werden derzeit, nach Hess. Energiegesetz, noch mit einem Investitionszuschuß von bis zu 30 % gefördert:

- Anlagen zur thermischen Nutzung von Solarenergie
- Photovoltaikanlagen
- Windkraftanlagen
- Anlagen zur Biomassenutzung

Förderprogramm der Stadt Frankfurt/Main für Energiesparmaßnahmen

Einsatz von KWK-Anlagen kleiner Leistung (bis maximal 30 kW) mit einem einmaligen Investitionszuschuß von

- maximal 5.000 DM/kW_{el} für Anlagen bis 5 kW_{el}
- maximal 3.000 DM/kW_{el} für Anlagen von 5,1 kW_{el} bis 15 kW_{el} und
- maximal 2.000 DM/kW_{el} für Anlagen bis 15,1 kW_{el} bis 30 kW_{el}

Förderprogramm der Main-Kraftwerke AG für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Die Main-Kraftwerke AG fördert die Errichtung von Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung unter der Voraussetzung eines Gesamtwirkungsgrades der Anlage von 85 %. Der Investitionszuschuß beträgt

- max. 1.000,- DM/kW_e
- max. 100.000,- DM pro Anlage

7.2 Maßnahmen zur Reduzierung des Gebäudewärmebedarfs

Für die in Abschnitt 6.1 beschriebenen Dämmmaßnahmen an den Umschließungsflächen der SKH, werden im folgenden Abschnitt, unter Verwendung der in Abschnitt 7.1 genannten Grundlagen, einer wirtschaftlichen Bewertung unterzogen:

7.2.1 Ermittlung der Investitionen

Die spezifischen Preise zur Ermittlung der Investitionen zur Verbesserung des Wärmedämmstandards der SKH, wurden Firmenangaben und Angaben des IWU²⁸ entnommen. Hierbei wurde unterschieden, in

- ohnehin anfallende Instandsetzungskosten aus Bauerhaltungsgründen (Putzerneruerung, Gerüst, Baustelleneinrichtung, etc.) und
- Zusatzkosten für die Dämmung.

In der folgenden Tafel 7.2.1 sind die spezifischen Brutto-Investitionskosten für die untersuchten Dämmmaßnahmen aufgeführt.

Tafel 7.2.1 Energiekonzept SKH: Spezifische Investitionen für wärmetechnische Sanierungsmaßnahmen

| Maßnahme | Instandsetzungs- kosten in DM/m ² | Zusatzkosten Dämmung in DM/m ² | Gesamt- kosten in DM/m ² |
|---|--|---|---|
| MAßNAHMEN AUS GRÜNDEN DER BAUERHALTUNG | | | |
| Vorhangfassade mit 8 cm Mineralfaser- oder PS-Dämmung | 143,- | 56,- | 199,- |
| Flachdachdämmung mit 10 cm Isolierung | 235,- | 51,- | 286,- |
| Flachdachdämmung mit 8 cm Isolierung | 235,- | 44,- | 279,- |
| 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung | 684,- | | 684,- |
| MAßNAHMEN AUS ENERGETISCHEN GRÜNDEN | | | |
| Mehrkosten für 3-Scheiben-Wärmeschutzglas (k-Wert 1.0 W/m ² *K) zu 2-Scheiben Wärmeschutzglas (k-Wert 1.5 W/m ² *K) | | 125,- | 125,- |
| Flachdachdämmung mit 14 cm Isolierung | 235,- | 59,- | 294,- |
| Mehrkosten für Flachdachdämmung mit 14 cm Dicke anstelle von 8 cm | | 15,- | 15,- |
| Mehrkosten für Flachdachdämmung mit 14 cm Dicke anstelle von 10 cm | | 8,- | 8,- |
| Vorhangfassade mit 12 cm Mineralfaser- oder PS-Dämmung | 143,- | 81,- | 224,- |

²⁸ Entnommen: „Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern“, IWU, Darmstadt 11/94 bzw. „Die Heizenergie-Einsparmöglichkeiten durch Verbesserung des Wärmeschutzes typischer hessischer Wohngebäude“, IWU 97.

| | | | |
|---|--|-------|-------|
| Mehrkosten für Vorhangfassade mit 12 cm Dämmung anstelle von 8 cm | | 25,- | 25,- |
| Dämmung oberste Geschoßdecke mit 2 x 10 cm Dämmplatten | | 158,- | 158,- |
| Dämmung der Kellerdeckenunterseite mit 6 cm PS-Platten | | 40,- | 40,- |

Bauerhaltungsmaßnahmen

In der Tafel 7.2.2 sind die Gesamtinvestitionen für die Sanierungsmaßnahmen aus Gründen der Bauerhaltung zusammengestellt.

Tafel 7.2.2 Energiekonzept SKH: Zusammenstellung der Investitionen zur Bauerhaltung

| Gebäude | Dämmmaßnahme | Neuer k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² | Spezifische Investition | | Investition | | |
|---------------------------|--------------|--|-----------------------------|--|---------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| | | | | Instandhaltung in DM/m ² | Dämmung in DM/m ² | Instandhaltung in DM | Dämmung in DM | Gesamt in DM |
| Haus A - Altbau | Außenwand | 0,37 | 8.354 | 143 | 56 | 1.190.417 | 467.813 | 1.658.229 |
| | Dach | 0,30 | 6.478 | 235 | 51 | 1.522.260 | 330.363 | 1.852.622 |
| | Fenster (EV) | 1,50 | 3.073 | 684 | 0 | 2.101.727 | 0 | 2.101.727 |
| Haus E - Geriatrie | Dach | 0,30 | 892 | 235 | 44 | 209.620 | 39.248 | 248.868 |
| | Fenster | 1,50 | 203 | 684 | 0 | 138.647 | 0 | 138.647 |
| Haus H - Verwalt. | Fenster | 1,50 | 505 | 684 | 0 | 345.567 | 0 | 345.567 |
| Haus J - Wohn. | Fenster | 1,50 | 1.055 | 684 | 0 | 721.356 | 0 | 721.356 |
| GESAMT | | | | | | 6.141.821 | 925.196 | 7.067.017 |

Für die beschriebenen Bauerhaltungsmaßnahmen ist von einem Gesamtinvestitionsvolumen von ca. 7,07 Mio. DM auszugehen. Davon gehen 6,14 Mio. DM zu Lasten der „begleitenden“ Maßnahmen (wie Gerüst, Baustelleneinrichtung, etc.) und „nur“ 0,93 Mio. DM werden für das Dämmmaterial benötigt.

Energetische Optimierungsmaßnahmen

Mit den in Tafel 7.2.1 genannten spezifischen Investitionen und den zu dämmenden Flächen aus Tafel 6.1.8, ergeben sich die in der Tafel 7.2.3 zusammengefaßten Gesamtinvestitionen für die Maßnahmen, die nicht der Bauerhaltung, sondern der energetischen Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäude dienen.

Tafel 7.2.3 Energiekonzept SKH: Zusammenstellung der Investitionen zur energetischen Verbesserung des Wärmeschutzes von Gebäuden der SKH

| Gebäude | Dämmmaßnahme | Neuer k-Wert in W/m ² *K | Fläche in m ² | Spez. Kosten zusätzliche WD in DM/m ² | Investition Gesamt in DM |
|------------------------|--------------|--|-----------------------------|--|--------------------------------|
| Haus A - Altbau | A4(AW) | 0,27 | 8.354 | 15 | 125.310 |
| | A5(Fe) | 1,00 | 3.073 | 125 | 384.088 |

| | | | | | |
|----------------------------|--------|------|-------|-----|------------------|
| | A6(Fe) | 1,00 | 2.710 | 808 | 2.189.680 |
| | A7(Da) | 0,26 | 6.478 | 8 | 51.824 |
| Haus A - Anbau | A8(Fe) | 1,00 | 1.110 | 808 | 896.718 |
| Haus D - PNA | D1(Fe) | 1,00 | 2.285 | 808 | 1.846.442 |
| Haus E - Geriatrie | E3(AW) | 0,26 | 613 | 224 | 137.290 |
| | E4(Fe) | 1,00 | 203 | 125 | 25.375 |
| | E6(Da) | 0,21 | 892 | 15 | 13.380 |
| Haus H - Verwaltung | H2(Aw) | 0,26 | 1.388 | 224 | 311.002 |
| | H3(Da) | 0,16 | 838 | 158 | 132.357 |
| | H4(Fe) | 1,00 | 505 | 125 | 63.175 |
| | H5(Ke) | 0,37 | 838 | 40 | 33.508 |
| Haus J - Wohnheim | J2(Aw) | 0,26 | 640 | 224 | 143.360 |
| | J3(Da) | 0,22 | 442 | 294 | 129.948 |
| | J4(Fe) | 1,00 | 1.055 | 125 | 131.875 |
| | J5(Ke) | 0,37 | 442 | 40 | 17.680 |
| GESAMT | | | | | 6.633.010 |

Die Gesamtinvestitionskosten für die Umsetzung von Maßnahmen, die nicht aus Gründen der Bauerhaltung, sondern der energetischen Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäude dienen, belaufen sich auf **6,63 Mio. DM**.

7.2.2 Zusammenstellung der Jahreskosten und Amortisationszeit

Auf Grundlage der in Abschnitt 7.1 beschriebenen Berechnungsgänge und Grunddaten ist in den Tabellen 7.2.4 - 7.2.5 die Ermittlung des Jahreskostenvergleichs und die Berechnung der dynamischen Amortisationszeit für die untersuchten Maßnahmen der energetischen Optimierung dargestellt.

Da die Bauerhaltungsmaßnahmen umgesetzt werden müssen, kann die wirtschaftliche Bewertung entfallen.

Tafel 7.2.4 Energiekonzept SKH: Ermittlung der jährlichen Gesamtkosten und der dynamischen Amortisationszeit für Maßnahmen zur energetischen Optimierung des Hauses A

| | | | Haus A - Altbau | | | | Anbau |
|----|---|-------|-----------------|----------|-----------|---------|---------|
| | | | A4 (AW) | A5 (Fe) | A6 (Fe) | A7 (Fe) | A7 (Fe) |
| A | Gesamt-Investition | in DM | 125.310 | 384.088 | 2.189.680 | 51.824 | 896.718 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 125.311 | 384.089 | 2.189.681 | 51.825 | 896.719 |
| | | | | | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 8,06 | 8,06 | 8,06 | 8,06 | 8,06 |

| | | | | | | | |
|----|---|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 10.100 | 30.958 | 176.488 | 4.177 | 72.276 |
| | Endenergieeinsparung | | | | | | |
| E1 | Erdgas | in MWh/a | 46,22 | 82,87 | 294,83 | 14,34 | 114,75 |
| | Spezifische Energiepreise | | | | | | |
| F1 | Erdgas Wintermischpreis | DM/MWh | 46,47 | 46,47 | 46,47 | 46,47 | 46,47 |
| | Energiekosteneinsparung | | | | | | |
| G | Erdgas-Winter (E1*F1) | in DM/a | 2.148 | 3.851 | 13.701 | 667 | 5.332 |
| | Betriebskosten | | | | | | |
| H | Instandhaltungskosten | in DM/a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Jahreskostenberechnung | | | | | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 10.100 | 30.958 | 176.488 | 4.177 | 72.276 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K | Energiekosteneinsparung (G) | in DM/a | 2.148 | 3.851 | 13.701 | 667 | 5.332 |
| | Jährliche Mehrkosten ((I+J)-K) | in DM/a | 7.952 | 27.107 | 162.788 | 3.511 | 66.943 |
| | Dynamische Amortisationszeit | | | | | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 125.311 | 384.089 | 2.189.681 | 51.825 | 896.719 |
| | Energiekostensparnis 1. Jahr (K) | in DM/a | 2.148 | 3.851 | 13.701 | 667 | 5.332 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% | 1,50% | 1,50% | 1,50% | 1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | - | - | - | - | - |

Tafel 7.2.5 Energiekonzept SKH: Ermittlung der jährlichen Gesamtkosten und der dynamischen Amortisationszeit für Maßnahmen zur energetischen Optimierung des Hauses D und E

| | | | Haus D - PNA D1 (Fe) | Haus E - Geriatrie | | |
|----|---|----------|-------------------------|--------------------|---------|---------|
| | | | | E3 (Aw) | E4 (Fe) | E5 (Da) |
| A | Gesamt-Investition | in DM | 1.846.442 | 137.290 | 25.375 | 13.380 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 1.846.443 | 137.291 | 25.376 | 13.381 |
| | | | | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 30 | 30 | 30 | 30 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 8,06 | 8,06 | 8,06 | 8,06 |
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 148.823 | 11.066 | 2.045 | 1.079 |
| | Endenergieeinsparung | | | | | |
| E1 | Erdgas | in MWh/a | 277,30 | 31,87 | 6,37 | 4,78 |
| | Spezifische Energiepreise | | | | | |
| F1 | Erdgas Wintermischpreis | DM/MWh | 46,47 | 46,47 | 46,47 | 46,47 |
| | Energiekosteneinsparung | | | | | |
| G | Erdgas-Winter (E1*F1) | in DM/a | 12.886 | 1.481 | 296 | 222 |
| | Betriebskosten | | | | | |
| H | Instandhaltungskosten | in DM/a | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Jahreskostenberechnung | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|----------------|-----------|---------|--------|--------|
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 148.823 | 11.066 | 2.045 | 1.079 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K | Energiekosteneinsparung (G) | in DM/a | 12.886 | 1.481 | 296 | 222 |
| | Jährliche Mehrkosten ((I+J)-K) | in DM/a | 135.937 | 9.585 | 1.749 | 856 |
| | Dynamische Amortisationszeit | | | | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 1.846.443 | 137.291 | 25.376 | 13.381 |
| | Energiekostensparnis 1. Jahr (K) | in DM/a | 12.886 | 1.481 | 296 | 222 |
| | Preissteigerung | in % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | - | - | - | - |

Tafel 7.2.6 Energiekonzept SKH: Ermittlung der jährlichen Gesamtkosten und der dynamischen Amortisationszeit für Maßnahmen zur energetischen Optimierung des Hauses H - Verwaltung

| | | | H2 (Aw) | H3 (Da) | H4 (Fe) | H5 (Ke) |
|----------|---|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| A | Gesamt-Investition | in DM | 311.002 | 132.357 | 63.175 | 33.508 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 311.002 | 132.357 | 63.175 | 33.508 |
| | | | | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 30 | 30 | 30 | 30 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 8,06 | 8,06 | 8,06 | 8,06 |
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 25.067 | 10.668 | 5.092 | 2.701 |
| | Endenergieeinsparung | | | | | |
| E1 | Erdgas | in MWh/a | 71,72 | 30,28 | 12,75 | 20,75 |
| | Spezifische Energiepreise | | | | | |
| F1 | Erdgas Wintermischpreis | DM/MWh | 46,47 | 46,47 | 46,47 | 46,47 |
| | Energiekosteneinsparung | | | | | |
| G | Erdgas-Winter (E1*F1) | in DM/a | 3.333 | 1.407 | 592 | 963 |
| H | Betriebskosten | in DM/a | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Jahreskostenberechnung | | | | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 25.067 | 10.668 | 5.092 | 2.701 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K | Energiekosteneinsparung | in DM/a | 3.333 | 1.407 | 592 | 963 |
| | Jährliche Mehrkosten (I+J-K) | in DM/a | 21.734 | 9.261 | 4.500 | 1.738 |
| | | | | | | |
| | Dynamische Amortisationszeit | | | | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 311.002 | 132.357 | 63.175 | 33.508 |
| | Energiekostensparnis 1. Jahr (K) | in DM/a | 3.333 | 1.407 | 592 | 963 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% | 1,50% | 1,50% | 1,50% |
| | Amortisationszeit | in a | - | - | - | - |

Tafel 7.2.7 Energiekonzept SKH: Ermittlung der jährlichen Gesamtkosten und der dynamischen Amortisationszeit für Maßnahmen zur energetischen Optimierung des Hauses J - Wohnheim

| | | J2 (Aw) | J3 (Da) | J4 (Fe) | J5 (Ke) |
|--|--|---------|---------|---------|---------|
|--|--|---------|---------|---------|---------|

| | | | | | | |
|-------------------------------------|---|----------------|---------------|--------------|--------------|------------|
| A | Gesamt-Investition | in DM | 143.360 | 129.948 | 131.875 | 17.680 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 143.361 | 129.949 | 131.876 | 17.681 |
| | | | | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 30 | 30 | 30 | 30 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 8,06 | 8,06 | 8,06 | 8,06 |
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 11.555 | 10.474 | 10.629 | 1.425 |
| Endenergieeinsparung | | | | | | |
| E1 | Erdgas | in MWh/a | 33,47 | 14,34 | 27,09 | 11,16 |
| Spezifische Energiepreise | | | | | | |
| F1 | Erdgas Wintermischpreis | DM/MWh | 46,47 | 46,47 | 46,47 | 46,47 |
| Energiekosteneinsparung | | | | | | |
| G | Erdgas-Winter (E1*F1) | in DM/a | 1.555 | 667 | 1.259 | 518 |
| H | Betriebskosten | in DM/a | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jahreskostenberechnung | | | | | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 11.555 | 10.474 | 10.629 | 1.425 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K | Energiekosteneinsparung | in DM/a | 1.555 | 667 | 1.259 | 518 |
| | Jährliche Mehrkosten (I+J-K) | in DM/a | 10.000 | 9.807 | 9.370 | 907 |
| | | | | | | |
| Dynamische Amortisationszeit | | | | | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 143.360 | 129.948 | 131.875 | 17.680 |
| | Energiekostensparnis 1. Jahr (K) | in DM/a | 1.555 | 667 | 1.259 | 518 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% | 1,50% | 1,50% | 1,50% |
| | Amortisationszeit | in a | - | - | - | - |

Für keine der untersuchten bautechnischen Optimierungsmaßnahmen errechnen sich jährliche Minderkosten bzw. eine dynamische Amortisationszeit, die innerhalb der Nutzungszeit der Maßnahme (30 Jahre) liegt.

7.2.3 Zusammenfassung

Unter energetischen Gesichtspunkten sind sämtliche untersuchten Maßnahmen zu empfehlen, da jede Variante zu relevanten Energieeinsparungen führt. Unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten, kann eine energetische Verbesserung des Wärmeschutzes aber nicht empfohlen werden..

Um den Effekt eines verminderten Heizenergiebedarfs in den SKH zu berücksichtigen, ist für die Berechnung der zukünftigen Versorgungsvarianten von der Realisierung der notwendigen Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen und der Umsetzung der Zielplanung (Neubau Haus B und Abriß des alten Hauses B, der Orthopädie und der F-Häuser) auszugehen. Dafür errechnet sich, entsprechend Tafel 6.1.8, ein jährlicher Heizenergiebedarf von **5.119,75 MWh/a** und ein Wärmebedarf für die Raumbeheizung von **3.775 kW**.

7.3 Betriebszeitenoptimierung der RLT-Anlagen

Die Optimierung der Betriebszeiten für die RLT-Anlagen wurde in Abschnitt 6.2 ausführlich beschrieben und das energetische Einsparungspotential ermittelt. Im folgenden Abschnitt wird überprüft, ob unter Berücksichtigung der derzeitigen Randbedingungen, eine Wirtschaftlichkeit für die Maßnahme gegeben ist.

7.3.1 Zusammenstellung der Investitionen und jährlichen Kapitalkosten

Für die untersuchte Maßnahme sind folgende Investitionen zu berücksichtigen:

- Frequenzumrichter für Zu- und Abluftventilator der LU1 - Zentralküche
- Einbau einer Zeitschaltregelung und Inbetriebnahme von jeder der 24 RLT-Anlagen
- Optimierung der GLT-fähigen Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik für jede Anlage zur Vorgabe der Betriebsparameter sowie zur Überwachung der vorgesehenen Betriebsweise

Für die beschriebenen Maßnahmen zur Optimierung der RLT-Anlagen sind in Tafel 7.3.1 die Investitionsbeträge und die jährlichen Kapitalkosten aufgeführt.

Tafel 7.3.1 Energiekonzept SKH: Ermittlung der jährlichen Kapitalkosten für die Optimierung der RLT-Anlagen

| | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|
| Frequenzumrichter | in DM | 86.065 |
| Zeitschaltregelung / Inbetriebnahme | in DM | 24.025 |
| ZLT | in DM | 132.000 |
| Baunebenkosten (pauschal 15 %) | in DM | 36.315 |
| Netto-Gesamtkosten | in DM | 278.405 |
| + 15 % MwSt. | in DM | 41.760 |
| Brutto-Gesamt | in DM | 320.165 |
| | | |
| Nutzungszeit | in a | 15 |
| Annuität | in % | 10,98 |
| Jährliche Kapitalkosten | in DM/a | 35.155 |

Die Investitionskosten für die Optimierungsmaßnahmen der RLT-Anlagen liegen bei ca. 320.150,- DM. Unter Berücksichtigung einer Nutzungszeit von 15 Jahren und einem jährlichen Kapitalzins von 7 % errechnen sich daraus jährliche Kapitalkosten in Höhe von 35.155,- DM.

7.3.2 Ermittlung der Jahreskosten und der Amortisationszeit

In der folgenden Tafel 7.3.2 ist der Jahreskostenvergleich und die dynamische Amortisationszeit für die untersuchte RLT-Anlagenoptimierung zusammengefaßt.

Tafel 7.3.2 Energiekonzept SKH: Ermittlung der jährlichen Gesamtkosten und der dynamischen Amortisationszeit für die Optimierung der RLT-Anlagen

| | | | |
|----------|---|----------------|---------------|
| A | Gesamtinvestition | in DM | 320.165 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 0 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 320.166 |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 15 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 10,98 |
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 35.155 |
| | Endenergieeinsparung | | |
| E1 | Erdgas | in MWh/a | 240,32 |
| E2 | Strom-HT | in MWh/a | 219,15 |
| E3 | Strom-NT | in MWh/a | 39 |
| | Spezifische Energiepreise | | |
| F1 | Erdgas Wintermischpreis | DM/MWh | 46,47 |
| F3 | Strom-HT | DM/MWh | 132,25 |
| F4 | Strom-NT | DM/MWh | 80,50 |
| | Energiekosteneinsparung | | |
| G1 | Erdgas-Winter (E1*F1) | in DM/a | 11.168 |
| G3 | Strom HT (E2*F3) | in DM/a | 28.982 |
| G4 | Strom NT (E3*F4) | in DM/a | 3.113 |
| G | Energiekosteneinsparung | in DM/a | 43.263 |
| | Betriebskosten | | |
| H | Wartung-Instandhaltungskosten (1 % der Investition) | in DM/a | 3.202 |
| | Jahreskostenberechnung | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 35.155 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 3.202 |
| K | Energiekosteneinsparung (G) | in DM/a | 43.263 |
| | Jährliche Minderkosten (K-(I+J)) | in DM/a | 4.906 |
| | Dynamische Amortisationszeit | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 320.166 |
| | Energiekostensparnis-Betriebskosten 1. Jahr (K) | in DM/a | 40.061 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 11,0 |
| | Keine Preissteigerung | in % | 0,00% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 12,1 |
| | Preissenkung | in % | -1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 13,7 |

Für die untersuchte Optimierungsmaßnahme errechnet sich eine Gesamtkosteneinsparung in Höhe

von ca. 4.900,- DM/a, die sich, je nach Preisentwicklung, durch Amortisationszeiten zwischen 11 und knapp 14 Jahren ausdrückt.

7.4 Pumpenregelung

Im folgenden werden für die in Abschnitt 6.3 beschriebene Stromsparmaßnahmen durch den Einbau von drehzahlgeregelten Umwälzpumpen die Investitionen und die Wirtschaftlichkeit ermittelt.

Anzumerken ist, daß der Einbau von geregelten Pumpen, entsprechend der Heizungsanlagen-Verordnung von 1994, bei Ersatzbeschaffungen verbindlich vorgeschrieben ist. Da eine relevante Zahl von installierten Pumpen das Ende der rechnerischen Nutzungszeit erreicht haben, stehen diese Investitionen, aus Gründen der Versorgungssicherheit, in absehbarer Zeit an.

Für die weitere Untersuchung wird davon ausgegangen, daß für Pumpen, die älter als 10 Jahre sind, die Kosten für den Austausch als Instandhaltung anzusehen sind. Die übrigen Pumpen werden vor der Ersatzbeschaffung gewechselt, um

- die Versorgungssicherheit der SKH mit Heizwärme zu verbessern und
- sofort die jährliche Stromersparnis zu erhalten.

7.4.1 Ermittlung von Jahreskosten und Amortisationszeit

Die Investitionen für den Einbau von neuen elektronisch geregelten Umwälzpumpen in Höhe von insgesamt **114.480,- DM** wurden Firmenangaben entnommen und aus Ergebnissen von vergleichbaren Ausschreibungen ermittelt. Von dieser Investition sind 53.885,- DM für den Austausch der Pumpen notwendig, die älter als 10 Jahre sind und demnach den Bauerhaltungskosten zugerechnet werden. Die Nutzungszeit wird nach VDI 2067, Blatt 1 angenommen und liegt bei 10 Jahren.

In der folgenden Aufstellung wird geprüft, ob die jährliche Stromkosteneinsparung ausreicht, um die Kapitalkosten für die Neuanschaffung von drehzahlgeregelten Pumpen zu amortisieren.

Tafel 7.4.1 Energiekonzept SKH: Ermittlung der Wirtschaftlichkeit für den Einbau von drehzahlgeregelten Umwälzpumpen

| | | | |
|----|---|---------|---------|
| A | Gesamt-Investition | in DM | 114.480 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 53.885 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 60.595 |
| | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 10 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 14,24 |
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 8.630 |

| | | |
|--|-----------------------------|--|
| | Endenergieeinsparung | |
|--|-----------------------------|--|

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------------|---------------|
| E2 | Strom-HT | in MWh/a | 44,95 |
| E3 | Strom-NT | in MWh/a | 62,07 |
| E4 | Stromleistung | in kW | 26,3 |
| Spezifische Energiepreise | | | |
| F3 | Strom-HT | DM/MWh | 132,25 |
| F4 | Strom-NT | DM/MWh | 80,50 |
| F5 | Stromleistungspreis | DM/kW | 230,00 |
| Energiekosteneinsparung | | | |
| G3 | Strom HT (E2*F3) | in DM/a | 5.945 |
| G4 | Strom NT (E3*F4) | in DM/a | 4.997 |
| G5 | Strom-Leistung (E4*F5) | in DM/a | 6.048 |
| G | Stromersparnis Gesamt (G3+G4+G5) | in DM/a | 16.990 |
| Betriebskosten | | | |
| H | Instandhaltungs-/Wartungskosten | in DM/a | 0 |
| Jahreskostenberechnung | | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 8.630 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 0 |
| K | Energiekosteneinsparung (G) | in DM/a | 16.990 |
| | Jährliche Minderkosten (K-(I+J)) | in DM/a | 8.360 |
| Dynamische Amortisationszeit | | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 60.595 |
| | Energiekostensparnis 1. Jahr (G) | in DM/a | 16.990 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 4,1 |
| | Keine Preissteigerung | in % | 0,00% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 4,2 |
| | Preissenkung | in % | -1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 4,4 |

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung führt zu dem Ergebnis, daß durch die jährliche Stromkosteneinsparung von ca. 17.000,- DM und bei Abzug der Instandsetzungskosten für die Pumpen, die älter als 10 Jahre sind, die jährlichen Kapitalkosten für die Anschaffung der drehzahlgeregelten Pumpen gedeckt werden und sogar ein Überschuß von etwa 8.400,- DM erwirtschaftet wird.

Die dynamische Amortisationszeit liegt je nach Entwicklung der Strompreise zwischen 4,1 und 4,4 Jahren, also deutlich innerhalb der technischen Nutzungsdauer der geregelten Pumpen.

7.5 Beleuchtung

Für die Optimierung der Beleuchtungsanlagen in durchgehend beleuchteten Bereichen, die in Abschnitt 6.5 beschrieben sind, kann von einer jährlichen Stromeinsparung von 17.520 kWh und eine Leistungsreduzierung von 2,0 kW gegenüber der Referenzvariante ausgegangen werden.

7.5.1 Ermittlung der Investitionsbeträge und der jährlichen Kapitalkosten

Als Grundlage für die Ermittlung der Investitionen für die Optimierungsmaßnahmen bei den Beleuchtungsanlagen dienen Angebote und Richtpreise von vergleichbaren Maßnahmen.

Bei der Kostenermittlung werden nur die Mehrkosten gegenüber der Referenzvariante (Austausch der Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten gegen Leuchten mit verlustarmen Vorschaltgeräten im Rahmen der Bauerhaltung) in Ansatz gebracht. D.h., es werden als Investition für die Energiesparmaßnahme nur die Mehrkosten der elektronischen gegenüber den verlustarmen Vorschaltgeräten angesetzt.

In der folgenden Tafel 7.5.1 sind die Investitionskosten für die Maßnahme und die entsprechenden jährlichen Kapitalkosten dargestellt. Die Kosten für die Installation der neuen EVG wurden in der Zusammenstellung berücksichtigt.

Tafel 7.5.1 Energiekonzept SKH: Ermittlung der jährlichen Kapitalkosten für die Optimierung der Beleuchtungsanlagen in durchgehend beleuchteten Bereichen

| | | |
|--|----------------|-----------------|
| Investition für Gesamtmaßnahme | in DM | 54.450,- |
| Abzüglich Instandsetzung | in DM | 41.170,- |
| Investition für Energiesparmaßnahme | in DM | 13.280,- |
| | | |
| Nutzungsdauer | in Jahren | 15 |
| Annuitätenfaktor | in % | 10,98 |
| Jährliche Kapitalkosten | in DM/a | 1.458,- |

Für energiesparende Investitionen zur Optimierung der Beleuchtungsanlagen in durchgehend beleuchteten Bereichen ergeben sich Investitionen in Höhe von knapp 13.300,- DM. Daraus errechnen sich jährliche Kapitalkosten von 1.460,- DM

7.5.2 Ermittlung von Jahreskosten und Amortisationszeit

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ist in der folgenden Tafel 7.5.2 dargestellt. Sie basiert auf der bereits beschriebenen Referenzvariante. Hierbei wurde berücksichtigt, daß sich beim Einbau von

EVG die Lebensdauer der Leuchtenlampen, im Vergleich zu VVG, um ca. 4.500 Stunden erhöht, so daß sich die jährlichen Instandhaltungskosten für den Lampenwechsel reduzieren.

Tafel 7.5.2 Energiekonzept SKH: Ermittlung der Jahreskostenbilanz für die Optimierung der Beleuchtungsanlagen in durchgehend beleuchteten Bereichen

| | | | |
|----------|---|----------------|--------------|
| A | Gesamtinvestition | in DM | 54.450 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 41.170 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 13.280 |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 15 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 10,98 |
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 1.458 |
| | Endenergieeinsparung | | |
| E2 | Strom-HT | in MWh/a | 7,358 |
| E3 | Strom-NT | in MWh/a | 10,162 |
| E4 | Stromleistung | in kW | 2 |
| | Spezifische Energiepreise | | |
| F3 | Strom-HT | DM/MWh | 132,25 |
| F4 | Strom-NT | DM/MWh | 80,50 |
| F5 | Stromleistungspreis | DM/kW | 230,00 |
| | Energiekosteneinsparung | | |
| G3 | Strom HT (E2*F3) | in DM/a | 973 |
| G4 | Strom NT (E3*F4) | in DM/a | 818 |
| G5 | Strom-Leistung (E4*F5) | in DM/a | 460 |
| G | Energiekosteneinsparung (G3+G4+G5) | in DM/a | 2.251 |
| | Betriebskosten | | |
| H | Vermiedene Instandhaltungs-/Wartungskosten | in DM/a | -845 |
| | Jahreskostenberechnung | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 1.458 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | -845 |
| K | Energiekosteneinsparung | in DM/a | 2.251 |
| | Jährliche Minderkosten (K-(I+J)) | in DM/a | 1.638 |
| | Dynamische Amortisationszeit | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 13.280 |
| | Energie- und Betriebskostensparnis 1. Jahr (K+J) | in DM/a | 3.096 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 5,1 |
| | Keine Preissteigerung | in % | 0,00% |

| | | |
|---|-------------|------------|
| Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 5,3 |
| Preissenkung | in % | -1,50% |
| Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 5,5 |

Für die Optimierung der Beleuchtungsanlagen in den Bereichen der SKH, die durchgehend beleuchtet werden, errechnen sich jährliche Minderkosten, gegenüber der Referenzvariante, in Höhe von knapp **1.650,- DM**. Dies entspricht einer dynamischen Amortisationszeit zwischen 5,1 und 5,5 Jahren.

7.6 Optimierung der Aufzugstechnik

Durch die in Abschnitt 6.4 beschriebene Optimierung der Aufzugstechnik durch den Einbau von Frequenzumrichtern wird eine jährliche Stromeinsparung von 135.850 kWh bzw. eine Reduzierung des Stromleistungsbezugs von 25 kW erreicht. Für diese Einsparungseffekte wird im folgenden die Wirtschaftlichkeit überprüft.

7.6.1 Ermittlung der Investitions- und der jährlichen Kapitalkosten

Die Gesamtinvestition für die beschriebene Maßnahme zur energetischen Optimierung der Aufzugsanlage durch Einbau von Frequenzumrichtern belaufen sich einschl. Baunebenkosten und Inbetriebnahme auf knapp 45.000,- DM pro Aufzug bzw. 360.000,- DM für die Gesamtmaßnahme. Daraus ergeben sich bei einer technischen Nutzungsdauer der Aufzüge von 20 Jahren, und einer Annuität von 9,44 %, **jährliche Kapitalkosten in Höhe von 33.985,- DM.**

Wie sich eine etwaige Sanierung auf die Wartungsverträge auswirkt, konnte im Vorfeld nicht geklärt werden, so daß in den folgenden Berechnungen diese Kosten neutral behandelt werden.

Tafel 7.6.1 Energiekonzept SKH: Ermittlung der Jahreskostenbilanz für die Optimierung der Aufzugsanlagen

| | | | |
|----------|---|----------------|---------------|
| A | Gesamt-Investition | in DM | 360.000 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 0 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 360.000 |
| | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 20 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 9,44 |
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 33.984 |
| | Endenergieeinsparung | | |
| E2 | Strom-HT | in MWh/a | 57,057 |
| E3 | Strom-NT | in MWh/a | 78,793 |
| E4 | Stromleistung | in kW | 25 |
| | Spezifische Energiepreise | | |
| F3 | Strom-HT | DM/MWh | 132,25 |
| F4 | Strom-NT | DM/MWh | 80,50 |
| F5 | Stromleistungspreis | DM/kW | 230,00 |
| | Energiekosteneinsparung | | |
| G3 | Strom HT (E2*F3) | in DM/a | 7.546 |
| G4 | Strom NT (E3*F4) | in DM/a | 6.343 |
| G5 | Strom-Leistung (E4*F5) | in DM/a | 5.750 |
| G | Energiekosteneinsparung (G3+G4+G5) | in DM/a | 19.639 |

| | | | |
|-----------|---|----------------|---------------|
| | Betriebskosten | | |
| H1 | Instandhaltungskosten | in DM/a | 0 |
| H2 | Wartungskosten | in DM/a | 0 |
| H3 | Gesamtbetriebskosten (H1+H2) | in DM/a | 0 |
| | Jahreskostenberechnung | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 33.984 |
| J | Betriebskosten (H3) | in DM/a | 0 |
| K | Energiekosteneinsparung | in DM/a | 19.639 |
| | Jährliche Mehrkosten ((I+J)-K) | in DM/a | 14.345 |
| | | | |
| | Dynamische Amortisationszeit | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 360.000 |
| | Energiekostensparnis 1. Jahr (K) | in DM/a | 19.639 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | - |

Für die untersuchte Optimierungsmaßnahme der Aufzugstechnik durch Einbau von Frequenzumrichtern ergeben sich jährliche Mehrkosten in Höhe von ca. **14.350,- DM**. Auch bei einer Berücksichtigung einer jährlichen Strompreissteigerung um 1,5 % errechnet sich kein positives Ergebnis.

7.7 Thermische Solarenergienutzung zur Brauchwasserbereitung

Für die nachfolgende Ermittlung der Investitionskosten der Solaranlagen wird auf Firmenangaben, Literaturwerte sowie Erfahrungswerte aus vergleichbaren Ausschreibungen zurückgegriffen. Für die untersuchten thermischen Solaranlagen für Haus D (PNA) und Haus J (Personalwohnheim) ist mit den in Tafel 7.7.1 zusammengestellten Brutto-Investitionen zu rechnen. Auf die genannte Investitionssumme kann eine Förderung durch das Land Hessen von bis zu 30% der Kosten gewährt werden.

Tafel 7.7.1 Energiekonzept SKH: Zusammenstellung der Investitionen für die untersuchten Solaranlagen der PNA und PWH

| | | Haus D | Haus J |
|-----------------------------------|-------------------|----------------|---------------|
| | | PNA | Wohnheim |
| Kollektorfläche | in m ² | 210 | 60 |
| Kollektoren und Zubehör | in DM | 109.725 | 38.775 |
| Verrohrung Kollektorfelder | in DM | 13.965 | 4.934 |
| Speicher, WT, Rohrleitungen | in DM | 57.855 | 20.445 |
| Regelung | in DM | 11.970 | 4.230 |
| Baunebenkosten | in DM | 5.985 | 2.126 |
| Brutto-Gesamtkosten | in DM | 199.500 | 70.510 |
| abzüglich 30 % - Förderung | in DM | 139.650 | 49.360 |

Für die folgenden Berechnungen wird von einer maximalen Förderung mit einer verbleibenden Investitionssumme von knapp **140.00,- DM** für die Solaranlage der PNA und knapp **49.500,- DM** für die Solaranlage des Personalwohnheims ausgegangen.

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 7.1 genannten Grunddaten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung und einer technischen Nutzungsdauer von 20 Jahren für thermische Solaranlagen, errechnen sich die in Tafel 7.7.2 dargestellte Jahreskostenbilanzen.

Tafel 7.7.2 Energiekonzept SKH: Jahreskostenermittlung bei Einsatz von thermischen Solaranlagen in der PNA bzw. dem Personalwohnheim

| | | | PNA | Wohnheim |
|----|---|---------|---------|----------|
| A | Gesamt-Investition | in DM | 199.500 | 70.510 |
| B | Investitionszuschuß durch Landesförderung (30 %) | in DM | 59.850 | 21.153 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 139.650 | 49.360 |
| | | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 20 | 20 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 9,44 | 9,44 |
| D | Jährl. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 13.183 | 4.659 |

| | | | PNA | Wohnheim |
|----------|---|----------------|---------------|--------------|
| | Endenergieeinsparung/-verbrauch | | | |
| E1 | Erdgas | in MWh/a | 142,58 | 36,73 |
| E2 | Strom-HT | in MWh/a | -0,51 | -0,12 |
| E3 | Strom-NT | in MWh/a | -0,70 | -0,16 |
| | Spezifische Energiepreise | | | |
| F2 | Erdgas-Arbeitspreis | DM/MWh | 39,24 | 39,24 |
| F2 | Strom-HT | DM/MWh | 132,25 | 132,25 |
| F3 | Strom-NT | DM/MWh | 80,50 | 80,50 |
| | Energiekosteneinsparung | | | |
| G2 | Erdgas (E1*F2) | in DM/a | 5.595 | 1.441 |
| G3 | Strom HT (E2*F3) | in DM/a | -67 | -16 |
| G4 | Strom NT (E3*F4) | in DM/a | -57 | -13 |
| G | Energiekosteneinsparung (g2+G3+G4) | in DM/a | 5.471 | 1.412 |
| | Betriebskosten | | | |
| H1 | Instandhaltungskosten (2% d. Investition) | in DM/a | 3.990 | 1.410 |
| H2 | Wartungskosten (1% d. Investition) | in DM/a | 1.995 | 705 |
| H | Gesamtbetriebskosten (H1+H2) | in DM/a | 5.985 | 2.115 |
| | Jahreskostenberechnung | | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 13.183 | 4.659 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 5.985 | 2.115 |
| K | Energiekosteneinsparung (G) | in DM/a | 5.471 | 1.412 |
| | Jährliche Mehrkosten ((I+J)-K) | in DM/a | 13.697 | 5.362 |
| | Dynamische Amortisationszeit | | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 139.651 | 49.358 |
| | Energiekostensparnis 1. Jahr (K) | in DM/a | 5.471 | 1.412 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% | 1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | - | - |

Auch unter Berücksichtigung einer Förderung von 30 % der Investitionssumme durch das Land Hessen, belaufen sich die jährlichen Mehrkosten bei Einbau der thermischen Solaranlagen für den Betreiber auf 13.700,- DM pro Jahr für die PNA und auf ca. 5.360,- DM für das Personalwohnheim. Auch die Annahme einer jährlichen Energiepreissteigerung von 1,5 % führt zu keinem positiven Ergebnis.

7.8 Kondensatorkühlung der Dampfsterilisatoren

Im folgenden wird für die in Abschnitt 6.7 beschriebene Wassersparmaßnahme durch den Anschluß der Dampfsterilisatoren an das zentrale Kaltwassersystem der SKH, die Kosten für Investition ermittelt und die Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt.

7.8.1 Ermittlung von Jahreskosten und Amortisationszeit

Die Investitionen für den Anschluß der Kondensatoren an das Kaltwassersystem der SKH belaufen sich auf insgesamt **23.600,- DM²⁹**. Die Nutzungszeit wird nach VDI 2067, Blatt 1 angenommen und liegt bei 15 Jahren.

In der folgenden Aufstellung wird geprüft, ob die jährliche Wasserkosteneinsparung ausreicht, um die Kapital-, Energie- und Betriebskosten für den Anschluß an das zentrale Kaltwassersystem zu amortisieren.

Tafel 7.8.1 Energiekonzept SKH: Ermittlung der Wirtschaftlichkeit für den Anschluß der Kondensatorkühlung an das zentrale Kaltwassersystem

| | | | |
|----|--|----------------------|--------|
| A | Gesamt-Investition | in DM | 23.600 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 0 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 23.600 |
| | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 15 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 10,98 |
| D | Jähr. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 2.590 |
| | Endenergie- und Wassereinsparung | | |
| E1 | Strom-HT | in MWh/a | -13,05 |
| E2 | Stromleistung | in kW | -7,5 |
| E3 | Wassereinsparung | in m ³ /a | 6.412 |
| | Spezifische Energie- und Wasserpreise | | |
| F1 | Strom-HT | DM/MWh | 132,25 |
| F2 | Stromleistungspreis | DM/kW | 230,00 |
| F3 | Wasserpreis inkl. Abwassergebühr | in DM/m ³ | 7,50 |
| | Energie- und Wasserkosteneinsparung | | |
| G1 | Strom HT (E1*F1) | in DM/a | -1.725 |
| G2 | Strom-Leistung (E2*F2) | in DM/a | -1.725 |
| G3 | Stromersparnis Gesamt (G1+G2) | in DM/a | -3.450 |
| G4 | Wasser (E3*F3) | in DM/a | 48.090 |

²⁹ Richtpreisangebot der Fa. MMM vom November 1997 und Kosten für zusätzliche Kaltwasseranschlußleitungen in Höhe von ca. 2.200,- DM

| | | | |
|----------|--|----------------|---------------|
| G | Strom- und Wasserkosteneinsparung (G3+G4) | in DM/a | 44.640 |
| | Betriebskosten | | |
| H1 | Instandhaltungskosten (1 % der Investition) | in DM/a | 250 |
| H2 | Wartungskosten (1 % der Investition) | in DM/a | 250 |
| H | Gesamtbetriebskosten (H1+H2) | in DM/a | 500 |
| | Jahreskostenberechnung | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 2.590 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 500 |
| K | Energiekosteneinsparung (G) | in DM/a | 44.640 |
| | Jährliche Minderkosten (K-(I+J)) | in DM/a | 41.550 |
| | Dynamische Amortisationszeit | | |
| | Investition für Energiesparmaßnahme (D) | in DM | 23.600 |
| | Energie- und Betriebskostensparnis 1. Jahr (K-J) | in DM/a | 44.140 |
| | Preissteigerung | in % | 1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 0,6 |
| | Keine Preissteigerung | in % | 0,00% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 0,6 |
| | Preissenkung | in % | -1,50% |
| | Amortisationszeit (s. Abschnitt 7.1) | in a | 0,6 |

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung führt zu dem Ergebnis, daß durch die jährliche Wasserkosteneinsparung von 44.640,- DM, die jährlichen Kapitalkosten für den Anschluß der Kondensatoren vor den Vakuumpumpen an das zentrale Kaltwassernetz der SKH und die Strommehrkosten für die Kälteerzeugung gedeckt werden und sogar ein deutlicher Jahresüberschuß von mehr als **41.500,- DM** erwirtschaftet wird.

Die dynamische Amortisationszeit liegt, unabhängig von der Entwicklung der Strompreise, bei 0,6 Jahren.

7.9 Optimierung der zentralen Kälteversorgung

Die in Abschnitt 6.8 beschriebene Maßnahme zur Optimierung der zentralen Kälteversorgung wird im folgenden Abschnitt auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft.

7.9.1 Investitions- und Kapitalkosten

Die Gesamt-Investitionen und die für die energiesparende Maßnahme sowie die jährlichen Kapitalkosten sind in Tafel 7.9.1 zusammengestellt.

Tafel 7.9.1 Energiekonzept SKH: Zusammenstellung der Investitionen und der jährlichen Kapitalkosten für die Optimierung der Kälteversorgung

| | | |
|--|----------------|----------------|
| Verteiler und Zubehör | in DM | 49.500 |
| Pufferspeicher und Zubehör | in DM | 68.000 |
| Glykoler, WT und Einbringung | in DM | 66.000 |
| Regelung | in DM | 23.500 |
| Bau- und Baunenkosten (pauschal 20 %) | in DM | 44.400 |
| Netto-Gesamtkosten | in DM | 266.400 |
| + 15 % MwSt. | in DM | 40.000 |
| BRUTTO-GESAMTKOSTEN | | 306.400 |
| Davon Instandhaltungskosten für hydraulische Optimierung | in DM | 167.000 |
| Bruttokosten für Energiesparmaßnahme | in DM | 139.400 |
| | | |
| Nutzungszeit | in a | 15 |
| Annuität | in % | 10,98 |
| Jährliche Kapitalkosten | in DM/a | 15.305 |

Die Investitionskosten für die Variante zur Optimierung der Kälteversorgung belaufen sich auf über 306.000,- DM. Davon sind 167.000,- DM, aus Gründen der Instandhaltung zur Verbesserung der Hydraulik des Kaltwassersystems, als Investition in nächster Zeit notwendig, so daß eine Investition für die energiesparende Maßnahme von 139.4000 DM verbleibt.

Daraus errechnen sich bei einer technischen Nutzungszeit von 15 Jahren jährliche Kapitalkosten in Höhe von 15.305,- DM.

7.9.2 Ermittlung der Jahreskosten und Amortisationszeit

Die Jahreskostenbilanz für die untersuchte Optimierung der Kälteerzeugung ist in der Tafel 7.9.2 zusammengefaßt.

Tafel 7.9.2 Energiekonzept SKH: Ermittlung Jahreskostenbilanz für die Optimierung der Kälteversorgung

| | | | |
|----------|--|----------------|---------------|
| A | Gesamt-Investition | in DM | 306.400 |
| B | Investition für Instandhaltung | in DM | 167.000 |
| C | Investition für Energiesparmaßnahme (A-B) | in DM | 139.400 |
| | | | |
| D1 | Nutzungszeit der Maßnahme | in a | 15 |
| D2 | Annuität bei einem Kapitalzins von 7 % | in % | 10,98 |
| D | Jähr. Kapitalkosten für Energiesparmaßnahme (D2*C) | in DM/a | 15.305 |
| | Endenergieeinsparung | | |
| E2 | Strom-HT | in MWh/a | 33,80 |
| E3 | Strom-NT | in MWh/a | 5,96 |
| | Spezifische Energiepreise | | |
| F3 | Strom-HT | DM/MWh | 132,25 |
| F4 | Strom-NT | DM/MWh | 80,50 |
| | Energie- und Wasserkosteneinsparung | | |
| G3 | Strom HT (E2*F3) | in DM/a | 4.470 |
| G4 | Strom NT (E3*F4) | in DM/a | 480 |
| G | Energiekosteneinsparung (G3+G4) | in DM/a | 4.951 |
| | Betriebskosten | | |
| H | Instandhaltungs-/Wartungskosten (2 % d. Investition) | in DM/a | 6.128 |
| | Jahreskostenberechnung | | |
| I | Kapitalkosten (D) | in DM/a | 15.305 |
| J | Betriebskosten (H) | in DM/a | 6.128 |
| K | Energiekosteneinsparung (G) | in DM/a | 4.951 |
| | Jährliche Mehrkosten ((I+J)-K) | in DM/a | 16.482 |

Durch die Realisierung der Optimierung der Kälteversorgung der SKH kann durch die Energiekosteneinsparung kein Jahresüberschuß erwirtschaftet werden. Im Gegenteil, es entstehen jährliche Mehrkosten in Höhe von knapp 16.500,- DM pro Jahr.

8. Rationelle Elektrizitätsversorgung gemäß Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten

8.1 Grundlagen und Verfahren

Gemäß dem „Hessischen Leitfaden Elektrische Energie“ stellt die Ermittlung von Grenz- und Zielwerten des spezifischen Stromverbrauchs ein wesentliches Instrument zum Erreichen eines rationalen Energieeinsatzes in Dienstleistungsgebäuden dar.

Im Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten zur rationellen Elektrizitätsverwendung ist das Verfahren zur Ermittlung der Grenz- und Zielwerte dargestellt.

Grundlagen für die im Rahmen des vorliegenden Teil-Energiekonzeptes durchgeführte Untersuchung zur rationellen Elektrizitätsversorgung bilden folgende Veröffentlichungen:

- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit: „Elektrische Energie im Hochbau - Leitfaden Elektrische Energie (LEE)“, Wiesbaden, Mai 1996
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit: „Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten zur rationellen Elektrizitätsverwendung“, Wiesbaden, August 1996
- Schweizerischer Ingenieur und Architekten-Verein: „Empfehlung 380/4 - Elektrische Energie im Hochbau“, Zürich, Januar 1992

8.2 Schwerpunkte, Betriebseinheiten, Definition und typische Räume

Aufgrund der heterogenen Bau- und Nutzungsstruktur sowie der bereichsübergreifenden Energieversorgung der SKH, ist eine Untersuchung der rationellen Elektrizitätsverwendung gemäß dem Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten zur rationellen Elektrizitätsverwendung für alle Bereiche der SKH nicht durchführbar.

Für einen Großteil der Raumbereiche liegen keine Vergleichszahlen vor, die eine entsprechende Bewertung ermöglichen.

Im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes wurden innerhalb der SKH folgende Schwerpunkte, entsprechend der Vorgaben des Pflichtenheftes, untersucht:

- Zentral OP (OP3/OP4)
- Intensivstation A2L
- Allgemein-Pflegestation A4R (Entbindung)
- Allgemein-Pflegestation A12L (HNO/Chirurgie)
- Allgemein-Pflegestation B23 (Innere)
- Allgemein-Pflegestation C35 (Orthopädie)
- Psychiatrische Station D 43

Die genannten Schwerpunkte repräsentieren den größten Teil des Zentral-OP-Bereiches, der In-

tensivabteilungen sowie der Pflegebereiche der SKH.

Die Schwerpunkte wurden in Zonen gleichartiger Nutzung aufgeschlüsselt. Für jede Zone wurde jeweils ein Referenzraum ermittelt.

Die Raumflächen und -bezeichnungen für die untersuchten Schwerpunktbereiche wurden den vorliegenden Grundrißplänen (vgl. Anlagen) entnommen.

Im folgenden sind die Betriebseinheiten, d.h. die Zonen gleichartiger Nutzung und Betriebszeit, für die beiden Untersuchungsschwerpunkte definiert.

Schwerpunkt 1: **Zentral-OP (OP3/OP4) im OP-Anbau**

| | |
|-------------------------------|---|
| Flure: | Innenliegende Verkehrsflächen im Zentral-OP |
| Einleitung: | Vorbereitungsraum zur Narkoseeinleitung |
| Ausleitung/Entsorgung: | Nachbereitungsraum zur OP-Nachbetreuung |
| Waschraum: | Naßraum für OP-Handwäsche |
| OP 3: | OP-Saal mit OP-Tisch |
| Geräte: | Lagerraum für OP-Geräte |
| OP 4: | OP-Saal mit OP-Tisch |

Schwerpunkt 2: **Chirurgische Intensivstation A2L**

| | |
|----------------------------|---|
| Flure: | Innenliegende Verkehrsflächen im Stationsbereich |
| Schleuse: | Übergangsbereich Allgemeinflure/Intensivstation |
| Umkleide-Damen: | stationsbezogener Umkleidebereich |
| Umkleide-Herren: | stationsbezogener Umkleidebereich |
| Personal-WC-Herren: | stationsbezogene Personaltoilette |
| Personal-WC-Damen: | stationsbezogene Personaltoilette |
| WC: | Besuchertoilette |
| Besucher-Warteraum: | Aufenthaltsbereich für Besucher |
| Unreine Arbeiten: | Arbeitsraum zur Vor- und Nachbereitung pflegerischer Maßnahmen |
| Labor: | stationsbezogener Arbeitsraum für medizinische Analysetätigkeiten |
| Sammelraum: | Lagerraum für Laborpräparate |
| Materialraum: | Lagerraum für medizinisches Material |
| Stationsleitung: | Büroraum zur Abwicklung der Stationsverwaltung/-organisation |
| Oberarzt: | Ärztlicher Büro- und Untersuchungsraum |
| Vorbereitungsraum: | Medizinischer Arbeitsraum zur Vorbereitung von Eingriffen |
| Bad: | Zentrales Patientenbad im Stationsbereich |

| | |
|---------------------------|--|
| Ärztlicher Dienst: | Ärztlicher Büro- und Untersuchungsraum |
| Unreine Arbeiten: | Arbeitsraum zur Vor- und Nachbereitung pflegerischer Maßnahmen |
| Geräte: | Lagerraum für medizinische Geräte und Pflegeutensilien |
| Schleuse: | Übergangsbereich Treppenhaus/Intensivstation |
| 1-Bettzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt eines Intensivpatienten |
| 2-Bettzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von zwei Intensivpatienten |
| Überwachung: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt eines Intensivpatienten |
| 3-Bettzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von drei Intensivpatienten |
| Arbeitsraum: | Arbeitsraum zur Vor- und Nachbereitung pflegerischer Maßnahmen |

Schwerpunkt 3: **Pflegestation A4R (Entbindung)**

| | |
|----------------------------|---|
| Teeküche: | Stationsküche zur Vor- und Nachbereitung der Essensausgabe |
| Arzt: | Ärztlicher Büro- und Untersuchungsraum |
| Stillzimmer: | Aufenthaltsbereich für stillende Mütter |
| Flur: | Innenliegende Verkehrsfläche im Stationsbereich |
| Pat.-/Besucher-WCs: | Patienten- und Besuchertoiletten mit Vorräumen |
| Fäkalienraum: | Arbeitsraum für unreine Pflegearbeiten (Naßraum) |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (1-Bett) |
| Abstellraum: | Lagerraum für Pflegeutensilien |
| Aufenthaltsraum: | Aufenthaltsbereich für Patienten |
| Schwesternzimmer: | Arbeitsraum zur Abwicklung der Stationsverwaltung/-organisation |
| Untersuchung: | Ärztlicher Untersuchungsraum im Stationsbereich |
| Bad: | Zentrales Patientenbad im Stationsbereich |
| Personal-WC: | Personaltoilette mit Vorraum |
| Schwesternzimmer: | Aufenthaltsbereich für Pflegepersonal |
| Säuglingszimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Säuglingen |
| Wickelraum: | Arbeitsraum zur Betreuung von Säuglingen |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (3-Bett) |

Schwerpunkt 4: **Pflegestation A12L (HNO/Chirurgie)**

| | |
|-------------------------|--|
| Teeküche: | Stationsküche zur Vor- und Nachbereitung der Essensausgabe |
| Arzt: | Ärztlicher Büro- und Untersuchungsraum |
| Aufenthaltsraum: | Aufenthaltsbereich für stillende Mütter |
| Flur: | Innenliegende Verkehrsfläche im Stationsbereich |

| | |
|-------------------------------|---|
| Krankengymnastik: | Behandlungsraum für physiotherapeutische Maßnahmen |
| WC: | Personaltoilette |
| Personalumkleide: | stationsbezogener Umkleidebereich |
| Arzt: | Ärztlicher Büro- und Untersuchungsraum |
| Untersuchung: | Ärztlicher Untersuchungsraum im Stationsbereich |
| Personal-Dienstzimmer: | Arbeitsraum zur Abwicklung der Stationsverwaltung/-organisation |
| Personal-Aufenthalt: | Aufenthaltsbereich für Pflegepersonal |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (1-Bett) |
| Pat.-Sanitär: | Pat.-Naßzelle mit Zimmerzuordnung |
| WC: | Patiententoilette |
| Fäkalienraum: | Arbeitsraum für unreine Pflegearbeiten (Naßraum) |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (3-Bett) |
| Aufenthaltsbereich: | Aufenthaltsbereich für Patienten |

Schwerpunkt 5: **Pflegestation B23 (Innere)**

| | |
|----------------------------|---|
| Geräte: | Lageraum für medizinische Geräte und Pflegeutensilien |
| Bad/Dusche: | Zentrales Pat.-Bad u. Pat.-Dusche im Stationsbereich |
| Personal-WC: | Personaltoilette |
| Patienten-WC: | Patiententoilette mit Vorraum |
| Arzt: | Ärztlicher Büro- und Untersuchungsraum |
| Untersuchung: | Ärztlicher Untersuchungsraum im Stationsbereich |
| Schmutzraum: | Arbeitsraum für unreine Pflegearbeiten |
| Teeküche: | Stationsküche zur Vor- und Nachbereitung der Essensausgabe |
| Spülraum: | Arbeitsraum für Steckbeckenspülung (Naßraum) |
| Pers.-Dienstzimmer: | Arbeitsraum zur Abwicklung der Stationsverwaltung/-organisation |
| Untersuchung: | Ärztlicher Untersuchungsraum im Stationsbereich |
| Patientenkleider: | Lageraum für Patientenkleider |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (3-Bett) |
| Speisesaal: | Speise-/Aufenthaltsbereich für Patienten |
| Flur: | Innenliegende Verkehrsfläche im Stationsbereich |

Schwerpunkt 6: **Pflegestation C35 (Orthopädie)**

| | |
|--------------------------|---|
| Gipsraum: | Behandlungsraum für medizinische Maßnahmen |
| Schwesternzimmer: | Arbeitsraum zur Abwicklung der Stationsverwaltung/-organisation |
| WC: | Stationstoiletten mit Vorräumen |
| Bad: | Zentrales Patientenbad im Stationsbereich |
| Teeküche: | Stationsküche zur Vor- und Nachbereitung der Essensausgabe |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (2-Bett) |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (1-Bett) |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (3-Bett) |
| Abstellraum: | Lageraum für medizinische Geräte und Pflegeutensilien |
| Dusche/WC: | Zentrale Pat.-Dusche u. WC |
| Flur: | Innenliegende Verkehrsfläche im Stationsbereich |

Schwerpunkt 7: **Pflegestation D43 (Psychiatrie)**

| | |
|-------------------------------|---|
| Arzt-/Untersuchung: | Ärztlicher Büro- und Untersuchungsraum |
| Patientenzimmer: | Bettzimmer zum stationären Aufenthalt von Patienten (3-Bett) |
| Patienten-WC: | Pat.-Toiletten |
| Arzt-/Untersuchung: | Ärztlicher Büro- und Untersuchungsraum |
| Tagesraum I: | Aufenthaltsbereich für Patienten |
| Tagesraum II: | Aufenthaltsbereich für Patienten |
| Essraum: | Speise-/Aufenthaltsbereich für Patienten |
| Pers.-Dienstzimmer: | Arbeitsraum zur Abwicklung der Stationsverwaltung/-organisation |
| Pers.-Aufenthaltsraum: | Aufenthaltsbereich für Stationspersonal |
| Arbeitsraum: | Arbeitsraum zur Vor-/Nachbereitung von Pflegearbeiten |
| Bad: | Zentrales Patientenbad im Stationsbereich |
| Dusche: | Zentrale Pat.-Duschen |
| Teeküche: | Stationsküche zur Vor- und Nachbereitung der Essensausgabe |
| Geräte: | Lageraum für medizinische Geräte und Pflegeutensilien |
| Personal-WC: | Personaltoilette |
| Flur: | Innenliegende Verkehrsfläche im Stationsbereich |

8.3 Flächen der Betriebseinheiten, mittlere Leistungen und Gesamtanschlußleistungen

Die Struktur der Schwerpunktbereiche bzw. deren Energieversorgung und Nutzung läßt eine eindeutige Zuordnung des Stromleistungsbedarfs für folgende Verwendungszwecke zu:

- Beleuchtung
- Arbeitshilfen

Die Anschlußleistung der Elektroverbraucher sowie die jeweiligen Betriebs- und Einschaltzeiten, wurden mittels Ortsbegehungen und Fragebogenerhebungen in Zusammenarbeit mit der Technischen Abteilung sowie dem Stationspersonal der gewählten Referenzbereiche ermittelt.

In den Tafeln 8.3.1 bis 8.3.7 sind die Flächen, die mittleren Leistungen der jeweiligen Stromverbraucher sowie deren Gesamtanschlußleistung zusammengestellt.

Tafel 8.3.1 Energiekonzept SKH: Nettogrundflächen und mittlere Leistung der Stromverbraucher im Bereich Zentral-OP (OP3/OP4)

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Raumfläche | | Mittlere Leistung | |
|----------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Einzel in m ² | Gesamt in m ² | Beleuchtung in W/m ² | Arbeitshilfen in W/m ² |
| 1 | Flur | 101,5 | 101,5 | 11 | |
| 2 | Einleitung | 13,7 | 54,8 | 21 | 58 |
| 3 | Ausleitung/Entsorgung | 11,2 | 44,8 | 25 | |
| 4 | Waschraum | 7,2 | 28,8 | 39 | |
| 5 | OP-Saal | 38,9 | 77,8 | 44 | 4 |
| 6 | Geräte | 10,2 | 20,4 | 28 | |
| 7 | OP Saal | 44,3 | 88,6 | 39 | 3 |

Tafel 8.3.2 Energiekonzept SKH: Nettogrundflächen und mittlere Leistung der Stromverbraucher im Bereich Intensivstation A2L

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Raumfläche | | Mittlere Leistung | |
|----------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Einzel in m ² | Gesamt in m ² | Beleuchtung in W/m ² | Arbeitshilfen in W/m ² |
| 1 | Flur | 79,4 | 79,4 | 11 | 5 |
| 2 | Schleuse | 30,7 | 30,7 | 23 | |
| 3 | Dusche | 1,4 | 1,4 | 52 | |
| 4 | Umkleide Damen | 13,6 | 13,6 | 26 | |
| 5 | Umkleide Herren | 9,8 | 9,8 | 12 | |
| 6 | Personal-WC-Herren | 2,0 | 2,0 | 18 | |
| 7 | Personal-WC-Damen | 4,3 | 4,3 | 8 | |
| 8 | WC | 2,9 | 2,9 | 12 | |
| 9 | Besucher-Warteraum | 7,6 | 7,6 | 27 | |
| 10 | Unreine Arbeiten | 4,8 | 4,8 | 19 | 3 |

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Raumfläche | | Mittlere Leistung | |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | | Einzel | Gesamt | Beleuchtung | Arbeitshilfen |
| | | in m ² | in m ² | in W/m ² | in W/m ² |
| 11 | Labor | 2,3 | 2,3 | 19 | |
| 12 | Sammelraum | 2,3 | 2,3 | 40 | |
| 13 | Material | 15,2 | 15,2 | 24 | |
| 14 | Stationsleitung | 7,6 | 7,6 | 12 | |
| 15 | Oberarzt | 6,3 | 12,6 | 38 | |
| 16 | Vorbereitungsraum | 7,9 | 7,9 | 21 | |
| 17 | Bad | 7,9 | 7,9 | 21 | |
| 18 | Ärztlicher Dienst | 9,4 | 9,4 | 32 | |
| 19 | Unreine Arbeiten | 3,6 | 3,6 | 26 | |
| 20 | Geräte | 11,5 | 11,5 | 24 | |
| 21 | Schleuse | 13,4 | 13,4 | 11 | |
| 22 | 1-Bett-Zimmer | 12,0 | 24,0 | 12 | |
| 23 | 2-Bett-Zimmer | 18,0 | 36,0 | 34 | |
| 24 | Überwachung | 8,9 | 17,8 | 33 | |
| 25 | 3-Bett-Zimmer | 41,4 | 82,8 | 28 | |
| 26 | Arbeitsraum | 6,6 | 6,6 | 35 | |

Tafel 8.3.3 Energiekonzept SKH: Nettogrundflächen und mittlere Leistung der Stromverbraucher im Bereich Pflegestation A4R

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Raumfläche | | Mittlere Leistung | |
|----------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | | Einzel | Gesamt | Beleuchtung | Arbeitshilfen |
| | | in m ² | in m ² | in W/m ² | in W/m ² |
| 1 | Teeküche | 9,6 | 9,6 | 15 | 644 |
| 2 | Arzt | 11,9 | 11,9 | 26 | |
| 3 | Stilzimmer | 12,5 | 12,5 | 11 | 7 |
| 4 | Flur | 111,7 | 111,7 | 7 | |
| 5 | Patienten/Besucher-WC | 12,6 | 12,6 | 14 | |
| 6 | Fäkalienraum/Kammer | 15,3 | 15,3 | 10 | |
| 7 | Patientenzimmer (1-Bett) | 15,6 | 31,2 | 11 | |
| 8 | Abstellraum | 2,2 | 4,4 | 27 | |
| 9 | Aufenthaltsraum | 15,5 | 15,5 | 3 | 110 |
| 10 | Schwesternzimmer | 16,3 | 16,3 | 21 | 2 |
| 11 | Untersuchung | 15,6 | 15,6 | 20 | |
| 12 | Bad | 15,3 | 15,3 | 12 | |
| 13 | Patienten-WC | 3,4 | 3,4 | 35 | |
| 14 | Schwesternzimmer | 12,1 | 12,1 | 8 | 322 |
| 15 | Säuglingszimmer | 16,4 | 49,2 | 6 | |
| 16 | Wickelraum | 7,4 | 22,2 | 16 | |
| 17 | Patientenzimmer (3-Bett) | 23,8 | 190,4 | 8 | |

Tafel 8.3.4 Energiekonzept SKH: Nettogrundflächen und mittlere Leistung der Stromverbraucher im Bereich Pflegestation A12L

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Raumfläche | | Mittlere Leistung | |
|----------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Einzel in m ² | Gesamt in m ² | Beleuchtung in W/m ² | Arbeitshilfen in W/m ² |
| 1 | Teeküche | 9,6 | 9,6 | 15 | 667 |
| 2 | Arzt | 11,9 | 11,9 | 26 | 26 |
| 3 | Aufenthaltsraum | 12,5 | 12,5 | 11 | |
| 4 | Flur | 109,2 | 109,2 | 14 | |
| 5 | Krankengymnastik | 12,6 | 12,6 | 15 | |
| 6 | WC | 1,7 | 1,7 | 9 | |
| 7 | Personalumkleide | 16,6 | 16,6 | 8 | |
| 8 | Arzt | 15,6 | 15,6 | 16 | 26 |
| 9 | Untersuchung | 22,2 | 22,2 | 13 | |
| 10 | Schwestern-Dienstzimmer | 16,9 | 16,9 | 19 | 24 |
| 11 | Personal-Aufenthalt | 15,2 | 15,2 | 17 | 165 |
| 12 | Patientenzimmer (1-Bett) | 11,7 | 23,4 | 7 | |
| 13 | Patienten-Sanitärraum | 4,5 | 54,0 | 6 | |
| 14 | WC | 3,2 | 3,2 | 8 | |
| 15 | Fäkalienraum | 12,1 | 12,1 | 16 | |
| 16 | Patientenzimmer | 18,3 | 183,0 | 10 | |
| 17 | Aufenthaltsbereich | 23,8 | 23,8 | 6 | |

Tafel 8.3.5 Energiekonzept SKH: Nettogrundflächen und mittlere Leistung der Stromverbraucher im Bereich Pflegestation B23

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Raumfläche | | Mittlere Leistung | |
|----------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Einzel in m ² | Gesamt in m ² | Beleuchtung in W/m ² | Arbeitshilfen in W/m ² |
| 1 | Geräte | 17,6 | 17,6 | 13 | |
| 2 | Bad/Dusche | 17,6 | 17,6 | 13 | |
| 3 | Personal-WC | 2,4 | 4,8 | 38 | |
| 4 | Patienten-WC | 12,8 | 12,8 | 28 | |
| 5 | Arzt | 17,6 | 17,6 | 15 | 10 |
| 6 | Untersuchung | 17,6 | 17,6 | 15 | 87 |
| 7 | Schmutzraum | 17,6 | 35,2 | 10 | |
| 8 | Teeküche | 17,6 | 17,6 | 10 | 236 |
| 9 | Spülraum | 11,3 | 11,3 | 16 | |
| 10 | Schwestern-Dienstzimmer | 17,6 | 17,6 | 9 | |
| 11 | Untersuchung | 17,6 | 17,6 | 17 | |
| 12 | Patienten-Kleider | 17,6 | 17,6 | 11 | |
| 13 | Patientenzimmer (3-Bett) | 19,5 | 331,0 | 8 | |
| 14 | Speisesaal | 36,0 | 36,0 | 15 | |
| 15 | Flur | 66,0 | 66,0 | 30 | |

Tafel 8.3.6 Energiekonzept SKH: Nettogrundflächen und mittlere Leistung der Stromverbraucher im Bereich Pflegestation C35

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Raumfläche | | Mittlere Leistung | |
|----------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | | Einzel | Gesamt | Beleuchtung | Arbeitshilfen |
| | | in m ² | in m ² | in W/m ² | in W/m ² |
| 1 | Gipsraum | 28,0 | 28,0 | 20 | |
| 2 | Schwesternzimmer | 21,8 | 43,6 | 19 | 51 |
| 3 | WC | 10,7 | 21,4 | 21 | |
| 4 | Bad | 16,0 | 32,0 | 9 | |
| 5 | Teeküche | 13,2 | 13,2 | 16 | 451 |
| 6 | Patientenzimmer (3-Bett) | 22,9 | 123,2 | 17 | |
| 7 | Patientenzimmer (1-Bett) | 10,9 | 10,9 | 22 | |
| 8 | Patientenzimmer (3-Bett) | 31,6 | 31,6 | 8 | |
| 9 | Patientenzimmer (1-Bett) | 16,7 | 16,7 | 18 | |
| 10 | Abstellraum | 14,0 | 14,0 | 9 | |
| 11 | Dusche/WC | 14,0 | 14,0 | 9 | |
| 12 | Flur | 80,8 | 80,8 | 7 | |

Tafel 8.3.7 Energiekonzept SKH: Nettogrundflächen und mittlere Leistung der Stromverbraucher im Bereich Pflegestation D43

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Raumfläche | | Mittlere Leistung | |
|----------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | | Einzel | Gesamt | Beleuchtung | Arbeitshilfen |
| | | in m ² | in m ² | in W/m ² | in W/m ² |
| 1 | Arzt-Untersuchung | 19,3 | 19,3 | 23 | 55 |
| 2 | Patientenzimmer (3-Bett) | 22,5 | 315,0 | 10 | 18 |
| 3 | Patienten-WC | 1,5 | 21,0 | 42 | |
| 4 | Arzt-Untersuchung | 22,9 | 22,9 | 20 | |
| 5 | Tagesraum I | 22,8 | 22,8 | 18 | |
| 6 | Tagesraum II | 16,5 | 16,5 | 22 | 15 |
| 7 | Essraum | 30,7 | 30,7 | 16 | |
| 8 | Schwestern-Dienstraum | 20,2 | 20,2 | 11 | 7 |
| 9 | Personal-Aufenthaltsraum | 10,1 | 10,1 | 15 | 362 |
| 10 | Arbeitsraum | 14,0 | 14,0 | 15 | 29 |
| 11 | Bad | 14,5 | 14,5 | 10 | 4 |
| 12 | Dusche | 2,5 | 5,0 | 32 | |
| 13 | Teeküche | 14,5 | 14,5 | 10 | 234 |
| 14 | Geräte | 11,2 | 11,2 | 6 | |
| 15 | Personal-WC | 2,5 | 2,5 | 25 | |
| 16 | Flure | 190,0 | 190,0 | 6 | |

8.4 Darstellung des Ist-Zustandes

Aufgrund der Struktur des Stromverteilungsnetzes der SKH (SV- und AV-Netz) konnten keine aussagefähigen separaten Lastgangmessungen für die Verbrauchsschwerpunkte durchgeführt werden. Weiterhin zeigte sich bei der Datenerhebung, daß eine näherungsweise rechnerische Bilanzierung des Stromverbrauchs nur für die Verbrauchsgruppe „Beleuchtung“ möglich ist. Die Nutzung der installierten Geräte der Verbrauchsgruppe „Arbeitshilfen“ auf den Pflegestationen kann nicht schematisch erfaßt werden. Sie ist u.a. stark abhängig von der Belegung der Stationen oder der jeweiligen Patientenstruktur.

Eine vergleichbare Untersuchung des Elektrizitätsbedarfs für Lüftung/Klima gemäß Pflichtenheft konnte aus folgenden Gründen nicht durchgeführt werden:

- Die Raumzonen werden gemeinsam mit weiteren Raumbereichen durch zentrale Lüftungsanlagen versorgt. Eine definierte Zuordnung von Leistungsdaten zu den einzelnen Raumzonen ist nicht möglich.
- Der Großteil der mechanisch belüfteten Raumzonen der Untersuchungsschwerpunkte wird entweder nur mit Zuluft beaufschlagt oder es wird nur Abluft abgeführt. Die Richtwerte der Tabelle 8. des Pflichtenheftes beziehen sich aber auf Zu- und Abluftsysteme und können deshalb nicht für Vergleiche herangezogen werden.

In den Tafeln 8.4.1 bis 8.4.7 sind die Elektrizitätsbilanzen der Schwerpunkte für die Verbrauchsgruppe Beleuchtung zusammengestellt.

Die Energiebezugsflächen (EBF) wurde gemäß Pflichtenheft (vgl. ebenda Abschnitt 4.3.3) aus den Nettogrundflächen der Raumzonen ermittelt.

Tafel 8.4.1 Energiekonzept SKH: Elektrizitätsbilanz-Beleuchtung für den Bereich Zentral-OP

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| 1 | Flur | 112,8 | 8.760 | 7,089 |
| 2 | Einleitung | 60,8 | 8.760 | 4,726 |
| 3 | Ausleitung/Entsorgung | 49,6 | 8.760 | 4,726 |
| 4 | Waschraum | 32,0 | 8.760 | 4,726 |
| 5 | OP-Saal | 86,4 | 8.760 | 16,174 |
| 6 | Geräte | 22,6 | 8.760 | 2,363 |
| 7 | OP-Saal | 98,4 | 8.760 | 16,174 |
| Summe | | 462,6 | 8.760 | 55,978 |
| Spezifischer Elektrizitätsbedarf | | in kWh/m ² a | | 121,0 |

Tafel 8.4.2 Energiekonzept SKH: Elektrizitätsbilanz-Beleuchtung für den

Bereich Intensivstation A2L

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| 1 | Flur | 88,2 | 8.760 | 9,951 |
| 2 | Schleuse | 34,2 | 8.760 | 6,220 |
| 3 | Dusche | 1,6 | 8.760 | 0,027 |
| 4 | Umkleide Damen | 15,1 | 8.760 | 2,038 |
| 5 | Umkleide Herren | 10,9 | 8.760 | 0,210 |
| 6 | Personal-WC-Herren | 2,2 | 8.760 | 0,039 |
| 7 | Personal-WC-Damen | 4,8 | 8.760 | 0,039 |
| 8 | WC | 3,2 | 8.760 | 0,039 |
| 9 | Besucher-Warteraum | 8,5 | 8.760 | 0,907 |
| 10 | Unreine Arbeiten | 5,3 | 8.760 | 0,067 |
| 11 | Labor | 2,6 | 8.760 | 0,537 |
| 12 | Sammelraum | 2,6 | 8.760 | 0,537 |
| 13 | Material | 16,8 | 8.760 | 2,149 |
| 14 | Stationsleitung | 8,5 | 8.760 | 0,537 |
| 15 | Oberarzt | 14,2 | 8.760 | 1,699 |
| 16 | Vorbereitungsraum | 17,6 | 8.760 | 0,838 |
| 17 | Bad | 8,8 | 8.760 | 0,482 |
| 18 | Ärztlicher Dienst | 10,4 | 8.760 | 1,620 |
| 19 | Unreine Arbeiten | 4,0 | 8.760 | 0,537 |
| 20 | Geräte | 12,8 | 8.760 | 1,612 |
| 21 | Schleuse | 13,4 | 8.760 | 1,244 |
| 22 | 1-Bett-Zimmer | 26,6 | 8.760 | 1,659 |
| 23 | 2-Bett-Zimmer | 40,0 | 8.760 | 6,588 |
| 24 | Überwachung | 19,8 | 8.760 | 5,151 |
| 25 | 3-Bett-Zimmer | 92,0 | 8.760 | 14,089 |
| 26 | Arbeitsraum | 7,4 | 8.760 | 2,050 |
| Summe | | 471,5 | | 60,866 |
| Spezifischer Elektrizitätsbedarf | | in kWh/m ² a | | 129,1 |

Tafel 8.4.3 Energiekonzept SKH: Elektrizitätsbilanz-Beleuchtung für den Bereich Pflegestation A4R

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| 1 | Teeküche | 10,7 | 8.760 | 0,207 |
| 2 | Arzt | 13,2 | 8.760 | 0,683 |
| 3 | Stilzimmer | 13,9 | 8.760 | 0,207 |
| 4 | Flur | 124,1 | 8.760 | 5,910 |
| 5 | Patienten/Besucher-WC | 14,0 | 8.760 | 0,526 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| 6 | Fäkalienraum/Kammer | 17,0 | 8.760 | 0,166 |
| 7 | Patientenzimmer (1-Bett) | 34,6 | 8.760 | 0,444 |
| 8 | Abstellraum | 2,4 | 8.760 | 0,263 |
| 9 | Aufenthaltsraum | 17,2 | 8.760 | 0,101 |
| 10 | Schwesternzimmer | 18,1 | 8.760 | 1,743 |
| 11 | Untersuchung | 17,3 | 8.760 | 0,864 |
| 12 | Bad | 17,0 | 8.760 | 0,269 |
| 13 | Patienten-WC | 3,8 | 8.760 | 0,219 |
| 14 | Schwesternzimmer | 13,4 | 8.760 | 0,269 |
| 15 | Säuglingszimmer | 54,6 | 8.760 | 1,209 |
| 16 | Wickelraum | 24,6 | 8.760 | 0,453 |
| 17 | Patientenzimmer (3-Bett) | 211,2 | 8.760 | 1,626 |
| Summe | | 607,1 | | 15,159 |
| Spezifischer Elektrizitätsbedarf | | in kWh/m ² a | | 25,0 |

Tafel 8.4.4 Energiekonzept SKH: Elektrizitätsbilanz-Beleuchtung für den Bereich Pflegestation A12L

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| 1 | Teeküche | 10,7 | 8.760 | 0,207 |
| 2 | Arzt | 13,2 | 8.760 | 0,683 |
| 3 | Aufenthaltsraum | 13,9 | 8.760 | 0,207 |
| 4 | Flur | 109,2 | 8.760 | 8,707 |
| 5 | Krankengymnastik | 14,0 | 8.760 | 0,561 |
| 6 | WC | 1,9 | 8.760 | 0,047 |
| 7 | Personalumkleide | 18,4 | 8.760 | 0,187 |
| 8 | Arzt | 17,3 | 8.760 | 0,561 |
| 9 | Untersuchung | 24,7 | 8.760 | 0,864 |
| 10 | Schwestern-Dienstzimmer | 18,8 | 8.760 | 0,923 |
| 11 | Personal-Aufenthalt | 16,9 | 8.760 | 0,561 |
| 12 | Patientenzimmer (1-Bett) | 26,0 | 8.760 | 0,318 |
| 13 | Patienten-Sanitärraum | 60,0 | 8.760 | 0,318 |
| 14 | WC | 3,6 | 8.760 | 0,028 |
| 15 | Fäkalienraum | 13,4 | 8.760 | 0,210 |
| 16 | Patientenzimmer | 203,0 | 8.760 | 3,183 |
| 17 | Aufenthaltsbereich | 26,4 | 8.760 | 0,496 |
| Summe | | 591,4 | | 18,061 |
| Spezifischer Elektrizitätsbedarf | | in kWh/m ² a | | 30,5 |

Tafel 8.4.5 Energiekonzept SKH: Elektrizitätsbilanz-Beleuchtung für den Bereich Pflegestation B23

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| 1 | Geräte | 19,6 | 8.760 | 0,168 |
| 2 | Bad/Dusche | 39,2 | 8.760 | 0,410 |
| 3 | Personal-WC | 5,4 | 8.760 | 0,131 |
| 4 | Patienten-WC | 14,2 | 8.760 | 1,250 |
| 5 | Arzt | 19,6 | 8.760 | 1,035 |
| 6 | Untersuchung | 19,6 | 8.760 | 1,235 |
| 7 | Schmutzraum | 39,2 | 8.760 | 0,537 |
| 8 | Teeküche | 19,6 | 8.760 | 0,537 |
| 9 | Spülraum | 12,6 | 8.760 | 0,269 |
| 10 | Schwestern-Dienstzimmer | 19,6 | 8.760 | 0,734 |
| 11 | Untersuchung | 19,6 | 8.760 | 1,460 |
| 12 | Patienten-Kleider | 19,6 | 8.760 | 0,274 |
| 13 | Patienten-Zimmer (3-Bett) | 368,9 | 8.760 | 11,492 |
| 14 | Speisesaal | 40,0 | 8.760 | 1,209 |
| 15 | Flur | 73,3 | 8.760 | 17,415 |
| Summe | | 730,0 | | 38,156 |
| Spezifischer Elektrizitätsbedarf | | in kWh/m ² a | | 52,3 |

Tafel 8.4.6 Energiekonzept SKH: Elektrizitätsbilanz-Beleuchtung für den Bereich Pflegestation C35

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| 1 | Gipsraum | 31,1 | 8.760 | 1,659 |
| 2 | Schwesternzimmer | 24,2 | 8.760 | 3,755 |
| 3 | WC | 23,8 | 8.760 | 0,972 |
| 4 | Bad | 35,6 | 8.760 | 0,622 |
| 5 | Teeküche | 14,7 | 8.760 | 1,776 |
| 6 | Patientenzimmer (3-Bett) | 137,2 | 8.760 | 14,012 |
| 7 | Patientenzimmer (1-Bett) | 12,1 | 8.760 | 1,054 |
| 8 | Patientenzimmer (3-Bett) | 35,1 | 8.760 | 1,088 |
| 9 | Patientenzimmer (1-Bett) | 18,6 | 8.760 | 1,899 |
| 10 | Abstellraum | 15,6 | 8.760 | 0,350 |
| 11 | Dusche/WC | 15,6 | 8.760 | 0,350 |
| 12 | Flur | 89,8 | 8.760 | 4,836 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|-------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| Summe | | 453,4 | | 32,373 |
| Spezifischer Elektrizitätsbedarf | | in kWh/m ² a | | 71,4 |

Tafel 8.4.7 Energiekonzept SKH: Elektrizitätsbilanz-Beleuchtung für den Bereich Pflegestation D43

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Zone | | | | |
| Nr. | Bezeichnung | EBF in m ² | Nutzungszeit in h | Jahresstrom in MWh/a |
| 1 | Arzt-Untersuchung | 21,4 | 8.760 | 1,210 |
| 2 | Patientenzimmer (3-Bett) | 350,0 | 8.760 | 5,008 |
| 3 | Patienten-WC | 23,8 | 8.760 | 0,966 |
| 4 | Arzt-Untersuchung | 25,4 | 8.760 | 1,210 |
| 5 | Tagesraum I | 25,3 | 8.760 | 0,298 |
| 6 | Tagesraum II | 18,3 | 8.760 | 0,269 |
| 7 | Essraum | 34,1 | 8.760 | 0,356 |
| 8 | Schwestern-Dienstraum | 22,4 | 8.760 | 1,901 |
| 9 | Personal-Aufenthaltsraum | 11,2 | 8.760 | 0,664 |
| 10 | Arbeitsraum | 15,6 | 8.760 | 0,233 |
| 11 | Bad | 16,1 | 8.760 | 0,259 |
| 12 | Dusche | 5,6 | 8.760 | 0,292 |
| 13 | Teeküche | 16,1 | 8.760 | 0,259 |
| 14 | Geräte | 12,4 | 8.760 | 0,052 |
| 15 | Personal-WC | 2,8 | 8.760 | 0,069 |
| 16 | Flure | 211,1 | 8.760 | 9,052 |
| Summe | | 811,6 | | 22,098 |
| Spezifischer Elektrizitätsbedarf | | in kWh/m ² a | | 27,2 |

In der Tafel 8.4.8 ist der jährliche Elektrizitätsbedarf für die Beleuchtung der Untersuchungsschwerpunkte auf die Bereiche gleicher Nutzung der SKH hochgerechnet.

Tafel 8.4.8 Energiekonzept SKH: Elektrizitätsbilanz-Beleuchtung für die Bereiche Zentral-OP, Intensivpflege und Allgemeinpflege

| Untersuchungsschwerpunkt | | | Gesamtbereich SKH | | |
|--------------------------|-------------------|-------------|-------------------------|-------------------|-------------|
| Bezeichnung | EBF | Jahresstrom | Bezeichnung | EBF | Jahresstrom |
| | in m ² | in MWh/a | | in m ² | in MWh/a |
| Zentral OP (OP2/OP3) | 462,6 | 56,0 | Zentral OP | 925,2 | 112,0 |
| Intensivstation A2L | 471,5 | 60,9 | Intensivstationen A-Bau | 1.393,0 | 182,6 |

| | | | | | |
|--------------------|-------|------|----------------------------------|-----------------|---------------|
| Pflegestation A4R | 607,1 | 15,2 | Pflegestationen A-Bau, unsaniert | 8.763,6 | 242,6 |
| Pflegestation A12L | 591,4 | 18,1 | Pflegestationen A-Bau, saniert | 2.415,6 | 72,3 |
| Pflegestation B23 | 730,0 | 38,2 | Pflegestationen B-Bau | 4.373,3 | 228,9 |
| Pflegestation C35 | 453,4 | 32,4 | Pflegestationen C-Bau | 2.385,6 | 161,9 |
| Pflegestation D43 | 811,6 | 22,1 | Pflegestationen D-Bau | 4.868,0 | 132,6 |
| Gesamt | | | | 26.124,3 | 1132,9 |

Der hochgerechnete jährliche Beleuchtungsstrombedarf für die über die Referenzzonen erfaßten Gesamtbereiche beträgt somit 1.132,9 MWh. Dies entspricht einem Anteil von ca. 12 % am Gesamtstrombedarf der SKH (Vergleichsjahr: 1996).

8.5 Analyse und Bewertung des Ist-Zustandes

Gemäß dem Pflichtenheft zur Erstellung von Elektrizitätsgutachten soll die Analyse und Bewertung des Ist-Zustandes anhand von

- Kennwerten des Elektrizitätsverbrauchs nach SIA 380/4 oder LEE,
- Interpretation der Lastgangmessung und unter
- Einbeziehung von anstehendem Ersatz- und Sanierungsbedarf

vorgenommen werden.

Der Vergleich von energetischen Kennzahlen des Objektes mit Grenz- und Zielwerten gibt einen Aufschluß über das mögliche Einsparungspotential von energiesparenden Maßnahmen. Das Verfahren zur Bestimmung der Grenz- und Zielwerte gemäß SIA 380/4 ist im Abschnitt 4.3. des Pflichtenheftes dargestellt. Im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes wurden Kennzahlen für die Beleuchtung der untersuchten Raumzonen ermittelt.

Die Nennbeleuchtungsstärke für die Raumzonen wurde nach den Anforderungen der DIN 5035 Teil 3 „Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht - Beleuchtung in Krankenhäusern“ festgelegt.

In den Tafeln 8.5.1 bis 8.5.7 werden die Kennzahlen der spezifischen Leistung sowie des spezifischen Energiebedarfs (EB) für die Beleuchtung der Raumzonen im Ist-Zustand den nach dem Pflichtenheft ermittelten Grenz- und Zielwerten gegenübergestellt.

Tafel 8.5.1 Energiekonzept SKH: Energetische Kennzahlen für die Beleuchtung des Bereiches Zentral OP

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollaststunden h/a | Beleuchtung lx | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | |
|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | | | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a |
| 1 | Flur (Tag) | 5.840 | 300 | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 11,2 | 62,9 |
| | Flur (Nacht) | 2.920 | 100 | 4,5 | 11,8 | 3,5 | 9,2 | | |
| 2 | Einleitung | 5.840 | 500 | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 20,8 | 77,6 |
| 3 | Ausleitung/Entsorgung | 5.840 | 500 | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 25,3 | 94,9 |
| 4 | Waschraum | 5.840 | 300 | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 39,4 | 147,7 |

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollaststunden h/a | Beleuchtung lx | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | |
|----------|-----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | | | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a |
| 5 | Geräte | 5.840 | 200 | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 27,9 | 104,2 |

Tafel 8.5.2 Energiekonzept SKH: Energetische Kennzahlen für die Beleuchtung der Intensivstation A2L

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollaststunden h/a | Beleuchtung lx | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | |
|----------|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | | | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a |
| 1 | Flur | 8.760 | 300 | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 14,3 | 112,8 |
| 2 | Schleuse | 8.760 | 300 | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 23,1 | 182,1 |
| 3 | Dusche | 365 | 100 | 10,0 | 3,3 | 7,5 | 2,5 | 52,0 | 17,1 |
| 4 | Umkleide Damen | 5.840 | 200 | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 25,8 | 135,2 |
| 5 | Umkleide Herren | 2.190 | 200 | 7,0 | 13,8 | 5,5 | 10,8 | 11,7 | 19,2 |
| 6 | Personal-WC-Herren | 1.095 | 200 | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 17,8 | 17,6 |
| 7 | Personal-WC-Damen | 1.095 | 200 | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 8,3 | 8,2 |
| 8 | WC | 730 | 200 | 7,0 | 4,6 | 5,5 | 3,6 | 12,4 | 12,3 |
| 9 | Besucher-Warteraum | 4.380 | 300 | 10,0 | 39,4 | 7,5 | 29,6 | 27,1 | 106,7 |
| 10 | Unreine Arbeiten | 4.380 | 300 | 10,0 | 39,4 | 7,5 | 29,6 | 19,3 | 12,7 |
| 11 | Labor | 5.840 | 500 | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 39,9 | 209,4 |
| 12 | Sammelraum | 5.840 | 300 | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 39,9 | 209,4 |
| 13 | Material | 5.840 | 200 | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 24,3 | 127,7 |
| 14 | Stationsleitung | 5.840 | 300 | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 12,0 | 63,2 |
| 15 | Oberarzt | 4.380 | 500 | 15,0 | 59,1 | 11,0 | 43,4 | 38,4 | 120,4 |
| 16 | Vorbereitungsraum | 5.840 | 500 | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 20,8 | 95,0 |
| 17 | Bad | 365 | 200 | 7,0 | 2,3 | 5,5 | 1,8 | 20,8 | 54,6 |
| 18 | Ärztlicher Dienst | 5.840 | 500 | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 31,9 | 155,5 |
| 19 | Unreine Arbeiten | 5.840 | 300 | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 25,6 | 134,0 |
| 20 | Geräte | 5.840 | 200 | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 23,9 | 125,7 |
| 21 | Schleuse | 8.760 | 300 | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 10,6 | 83,4 |
| 22 | 1-Bett-Zimmer | 5.840 | 500 | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 11,9 | 62,3 |
| 23 | 2-Bett-Zimmer | 5.840 | 500 | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 33,8 | 164,3 |
| 24 | Überwachung | 8.760 | 500 | 15,0 | 118,3 | 11,0 | 86,7 | 32,9 | 259,1 |
| 25 | 3-Bett-Zimmer | 5.840 | 500 | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 27,6 | 153,1 |
| 26 | Arbeitsraum | 8.760 | 300 | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 35,2 | 277,7 |

Tafel 8.5.3 Energiekonzept SKH: Energetische Kennzahlen für die Beleuchtung der Pflegestation A4R

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollaststunden h/a | Beleuchtung lx | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | |
|----------|-----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | | | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a | Spez. Lstg. W/m ² a | Spez. EB kWh/m ² a |
| 1 | Teeküche | 1.460 | 300 | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 14,8 | 19,4 |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollaststunden h/a | Beleuchtung lx | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | |
|----------|---------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | | | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a |
| 2 | Arzt | 2.190 | 500 | 15,0 | 29,6 | 11,0 | 21,7 | 26,2 | 51,7 |
| 3 | Stilzimmer | 1.460 | 300 | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 11,3 | 14,9 |
| 4 | Flur (Tag) | 5.840 | 200 | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 6,6 | 47,6 |
| | Flur (Nacht) | 2.920 | 50 | 3,2 | 8,4 | 2,5 | 6,6 | | |
| 5 | Pat./Besucher-WC | 2.920 | 200 | 7,0 | 18,4 | 5,5 | 14,5 | 14,3 | 37,5 |
| 6 | Fäkalienraum/Kammer | 1.095 | 300 | 10,0 | 9,9 | 7,5 | 7,4 | 9,9 | 9,8 |
| 7 | Patientenzimmer | 1.095 | 200 | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 11,4 | 12,8 |
| 8 | Abstellraum | 2.190 | 200 | 7,0 | 13,8 | 5,5 | 10,8 | 27,2 | 53,8 |
| 9 | Aufenthaltsraum | 2.190 | 300 | 10,0 | 19,7 | 7,5 | 14,8 | 3,0 | 5,8 |
| 10 | Schwesternzimmer | 5.840 | 300 | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 20,7 | 96,3 |
| 11 | Untersuchung | 2.920 | 500 | 15,0 | 39,4 | 11,0 | 28,9 | 20,2 | 49,9 |
| 12 | Bad | 1.460 | 200 | 7,0 | 9,2 | 5,5 | 7,2 | 12,0 | 15,8 |
| 13 | Patienten-WC | 1.825 | 200 | 7,0 | 11,5 | 5,5 | 9,0 | 35,3 | 58,0 |
| 14 | Schwesternzimmer | 2.920 | 300 | 10,0 | 26,3 | 7,5 | 19,7 | 7,6 | 20,0 |
| 15 | Säuglingszimmer | 4.380 | 300 | 10,0 | 39,4 | 7,5 | 29,6 | 5,6 | 22,1 |
| 16 | Wickelraum | 1.460 | 300 | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 15,6 | 18,4 |
| 17 | Patientenzimmer | 1.460 | 200 | 7,0 | 9,2 | 5,5 | 7,2 | 7,6 | 7,7 |

Tafel 8.5.4 Energiekonzept SKH: Energetische Kennzahlen für die Beleuchtung der Pflegestation A12L

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollaststunden h/a | Beleuchtung lx | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | |
|----------|---------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | | | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a |
| 1 | Teeküche | 1.460 | 300 | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 14,8 | 19,4 |
| 2 | Arzt | 2.190 | 500 | 15,0 | 29,6 | 11,0 | 21,7 | 26,2 | 51,7 |
| 3 | Aufenthalt | 1.460 | 300 | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 11,3 | 14,9 |
| 4 | Flur (Tag) | 5.840 | 200 | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 14,3 | 71,8 |
| | Flur (Nacht) | 2.920 | 50 | 3,2 | 8,4 | 2,5 | 6,6 | | |
| 5 | Krankengymnastik | 2.920 | 300 | 10,0 | 26,3 | 7,5 | 19,7 | 15,2 | 40,0 |
| 6 | WC | 2.920 | 200 | 7,0 | 18,4 | 5,5 | 14,5 | 9,4 | 24,7 |
| 7 | Personalumkleide | 1.460 | 200 | 7,0 | 9,2 | 5,5 | 7,2 | 7,7 | 10,1 |
| 8 | Arzt | 2.190 | 500 | 15,0 | 29,6 | 11,0 | 21,7 | 16,4 | 32,3 |
| 9 | Untersuchung | 2.920 | 500 | 15,0 | 39,4 | 11,0 | 28,9 | 13,3 | 35,0 |
| 10 | Schwesterndienst | 2.920 | 300 | 10,0 | 26,3 | 7,5 | 19,7 | 18,7 | 49,1 |
| 11 | Personal-Aufenthalt | 2.190 | 300 | 10,0 | 19,7 | 7,5 | 14,8 | 16,9 | 33,2 |
| 12 | Patientenzimmer | 1.460 | 200 | 7,0 | 9,2 | 5,5 | 7,2 | 7,4 | 12,2 |
| 13 | Pat-Sanitär | 1.095 | 200 | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 5,8 | 5,7 |
| 14 | WC | 1.095 | 200 | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 8,1 | 8,0 |
| 15 | Fäkalienraum | 1.095 | 300 | 10,0 | 9,9 | 7,5 | 7,4 | 15,9 | 15,6 |
| 16 | Patientenzimmer | 1.825 | 200 | 7,0 | 11,5 | 5,5 | 9,0 | 9,6 | 15,7 |
| 17 | Aufenthaltsbereich | 3.650 | 300 | 10,0 | 32,9 | 7,5 | 24,6 | 5,7 | 18,8 |

Tafel 8.5.5 Energiekonzept SKH: Energetische Kennzahlen für die Beleuchtung der

Pflegestation B23

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollast- stunden h/a | Beleuch- tung lx | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | |
|----------|---------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a |
| 1 | Geräte | 730 | 200 | 7,0 | 4,6 | 5,5 | 3,6 | 13,1 | 8,6 |
| 2 | Bad/Dusche | 730 | 200 | 7,0 | 4,6 | 5,5 | 3,6 | 13,3 | 10,5 |
| 3 | Personal-WC | 730 | 200 | 7,0 | 4,6 | 5,5 | 3,6 | 37,6 | 24,6 |
| 4 | Patienten-WC | 4.380 | 200 | 7,0 | 27,6 | 5,5 | 21,7 | 28,3 | 87,9 |
| 5 | Arzt | 5.110 | 500 | 15,0 | 69,0 | 11,0 | 50,6 | 15,0 | 52,9 |
| 6 | Untersuchung | 5.110 | 500 | 15,0 | 69,0 | 11,0 | 50,6 | 14,9 | 63,1 |
| 7 | Schmutzraum | 1.460 | 300 | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 10,4 | 13,7 |
| 8 | Teeküche | 2.920 | 300 | 10,0 | 26,3 | 7,5 | 19,7 | 10,4 | 27,5 |
| 9 | Spülraum | 1.460 | 300 | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 16,3 | 21,4 |
| 10 | Schwestern-Dienstz. | 5.110 | 300 | 10,0 | 46,0 | 7,5 | 34,5 | 9,3 | 37,5 |
| 11 | Untersuchung | 5.110 | 500 | 15,0 | 69,0 | 11,0 | 50,6 | 17,4 | 74,6 |
| 12 | Pat.-Kleider | 1.460 | 200 | 7,0 | 9,2 | 5,5 | 7,2 | 11,3 | 14,0 |
| 13 | Patientenzimmer | 5.110 | 200 | 7,0 | 32,2 | 5,5 | 25,3 | 7,8 | 31,2 |
| 14 | Speisesaal | 1.460 | 300 | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 15,3 | 30,2 |
| 15 | Flur (Tag) | 5.840 | 200 | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 30,1 | 237,5 |
| | Flur (Nacht) | 2.920 | 50 | 3,2 | 8,4 | 2,5 | 6,6 | | |

Tafel 8.5.6 Energiekonzept SKH: Energetische Kennzahlen für die Beleuchtung der Pflegestation B35

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollast- stunden h/a | Beleuch- tung lx | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | |
|----------|------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | | | | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a | Spez. Lstg. W/m2a | Spez. EB kWh/m2a |
| 1 | Gipsraum | 2.920 | 300 | 10,0 | 26,3 | 7,5 | 19,7 | 20,3 | 53,3 |
| 2 | Schwesternzimmer | 5.840 | 300 | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 18,6 | 77,5 |
| 3 | WC | 2.190 | 200 | 7,0 | 13,8 | 5,5 | 10,8 | 20,8 | 40,9 |
| 4 | Bad | 2.190 | 200 | 7,0 | 13,8 | 5,5 | 10,8 | 8,9 | 17,5 |
| 5 | Teeküche | 8.760 | 300 | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 15,9 | 121,1 |
| 6 | Patientenzimmer | 6.570 | 200 | 7,0 | 41,4 | 5,5 | 32,5 | 24,1 | 102,4 |
| 7 | Patientenzimmer | 6.570 | 200 | 7,0 | 41,4 | 5,5 | 32,5 | 22,4 | 87,0 |
| 8 | Patientenzimmer | 6.570 | 200 | 7,0 | 41,4 | 5,5 | 32,5 | 8,4 | 31,0 |
| 9 | Patientenzimmer | 6.570 | 200 | 7,0 | 41,4 | 5,5 | 32,5 | 18,3 | 102,4 |
| 10 | Abstellraum | 2.920 | 200 | 7,0 | 18,4 | 5,5 | 14,5 | 8,6 | 22,5 |
| 11 | Dusche/WC | 2.920 | 200 | 7,0 | 18,4 | 5,5 | 14,5 | 8,6 | 22,5 |
| 12 | Flur (Tag) | 5.840 | 200 | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 6,8 | 53,9 |
| | Flur (Nacht) | 2.920 | 200 | 7,0 | 18,4 | 5,5 | 14,5 | | |

Tafel 8.5.7 Energiekonzept SKH: Energetische Kennzahlen für die Beleuchtung der Pflegestation D43

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Vollast- | Beleuch- | Grenzwerte | Zielwerte | Ist-Werte |
|----------|-----------------|----------|----------|------------|-----------|-----------|
|----------|-----------------|----------|----------|------------|-----------|-----------|

| | | stunden | tung | Spez. Lstg. | Spez. EB | Spez. Lstg. | Spez. EB | Spez. Lstg. | Spez. EB |
|----|------------------------|---------|------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | h/a | lx | W/m2a | kWh/m2a | W/m2a | kWh/m2a | W/m2a | kWh/m2a |
| 1 | Arzt-Untersuchung | 2.920 | 500 | 15,0 | 39,4 | 11,0 | 28,9 | 23,3 | 56,4 |
| 2 | Patientenzimmer | 1.825 | 200 | 7,0 | 11,5 | 5,5 | 9,0 | 10,1 | 14,3 |
| 3 | Pat.-WC | 1.095 | 200 | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 42,0 | 41,4 |
| 4 | Arzt-Untersuchung | 2.920 | 500 | 15,0 | 39,4 | 11,0 | 28,9 | 19,7 | 47,6 |
| 5 | Tagesraum I | 730 | 300 | 10,0 | 6,6 | 7,5 | 4,9 | 17,9 | 11,8 |
| 6 | Tagesraum II | 730 | 300 | 10,0 | 6,6 | 7,5 | 4,9 | 22,3 | 14,7 |
| 7 | Essraum | 730 | 300 | 10,0 | 6,6 | 7,5 | 4,9 | 15,9 | 10,4 |
| 8 | Schwestern-Dienstr. | 8.760 | 300 | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 10,8 | 84,7 |
| 9 | Personal-Aufenthaltsr. | 3.650 | 300 | 10,0 | 32,9 | 7,5 | 24,6 | 15,0 | 59,2 |
| 10 | Arbeitsraum | 1.095 | 300 | 10,0 | 9,9 | 7,5 | 7,4 | 15,2 | 15,0 |
| 11 | Bad | 1.825 | 200 | 7,0 | 11,5 | 5,5 | 9,0 | 9,8 | 16,1 |
| 12 | Dusche | 1.825 | 200 | 7,0 | 11,5 | 5,5 | 9,0 | 32,0 | 52,6 |
| 13 | Teeküche | 1.825 | 300 | 10,0 | 16,4 | 7,5 | 12,3 | 9,8 | 16,1 |
| 14 | Geräte | 730 | 300 | 10,0 | 6,6 | 7,5 | 4,9 | 6,3 | 4,2 |
| 15 | Personal-WC | 1.095 | 200 | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 25,2 | 24,8 |
| 16 | Flur (Tag) | 8.760 | 200 | 7,0 | 55,2 | 5,5 | 43,4 | 6,2 | 42,9 |
| | Flur (Nacht) | 2.920 | 200 | 7,0 | 18,4 | 5,5 | 14,5 | | |

Die Gegenüberstellung der Grenz- und Zielwerte mit den energetischen Kennzahlen des Ist-Zustandes der untersuchten Schwerpunkte, führt zu folgenden Ergebnissen:

- In der Mehrheit der Raumzonen des Zentral-OP, der Intensivpflegestationen sowie der allgemeinen Pflegebereiche der SKH, werden die Grenzwerte des spezifischen Elektrizitätsbedarfs für die Beleuchtung deutlich überschritten.
- Die in der Summe deutlichsten Grenzwertüberschreitungen ergeben sich für die Intensivstation A2L und die Pflegestation B23.
- Der Vergleich der sanierten Pflegestation A12L mit der unsanierten Pflegestation führt zu dem Ergebnis, daß nicht durchgängig bei allen Raumzonen eine Senkung der spezifischen Leistungs- und Verbrauchswerte erreicht wurde. Insbesondere der Flurbereich weist bei der sanierten Station wesentlich ungünstigere Kennwerte auf als die bisher nicht sanierten Stationen.
- Selbst unter der Annahme, daß einige Räume einer Sondernutzung unterliegen, die höhere Anforderungen an die Beleuchtungsstärke stellt, muß festgehalten werden, daß offensichtlich ein genereller planerischer Abgleich der installierten Beleuchtungsstärke mit der notwendigen stattfinden muß.

Wie im Abschnitt 8.4 bereits angeführt, konnte im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes keine expliziten Lastgangmessungen für die untersuchten Raumzonen durchgeführt werden.

Die in den vorangegangenen Tafeln aufgeführten Werte für Beleuchtung und Arbeitshilfen ermöglichen aber folgende Bewertung der Strombedarfsstruktur für die Schwerpunkte:

- Für die Beleuchtung der Bereiche Zentral-OP, Intensiv- und Allgemeinpflege werden ca. 12 % des Jahresgesamtstrombedarfs der SKH benötigt.
- Die ganztägige Beleuchtung von relevanten Raumzonen (insbesondere Flure) trägt zum Grundlaststrombedarf der SKH bei. Grundlaststromverbraucher sind auch die Kühlschränke für Lebensmittel und/oder Medikamente.
- Bei den Arbeitshilfen ist insbesondere bei den installierten Koch- und Heißwassergeräten in den Teeküchen, ein Beitrag zu den Leistungsspitzen beim Netzstrombezug zu erwarten.

Die Datenaufnahme im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes sowie die Beurteilung des Technischen Personals der SKH lassen Sanierungsbedarf bei den installierten Beleuchtungssystemen erkennen. Teilweise wird dieser Erkenntnis durch die Erneuerung der Beleuchtung der Pflegestationen im A-Bau, im Rahmen einer Gesamtanierung, Rechnung getragen. Hierbei sollte allerdings insbesondere die Flurbeleuchtung den tatsächlichen Anforderungen angepaßt werden.

Ein weiterer wesentlicher Faktor, der im vorliegenden Fall insbesondere den Stromverbrauch der Beleuchtungssysteme beeinflusst, ist das Nutzerverhalten. Hier haben die Objektbegehungen für die einzelnen Pflegestationen erhebliche Abweichungen bei vergleichbaren Raumbereichen gezeigt. Insbesondere Lagerräume, Aufenthaltsräume oder Dienstzimmer werden häufig beleuchtet, obwohl keine Personen in den Räumen anwesend sind.

8.7 Maßnahmenkatalog

8.7.1 Maßnahmenbeschreibung

Im folgenden werden potentielle Einsparmaßnahmen für die Schwerpunkte dargestellt und kurz erläutert.

Hierbei wird davon ausgegangen, daß eine umfassende Sanierung der Beleuchtungssysteme im B- und C-Bau nicht durchgeführt werden, da diese Gebäude gemäß den Vorgaben der Zielplanung zukünftig nicht mehr genutzt werden.

Die Gliederung der Maßnahmen erfolgt gemäß den im Abschnitt 2.3.1 des Pflichtenheftes zur Erstellung von Elektrizitätsgutachten enthaltenen Vorgaben.

Tafel 8.7.1 Energiekonzept SKH: Maßnahmen zur Senkung des Beleuchtungs-Elektrizitätsbedarfs der Bereiche der SKH

| Nr. | Kurzbezeichnung | EBF in m ² | Beschreibung Ist-Zustand | Beschreibung Soll-Zustand |
|--|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Organisatorische und kurzfristige Maßnahmen | | | | |
| K1 | Sanierung der Flurbeleuchtung in den | 485 | In den ganztägig beleuchteten | Installation von Leuchten mit elek- |

| Nr. | Kurzbezeichnung | EBF in m ² | Beschreibung Ist-Zustand | Beschreibung Soll-Zustand |
|---------------------------------|--|--------------------------|--|--|
| | sanierten Pflegestationen im A-Bau | | Fluren der sanierten Pflegestationen sind noch Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) installiert. Zudem liegt die Beleuchtungsstärke wesentlich über den Anforderungen der DIN 5035. | tronischen Vorschaltgeräten (EVG) im Flurbereich und Anpassung der Beleuchtungsstärke an die DIN-Anforderungen. |
| Mittelfristige Maßnahmen | | | | |
| M1 | Optimierung der Beleuchtung der Intensivstationen | 1.393 | Die Leuchtstofflampen der meisten Leuchten der Intensivpflegestationen werden über KVG geschaltet. | Austausch der Leuchten mit KVG gegen Leuchten mit EVG im Bereich der Intensivstationen. |
| M2 | Optimierung der Beleuchtung der Raumbereiche im Zentral-OP | 926 | Die Leuchtstofflampen der meisten Leuchten des Zentral-OPs werden über KVG geschaltet. | Austausch der Leuchten mit KVG gegen Leuchten mit EVG im Bereich des Zentral-OPs. |
| M3 | Komplettanierung der Stationsbeleuchtung im A-Bau, analog zur bisher durchgeführten Sanierung mit Optimierung der Flurbeleuchtung. | 8.764 | In den Raumbereichen der nicht sanierten Pflegestationen im A-Bau sind Leuchten mit KVG installiert. Zudem liegt die Beleuchtungsstärke für einzelne Räume weit über den Anforderungen der DIN 5035. Die Beleuchtungsstärke der Flurbeleuchtung liegt allerdings unter den geforderten Werten. | Sanierung der Beleuchtung wie in den bereits sanierten Stationen mit Sanierung der Beleuchtung in den „Turm-Zimmern“ sowie Anpassung der Flurbeleuchtung (wie K1). |

8.7.2 Referenzvariante und Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Entsprechend den Vorgaben des Pflichtenheftes wurden für die Maßnahmen Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt.

Bei den Maßnahmen K1 und M1-M3 erfolgt der Wirtschaftlichkeitsvergleich auf der Basis von Referenzvarianten. Hierbei wird angenommen, daß im Zuge von Bauerhaltungsmaßnahmen, die Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten gegen Leuchten mit verlustarmen Vorschaltgeräten substituiert werden. In der Tafel 8.7.2 sind die jährlichen Beleuchtungsstromverbräuche der untersuchten Gesamtbereiche für den Ist-Zustand und den Referenzzustand dargestellt.

Tafel 8.7.2 Energiekonzept SKH: Gesamtenergiebilanzen der allgemeinen Pflegebereiche der SKH im Ist-Zustand und im Referenzzustand

| | | Ist-Zustand | Referenzzustand |
|---|----------|-------------|-----------------|
| Jahresstrombedarf-Flurbereiche sanierte Pflegestationen A-Bau | in MWh/a | 34,8 | 32,4 |
| Jahresstrombedarf Intensivpflegestationen | in MWh/a | 182,6 | 167,4 |

| | | | |
|--|-----------------|--------------|--------------|
| Jahresstrombedarf Zentral-OP | in MWh/a | 112,0 | 105,3 |
| Jahresstrombedarf unsanierte Pflegestationen A-Bau | in MWh/a | 242,6 | 224,8 |
| Jahresstrombedarf Gesamt | in MWh/a | 572,0 | 529,9 |

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Energiesparmaßnahmen sind in der Tafel 8.7.3 zusammengefaßt.

Tafel 8.7.3 Energiekonzept SKH: Maßnahmenübersicht und Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Senkung des Elektrizitätsbedarfs der allgemeinen Pflegebereiche

| Maßnahmen-Nr. | | K1 | M1 | M2 | M3 | |
|-----------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------|
| Kurzbezeichnung | | Optimierung der Flurbeleuchtung in den sanierten Stationen im A-Bau | Optimierung der Beleuchtung der Intensivstationen | Optimierung der Beleuchtung im Bereich Zentral-OP | Sanierung der Beleuchtung in den unsanierten Pflegebereichen im A-Bau | Gesamt |
| Zeitraumen | in a | 1-2 | 3 | 3 | 3 | |
| Jährliche Einsparung Arbeit | in kWh/a | 13.105 | 15.220 | 6.700 | 17.750 | 52.775 |
| Leistung | in kW | 2,3 | 2,5 | 1,4 | 5,6 | 11,8 |
| Vermiedene Betriebskosten | in DM/a | 280,- | 2.418,- | 1.261,- | 1.121,- | 5.080,- |
| Energiekosten (im 1. Jahr) | in DM/a | 1.869,- | 2.131,- | 1.007,- | 3.103,- | 8.110,- |
| Investitionsbetrag gesamt | in DM | 12.480,- | 80.565,- | 49.680,- | 49.920,- | 190.645,- |
| davon anrechenbar | in DM | 2.656,- | 20.418,- | 9.960,- | 10.624,- | 42.658,- |
| Kosten/Nutzen-Verhältnis | | 0,1 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | |
| Amortisationszeit | in a | 1,3 | 5,3 | 5,2 | 2,8 | |
| Einsparkosten | in Pf/kWh | -2,3 | 10,5 | 10,9 | - 1,6 | |

Die Zusammenstellung zeigt, daß alle Maßnahmen mit einem positiven wirtschaftlichen Effekt durchgeführt werden könnten.

Mit einer Zusatzinvestition von ca. 42.660,- DM könnten durchschnittlich jährlich 8.110,- DM an Stromkosten und ca. 5.100,- DM an Instandhaltungskosten eingespart werden.

8.7.3 Kennzahlen des Soll-Zustandes

Um den energetischen Effekt der untersuchten Maßnahmen zu verdeutlichen, werden die energetischen Kennzahlen, die sich nach der untersuchten Optimierung der Beleuchtung ergeben würden, denjenigen des Ist-Zustandes gegenübergestellt und mit den Grenz- und Zielwerten verglichen (vgl. auch Abschnitt 8.6).

Die ermittelten Kennzahlen sind in den Tafeln 8.7.4 bis 8.7.8 zusammengefaßt.

Tafel 8.7.4 Energiekonzept SKH: Kennzahlenvergleich für die Flurbeleuchtung der sanierten Pflegestationen

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | | Soll-Werte | |
|----------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a |
| 4 | Flur (Tag) | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 14,3 | 71,8 | 7,3 | 39,7 |
| | Flur (Nacht) | 3,2 | 8,4 | 2,5 | 6,6 | | | | |

Tafel 8.7.5 Energiekonzept SKH: Kennzahlenvergleich für die Beleuchtung der Intensivstationen

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | | Soll-Werte | |
|----------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a |
| 1 | Flur | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 14,3 | 112,8 | 10,0 | 87,4 |
| 2 | Schleuse | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 23,1 | 182,1 | 16,1 | 141,1 |
| 3 | Dusche | 10,0 | 3,3 | 7,5 | 2,5 | 52,0 | 17,1 | 46,8 | 17,1 |
| 4 | Umkleide Damen | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 25,8 | 135,2 | 17,2 | 100,4 |
| 5 | Umkleide Herren | 7,0 | 13,8 | 5,5 | 10,8 | 11,7 | 19,2 | 7,3 | 13,4 |
| 6 | Personal-WC-Herren | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 17,8 | 17,6 | 12,9 | 14,1 |
| 7 | Personal-WC-Damen | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 8,3 | 8,2 | 6,0 | 6,6 |
| 8 | WC | 7,0 | 4,6 | 5,5 | 3,6 | 12,4 | 12,3 | 9,0 | 9,9 |
| 9 | Besucher-Warteraum | 10,0 | 39,4 | 7,5 | 29,6 | 27,1 | 106,7 | 17,5 | 76,8 |
| 10 | Unreine Arbeiten | 10,0 | 39,4 | 7,5 | 29,6 | 19,3 | 12,7 | 12,1 | 8,8 |
| 11 | Labor | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 39,9 | 209,4 | 24,9 | 145,7 |
| 12 | Sammelraum | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 39,9 | 209,4 | 24,9 | 145,7 |
| 13 | Material | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 24,3 | 127,7 | 15,2 | 88,8 |
| 14 | Stationsleitung | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 12,0 | 63,2 | 7,5 | 44,0 |
| 15 | Oberarzt | 15,0 | 59,1 | 11,0 | 43,4 | 38,4 | 120,4 | 26,6 | 85,7 |
| 16 | Vorbereitungsraum | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 20,8 | 95,0 | 14,3 | 73,5 |
| 17 | Bad | 7,0 | 2,3 | 5,5 | 1,8 | 20,8 | 54,6 | 14,9 | 43,4 |
| 18 | Ärztlicher Dienst | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 31,9 | 155,5 | 20,0 | 108,2 |
| 19 | Unreine Arbeiten | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 25,6 | 134,0 | 16,0 | 93,2 |
| 20 | Geräte | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 23,9 | 125,7 | 15,0 | 87,4 |
| 21 | Schleuse | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 10,6 | 83,4 | 7,4 | 64,6 |
| 22 | 1-Bett-Zimmer | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 11,9 | 62,3 | 8,3 | 48,3 |
| 23 | 2-Bett-Zimmer | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 33,8 | 164,3 | 22,8 | 124,1 |
| 24 | Überwachung | 15,0 | 118,3 | 11,0 | 86,7 | 32,9 | 259,1 | 23,5 | 206,2 |
| 25 | 3-Bett-Zimmer | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 27,6 | 153,1 | 18,3 | 112,2 |
| 26 | Arbeitsraum | 10,0 | 78,8 | 7,5 | 59,1 | 35,2 | 277,7 | 23,6 | 206,5 |

Tafel 8.7.6 Energiekonzept SKH: Kennzahlenvergleich für die Beleuchtung des Zentral-OPs

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Grenzwerte | Zielwerte | Ist-Werte | Soll-Werte |
|----------|-----------------|------------|-----------|-----------|------------|
|----------|-----------------|------------|-----------|-----------|------------|

| | | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a |
|---|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Flur (Tag) | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 11,2 | 62,9 | 8,7 | 48,7 |
| | Flur (Nacht) | 4,5 | 11,8 | 3,5 | 9,2 | | | | |
| 2 | Einleitung | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 20,8 | 77,6 | 16,1 | 60,1 |
| 3 | Ausleitung/Entsorgung | 15,0 | 78,8 | 11,0 | 57,8 | 25,3 | 94,9 | 19,6 | 73,5 |
| 4 | Waschraum | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 39,4 | 147,7 | 30,6 | 114,4 |
| 5 | Geräte | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 27,9 | 104,2 | 21,6 | 80,8 |

Tafel 8.7.7 Energiekonzept SKH: Kennzahlenvergleich für die Beleuchtung der unsonierten Pflegestationen im A-Bau

| Raum-Nr. | Raumbezeichnung | Grenzwerte | | Zielwerte | | Ist-Werte | | Soll-Werte | |
|----------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a | Spez. Lstg. in W/m ² a | Spez. EB in kWh/m ² a |
| 1 | Teeküche | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 14,8 | 19,4 | 10,3 | 15,1 |
| 2 | Arzt | 15,0 | 29,6 | 11,0 | 21,7 | 26,2 | 51,7 | 21,2 | 46,4 |
| 3 | Stillzimmer | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 11,3 | 14,9 | 7,9 | 11,6 |
| 4 | Flur (Tag) | 7,0 | 36,8 | 5,5 | 28,9 | 6,6 | 47,6 | 7,1 | 56,9 |
| | Flur (Nacht) | 3,2 | 8,4 | 2,5 | 6,6 | | | | |
| 5 | Pat./Besucher-WC | 7,0 | 18,4 | 5,5 | 14,5 | 14,3 | 37,5 | 12,9 | 37,5 |
| 6 | Fäkalienraum/Kammer | 10,0 | 9,9 | 7,5 | 7,4 | 9,9 | 9,8 | 7,3 | 8,0 |
| 7 | Patientenzimmer | 7,0 | 6,9 | 5,5 | 5,4 | 11,4 | 12,8 | 5,0 | 5,6 |
| 8 | Abstellraum | 7,0 | 13,8 | 5,5 | 10,8 | 27,2 | 53,8 | 24,5 | 53,8 |
| 9 | Aufenthaltsraum | 10,0 | 19,7 | 7,5 | 14,8 | 3,0 | 5,8 | 3,7 | 8,1 |
| 10 | Schwesternzimmer | 10,0 | 52,6 | 7,5 | 39,4 | 20,7 | 96,3 | 17,4 | 101,9 |
| 11 | Untersuchung | 15,0 | 39,4 | 11,0 | 28,9 | 20,2 | 49,9 | 13,4 | 35,7 |
| 12 | Bad | 7,0 | 9,2 | 5,5 | 7,2 | 12,0 | 15,8 | 7,5 | 11,0 |
| 13 | Patienten-WC | 7,0 | 11,5 | 5,5 | 9,0 | 35,3 | 58,0 | 6,9 | 12,6 |
| 14 | Schwesternzimmer | 10,0 | 26,3 | 7,5 | 19,7 | 7,6 | 20,0 | 4,8 | 13,9 |
| 15 | Säuglingszimmer | 10,0 | 39,4 | 7,5 | 29,6 | 5,6 | 22,1 | 3,5 | 15,4 |
| 16 | Wickelraum | 10,0 | 13,1 | 7,5 | 9,9 | 15,6 | 18,4 | 9,7 | 12,8 |
| 17 | Patientenzimmer | 7,0 | 9,2 | 5,5 | 7,2 | 7,6 | 7,7 | 6,6 | 7,5 |

Der Kennzahlenvergleich kann wie folgt interpretiert werden:

- Durch die untersuchten Maßnahmen werden die Kennzahlen für die untersuchten Raumbereiche deutlich verbessert.
- Für Raumzonen des OP-Bereiches sowie der Intensivstation, ist ein zusätzliches Einsparungspotential erkennbar, daß ggf. im Rahmen einer detaillierten Planung erschlossen werden kann. Hierbei muß die Anforderung an die Beleuchtungsstärken mit den Nutzern abgesprochen werden.
- Die bisher durchgeführte Beleuchtungssanierung im Bereich von Pflegestationen des A-Baus kann offensichtlich bei einigen Räumen weiter optimiert werden.

8.7.4 Umwelteffekte der Energiesparmaßnahmen

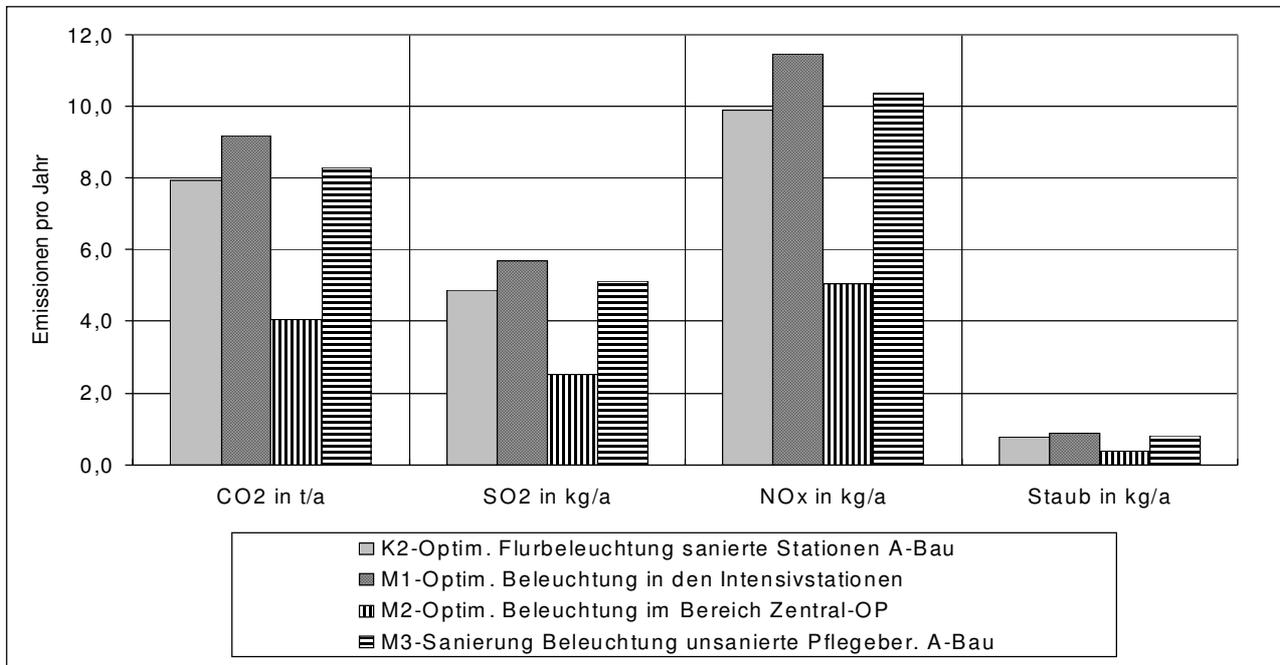
Gemäß den Vorgaben des Pflichtenheftes stellt die Umweltwirkung der untersuchten Maßnahmen, neben den energetischen und wirtschaftlichen Effekten, ein wesentliches Beurteilungskriterium dar. In der Tafel 8.7.8 werden die Primärenergie- und Emissionsbilanzen für die Energiesparmaßnahmen dargestellt.

Tafel 8.7.8 Energiekonzept SKH: Umweltbilanzen von Maßnahmen zur Senkung des Beleuchtungselektrizitätsbedarfs der allgemeinen Pflegebereiche der SKH

| Maßnahmen Nr. | Kurzbezeichnung | Primärenergie- einsparung in MWh/a | CO ₂ -Reduktion in t/a | SO ₂ -Reduktion in kg/a | NO _x -Reduktion in kg/a | Staub-Reduktion in kg/a |
|------------------|---|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| K1 | Optimierung Flurbeleuchtung sanierte Stationen A-Bau | 42,14 | 7,9 | 4,9 | 9,9 | 0,8 |
| M1 | Optimierung Beleuchtung Intensivstationen | 48,94 | 9,2 | 5,7 | 11,5 | 0,9 |
| M2 | Optimierung Beleuchtung Zentral-OP | 21,54 | 4,0 | 2,5 | 5,1 | 0,4 |
| M3 | Sanierung Beleuchtung unsanierte Pflegebereiche A-Bau | 44,21 | 8,3 | 5,1 | 10,4 | 0,8 |
| | GESAMT | 156,83 | 29,4 | 18,2 | 36,9 | 2,9 |

In Bild 8.1 ist das Ergebnis der Emissionsminderung für die einzelnen Maßnahmen aus Tafel 8.7.8 noch einmal grafisch dargestellt.

Bild 8.1 Energiekonzept SKH: Emissionsminderung durch die Maßnahmen zur Verminderung des Beleuchtungselektrizitätsbedarfs



8.8 Ergebniszusammenfassung und Empfehlung

8.8.1 Ergebniszusammenfassung

Aus der, nach der Methodik des Pflichtenheftes zur Erstellung von Gutachten zur rationellen Elektrizitätsverwendung, durchgeführten Untersuchung der allgemeinen Pflegestationen der SKH, ergeben sich hinsichtlich der energetischen Kriterien folgende wesentlichen Ergebnisse:

- Die installierten Beleuchtungsanlagen auf den Pflegestationen und im Bereich des Zentral-OP entsprechen nicht dem technischen Stand und verursachen bei dem überwiegenden Teil der beleuchteten Raumzonen einen überhöhten Elektrizitätsverbrauch. Kennzahlengrenzwerte für vergleichbare Raumzonen werden teilweise erheblich überschritten (vgl. Abschnitt 8.5).
- Aufgrund der langen Einschaltzeiten und der sehr hohen Beleuchtungsstärken verursachen die Beleuchtungsanlagen der Bereiche Zentral-OP und Intensivstationen spezifisch höhere Elektrizitätsverbräuche als diejenigen der Pflegestationen.
- Der Vergleich der Pflegestationen untereinander zeigt die insgesamt ungünstigsten spezifischen Werte für die Stationen im B-Bau.
- Eine energetische Beurteilung der installierten Arbeitshilfen ist, nach den Vorgaben des Pflichtenheftes, aufgrund der uneinheitlichen und nicht kontinuierlichen Nutzung der meisten Geräte, nicht möglich. Die jeweils höchsten spezifischen Anschlußleistungen aller Raumzonen im Stationsbereich, ergeben sich für die Teeküchen.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen für mögliche Energiesparmaßnahmen ergaben folgende wesentlichen Ergebnisse:

- Ein Austausch der mit KVG ausgestatteten Leuchten im Flurbereich der sanierten Stationen im A-Bau gegen Leuchten mit EVG verbunden mit einer entsprechender Reduktion der Gesamtleuchtenzahl würde eine Gesamtinvestition von 12.480 DM erfordern, wovon ca. 2.660 DM der Optimierungsmaßnahme zugerechnet werden können. Hierdurch würde eine jährliche Energie- und Betriebskosteneinsparung von 2.150 DM erzielt.
- Ein Austausch der mit KVG ausgestatteten Leuchten im Bereich des Zentral-OP sowie der Intensivstationen gegen moderne Leuchten mit EVG, würde zu einer jährlichen Energie -und Betriebskosteneinsparung von ca. 6.820 DM führen. Insgesamt müßten für die Maßnahme 130.245 DM investiert werden. Wobei die reinen Mehrkosten gegen ohnehin anfallende Bauerhaltungsmaßnahmen ca. 30.380 DM betragen würden.
- Eine ergänzende Optimierung der Beleuchtungssysteme der allgemeinen Pflegebereiche im A-Bau im Rahmen der vorgesehenen Gesamtanierung, würde zu einer jährlichen Strom- und Betriebskosteneinsparung von etwa 4.225 DM führen. Bei einer Zusatzinvestition von 49.920 DM betragen die Mehrkosten gegenüber den mittelfristig notwendigen Bauerhaltungsmaßnahmen 10.625 DM.

Die Primärenergie- und Emissionsbilanzen für die Maßnahmen zur Beleuchtungsoptimierung zeigen, daß jährlich insgesamt

- etwa 157 MWh Primärenergie eingespart werden könnten und
- die CO₂-Emissionen um 29,4 t vermindert würden.

8.8.2 Empfehlung

Auf der Basis der durchgeführten Berechnungen kann folgendes Maßnahmenpaket empfohlen werden:

Maßnahme 1: Optimierung der Flurbeleuchtung in den sanierten Stationen im A-Bau durch EVG-Installation und Anpassung der Leuchtenzahl

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 13,2 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 2.150,- |
| Investitionskosten | in DM | 12.480,- |
| - hiervon Bauerhaltung | in DM/a | 9.825,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 292,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 1.860,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 42,1 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 7,9 |

Maßnahme 2: Austausch der Leuchten mit KVG gegen Leuchten mit EVG in den Intensivstationen

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 15,22 |
| - Strom-Wirkleistung | in kW/a | 2,5 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 4.550,- |
| Investitionskosten | in DM | 80.565,- |
| - hiervon Bauerhaltung | in DM | 60.150,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 2.240,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 2.310,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 48,9 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 9,2 |

Maßnahme 3: Austausch der Leuchten mit KVG gegen Leuchten mit EVG im Bereich des Zentral-OPs

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 6,7 |
| - Strom-Wirkleistung | in kW/a | 1,4 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 2.270,- |
| Investitionskosten | in DM | 49.680,- |
| - hiervon Bauerhaltung | in DM | 39.720,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 1.095,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 1.175,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 21,5 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 4,0 |

Maßnahme 4: Ergänzende energetische Optimierung der Beleuchtung der allgemeinen Pflegestationen im A-Bau im Rahmen der Gesamtsanierung

| | | |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Energieeinsparung | | |
| - Strom-Wirkarbeit | in MWh/a | 17,8 |
| - Strom-Wirkleistung | in kW/a | 5,6 |
| Energie- und Betriebskosteneinsparung | in DM/a | 4.225,- |
| Investitionskosten | in DM | 49.920,- |
| - hiervon Bauerhaltung | in DM | 39.300,- |
| Kapitalkosten | in DM/a | 1.170,- |
| Jahresminderkosten | in DM/a | 3.055,- |
| Primärenergieeinsparung | in MWh/a | 44,2 |
| CO ₂ -Einsparung | in t/a | 8,3 |

9. Primärenergieeinsparung und Umweltentlastung

Unabhängig von der vorhergehenden Wirtschaftlichkeitsberechnung wird im folgenden Abschnitt eine Aussage zu den Umweltauswirkungen der untersuchten Energiesparvarianten gemacht und somit ein Entscheidungskriterium für die Auswahl von Energiesparmaßnahmen bzw. Energieversorgungsanlagen angeboten.

9.1 Grundlagen

9.1.1 Primärenergieeinsatz

Der Primärenergiebedarf für die untersuchten Maßnahmen berücksichtigt den sogenannten Prozeßwirkungsgrad, d.h. der Energieeinsatz/-verlust der vorgelagerten Prozeßketten, wie z.B. Brennstoffgewinnung, Transport und Umwandlung im Kraftwerk, wird in die Energiegesamtbilanz miteinbezogen. Somit wird eine umfassende energetische Beurteilung (Umweltanalyse) der eingesetzten Versorgungsvarianten ermöglicht.

In der folgenden Tafel 9.1.1 sind für die Energiesysteme, die in den SKH eingesetzt werden, die einzelnen Wirkungsgrade der Prozeßketten aufgeführt:

Tafel 9.1.1 Energiekonzept SKH: Wirkungsgrade der Prozeßketten der Energiesystem in den SKH

| Energiesystem | Prozeßkettenwirkungsgrad in % |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Erdgaskessel mit Gebläsebrenner | 92,2 |
| Netzstrom (Kraftwerksmix) | 31,1 |

9.1.2 Schadstoffemissionen

Die Ermittlung der mit dem Energieverbrauch verbundenen Schadstoffemissionen bezieht sich auf den Einsatz der Primärenergie und ermöglicht eine Gesamtschadstoffbilanz unter Berücksichtigung der schon genannten vorgelagerten Prozeßketten. Die Bilanzierung des Schadstoffausstoßes erfolgte mit Daten des Gesamt-Emissions-Modells Integrierter Systeme (GEMIS 2.1)³⁰.

Die dargestellten Schadstoffkomponenten sind:

³⁰ Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 2.1, erweiterter Endbericht im Auftrag des

Kohlendioxid (CO₂) entsteht bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe. Die natürliche CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre hat sich seit Beginn der Industrialisierung um über 25 % erhöht. In den letzten 3 Jahrzehnten hat sich der Konzentrationsanstieg beschleunigt. Ursache hierfür ist hauptsächlich der steigende Verbrauch fossiler Energieträger. CO₂ erhöht das Absorptionsvermögen gegenüber der infraroten Lichteinstrahlung und hat somit wesentlichen Anteil bei der Entstehung des "Treibhauseffektes".

Schwefeldioxid (SO₂) entsteht hauptsächlich bei der Verbrennung von Kohle und Öl (schwefelhaltige Brennstoffe) und gefährdet durch seine Umwandlung in Schwefelsäure lebende Organismen (Menschen, Tiere, Pflanzen) sowie bestimmte Gesteinsarten und Metalle (Stichwort: "Saurer Regen").

Stickoxide (NO_x) entstehen bei hohen Verbrennungstemperaturen. Durch Umwandlung entsteht Salpetersäure: Bodenversauerung sowie Wurzelschädigung sind die Folge (Stichwort: "Waldsterben"). Stickoxide sind Mitverursacher zunehmender Ozonbelastung in Bodennähe (Sommersmog).

Staub entsteht vor allem bei der Verbrennung fester Brennstoffe und Heizöl. Feinstäube begünstigen Lungenkrebs und andere Atemwegserkrankungen. Stäube sind eine mitverantwortliche Komponente bei der Smogbildung.

In der folgenden Tafel 9.1.2 sind die spezifischen Emissionsfaktoren nach GEMIS 2.1, bezogen auf eine MWh Endenergie, für die Energiesysteme dargestellt.

Tafel 9.1.2 Energiekonzept SKH: Spezifische Emissionsfaktoren der Energiesystem in den SKH

| Energiesystem | CO ₂ in kg/MWh | SO ₂ in kg/MWh | NO _x in kg/MWh | Staub in kg/MWh |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Erdgaskessel mit Gebläsebrenner | 213 | 0,025 | 0,162 | 0,041 |
| Strom (Kraftwerksmix) | 604 | 0,373 | 0,754 | 0,059 |

9.2 Ermittlung Primärenergieeinsparung

Unter Berücksichtigung der in den vorangegangenen Abschnitten ermittelten Endenergieverbräuche für den Ist-Zustand bzw. die Energiesparmaßnahmen, sind in der folgenden Tafel 9.2.1 die End- und die Primärenergieeinsparung für die untersuchten Energiesparmaßnahmen, im Vergleich zum derzeitigen Ist-Zustand, aufgeführt.

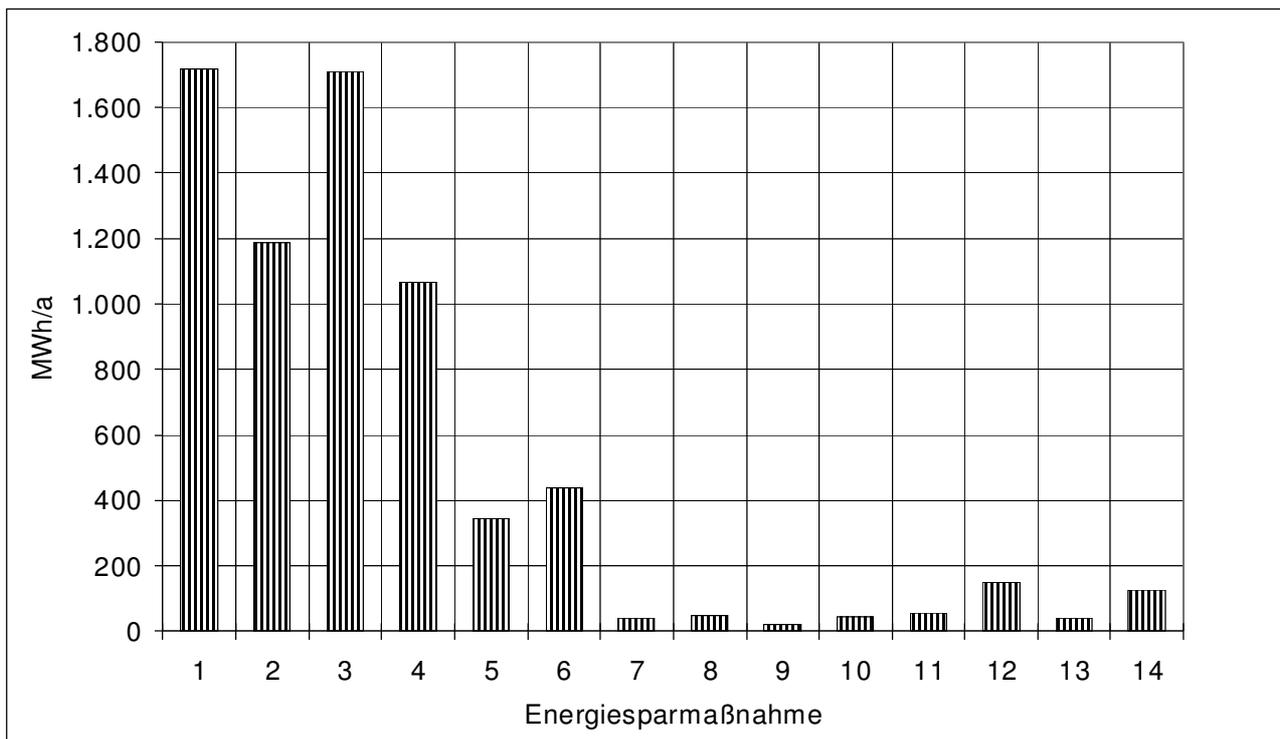
Tafel 9.2.1 Energiekonzept SKH: End- und Primärenergieeinsparung durch die untersuchten Energiesparmaßnahmen im Vergleich zum Ist-Zustand

| Nr. | Energiesparmaßnahme | Einsparung gegenüber dem Ist-Zustand | | |
|----------|--|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | | Endenergie Erdgas in MWh/a | Endenergie Strom in MWh/a | Summe Primärenergie in MWh/a |
| | Wärmedämmung | | | |
| 1 | Bauerhaltungsmaßnahmen | 1.582,52 | | 1.716,40 |
| 2 | Energetische Optimierungsmaßnahmen | 1.094,86 | | 1.187,48 |
| 3 | Umsetzung der Zielplanung | 1.577,74 | | 1.711,21 |
| | RLT-Anlagen | | | |
| 4 | Betriebszeitenoptimierung | 219,15 | 257,82 | 1.066,70 |
| 5 | Pumpenregelung | | 107,03 | 344,13 |
| 6 | Optimierung der Aufzüge | | 135,85 | 436,82 |
| | Beleuchtungsanlagen | | | |
| 7 | K2-Optim. Flurbeleuchtung sanierte Stationen A-Bau | | 13,11 | 42,14 |
| 8 | M1-Optim. Beleuchtung in den Intensivstationen | | 15,22 | 48,94 |
| 9 | M2-Optim. Beleuchtung im Bereich Zentral-OP | | 6,70 | 21,54 |
| 10 | M3-Sanierung Beleuchtung unsanierte Pflegeber. A-Bau | | 13,75 | 44,21 |
| 11 | Sanierung Beleuchtung in den Fluren und Gängen | | 17,52 | 56,33 |
| | Thermische Solaranlagen | | | |
| 12 | Haus D - PNA | 142,58 | -1,36 | 150,25 |
| 13 | Haus J - Personalwohnheim | 36,73 | -0,28 | 38,93 |
| 14 | Optimierung der Kälteversorgung | | 39,77 | 127,86 |
| | GESAMT | 4.653,58 | 605,11 | 6.992,95 |

Würden sämtliche Energiesparmaßnahmen realisiert, dann könnte der Primärenergiebedarf der SKH um knapp **7.000 MWh/a** reduziert werden. Im Vergleich zum Ist-Zustand, mit einem jährlichen Primärenergiebedarf von 60.333.700 MWh/a, entspricht dies einer Einsparung von knapp 11,6 %

Zur besseren Übersicht sind die Summen der Primärenergieeinsparung der einzelnen Varianten noch einmal grafisch in Bild 9.2.1 zusammengefaßt.

Bild 9.2.1 Energiekonzept SKH: Primärenergieeinsparung durch die untersuchten Energiesparmaßnahmen im Vergleich zum Ist-Zustand



Es ist zu erkennen, daß durch die Realisierung der Maßnahmen

- 1 - Erneuerung der Wärmedämmung im Rahmen der Bauerhaltung und
 - 3 - Umsetzen der Zielplanung mit Abriß der Häuser B, C, F1 bis F3 und gleichzeitigem Neubau eines fünfstöckigen Funktionalbaus mit Einhaltung des Zielwertes des Hessischen Leitfadens
- die größten Primärenergiereduzierungen mit jeweils ca. 1.600 MWh/a erreicht werden können.

9.3 Ermittlung Emissionsminderung durch Energiesparmaßnahmen

Unter Berücksichtigung der in Tafel 9.1.2 aufgeführten spezifischen Emissionsfaktoren und den berechneten Endenergieeinsparungen der untersuchten Energiesparmaßnahmen, errechnen sich die in Tafel 9.3.1 dargestellten Emissionsminderungen zum Ist-Zustand.

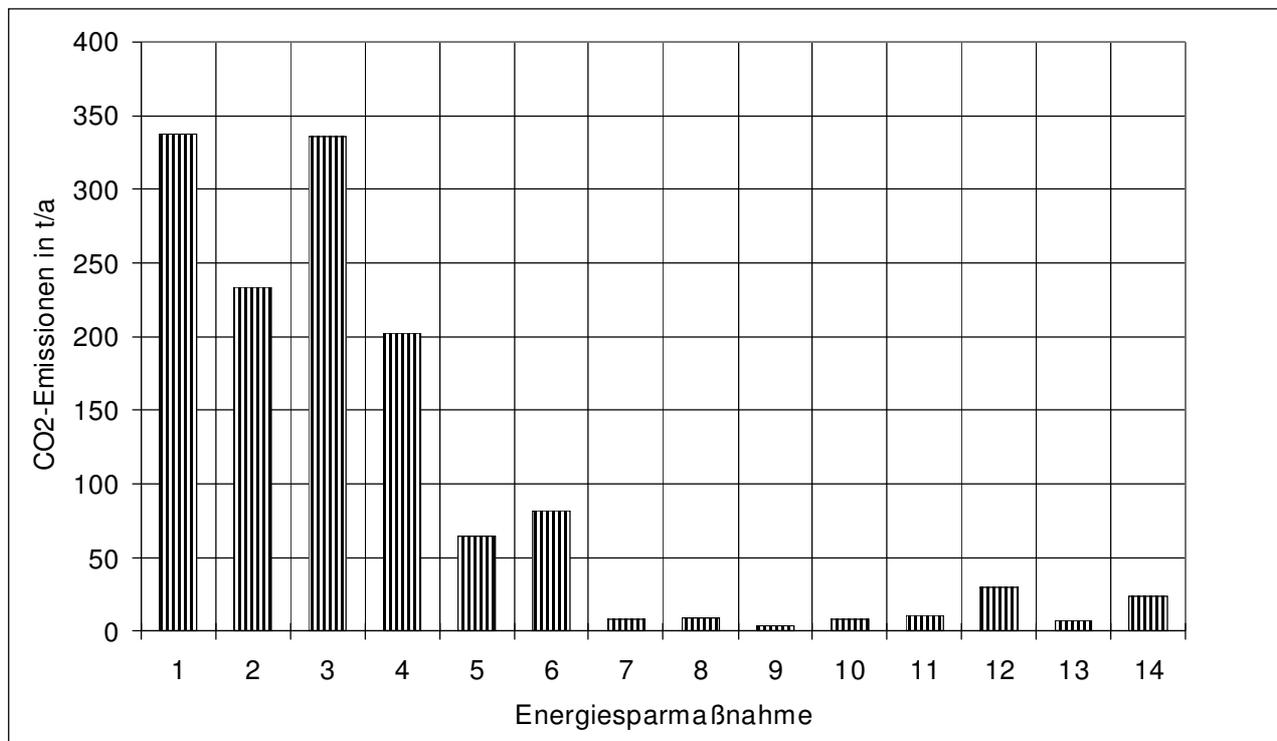
Tafel 9.3.1 Energiekonzept SKH: Emissionsminderung durch die untersuchten Energiesparmaßnahmen im Vergleich zum Ist-Zustand

| Nr. | Energiesparmaßnahme | Einsparung gegenüber dem Ist-Zustand | | | |
|-----|--|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| | | CO ₂ in t/a | SO ₂ in kg/a | NO _x in kg/a | Staub in kg/a |
| | Wärmedämmung | | | | |
| 1 | Bauerhaltungsmaßnahmen | 337 | 40 | 256 | 65 |
| 2 | Energetische Optimierungsmaßnahmen | 233 | 27 | 177 | 45 |
| 3 | Umsetzung der Zielplanung | 336 | 39 | 256 | 55 |
| | RLT-Anlagen | | | | |
| 4 | Betriebszeitenoptimierung | 202 | 102 | 230 | 24 |
| 5 | Pumpenregelung | 65 | 40 | 81 | 6 |
| 6 | Optimierung der Aufzüge | 82 | 51 | 102 | 8 |
| | Beleuchtungsanlagen | | | | |
| 7 | K2-Optim. Flurbeleuchtung sanierte Stationen A-Bau | 7,9 | 4,9 | 9,9 | 0,8 |
| 8 | M1-Optim. Beleuchtung in den Intensivstationen | 9,2 | 5,7 | 11,5 | 0,9 |
| 9 | M2-Optim. Beleuchtung im Bereich Zentral-OP | 4,0 | 2,5 | 5,1 | 0,4 |
| 10 | M3-Sanierung Beleuchtung unsanierte Pflegeber. A-Bau | 8,3 | 5,1 | 10,4 | 0,8 |
| 11 | Sanierung Beleuchtung in den Fluren und Gängen | 10,6 | 6,5 | 13,2 | 1,0 |
| | Thermische Solaranlagen | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | Haus D - PNA | 30 | 3 | 22 | 6 |
| 13 | Haus J - Personalwohnheim | 8 | 1 | 6 | 1 |
| 14 | Optimierung der Kälteversorgung | 24 | 15 | 30 | 2 |
| | GESAMT | 1.357 | 342 | 1.210 | 226 |

Wie aus Tafel 9.3.1 zu erkennen ist, könnten bei Realisierung sämtlicher Energiesparmaßnahmen, z.B. die jährlichen CO₂-Emissionen der SKH um mehr als **1.350 Tonnen** reduziert werden.

Entsprechend der Primärenergieeinsparung, werden zur besseren Vergleichbarkeit, die vermiedenen CO₂-Emissionen der beschriebenen Energiesparmaßnahmen in Bild 9.3.1 noch einmal grafisch dargestellt.

Bild 9.3.1 Energiekonzept SKH: Emissionsminderung durch die untersuchten Energiesparmaßnahmen im Vergleich zum Ist-Zustand



Die Ergebnisse der eingesparten CO₂-Emissionen sind fast entsprechend den Werten der Primärenergieeinsparung. Die Maßnahmen 1 und 3 erreichen mit jeweils ca. 350 Tonnen pro Jahr die größte CO₂-Reduzierung durch eine Einzelmaßnahme. Weitere relevante Einsparungen an CO₂-Emissionen werden durch die energetische Optimierung der Wärmedämmung und die Betriebszeitenoptimierung der RLT-Anlagen erreicht.

10. Rationelle und umweltfreundliche Energieversorgung des Verbrauchsschwerpunktes

10.1 Versorgungsvarianten

Gemäß Vorgaben des Arbeitsprogramms zum Teil-Energiekonzeptes (vgl. Pkt. 3) sowie der Vorgaben der Technischen Leitung der SKH, nach der eine Energieversorgung externer Abnehmer nicht zu berücksichtigen ist, wurden folgende technische Varianten für eine zukünftige Energieversorgung der SKH geprüft:

Variante 0: Wärmeversorgung mit dem vorhandenen Dampf-/Wärmeverteilungssystem

- unter Berücksichtigung von Erhaltungsaufwand für die Wärmeerzeuger und die Umformerstationen.

Variante 1: Sanierung des vorhandenen Dampf-/Wärmeverteilungssystems mit

- Installation von vier neuen zentralen Hochdruckdampfkesseln,
- Austausch des Heizkessels in der Geriatrischen Tagesklinik,
- Erneuerung der zentralen Dampfverteiler,
- Austausch von 8 Gegenstromapparaten in der Heizzentrale
- sowie Erneuerung der zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher.

Variante 2: Umrüstung und Ertüchtigung des Dampf- und Wärmeversorgungssystems mit

- Installation von drei zentralen Heißwasserkesseln und zwei zentralen Hochdruckdampfkesseln,
- Aufbau eines zentralen Warmwasserheiznetzes mit Demontage der Dampfumformerstationen,
- Anpassung und Erneuerung des zentralen Dampfverteilungsnetzes
- sowie Erneuerung der zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher

Variante 3: Umrüstung, Ertüchtigung und Dezentralisierung des Dampfversorgungssystems und Aufbau eines zentralen Warmwasserheiznetzes mit

- Installation von drei zentralen Heißwasserkesseln, zwei zentralen und einem dezentralen Hochdruckdampfkessel,
- Aufbau eines zentralen Warmwasserheiznetzes mit Demontage der Dampfumformerstationen,
- Anpassung, Erneuerung und Dezentralisierung des Dampfverteilungsnetzes,
- sowie Erneuerung der zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher.

Variante 4: Umrüstung und Ertüchtigung des Dampf- und Wärmeversorgungssystems mit

- Installation von zwei zentralen Heißwasserkesseln und zwei zentralen Hochdruckdampfkesseln,
- Installation eines Blockheizkraftwerkes,
- Aufbau eines zentralen Warmwasserheiznetzes mit Demontage der Dampfumformerstationen,
- Anpassung und Erneuerung des zentralen Dampfverteilungsnetzes
- sowie Erneuerung der zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher.

Variante 5: Umrüstung und Ertüchtigung des Dampf- und Wärmeversorgungssystems mit

- Installation von zwei zentralen Heißwasserkesseln und zwei zentralen Hochdruckdampfkesseln,
- Installation eines Blockheizkraftwerkes,
- Aufbau eines zentralen Warmwasserheiznetzes mit Demontage der Dampfumformerstationen,
- Anpassung und Erneuerung des zentralen Dampfverteilungsnetzes,
- Erneuerung der zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher
- sowie Installation einer zentralen Absorptionskälteanlage.

10.2 Technische Auslegung und Realisierungsschritte

Bei der technischen Auslegung der untersuchten Versorgungsvarianten wurden, in Ergänzung zum derzeitigen Versorgungszustand der SKH sowie der ermittelten Stammdaten zum Gebäude und zur installierten Anlagentechnik, folgende wesentlichen Faktoren berücksichtigt:

- Der Gebäudewärmebedarf wird durch entsprechende wärmetechnische Sanierungsmaßnahmen sowie durch die Umsetzung der Zielplanungsvariante I sukzessive um ca. 565 kW vermindert (vgl. Abschnitt 6.1).
- Die RLT-Anlagen werden hinsichtlich der Betriebsweise optimiert (vgl. Abschnitt 6.2).
- Die Umwälzpumpen der statischen Heizungen sowie der RLT-Heizkreise werden lastabhängig geregelt (vgl. Abschnitt 6.2).
- Der Beleuchtungsstrombedarf der SKH wird sukzessive durch eine Optimierung der Beleuchtungssysteme vermindert (vgl. Abschnitt 7.4 und Abschnitt 8.).

Die untersuchten Versorgungsvarianten weisen die in der Tafel 10.2.1 zusammengestellten Kenndaten auf:

Tafel 10.2.1 Energiekonzept SKH: Kenndaten von Versorgungsvarianten

| | Variante 0 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|--|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|--|--|
| Heiß-/Warmwasser-Kessel Kesselhaus - Wärmeleistung - Brennstoff HZ Geriatriische TK - Wärmeleistung - Brennstoff | 1 x 0,225 MW Erdgas | 1 x 0,225 MW Erdgas | 3 x 2,75 MW Erdgas/Heizöl | 3 x 2,75 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 3,0 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 3,0 MW Erdgas/Heizöl |
| Hochdruck-Dampfkessel Kesselhaus - Wärmeleistung - Brennstoff HZ Geriatriische TK - Wärmeleistung - Brennstoff | 5 x 2,9 MW Erdgas/Heizöl | 4 x 2,5 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 1,25 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 0,8 MW Erdgas/Heizöl 1 x 0,8 MW Erdgas | 2 x 1,25 MW Erdgas/Heizöl | 2 x 1,25 MW Erdgas/Heizöl |
| Blockheizkraftwerk - elektrische Leistung - thermische Leistung - Energieeinsatz - Brennstoff | | | | | 2 x 606 kW 2 x 867 kW 2 x 1.684 kW Erdgas | 2 x 606 kW 2 x 867 kW 2 x 1.684 kW Erdgas |
| Brauchwasserspeicher - Inhalt Heißwasserspeicher - Inhalt | | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l | 3 x 3.000 l 2 x 5.000 l |
| Absorptionskälteanlage - Kälteleistung - Heizwärmebedarf - Rückkühlleistung | | | | | | 1 x 500 kW 1 x 750 kW 1 x 1.250 kW |

Im folgenden sind die wesentlichen Realisierungsschritte für die Varianten 1 bis 5 dargestellt:

Variante 1

Die Variante 1 würde mit folgenden wesentlichen Realisierungsschritten umgesetzt:

- Sukzessive Erneuerung der zentralen Hochdruck-Dampfkesselanlage in zwei Teilschritten wobei zunächst die beiden Kessel aus dem Jahr 1961 ausgetauscht würden.
- Sanierung von vier Kaminzügen in zwei parallelen Teilschritten zur Kesselerneuerung.
- Schrittweise Erneuerung der drei zentralen Dampfverteiler wobei zunächst eine optimierte 7,5 bar-Schiene parallel zum bestehenden System installiert werden müßte.
- Aufbau einer neuen Speisewasserversorgungsanlage (evtl. Nutzung eines freien Kesselstellplatzes) und Erneuerung der Kondensatsammelungs- und -rückspeiseanlage.
- Sukzessiver Austausch der alten Gegenstromapparate im Heizhaus.
- Schrittweiser Austausch und Verkleinerung der älteren zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher im Kesselhaus.
- Austausch des Geriatrie-Heizkessels.

Variante 2

Die Variante 2 könnte wie folgt realisiert werden:

- Installation einer zentralen Heizwärmeverteilung mit Primärverteilung, Sekundärverteilung, Hydraulischer Weiche.
- Ergänzung des Warmwasserverteilungsnetzes durch die Installation von vier Versorgungsleitungen (Orthopädie/Werkstattgebäude/OP-Neubau, B-Bau/PNA/Personalwohnhäuser/Geriatriische Tagesklinik, Hauptlüftungszentrale A-Bau und Casino/OP2/CT).
- Sukzessiver Austausch von drei Hochdruckdampfkesseln gegen drei Heißwasser-Heizkessel wobei zunächst die beiden Kessel aus dem Jahr 1961 ausgetauscht würden.
- Sanierung der Kaminzüge in parallelen Teilschritten zur Kesselerneuerung.
- Schrittweise Anpassung des Dampfsystems mit Demontage der Umformerstationen.
- Stilllegung und Demontage des Geriatrie-Heizkessels.
- Schrittweise Erneuerung der drei zentralen Dampfverteiler wobei zunächst eine optimierte 7,5 bar-Schiene parallel zum bestehenden System installiert werden müßte.
- Aufbau einer neuen verkleinerten Speisewasserversorgungsanlage sowie Erneuerung und Anpassung der Kondensatsammlungs- und -rückspeiseanlage.
- Austausch von zwei bestehenden Hochdruckdampfkesseln großer Leistung gegen zwei neue Hochdruckdampfkessel kleiner Leistung (Abstimmung mit der Installation der Heißwasserkesselanlage).
- Schrittweiser Austausch und Verkleinerung der älteren zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher im Kesselhaus mit Anschluß an das Warmwasserheizsystem.

Variante 3

Die wesentlichen Realisierungsschritte zur Variante 3 wären:

- Aufbau eines zentralen Heizwärmenetzes mit Installation von drei Heißwasserkesseln (wie Variante 2)
- Schrittweise Anpassung des Dampfsystems mit Demontage der Umformerstationen.
- Stilllegung und Demontage des Geriatrie-Heizkessels.
- Schrittweise Erneuerung der drei zentralen Dampfverteiler wobei zunächst eine optimierte 7,5 bar-Schiene parallel zum bestehenden System installiert werden müßte.
- Aufbau einer neuen verkleinerten Speisewasserversorgungsanlage sowie Erneuerung und Anpassung der Kondensatsammlungs- und -rückspeiseanlage.
- Austausch von zwei bestehenden Hochdruckdampfkesseln großer Leistung gegen zwei neue Hochdruckdampfkessel kleiner Leistung (Abstimmung mit der Installation der Heißwasserkesselanlage).
- Stilllegung und Demontage des Geriatrie-Heizkessels.
- Installation eines Dampfkessels mit Wasseraufbereitungssystem und Speisewasserversorgung in der Geriatrie-Heizzentrale zur Versorgung der Dampfverbraucher in der PNA.
- Trennung der zentralen Dampfversorgung in zwei Netze (A-Bau, PNA).

- Erneuerung der zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher im Kesselhaus (wie Variante 2).

Variante 4

Die Variante 4 wäre wie folgt umzusetzen:

- Aufbau eines zentralen Heizwärmenetzes mit Installation von zwei Heißwasserkesseln (sonstiges Vorgehen wie bei Variante 2 und 3).
- Erneuerung und Anpassung der zentralen Dampferzeugungs- und -verteilungsanlage (wie Variante 2).
- Installation von zwei BHKW-Modulen im Kesselhaus mit der Verlegung separater Abgasleitungen an der Außenfassade des Bettenhochhauses.
- Erneuerung der zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher (wie Varianten 2 und 3).

Variante 5

Die Variante 5 könnte wie folgt umgesetzt werden:

- Aufbau eines zentralen Heizwärmenetzes mit Installation von zwei Heißwasserkesseln (Vorgehen wie bei Variante 4).
- Erneuerung und Anpassung der zentralen Dampferzeugungs- und -verteilungsanlage (wie Varianten 2 und 4).
- Installation von zwei BHKW-Modulen (wie Variante 4).
- Erneuerung der zentralen Brauchwasser- und Heißwasserspeicher (wie Varianten 2, 3 und 4).
- Installation einer Absorptionskälteanlage einschl. Rückkühlwerk und Kältespeicher mit Einbindung in das zentrale Kaltwassernetz.

10.3 Energiebilanzen für die Versorgungsvarianten

Auf der Basis der im Rahmen des Teil-Energiekonzeptes ermittelten und dargestellten Lastverläufe des Wärme- und Strombedarfs sowie der im Abschnitt 6. berechneten Einsparungsmaßnahmen, wurden modifizierte Lastgänge für typische Tage im Winter, der Übergangszeit sowie im Sommer erstellt.

In einem Bilanzierungsverfahren gemäß der VDI Richtlinie 2067 Blatt 7 wurden energetische Tagesbilanzen erstellt, bei denen der Wärmebedarf mit Deckungsanteilen von Heizkessel und BHKW sowie der Strombedarf mit Deckungsanteilen des EVU-Netzes sowie der BHKW-Anlagen erfaßt wurden. Bei der Variante 5 wurde die Substitution von Strom durch Wärme zur Kälteerzeugung berücksichtigt.

In den Bildern 10.3.1-10.3.4 sind typische Lastverläufe des Strom- bzw. Wärmebedarfs für Werkta-ge im Winter, der Übergangszeit und im Sommer mit und ohne AKM-Einsatz dargestellt.

Bild 10.3.1 Energiekonzept SKH: Taglastgänge des Werktag-Strombedarfs ohne AKM

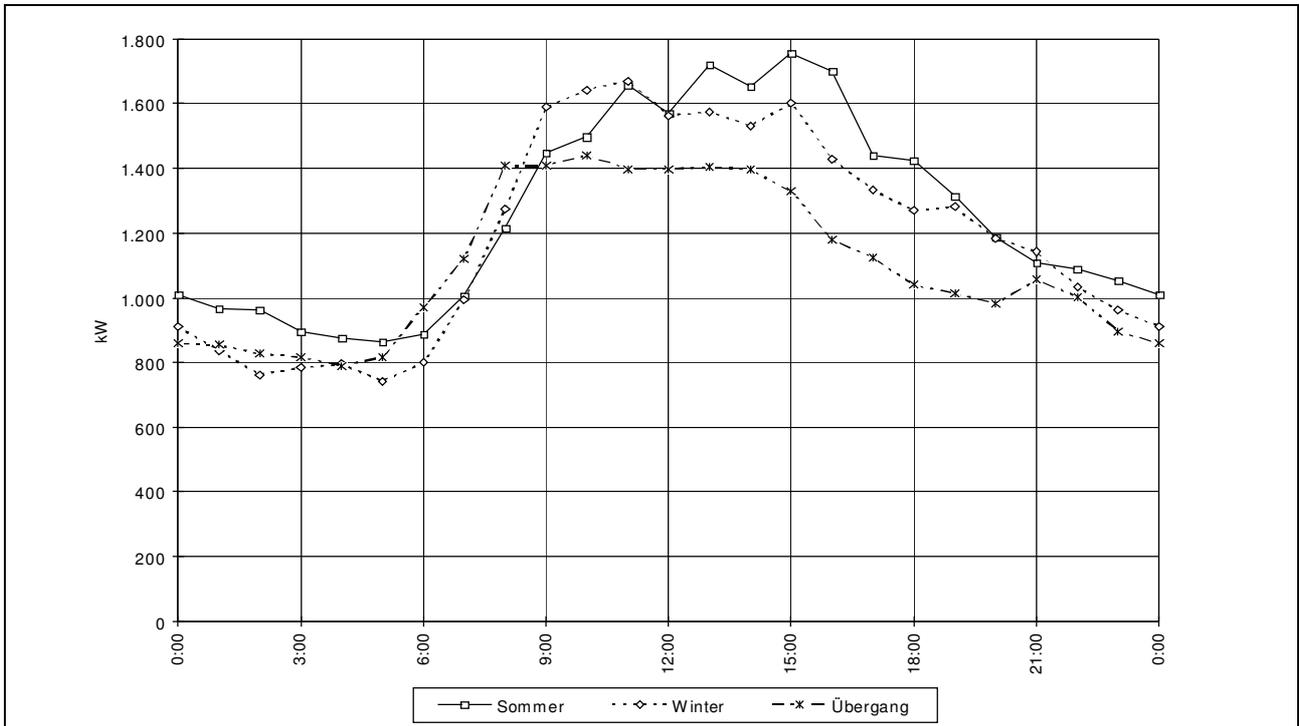


Bild 10.3.2 Energiekonzept SKH: Taglastgänge des Werktag-Strombedarfs mit AKM

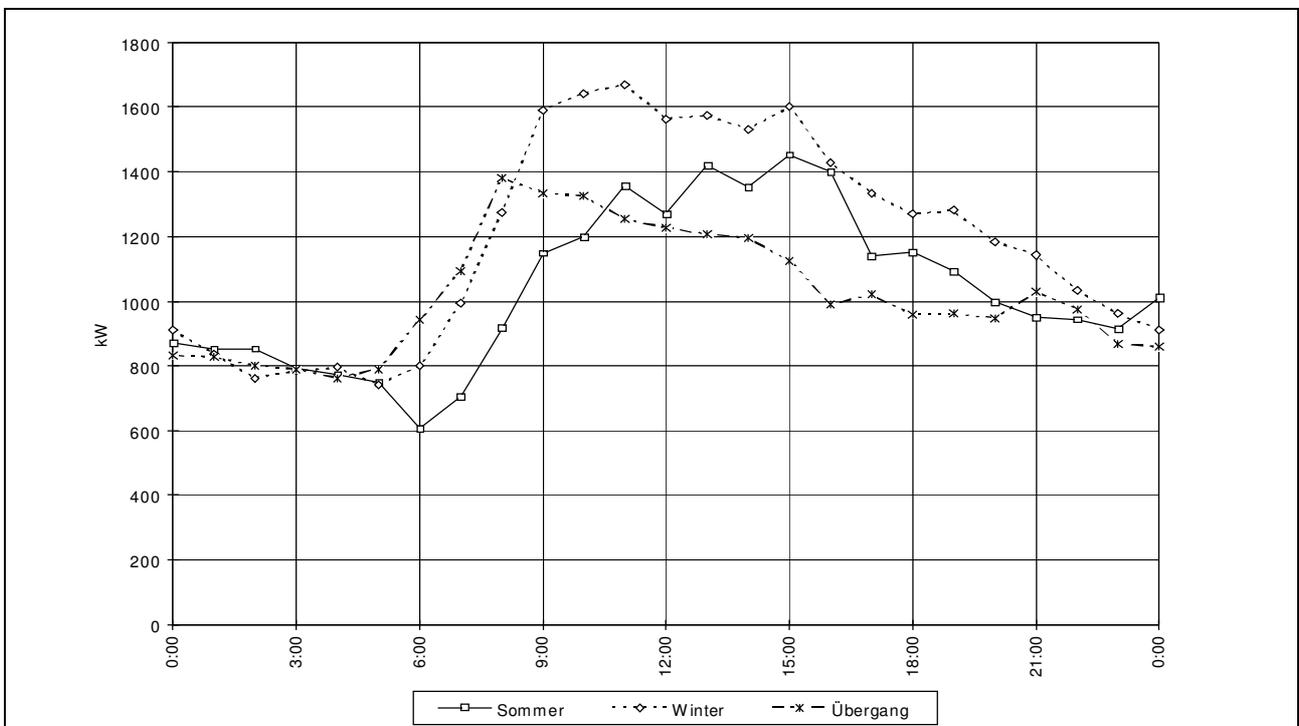


Bild 10.3.3 Energiekonzept SKH: Taglastgänge des Werktag-Wärmebedarfs des Warmwasserheizsystems ohne AKM

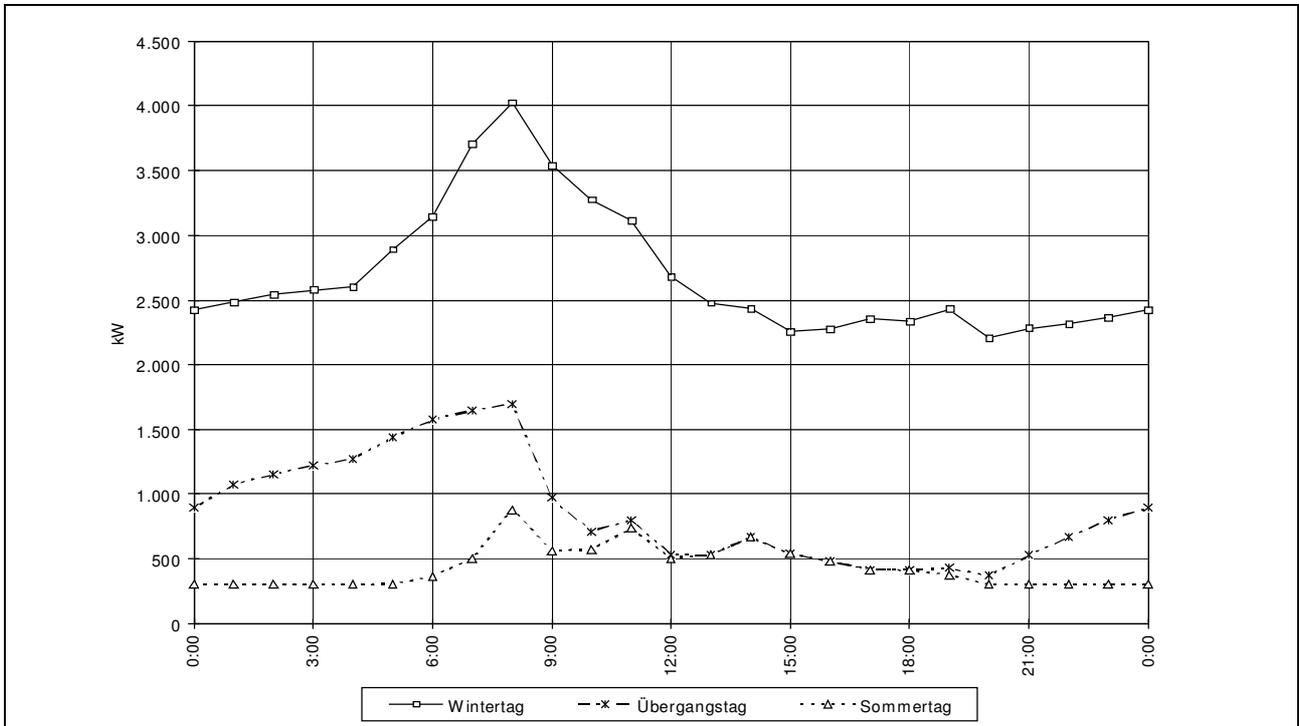
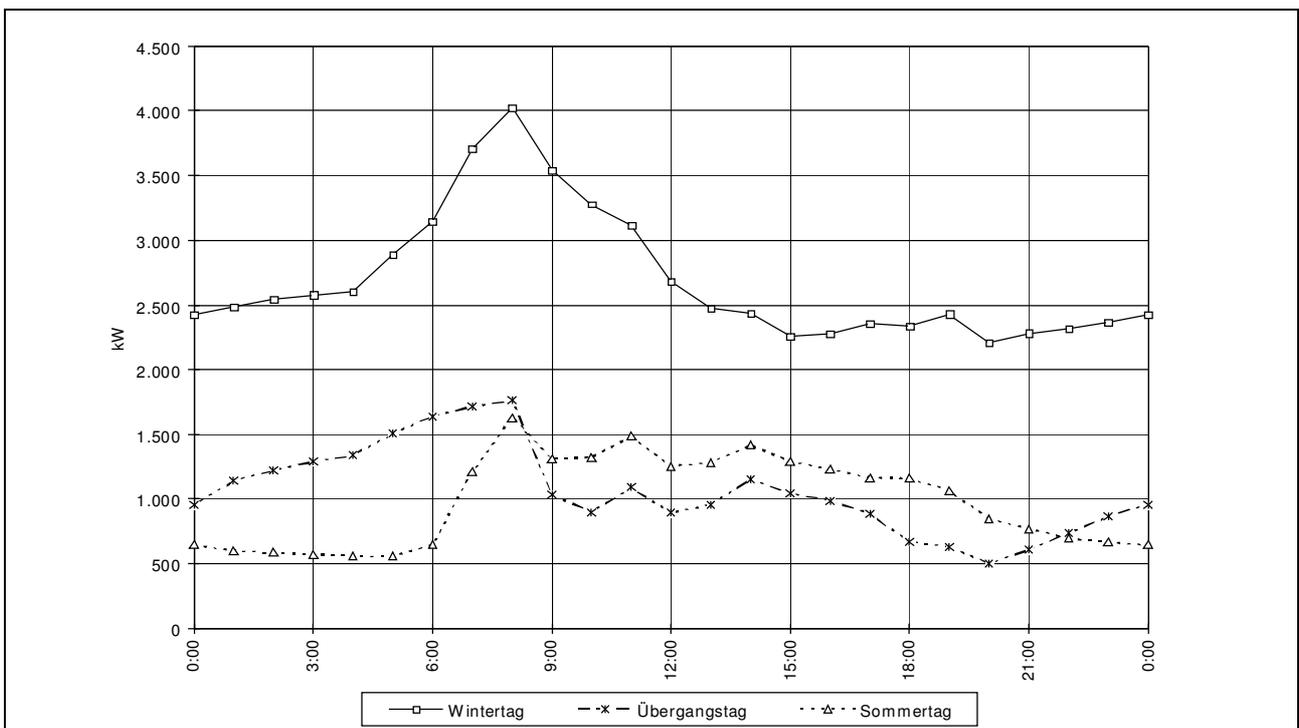


Bild 10.3.4 Energiekonzept SKH: Taglastgänge des Werktag-Wärmebedarfs des Warmwasserheizsystems mit AKM



Eine Auswertung der Lastverläufe des Wärme- und Strombedarfs der SKH führt zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

- Durch den Einsatz einer Absorptionskältemaschine würde sich der Strombedarf sowie die Laststruktur des Strombedarfs der SKH deutlich verändern.
Der Strombedarf im Sommer und der Übergangszeit würde deutlich vermindert. Die Stromlastspitzen würden vom Sommer in die Winterzeit und von den Nachmittagsstunden in die Vormittagszeit verlagert.
- Der Wärmebedarf im Sommer und in der Übergangszeit würde durch den AKM-Betrieb relevant erhöht. Hierdurch würden die Einsatzbedingungen für eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage deutlich verbessert.

In Tafel 10.3.2 sind die Gesamtenergiebilanzen für die untersuchten Versorgungsvarianten zusammengestellt.

Tafel 10.3.2 Energiekonzept SKH: Energiebilanzen von Versorgungsvarianten

| | | Variante 0 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|------------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Jahresgesamtwärme-SKH | in MWh/a | 18.452.000 | 18.177.000 | 15.112.000 | 14.612.200 | 15.112.000 | 16.941.400 |
| Jahresstrombedarf-SKH | in kWh/a | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.827.200 | 9.257.600 |
| Vollbenutzungsstunden-KWK | in h/a | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.605 | 6.620 |
| Jahreswärmeerzeugung | | | | | | | |
| - BHKW/GT-HKW | in MWh/a | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.718.600 | 11.479.300 |
| - Heißwasser-Heizkessel | in MWh/a | 0 | 0 | 12.378.200 | 12.378.200 | 2.658.600 | 2.728.300 |
| - Dampf-Heizkessel | in MWh/a | 18.452.000 | 18.177.000 | 2.733.800 | 2.234.000 | 2.733.800 | 2.733.800 |
| Jahresstromdeckung | | | | | | | |
| BHKW-Strom | in kWh/a | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.985.600 | 7.165.700 |
| Netzstrom | | | | | | | |
| - HT-Wirkarbeit-Zone 1 | in kWh/a | 240.000 | 240.000 | 240.000 | 240.000 | 240.000 | 240.000 |
| - HT-Wirkarbeit-Zone 2 | in kWh/a | 600.000 | 600.000 | 600.000 | 600.000 | 600.000 | 600.000 |
| - HT-Wirkarbeit-Zone 3 | in kWh/a | 3.960.000 | 3.960.000 | 3.960.000 | 3.960.000 | 1.706.340 | 475.870 |
| - HT-Wirkarbeit-Zone 4 | in kWh/a | 1.452.000 | 1.452.000 | 1.452.000 | 1.452.000 | 0 | 0 |
| - NT-Wirkarbeit-Zone 1 | in kWh/a | 240.000 | 240.000 | 240.000 | 240.000 | 240.000 | 240.000 |
| - NT-Wirkarbeit-Zone 2 | in kWh/a | 600.000 | 600.000 | 600.000 | 600.000 | 600.000 | 536.080 |
| - NT-Wirkarbeit-Zone 3 | in kWh/a | 2.735.240 | 2.735.240 | 2.734.240 | 2.735.240 | 455.330 | 0 |
| - NT-Wirkarbeit-Zone 4 | in kWh/a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - Netz-Gesamt | in kWh/a | 9.827.240 | 9.827.240 | 9.827.240 | 9.827.240 | 3.841.670 | 2.155.870 |
| - Leistung | in kW/a | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.173 | 1.150 |
| - Benutzungsstunden | in h/a | 5.480 | 5.480 | 5.480 | 5.480 | 3.275 | 3.275 |
| - Reservestrom | in kW/a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BHKW-Stromeinspeisung | in kWh/a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - HT-Wirkarbeit | in kWh/a | | | | | 122.620 | 130.790 |
| - NT-Wirkarbeit | in kWh/a | | | | | 480.950 | 486.430 |
| Erdgas | | | | | | | |
| - Arbeit | in kWh/a | 21.952.900 | 19.598.600 | 16.791.150 | 16.235.800 | 24.314.100 | 28.365.600 |
| - Leistung | in kW/a | 158.000 | 158.000 | 158.000 | 158.000 | 158.000 | 158.000 |

| | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Speisewasser/Kühlwasser | in m ³ /a | 27.670 | 27.270 | 4.100 | 3.350 | 4.100 | 9.590 |
|--------------------------------|----------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|

Die Auswertung der Energiebilanzen führt zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

- Durch den Aufbau eines zentralen Warmwasserheizsystems könnte der Jahresgesamtwärmebedarf der SKH gegenüber der bisherigen reinen Dampfversorgungsanlage deutlich vermindert werden (Variante 2 gegen Variante 0: ca. 3.340 MWh/a). Ursächlich ist hierfür die Verminderung der Systemverluste verantwortlich. Zusätzlich würde der jährliche Speisewasserbedarf des Dampfsystems um etwa 85 % vermindert.
- Die Dezentralisierung der Dampfversorgung würde zu einer weiteren spürbaren Verminderung des Jahreswärmebedarfs führen (Variante 2 gegen Variante 3: ca. 500.000 kWh).
- Durch den Einsatz einer BHKW-Anlage in der berechneten Leistungsgröße könnten ca. 61% des jährlichen Strombedarfs und 64 % des Jahreswärmebedarfs der SKH gedeckt werden.
- Der Betrieb einer Absorptionskälteanlage würde die Auslastung der BHKW-Anlage deutlich verbessern. Die Vollaststunden der Anlage würden um 1.015 h (= 18,1%) erhöht. Allerdings müßten für das Rückkühlsystem der Absorptionskälteanlage ca. 5.400 m³ Kühlwasser eingesetzt werden.
- Aufgrund des geringeren Wirkungsgrades der KWK-Anlagen bei der Wärmeerzeugung, steigt der Gasbedarf bei den Varianten 4 und 5 gegenüber den Kesselvarianten entsprechend an.

10.4 Wirtschaftlichkeitsvergleich der Versorgungsvarianten

Zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Wärmeversorgungsvarianten wird in dem vorliegenden Konzept das Verfahren der VDI-Richtlinie 2067 Blatt 7 zugrunde gelegt, welches im Abschnitt 4.1 erläutert wurde. In den folgenden Abschnitten werden die Jahreskostenberechnungen für die einzelnen Versorgungsvarianten dargestellt.

10.4.1 Investitions- und Kapitalkosten

Gemäß der VDI-Richtlinie 2067 wurden für die Wärmeversorgungsvarianten 1 bis 5 Investitionskosten ermittelt. Die Investitionen wurden nach Firmenangaben (spezifische Angebote, Richt- und Katalogpreise) sowie unter Zugrundelegen von Preisen aus vergleichbaren Ausschreibungen errechnet.

Für die Baukosten wurde ein Pauschalbetrag für die bauliche Sanierung der Zentralen zugrundegelegt. Die Baunebenkosten wurden pauschal mit 20 % veranschlagt. Bei der Kostenermittlung wurde ein Mehrwertsteuersatz von 15 % angesetzt.

Für die Varianten ergeben sich folgende Investitionskosten:

Tafel 10.4.1 Energiekonzept SKH: Investitionskosten von Wärmeversorgungsvarianten

| | | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|----------------------------------|--------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Baukosten | in DM | 125.000,- | 125.000,- | 125.000,- | 125.000,- | 125.000,- |
| Kamine | in DM | 372.000,- | 435.000,- | 450.000,- | 350.000,- | 350.000,- |
| Demontage | in DM | 103.000,- | 179.000,- | 190.000,- | 170.000,- | 170.000,- |
| WW-Heizkessel + Zubehör | in DM | 19.500,- | 414.000,- | 414.000,- | 457.000,- | 457.000,- |
| Wärmezentralen + Leitungen | in DM | 75.750,- | 1.121.000,- | 1.121.000,- | 1.085.000,- | 1.085.000,- |
| Dampfkessel + Zubehör | in DM | 746.000,- | 310.000,- | 439.000,- | 310.000,- | 310.000,- |
| Dampfzentrale + Leitungen. | in DM | 917.750,- | 328.000,- | 428.500,- | 328.000,- | 328.000,- |
| Brennstoffversorgung-Kessel | in DM | 86.000,- | 99.500,- | 117.000,- | 85.000,- | 85.000,- |
| DDC-Regelung | in DM | 285.000,- | 280.000,- | 305.000,- | 295.000,- | 295.000,- |
| BHKW-Anlagen | in DM | 0 | 0 | 0 | 1.973.400,- | 1.973.400,- |
| Absorptionskühler + RKW | in DM | 0 | 0 | 0 | 0 | 850.000,- |
| Brauch-/Heißwasseranlagen | in DM | 279.000,- | 316.500,- | 316.500,- | 316.500,- | 316.500,- |
| Baunebenkosten | in DM | 546.000,- | 658.300,- | 717.900,- | 1.035.680,- | 1.205.680,- |
| Gesamt-Investitionskosten | in DM | 3.555.000,- | 4.266.300,- | 4.623.900 | 6.530.580,- | 7.550.580,- |

Der Vergleich der Investitionen für die Versorgungsvarianten führt zu folgenden Ergebnissen:

- Die geringsten Investitionskosten würden für die Variante 1, bei der das derzeitige Dampf- und Wärmeversorgungssystem optimiert und erneuert würde.
- Für die Installation eines zentralen Warmwasserheizsystems und die Anpassung der zentralen Dampfversorgung wären gegenüber der optimierten Ist-Variante ca. 711.000,- DM zusätzlich zu investieren.
- Die höchsten Investitionen der Vergleichsvarianten würden für die Varianten 4 und 5 anfallen. Hierbei verursacht die untersuchte BHKW-Anlage Mehrkosten von ca. 2.250.000,- DM. Weitere 1.020.000,- DM wären für die Installation einer Absorptionskälteanlage aufzubringen.

Für die Kapitalkostenermittlung der in Tafel 10.4.2 aufgeführten Investitionskosten, wurden folgende Grunddaten herangezogen:

Nutzungs-/Betrachtungszeit: 15 Jahre
 Kapitalzins: 7 %
 Annuität: 0,1098

Für die Instandhaltung wurden die nachfolgend genannten jährlichen Instandhaltungsfaktoren (bezogen auf die Investition) veranschlagt:

Baukosten: 1 %
 Kamine: 2 %
 WW-Heizkessel und Zubehör: 1,5 %

| | |
|-------------------------------------|-------|
| Wärmezentralen und Leitungen: | 1 % |
| Dampfkessel und Zubehör: | 2 % |
| Dampfzentralen und Leitungen: | 2 % |
| Brennstoffversorgung-Kesselanlagen: | 0,5 % |
| DDC-Regelung: | 2 % |
| BHKW-Anlagen: | 4 % |
| Absorptionskälte und Rückkühlwerke: | 1 % |
| Brauchwasserversorgung: | 1 % |

Unter Berücksichtigung der Investitionskosten für die Anlagenkomponenten sowie der oben genannten Faktoren, ergeben sich für die untersuchten Wärmeversorgungsvarianten die in Tafel 10.4.2 dargestellten jährlichen Kapitalkosten. Bei den BHKW-Anlagen wird hierbei berücksichtigt, daß die Anlage durch ein Förderprogramm der Main-Kraftwerke AG mit insgesamt 100.000,- DM gefördert wird.

Tafel 10.4.2 Energiekonzept SKH: Jahreskapitalkosten von Versorgungsvarianten

| | | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|-----------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Baukosten | in DM/a | 14.975,- | 14.975,- | 14.975,- | 14.975,- | 14.975 |
| Kamine | in DM/a | 48.286,- | 56.463,- | 58.410,- | 45.430,- | 45.430 |
| Demontage | in DM/a | 11.309,- | 19.654,- | 20.862,- | 19.654,- | 19.654 |
| WW-Heizkessel + Zubehör | in DM/a | 2.434,- | 51.667,- | 51.667,- | 57.034,- | 57.034 |
| Wärmezentralen + Leitungen | in DM/a | 9.075,- | 134.296,- | 134.296,- | 127.587,- | 127.587 |
| Dampfkessel + Zubehör | in DM/a | 96.831,- | 40.238,- | 56.982,- | 40.238,- | 40.238 |
| Dampfzentrale + Leitungen. | in DM/a | 119.124,- | 42.574,- | 55.360,- | 42.574,- | 42.574 |
| Brennstoffversorgung-Kessel | in DM/a | 9.873,- | 11.423,- | 13.432,- | 9.758,- | 9.758 |
| DDC-Regelung | in DM/a | 36.993,- | 36.344,- | 39.589,- | 38.291,- | 38.291 |
| BHKW-Anlagen | in DM/a | 0,- | 0,- | 0,- | 280.635,- | 280.635 |
| Absorptionskühler + RKW | in DM/a | 0,- | 0,- | 0,- | 0,- | 101.830 |
| Brauch-/Heißwasseranlagen | in DM/a | 33.424,- | 37.917,- | 37.917,- | 37.917,- | 37.917 |
| Baunebenkosten | in DM/a | 76.465,- | 89.110,- | 96.750,- | 146.096,- | 166.462,- |
| Gesamt-Kapitalkosten | in DM/a | 458.788,- | 534.661,- | 580.499,- | 858.601,- | 980.797,- |

Die Gegenüberstellung der Kapitalkosten zeigt deutlich die Mehrkosten der Varianten mit KWK-Systemen sowie den zusätzlichen Aufwand für die Installation einer Absorptionskältemaschine.

10.4.2 Energiekosten

Die Energiekosten für die untersuchten Versorgungsvarianten wurden aus den Jahreswerten des Brennstoffverbrauches, des Netzstrombezugs sowie des Speise- und Kühlwasserbedarfs ermittelt. Grundlage für die Berechnungen bilden die im folgenden aufgeführten spezifischen Brutto-Energiepreise (vgl. auch Abschnitt 5).

Tafel 10.4.3 Energiekonzept SKH: Spezifische Energiekosten

| | | |
|---------------------------|----------------------|----------|
| Netzstrom | | |
| - HT-Wirkarbeit-Zone 1 | DM/kWh | 0,1932 |
| - HT-Wirkarbeit-Zone 2 | DM/kWh | 0,168475 |
| - HT-Wirkarbeit-Zone 3 | DM/kWh | 0,14605 |
| - HT-Wirkarbeit-Zone 4 | DM/kWh | 0,13225 |
| - NT-Wirkarbeit-Zone 1 | DM/kWh | 0,1173 |
| - NT-Wirkarbeit-Zone 2 | DM/kWh | 0,102925 |
| - NT-Wirkarbeit-Zone 3 | DM/kWh | 0,0874 |
| - NT-Wirkarbeit-Zone 4 | DM/kWh | 0,0805 |
| - Leistung | DM/kW | 230 |
| BHKW-Strom | | |
| - HT-Wirkarbeit | DM/kWh | 0,1058 |
| - NT-Wirkarbeit | DM/kWh | 0,07475 |
| Gas/Öl | | |
| - Arbeit | DM/kWh _{HU} | 0,041492 |
| - Leistung | DM/kWh*d | 1,43704 |
| Speise-/Kühlwasser | | |
| - Wasser | DM/m ³ | 4,05 |
| - Kanal | DM/m ³ | 3,45 |

Auf der Basis der in Abschnitt 10.3 erstellten Energiebilanzen sowie der oben genannten spezifischen Energiepreise ergeben sich die in Tafel 10.4.4 aufgeführten jährlichen Energiekosten.

Tafel 10.4.4 Energiekonzept SKH: Jahresenergiekosten von Versorgungsvarianten

| | | Variante 0 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Netzstrom | | | | | | | |
| - HT-Wirkarbeit | in DM/a | 917.838,- | 917.838,- | 917.838,- | 917.838,- | 396.664,- | 216.954,- |
| - NT-Wirkarbeit | in DM/a | 328.967,- | 328.967,- | 328.967,- | 328.967,- | 129.703,- | 83.328,- |
| - Leistung-Zone 1 | in DM/a | 414.000,- | 414.000,- | 414.000,- | 414.000,- | 269.790,- | 264.500,- |
| - Leistung-Zone 2 | in DM/a | 0,- | 0,- | 0,- | 0 | 0,- | 0,- |
| Benutzungsstundenrabatt | in DM/a | 119.720,- | 119.720,- | 119.720,- | 119.720,- | 0,- | 0,- |
| - Reservestrom | in DM/a | 0,- | 0,- | 0,- | 0,- | 0,- | 0,- |
| BHKW-Stromeinspeisung | | | | | | | |
| - HT-Wirkarbeit | in DM/a | | | | | 12.973,0 | 13.837,- |
| - NT-Wirkarbeit | in DM/a | | | | | 35.951,- | 36.361,- |
| Gas/Öl | | | | | | | |
| - Arbeit | in DM/a | 910.870,- | 838.000,- | 696.699,- | 673.657,- | 1.031.883,- | 1.176.947 |
| - Leistung | in DM/a | 227.052,- | 227.052,- | 227.052,- | 227.052,- | 227.052,- | 227.052 |
| Speise-/Kühlwasser | in DM/a | 207.540,- | 204.491,- | 30.756,- | 25.133,- | 30.756,- | 71.917 |
| Jahresenergiekosten | in DM/a | 2.886.548,- | 2.810.630,- | 2.495.592,- | 2.466.927,- | 2.036.923,- | 1.990.508,- |

- Durch die Schaffung eines zentralen Warmwasserheiznetzes (Variante 2) und die Anpassung der zentralen Dampfversorgung, könnten die jährlichen Energiekosten gegenüber dem bisherigen Versorgungssystem (Variante 0) um jährlich ca. 391.000,- DM vermindert werden. Eine Dezentralisierung des Dampfsystems (Variante 3) würde zu einer zusätzlichen Einsparung von etwa 28.670 DM/a führen.
- Durch den BHKW-Einsatz können die jährlichen Energiekosten gegenüber einer ausschließlichen Heiz- und Prozeßwärmeversorgung durch Kesselanlagen um ca. 458.000,- DM/a vermindert werden. Gegenüber dem optimierten Ist-Zustand würde die Reduktion 773.700,- DM/a betragen.
- Der Betrieb einer Absorptionskälteanlage könnte zu einer weiteren Einsparung von ca. 46.400,- DM/a führen. Hierbei muß berücksichtigt werden, daß diese Variante durch zusätzliche Wasserkosten für den Kühlwasserbedarf der Rückkühlanlagen belastet wird.
- Als grundsätzliches Problem erweist sich die Tatsache, daß durch die zonierte Stromtarifregelung zunächst der preisgünstigste Strom eingespart wird. Während der Gasarbeitspreis unabhängig von der bezogenen Menge bleibt.

10.4.3 Betriebsgebundene Kosten

Als betriebsgebundene Kosten wurden in der vorliegenden Untersuchung die Kosten für den sogenannten Betätigungsaufwand nach VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1, für die Betreuung der Anlagen, Wartungskosten für die Kessel und die BHKW-Anlage sowie Schmieröl- und Versicherungskosten für die BHKW-Anlage berücksichtigt.

Für die Variante 0 wurde ein Durchschnittswert der Instandhaltungskosten für die Jahre 1995-97 ermittelt.

In Tafel 10.4.5 sind die jährlichen Betriebskosten für die Vergleichsvarianten gegenübergestellt.

Tafel 10.4.5 Energiekonzept SKH: Jahresbetriebskosten von Versorgungsvarianten

| | | Variante 0 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|----------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Betätigungsaufwand | | | | | | | |
| Spez. Lohnkosten | in DM/h | 45,- | 45,- | 45,- | 45,- | 45,- | 45,- |
| Zeitaufwand | in h/a | 4.400 | 3.000 | 2.000 | 2.400 | 2.400 | 2.400 |
| Jahresbetätigungskosten | in DM/a | 198.000,- | 135.000,- | 90.000,- | 108.000,- | 108.000,- | 108.000,- |
| Wartung BHKW+Kessel | | | | | | | |
| Spez. Wartungsk.-BHKW | in DM/MWh | | | | | 12,5 | 12,5 |
| Jahresstromerzeugung-BHKW | MWh/a | | | | | | |
| Wartung-BHKW | in DM/a | | | | | 82.364,- | 97.286,- |
| Wartung-Kessel | in DM/a | 198.770,- | 27.500,- | 27.500,- | 30.000,- | 27.500,- | 27.500,- |
| Jahreswartungskosten | in DM/a | 198.770,- | 27.500,- | 27.500,- | 30.000,- | 109.864,- | 124.786,- |

| | | Variante 0 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|-----------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Schmieröl BHKW | | | | | | | |
| Spez. Schmierölbed.-BHKW | in g/h | | | | | 440 | 440 |
| Spez. Ölpreis | in DM/g | | | | | 0,14 | 0,14 |
| Vollbenutzung-BHKW | in h/a | | | | | 5.605 | 6.620 |
| Jahresölkosten-BHKW | in DM/a | | | | | 34.525 | 40.780 |
| Versicherung-BHKW | | | | | | | |
| Spez. Rate | in % | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Investition | in DM | | | | | 1.973.400,- | 1.973.400,- |
| Jahresversicherungskosten | in DM/a | | | | | 29.601,- | 29.601,- |
| Jahresbetriebskosten | in DM/a | 396.770,- | 162.500,- | 117.500,- | 138.000,- | 281.991,- | 303.167,- |

Die Gegenüberstellung der Betriebskosten führt zu folgenden Ergebnissen:

- Die Betriebskosten der reinen Kesselanlagen werden überwiegend vom Betätigungsaufwand für die Betreuung der Anlagen bestimmt. Bei der Altanlage fallen zudem hohe Instandhaltungskosten an.
- Durch einen BHKW-Betrieb werden wesentlich höhere Betriebskosten verursacht als durch den ausschließlichen Einsatz von neuen Kesselanlagen. Eine wesentliche Rolle spielen hierbei die Wartungskosten (einschl. Schmieröl) für die KWK-Anlagen. Zusätzlich verursachen diese Anlagen in der Regel, aufgrund der hohen spezifischen Investition, Versicherungskosten, die bei einer reinen Kesselanlage nicht anfallen.

10.4.4 Jahresgesamtkosten und Fazit

Wie bereits im Abschnitt 7. dargelegt, ermöglicht eine Betrachtung der Jahresgesamtkosten, die sich aus den jährlichen Kapital-, Energie- und Betriebskosten zusammensetzen, den Wirtschaftlichkeitsvergleich von Energiesystemen.

In der Tafel 10.4.5 sind die Jahresgesamtkosten der Vergleichsvarianten gegenübergestellt.

Tafel 10.4.5 Energiekonzept SKH: Jahresgesamtkosten von Versorgungsvarianten

| | | Variante 0 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 |
|-----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Jahreskapitalkosten | in DM/a | 0,- | 458.788,- | 534.661,- | 580.499,- | 858.601,- | 980.797,- |
| Jahresenergiekosten | in DM/a | 2.886.548,- | 2.810.630,- | 2.495.592,- | 2.466.927,- | 2.036.923,- | 1.991.492,- |
| Jahresbetriebskosten | in DM/a | 396.770,- | 162.500,- | 117.500,- | 138.000,- | 281.991,- | 303.167,- |
| Jahresgesamtkosten | in DM/a | 3.283.320,- | 3.431.918,- | 3.147.753,- | 3.185.426,- | 3.177.515,- | 3.275.456,- |

Der Jahreskostenvergleich zeigt,

- daß bei den derzeitigen Energiepreisen eine umfassende Sanierung des bestehenden Systems, ohne konzeptionelle Veränderung, allein durch eine Energie- und Betriebskosteneinsparung nicht

finanziert werden könnte.

- daß die Varianten 2 bis 5 deutlich geringere Jahresgesamtkosten verursachen würden als die Variante 1 (optimierter Ist-Zustand).
- daß bei den drei wirtschaftlich günstigsten Varianten, den Varianten 2, 3 und 4, nur geringe Unterschiede bei den Jahresgesamtkosten auftreten. Die höheren Kapital- und Betriebskosten der KWK-Variante werden durch die deutlich günstigeren Energiekosten dieser Variante kompensiert.
- daß der Einsatz von Absorptionskälteanlagen zwar zu einer sinnvollen Ergänzung des KWK-Einsatzes führt, aber unter den gegebenen Umständen nicht wesentlich zur Erhöhung Ihrer Wirtschaftlichkeit beiträgt.

10.5 Primärenergie- und Emissionsbilanz der Versorgungsvarianten

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 9.1 beschriebenen Grundlagen, den zusätzlichen spezifischen Emissionsfaktoren für Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen und den berechneten Jahresenergieverbräuchen, werden für die Energieversorgungsvarianten der SKH, die entsprechenden Primärenergie- und Emissionsbilanzen erstellt. Diese Bilanzen können als zusätzliches Entscheidungskriterium für die Auswahl von Energieversorgungssystemen angesehen werden.

10.5.1 Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf für die untersuchten Versorgungsvarianten wird unter Berücksichtigung der bereits beschriebenen Prozeßwirkungsgrade für Erdgas und Netzstrom ermittelt und ist in Tafel 10.5.1 dargestellt.

Tafel 10.5.1 Energiekonzept SKH: End- und Primärenergiebedarf der untersuchten Energieversorgungssysteme für die SKH

| Energieträger | Erdgas | | Strom | | Primärenergie in MWh/a |
|---------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | Kessel in MWh/a | BHKW in MWh/a | Bezug in MWh/a | Netzurückspeisung in MWh/a | |
| Variante 0 | 21.952,9 | 0 | 9.827,2 | 0 | 55.408,8 |
| Variante 1 | 19.596,6 | 0 | 9.827,2 | 0 | 52.853,2 |
| Variante 2 | 16.791,2 | 0 | 9.827,2 | 0 | 49.810,4 |
| Variante 3 | 16.235,8 | 0 | 9.827,2 | 0 | 49.208,0 |
| Variante 4 | 18.312,4 | 5.992,7 | 3.841,7 | 603,6 | 36.783,0 |
| Variante 5 | 22.296,6 | 6.069,0 | 2.091,9 | 617,2 | 35.712,7 |

Vergleicht man die Varianten kann festgehalten werden, daß durch den Betrieb einer BHKW-Anlage der Primärenergiebedarf gegenüber den konventionellen Versorgungsvarianten deutlich vermindert

werden könnte (je nach Vergleichsvariante 12.435 - 16.070 MWh/a). Eine zusätzliche Primärenergieeinsparung von ca. 1.070 MWh/a könnte durch den Einsatz einer Absorptionskälteanlage erzielt werden.

10.5.2 Emissionsbilanz

Die Ermittlung der mit dem Energieverbrauch verbundenen Schadstoffemissionen für die einzelnen Energieversorgungssysteme, erfolgt mit den Daten von GEMIS 2.1 und aktuellen Herstellerangaben. Zu den in Abschnitt 9. aufgeführten spezifischen Emissionsfaktoren werden zusätzlich, die in Tafel 10.5.2 genannten Werte für Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen berücksichtigt.

Tafel 10.5.2 Energiekonzept SKH: Spezifische Emissionsfaktoren der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen bezogen auf eine MWh Endenergie

| Energiesystem | CO ₂ in kg/MWh | SO ₂ in kg/MWh | NO _x in kg/MWh | Staub in kg/MWh |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Gasmotoren (Magermix) | 213 | 0,02 | 0,31 | 0,02 |

Die Ergebnisse der Emissionsbilanzen der Energieversorgungsvarianten sind für die wichtigsten Luftschadstoffe in Tafel 10.5.3 zusammengefaßt.

Tafel 10.5.3 Energiekonzept SKH: Emissionsbilanz der Energieversorgungssysteme

| Variante | CO ₂ in t/a | SO ₂ in kg/a | NO _x in kg/a | Staub in kg/a |
|----------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| 0 | 10.612 | 4.214 | 10.966 | 1.480 |
| 1 | 10.110 | 4.155 | 10.584 | 1.383 |
| 2 | 9.512 | 4.085 | 10.130 | 1.268 |
| 3 | 9.394 | 4.071 | 10.040 | 1.245 |
| 4 | 7.135 | 1.786 | 7.267 | 1.062 |
| 5 | 6.971 | 1.253 | 6.654 | 1.126 |

Der jährliche Kohlendioxid- und Luftschadstoffausstoß wird bei den Varianten mit Kraft-Wärme-Kopplung, im Vergleich zu den konventionellen Lösungen der Varianten 0 bis 3, deutlich reduziert. So verringern sich die CO₂-Emissionen bei Variante 5, gegenüber den Vergleichsvarianten um 2.259 - 3.477 Tonnen pro Jahr. Durch die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung würde der CO₂-Ausstoß zusätzlich um 164 t/a vermindert.

10.6 Organisatorische und finanzielle Fragen

10.6.1 Finanzielle Rahmenbedingungen

Die wesentlichen finanziellen Rahmenbedingungen für Energieanlagen in Krankenhäusern werden durch das Gesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze (Krankenhausfinanzierungsgesetz - KHG) festgelegt.³¹

Grundsätzlich gilt hiernach das Prinzip der dualen Finanzierung, wonach die Kosten für Investitionen von den Bundesländern im Wege der öffentlichen Förderung getragen werden, während die Betriebskosten über den Pflegesatz mit den Krankenkassen abgerechnet werden.

Durch das zum 01.01.93 in Kraft getretene Gesetz zur Sicherung und Strukturverbesserung der gesetzlichen Krankenversicherung (Gesundheitsstrukturgesetz) wurden grundlegende Änderungen im System der Krankenhausfinanzierung vorgenommen. Kernziel der Reform war den Ausgabenanstieg zu bremsen und durch ein leistungsorientiertes Vergütungssystem Wirtschaftlichkeitsreserven zu mobilisieren.

Nach der ab dem 01.01.96 gültigen Fassung des KHG besteht für Krankenhäuser nunmehr ein Rechtsanspruch mit den Krankenkassen sogenannte Investitionsverträge abzuschließen (vgl. § 18b KHG). Hiernach müssen sich die Krankenkassen an Rationalisierungsmaßnahmen beteiligen, wenn sich die Investition in einem Zeitraum von 7 Jahren über die Betriebskosteneinsparung amortisiert.

Möglichkeiten der Finanzierung von Energieerzeugungsanlagen über den Pflegesatz durch die Einsparung von Betriebskosten bieten die Änderungen der Bundespflegesatzverordnung vom 01.01.96. Hiernach wurden neue Entgeltssysteme geschaffen, die Anreize zur Erschließung von Rationalisierungspotentialen bieten sollen. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang sogenannte Basispflegesätze sowie Fallpauschalen.

10.6.2 Möglichkeiten der Eigenfinanzierung

Eine potentielle Möglichkeit für die Eigenfinanzierung einer Energieerzeugungsanlage durch ein Krankenhaus, stellt die Gründung einer Betreibergesellschaft dar, deren alleiniger Gesellschafter, aus Gründen des Gemeinnützigkeitsrechtes, das Krankenhaus ist.

Hierbei übernimmt die Betreibergesellschaft die Energieversorgung des Krankenhauses, das wiederum ein Nutzungsentgelt für die Lieferung von Nutzenergie (Strom, Wärme, Kälte) entrichtet. Die Einnahme aus Mieten für die Raumnutzung durch die Betreibergesellschaft werden nicht auf die Pflegesätze angerechnet und könnten somit für andere Investitionen des Krankenhauses genutzt werden.

10.6.3 Contracting

Für die SKH sind bei der Errichtung von Energieversorgungsanlagen im Contractingverfahren ver-

³¹ vgl. Krankenhausfinanzierungsgesetz (KHG) in der ab 01.01.96 gültigen Fassung.

schiedene Modelle denkbar.³²

Im folgenden werden 3 Modelle genannt, deren Gemeinsamkeiten darin bestehen, daß der Contractor die Anlage für den Nutzer plant, baut, finanziert und wartet und die Eigentumsabsicherung in der Regel über eine beschränkte persönliche Dienstbarkeit erfolgt.

Model 1: **Nutzungsüberlassung**

Der Contractor plant, baut, finanziert und wartet die Anlagen, die vom Krankenhaus selbst betrieben werden. Für die Nutzungsüberlassung erhält der Contractor ein Entgelt. Brennstoffe und Zusatzstrom bezieht der Betreiber direkt von Energieversorgungsunternehmen. Mit diesen wird auch eine mögliche Einspeisung von Überschußstrom abgerechnet.

Bei diesem Contractingmodell hat das Krankenhaus die Möglichkeit große Eigenleistungen in die Betriebsphase, z.B. Bedienungspersonal, einzubringen.

Anbieter für die genannte Form des Contractings sind in der Regel Anlagenbauer oder Komponentenhersteller. Das BHKW-Contracting-Modell der HessenEnergie beruht ebenfalls auf dem genannten Prinzip.

Model 2: **Lieferung**

Im Rahmen dieses Modells plant, baut, finanziert, wartet und betreibt der Contractor die Anlagen. Das Krankenhaus bezieht, je nach Vertrag, Wärme, Strom und Kälte vom Contractor und entrichtet hierfür entsprechende Entgelte. Üblicherweise werden hierbei Leistungs- und Arbeitspreise entrichtet.

Modifikationsmöglichkeiten böte dieses Modell bezüglich der Überlassung von Personal des Krankenhauses an den Contractor oder der Einbeziehung von Anlagen, die nicht der Energieversorgung, sondern deren Verteilung oder Nutzung dienen (z.B. Leitungssysteme, RLT-Anlagen).

Als Contractor können bei dem Modell sowohl Energieversorgungsunternehmen als auch Anlagenbauer auftreten.

Model 3: **Projektgesellschaft**

Bei diesem Modell würde die Anlage von einer Projektgesellschaft geplant, gebaut, finanziert, gewartet und betrieben. Wie beim Modell 2 würde das Krankenhaus Energie von der Projektgesellschaft beziehen und hierfür ein Entgelt entrichten. Bei dem Modell der Projektgesellschaft hat das Krankenhaus die Möglichkeit die Eigenbeteiligung intensiver oder weniger intensiv zu gestalten. Mögliche Mitgesellschafter sind Banken, Energieversorgungsunternehmen, Energieagenturen oder Anlagenbauer.

10.6.4 Genehmigungsverfahren

³² vgl. hierzu auch ASUE: BHKW in Krankenhäusern, Hamburg, 1996

Gemäß Punkt 4. des Arbeitsprogramms zum Teil-Energiekonzept SKH sind für die untersuchten Versorgungsvarianten die erforderlichen Genehmigungsverfahren aufzuzeigen.

Maßgebliche Gesetze und Verordnungen für die Errichtung und den Betrieb der notwendigen Anlagen bei den Versorgungsvarianten sind³³

- das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), wonach in erster Linie die mit der geplanten Anlage verbundenen Emissions- und Immissionsfragen geprüft werden. Das Verfahren nach BImSchG schließt grundsätzlich alle für die Errichtung der Anlage erforderlichen behördlichen Entscheidungen (z.B. Baugenehmigung, gewerbliche Auflagen, Dampfkesselverordnung) ein.
 - Maßgeblich für die Durchführung des Verfahrens nach BImSchG ist die Feuerungswärmeleistung der Anlagen, d.h. der Brennstoffeinsatz bezogen auf den Heizwert (H_U).
 - Hierbei gelten folgende Grenzwerte:
 - Verbrennungsmotoranlagen: > 1 MW
 - Öl-Kesselanlagen: > 5 MW
 - Gas-Kesselanlagen: > 10 MW
- die Hessische Bauordnung (HBO) nach der alle baurechtlichen Fragen, die nicht Bestandteil eines BImSchG-Verfahrens sind, geregelt werden.

Neben den genannten Genehmigungsverfahren gelten für bestimmte Anlagenkomponenten noch Anzeigeverpflichtungen gegenüber Behörden oder Energieversorgungsunternehmen.

In der Tafel 10.6.1 sind die notwendigen Genehmigungs- und Verfahrensschritte für eine Realisierung der jeweiligen Varianten dargestellt.

Tafel 10.6.1 Energiekonzept SKH: Genehmigungsverfahren und Anzeigeverpflichtungen für Energieversorgungsvarianten

| | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 |
|-----------------------|---|---|---|
| Heißwasser-Heizkessel | | • BImSchG-Verfahren | • BImSchG-Verfahren |
| Hochdruck-Dampfkessel | • BImSchG-Verfahren (Änderung) mit Verfahren nach Dampfkesselverordnung | • BImSchG-Verfahren (Änderung) mit Verfahren nach Dampfkesselverordnung | • BImSchG-Verfahren (Änderung) mit Verfahren nach Dampfkesselverordnung |
| | Variante 4 | Variante 5 | |
| Heißwasser-Heizkessel | • BImSchG-Verfahren | • BImSchG-Verfahren | |
| Hochdruck-Dampfkessel | • BImSchG-Verfahren (Änderung) mit Verfahren nach Dampf- | • BImSchG-Verfahren (Änderung) mit Verfahren nach Dampf- | |

³³ vgl. hierzu auch ASUE: Genehmigungsverfahren für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Hamburg, 1992

| | kesselverordnung | kesselverordnung |
|--------------------|---|---|
| Blockheizkraftwerk | <ul style="list-style-type: none">• BImSchG-Verfahren• Anzeige bei EVU (Netzparallelbetrieb) | <ul style="list-style-type: none">• BImSchG-Verfahren• Anzeige bei EVU (Netzparallelbetrieb) |

Grundsätzlich besteht bei BImSchG-Verfahren die Möglichkeit, die Gesamtanlage (Kesselanlage und KWK-Anlage) in einem Zuge genehmigen zu lassen. Hierbei wird allerdings eine Realisierungsfrist festgelegt in deren Zeitrahmen die Maßnahme durchzuführen ist.

In jedem Fall empfiehlt sich eine Abstimmung des Vorgehens mit der Genehmigungsbehörde, im Fall der SKH ist dies das Regierungspräsidium Darmstadt bzw. das Staatliche Amt für Umweltschutz in Frankfurt.

ANHANG A2

Berechnungsgänge für die Ermittlung des jährlichen Heizenergiebedarfs unter Zugrundelegung des Nachweisverfahrens „Energiebewußte Gebäudeplanung im Bundesland Hessen“

A2.1 Haus A Zentralbau

| | |
|-------------|---|
| Objekt | Städtische Kliniken Höchst |
| Gebäudeteil | A - Altbau (Breitfuß und Hochhaus) |

| | | | | | |
|---|-----|----------|----------------------|------------|------------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 36.632,7 | m ² | Bettenplan | Spezifisch |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 8.766,0 | m ² | 636 Betten | 1.221 Pers |
| Personenbelegung (30 m ² /Person) | | 1.221 | P | | |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,70 | m | | |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 135.541 | m ³ | | |
| Luftwechselrate nicht mechanisch belüfteter Räume | β | 0,6 | 1/h | | |
| Luftwechselrate mechanisch belüfteter Räume | β | 0,2 | 1/h | | |
| Grenzwert | | 85 | kWh/m ² a | | |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m ²) | k-Wert (W/m ² K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % | |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|-------------------|--------------|------------------|
| Wand 1 - KG | 554,8 | 1,45 | 101 | 81.476 | 1,1% | |
| Wand 2 - EG-15.OG | 8.353,8 | 1,45 | 101 | 1.226.806 | 16,8% | KmWand = 1,45 |
| Dach 1 | 6.477,7 | 1,23 | 101 | 806.956 | 11,0% | |
| Dach 2 - gegen unbeheizt | 320,3 | 1,18 | 101 | 38.279 | 0,5% | KmDach = 1,23 |
| Fenster 1 - alt | 3.072,7 | 5,20 | 101 | 1.618.256 | 22,1% | |
| Fenster 2 - neu | 2.710,2 | 3,00 | 101 | 823.467 | 11,3% | KmFenster = 4,17 |
| Grund 1 | 5.903,0 | 0,96 | 51 | 286.971 | 3,9% | |
| Grund 2 - gegen Erdreich | 1.063,2 | 1,00 | 51 | 53.840 | 0,7% | |
| Grund 3 - gegen angrenzende BT | 1.753,4 | 0,83 | 51 | 73.698 | 1,0% | |
| Grund 4 - FB gegen AL | 436,0 | 0,93 | 51 | 20.534 | 0,3% | KmGrund = 0,85 |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | 5.030.281 (kWh/a) | 68,8 % | |

| Lüftungswärmeverluste QL | β (1/h) | V (m ³) | c (Wh/m ³ K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|------------|--------------------------|---------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 103.107 | 0,33 | 101 | 2.067.646 (kWh/a) | 28,3 % |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 32.434 | 0,33 | 101 | 216.806 (kWh/a) | 3,0% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 2.284.452 (kWh/a) | 31,2 % |
| Summe Verluste | QV=QT+QL | | | | 7.314.733 (kWh/a) | |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m ²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m ² a) | Gewinne (kWh/a) | |
|---------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------|-------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Süd 1 (IV) | 0,42 | 2.710,2 | 0,70 | 478 | 380.870 | |
| Süd 2 (EV) | 0,42 | 346,3 | 0,80 | 478 | 55.619 | |
| Ost (EV) | 0,42 | 483,0 | 0,80 | 318 | 51.608 | gm = 0,75 |
| West (EV) | 0,42 | 568,4 | 0,80 | 322 | 61.496 | |
| Nord (EV) | 0,42 | 1.675,0 | 0,80 | 182 | 102.430 | |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 652.022 (kWh/a) | |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 439.325 (kWh/a) | |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 523.603 (kWh/a) | |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 182.214 (kWh/a) | |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | | | | 780.714 (kWh/a) | |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | | | | 1.432.736 (kWh/a) | |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | x=1-0,3*QF/QV | | | | 0,941 x | |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | | | | 1.348.547 (kWh/a) | |
| | | | | | | |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | | | | 5.966.186 (kWh/a) | |
| | | | | | | |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | | | | 163 (kWh/m ² a) | |
| Grenzwert | | | | | 85 (kWh/m ² a) | |
| Grenzwert erfüllt | nein | | | | | |

| | |
|-------------------|---------------------|
| Gesamtwärmebedarf | 2.602 kW |
| Spez. Wärmebedarf | 71 W/m ² |

A2.1 Haus A - Anbauten (OP-Anbau, Liegandanfahrt, Container)

| Energiebezugsfläche | EBF | 4.783,4 m ² | Bettenplan | Spezifisch |
|---|-----|-------------------------|------------|------------|
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 3.816,0 m ² | 0 Betten | 159 Pers |
| Personenbelegung (30 m ² /Person) | | 159 P | | |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,90 m | | |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 18.650 m ³ | | |
| Luftwechselrate nicht mechanisch belüfteter Räume | β | 0,6 1/h | | |
| Luftwechselrate mechanisch belüfteter Räume | β | 0,2 1/h | | |
| Grenzwert | | 85 kWh/m ² a | | |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche | k-Wert | Gt | Verluste | Anteil |
|----------------------------|--------|--------|----|----------|--------|
|----------------------------|--------|--------|----|----------|--------|

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | (m²) | (W/m²K) | (kKh/a) | (kWh/a) | in % | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------------|-----------|------|
| Wand 1 - Liegandanfahrt | 51,2 | 0,49 | 101 | 2.541 | 0,3% | | |
| Wand 2 - Liegandanfahrt - z.Vorfahrt | 34,7 | 0,73 | 101 | 2.566 | 0,3% | | |
| Wand 3 - Liegandanfahrt - Stb.24 cm | 12,6 | 0,55 | 101 | 702 | 0,1% | | |
| Wand 4 - Liegandanfahrt - Stb.17,5 | 6,5 | 0,83 | 101 | 546 | 0,1% | | |
| Wand 5 - OP-Anbau - KG | 211,9 | 0,43 | 101 | 9.228 | 1,2% | | |
| Wand 6 - OP-Anbau - EG-3.OG | 1.209,4 | 0,58 | 101 | 71.043 | 9,0% | | |
| Wand 7 - neu - EG-3.OG (Breitfuß) | 508,8 | 0,58 | 101 | 29.888 | 3,8% | KmWand | 0,57 |
| Dach 3 - Liegandanfahrt | 118,6 | 0,36 | 101 | 4.324 | 0,5% | | |
| Dach 4 - OP-Anbau | 1.229,8 | 0,30 | 101 | 37.366 | 4,7% | | |
| Dach 5 - neu (EG+3.OG-Breitfuß) | 945,5 | 0,30 | 101 | 28.728 | 3,6% | KmDach | 0,30 |
| Fenster 1 - Liegandanfahrt/Container | 580,1 | 2,90 | 101 | 170.382 | 21,6% | | |
| Fenster 2 - OP-Anbau | 529,7 | 2,90 | 101 | 155.579 | 19,7% | KmFenster | 2,90 |
| Dachverglasung | 186,0 | 2,90 | 101 | 54.630 | 6,9% | | |
| Grund 1 - Liegandanfahrt | 118,6 | 0,58 | 51 | 3.483 | 0,4% | | |
| Grund 2 - OP-Anbau | 980,2 | 0,66 | 51 | 32.761 | 4,1% | | |
| Grund 7 - OP-Anbau - W gegen Erdr. | 125,4 | 0,44 | 51 | 2.794 | 0,4% | | |
| Grund 8 - OP-Anbau - FB gegen AL | 56,9 | 0,35 | 51 | 1.008 | 0,1% | | |
| Grund 8 - neu - Container | 210,0 | 0,66 | 51 | 7.019 | 0,9% | KmGrund | 0,88 |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | 614.590 | (kWh/a) | |

| Lüftungswärmeverluste QL | β | V | c | Gt | | | Anteil in % |
|------------------------------------|-----------------|--------|----------|---------|----------------|----------------|--------------|
| | (1/h) | (m³) | (Wh/m³K) | (kKh/a) | | | |
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 3.772 | 0,33 | 101 | 75.637 | (kWh/a) | 9,6% |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 14.878 | 0,33 | 101 | 99.453 | (kWh/a) | 12,6% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 175.091 | (kWh/a) | 22,2% |
| Summe Verluste | QV=QT+QL | | | | 789.681 | (kWh/a) | |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m²a) | Gewinne (kWh/a) |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------|--------|---------------------|------------------------|
| horizontal | 0,56 | 186,0 | 0,70 | 507 | 36.966 |
| Süd 1 (IV) | 0,42 | 162,2 | 0,70 | 478 | 22.794 |
| Ost 1 (IV) | 0,42 | 371,9 | 0,70 | 318 | 34.770 |
| West 1 (IV) | 0,42 | 292,3 | 0,70 | 322 | 27.671 |
| Nord 1 (IV) | 0,42 | 283,4 | 0,70 | 182 | 15.164 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 137.366 (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 57.366 (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 68.371 (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 23.793 (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | | | | 101.944 (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | | | | 239.310 (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | $x=1-0,3 \cdot QF/QV$ | | | | 0,909 x |
| Wärmegewinne | QG=x \cdot QF | | | | 217.553 (kWh/a) |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | | | | 572.128 (kWh/a) |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | 120 (kWh/m²a) |
| Grenzwert | | 85 (kWh/m²a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | |

| | |
|-------------------|---------|
| Gesamtwärmebedarf | 281 kW |
| Spez. Wärmebedarf | 59 W/m² |

A2.2 Haus B - Bettennebenbau

| | | | | |
|---|-----|------------|------------|--------------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 8.204,4 m² | Bettenplan | Spezifisch |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 665,0 m² | 202 Betten | 273 Personen |
| Personenbelegung (30 m²/Person) | | 273 P | | |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,50 m | | |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 28.715 m³ | | |
| Luftwechselrate nicht mechanisch belüfteter Räume | β | 0,6 | | |
| Luftwechselrate mechanisch belüfteter Räume | β | 0,2 | | |
| Grenzwert | | 85 kWh/m²a | | |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m²) | k-Wert (W/m²K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------|------------|------------------|-------------------|---------|------|
| Wand | 1.917,6 | 1,46 | 101 | 283.553 | 10,8% | | |
| Dach und/oder Geschoßdecke | 3.364,4 | 1,23 | 101 | 419.118 | 15,9% | | |
| Fenster | 2.282,7 | 5,20 | 101 | 1.202.198 | 45,6% | | |
| Grund 1 | 1.231,5 | 0,96 | 51 | 59.869 | 2,3% | | |
| Grund 2 - gegen angrenz. Bauteile | 2.975,3 | 0,83 | 51 | 125.055 | 4,7% | KmGrund | 0,87 |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | 2.089.793 (kWh/a) | | |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m³) | c (Wh/m³K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|------------------------------------|---------|--------|------------|------------|--------------------------|--------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 26.388 | 0,33 | 101 | 529.168 (kWh/a) | 20,1% |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 2.328 | 0,33 | 101 | 15.558 (kWh/a) | 0,6% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 544.726 (kWh/a) | 20,7% |
| Summe Verluste QV=QT+QL | | | | | 2.634.519 (kWh/a) | |

| Wärmegewinne | r | Fensterfläche (m²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m²a) | Gewinne (kWh/a) |
|-----------------------|------|--------------------|--------|---------------------|-----------------|
| horizontal | 0,56 | 0,0 | 0,80 | 507 | 0 |
| Süd | 0,42 | 808,9 | 0,80 | 478 | 129.916 |
| Ost | 0,42 | 362,2 | 0,80 | 318 | 38.700 |
| West | 0,42 | 361,9 | 0,80 | 322 | 39.155 |
| Nord | 0,42 | 749,7 | 0,80 | 182 | 45.846 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 253.616 (kWh/a) |

| | | | |
|---------------------------------|-----------------|------------------|----------------|
| Freie Wärme Elektrizität | QE | 98.393 | (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | 117.268 | (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | 40.809 | (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | 174.852 | (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | 428.468 | (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | x=1-0,3*QF/QV | 0,951 | x |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | 407.563 | (kWh/a) |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | 2.226.956 | (kWh/a) |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | 271 | (kWh/m²a) |
| Grenzwert | | 85 | (kWh/m²a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | |
| Gesamtwärmebedarf | | 946 | kW |
| Spez. Wärmebedarf | | 115 | W/m² |

A2.3 Haus C - Orthopädie Altbau

| | | | | | |
|--|-----|---------|---------|------------|--------------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 5.085,1 | m² | Bettenplan | Spezifisch |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 390,0 | m² | 118 Betten | 170 Personen |
| Personenbelegung (30 m²/Person) | | 170 | P | | |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,46 | m | | |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 17.610 | m³ | | |
| Luftwechselrate nicht mech. belüfteter Räume | β | 0,6 | | | |
| Luftwechselrate mechanisch belüfteter Räume | β | 0,2 | | | |
| Grenzwert | | 85 | kWh/m²a | | |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m²) | k-Wert (W/m²K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------|------------|------------------|--------------|---------|------|
| Wand 1 | 2.262,8 | 0,85 | 101 | 194.800 | 18,2% | | |
| Wand 2 | 152,2 | 0,82 | 101 | 12.640 | 1,2% | KmWand | 0,85 |
| Dach 1 - Schrägen | 522,1 | 1,46 | 101 | 77.202 | 7,2% | | |
| Dach 2 - Decke | 947,2 | 1,38 | 101 | 132.387 | 12,4% | KmDach | 1,41 |
| Fenster 1- | 678,6 | 3,00 | 101 | 206.186 | 19,3% | | |
| Grund 1 - Kellerboden | 187,5 | 1,66 | 51 | 15.762 | 1,5% | | |
| Grund 2 - Kellerdecke | 1.192,5 | 1,55 | 51 | 93.602 | 8,8% | KmGrund | 1,56 |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | 732.578 | (kWh/a) | | |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m³) | c (Wh/m³K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|------------------------------------|---------|--------|------------|------------|------------------|----------------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 16.259 | 0,33 | 101 | 326.057 | (kWh/a) 30,5% |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 1.351 | 0,33 | 101 | 9.028 | (kWh/a) 0,8% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 335.085 | (kWh/a) 31,4% |
| Summe Verluste | | | | | 1.067.663 | (kWh/a) |

Wärmegewinne

| | | | | | |
|--|---|--------------------|--------|---------------------|-----------------|
| | r | Fensterfläche (m²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m²a) | Gewinne (kWh/a) |
|--|---|--------------------|--------|---------------------|-----------------|

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|---------|------|-----|------------------------|
| horizontal | 0,56 | | | 507 | |
| Süd | 0,42 | 286,3 | 0,70 | 478 | 40.234 |
| Ost | 0,42 | 57,4 | 0,70 | 318 | 5.366 |
| West | 0,42 | 43,6 | 0,70 | 322 | 4.128 |
| Nord | 0,42 | 291,2 | 0,70 | 182 | 15.582 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 65.310 (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 60.984 (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 72.683 (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 25.294 (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | | | | 108.373 (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | | | | 173.683 (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | x=1-0,3*QF/QV | | | | 0,951 x |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | | | | 165.207 (kWh/a) |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | | | | 902.456 (kWh/a) |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | | | | 177 (kWh/(m2a)) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | | | |
| Gesamtwärmebedarf | | 395 kW | | | |
| Spez. Wärmebedarf | | 78 W/m² | | | |

A2.3 Haus C - Orthopädie Anbau

| | | | | |
|---|-----|------------|------------|-------------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 1.690,4 m² | Bettenplan | Spezifisch |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 1.140,0 m² | 0 Betten | 56 Personen |
| Personenbelegung (30 m²/Person) | | 56 P | | |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 4,20 m | | |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 7.100 m³ | | |
| Luftwechselrate nicht mechanisch belüfteter Räume | β | 0,6 | | |
| Luftwechselrate mechanisch belüfteter Räume | β | 0,2 | | |
| Grenzwert | | 85 kWh/m²a | | |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m²) | k-Wert (W/m²K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|-------------------------------------|-------------|----------------|------------|------------------|-----------------|
| Wand | 300,2 | 0,82 | 101 | 24.931 | 7,6% |
| Dach | 1.912,0 | 0,39 | 101 | 75.522 | 22,9% |
| Fenster | 267,9 | 2,90 | 101 | 78.685 | 23,8% |
| Grund - Kellerdecke | 1.912,0 | 0,75 | 51 | 72.618 | 22,0% |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | 251.757 (kWh/a) |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m³) | c (Wh/m³K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|------------------------------------|---------|--------|------------|------------|------------------------|--------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 2.312 | 0,33 | 101 | 46.357 (kWh/a) | 14,0% |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 4.788 | 0,33 | 101 | 32.005 (kWh/a) | 9,7% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 78.362 (kWh/a) | 23,7% |
| Summe Verluste | | | | | 330.120 (kWh/a) | |

| | | | | | |
|--------------|---|-------------|--------|-----------|---------|
| Wärmegewinne | | | | | |
| | r | Fensterflä- | g-Wert | Strahlung | Gewinne |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | che (m ²) | | (kWh/m ² a) | (kWh/a) | |
|---------------------------------|-----------------|--------------------------|------------------|------------------------|----------------|--------------------------|
| horizontal | | 0,56 | | 507 | | |
| Süd | | 0,42 | 46,2 | 0,70 | 478 | 6.493 |
| Ost | | 0,42 | 20,0 | 0,70 | 318 | 1.870 |
| West | | 0,42 | 99,3 | 0,70 | 322 | 9.401 |
| Nord | | 0,42 | 102,4 | 0,70 | 182 | 5.479 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 23.242 | (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 20.272 | (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 24.161 | (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 8.408 | (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | | | | 36.026 | (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | | | | 59.268 | (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | x=1-0,3*QF/QV | | | | 0,946 | x |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | | | | 56.076 | (kWh/a) |
| | | | | | | |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | | | | 274.044 | (kWh/a) |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | | | | 162 | (kWh/(m ² a)) |
| Grenzwert | | | | | 85 | (kWh/(m ² a)) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | | | | |
| Gesamtwärmebedarf | | 135 | kW | | | |
| Spez. Wärmebedarf | | 80 | W/m ² | | | |

A2.4 Haus D - PNA

| Energiebezugsfläche | EBF | 13.138,5 | m ² | Bettenplan | Spezifisch |
|--|-----|----------|----------------------|------------|--------------|
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 4.084,0 | m ² | 226 Betten | 438 Personen |
| Personenbelegung (30 m ² /Person) | | 438 | P | | |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,29 | m | | |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 43.181 | m ³ | | |
| Luftwechselrate unbelüftete Räume | β | 0,6 | | | |
| Luftwechselrate belüftete Räume | β | 0,2 | | | |
| Grenzwert | | 85 | kWh/m ² a | | |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m ²) | k-Wert (W/m ² K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % | | |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|------------------|--------------|---------|------|
| Wand 1 - Treppenhaus | 315,3 | 0,97 | 101 | 30.976 | 1,6% | | |
| Wand 2 - Giebelwand | 846,6 | 0,54 | 101 | 46.302 | 2,4% | | |
| Wand 3 - Brüstung | 2.725,6 | 0,59 | 101 | 162.869 | 8,3% | | |
| Wand 4 - KG gegen Erdreich | 714,0 | 0,60 | 101 | 43.388 | 2,2% | KmWand | 0,61 |
| Dach und/oder Geschoßdecke | 3.299,3 | 0,45 | 101 | 150.369 | 7,7% | | |
| Fenster | 2.285,2 | 3,10 | 101 | 717.480 | 36,7% | | |
| Grund 1 - Fußboden | 2.075,9 | 0,66 | 51 | 69.382 | 3,6% | | |
| Grund 2 - Kellerdecke | 1.076,6 | 0,75 | 51 | 40.889 | 2,1% | | |
| Grund 3 - Erker gegen AL | 161,7 | 0,43 | 51 | 3.521 | 0,2% | KmGrund | 0,68 |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | 1.265.175 | (kWh/a) | |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| Lüftungswärmeverluste | β | V | c | Gt | | | Anteil in % |
|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------|------------------|----------------|----------------|
| | (1/h) | (m ³) | (Wh/m ³ K) | (kKh/a) | | | |
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 29.789 | 0,33 | 101 | 597.378 | (kWh/a) | 30,6% |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 13.436 | 0,33 | 101 | 89.815 | (kWh/a) | 4,6% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 687.193 | (kWh/a) | 35,2% |
| Summe Verluste | QV=QT+QL | | | | 1.952.368 | (kWh/a) | |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m ²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m ² a) | Gewinne (kWh/a) |
|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------|-------------------------------------|----------------------------|
| horizontal | 0,56 | | | 507 | |
| Süd | 0,42 | 477,4 | 0,70 | 478 | 67.090 |
| Ost | 0,42 | 514,6 | 0,70 | 318 | 48.111 |
| West | 0,42 | 747 | 0,70 | 322 | 70.717 |
| Nord | 0,42 | 546,2 | 0,70 | 182 | 29.226 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 215.144 (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 157.566 (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 187.793 (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 65.352 (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | | | | 280.007 (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | | | | 495.151 (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | x=1-0,3*QF/QV | | | | 0,924 x |
| | | | | | |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | | | | 457.478 (kWh/a) |
| | | | | | |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | | | | 1.494.890 (kWh/a) |
| | | | | | |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | | | | 114 (kWh/m ² a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | | | |
| Gesamtwärmebedarf | | 694 kW | | | |
| Spez. Wärmebedarf | | 53 W/m ² | | | |

A2.5 Haus E - Geriatrische Tagesklinik

| | | | | | | | |
|---|-----|-------|----------------------|------------|--------|------------|----------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 594,0 | m ² | Bettenplan | | Spezifisch | |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 365,0 | m ² | 76 | Betten | 20 | Personen |
| Personenbelegung | | 76 | P | | | | |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,70 | m | | | | |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 2.198 | m ³ | | | | |
| Luftwechselrate nicht mechan. belüftete Räume | β | 0,6 | | | | | |
| Luftwechselrate mechan. belüftete Räume | β | 0,2 | | | | | |
| Grenzwert | | 85 | kWh/m ² a | | | | |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m ²) | k-Wert (W/m ² K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % | | |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|------------------|--------------|---------|-------|
| Wand | 612,9 | 1,21 | 101 | 75.110 | 26,6% | | |
| Dach und/oder Geschoßdecke | 892,0 | 0,76 | 101 | 68.660 | 24,3% | | |
| Fenster | 202,7 | 3,00 | 101 | 61.588 | 21,8% | | |
| Grund | 1.056,9 | 0,96 | 51 | 51.381 | 18,2% | | |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | 256.739 | (kWh/a) | 90,8% |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m ³) | c (Wh/m ³ K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|------------|------------------|----------------|
| Nicht mechanisch belüftete Fläche | 0,6 | 847 | 0,33 | 101 | 16.991 | (kWh/a) 6,0% |
| Mechanisch belüftete Fläche | 0,2 | 1.351 | 0,33 | 101 | 9.027 | (kWh/a) 3,2% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 26.019 | (kWh/a) 9,2% |
| Summe Verluste | QV=QT+QL | | | | 282.757 | (kWh/a) |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m ²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m ² a) | Gewinne (kWh/a) |
|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------|----------------------------------|----------------------------|
| horizontal | 0,56 | | | 507 | |
| Süd | 0,42 | 59,7 | 0,7 | 478 | 8.390 |
| Ost | 0,42 | 46,5 | 0,7 | 318 | 4.347 |
| West | 0,42 | 32,0 | 0,7 | 322 | 3.029 |
| Nord | 0,42 | 64,5 | 0,7 | 182 | 3.451 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 19.218 (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 27.343 (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 32.589 (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 11.341 (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | | | | 48.591 (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | | | | 67.809 (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | x=1-0,3*QF/QV | | | | 0,928 x |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | | | | 62.931 (kWh/a) |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | | | | 219.827 (kWh/a) |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | | | | 370 (kWh/m ² a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | | | |

| | | |
|-------------------|-----|------------------|
| Gesamtwärmebedarf | 112 | kW |
| Spez. Wärmebedarf | 189 | W/m ² |

A2.6 Haus F1 - Bibliothek

| | | | |
|---|---------|-------|----------------------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 128,0 | m ² |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 0,0 | m ² |
| Personenbelegung (20 m ² /Person) | | 6 | P |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,95 | m |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 506 | m ³ |
| Luftwechselrate nicht mechan. belüftete Räume | β | 0,6 | |
| Luftwechselrate mechan. belüftete Räume | β | 0,2 | |
| Grenzwert | | 75 | kWh/m ² a |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m ²) | k-Wert (W/m ² K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|------------------|----------------|
| Wand | 180,8 | 1,18 | 81 | 17.296 | 22,2% |
| Dach und/oder Geschoßdecke | 162,5 | 1,38 | 81 | 18.180 | 23,4% |
| Fenster | 29,2 | 5,20 | 81 | 12.310 | 15,8% |
| Grund | 162,5 | 1,66 | 81 | 21.869 | 28,1% |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | 69.656 (kWh/a) |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m ³) | c (Wh/m ³ K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) |
|------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|------------|-----------------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 506 | 0,33 | 81 | 8.116 (kWh/a) |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 0 | 0,33 | 81 | 0 (kWh/a) |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 8.116 (kWh/a) |
| Summe Verluste | QV=QT+QL | | | | 77.772 (kWh/a) |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m ²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m ² a) | Gewinne (kWh/a) |
|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------|----------------------------------|-----------------------|
| horizontal | 0,56 | | | 331 | |
| Süd | 0,42 | 3,3 | 0,80 | 353 | 391 |
| Ost | 0,42 | 10,3 | 0,80 | 212 | 734 |
| West | 0,42 | 10,7 | 0,80 | 217 | 780 |
| Nord | 0,42 | 4,9 | 0,80 | 121 | 199 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 2.104 (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 806 (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 897 (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 146 (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | | | | 1.557 (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | | | | 3.662 (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | $x=1-0,3*QF/QV$ | | | | 0,986 x |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | | | | 3.610 (kWh/a) |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | | | | 74.162 (kWh/a) |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | | |
|---------------------------|-------------|------|---------------|
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | | 579 (kWh/m²a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | |
| Gesamtwärmebedarf | 31 | kW | |
| Spez. Wärmebedarf | 239,8 | W/m² | |

A2.7 Haus F3 - Werkstatt

| | | | |
|---|-----|-------|---------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 846,0 | m² |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 0,0 | m² |
| Personenbelegung (20 m²/Person) | | 42 | P |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 2,64 | m |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 2.231 | m³ |
| Luftwechselrate nicht mech. belüftete Räume | β | 0,6 | |
| Grenzwert | | 60 | kWh/m²a |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m²) | k-Wert (W/m²K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------|------------|------------------|-----------------|---------|------|
| Wand 1 | 716,5 | 1,18 | 71 | 59.677 | 23,1% | | |
| Wand 2 - angrenzende Bauteile | 116,8 | 0,98 | 71 | 8.079 | 3,1% | KmWand | 1,15 |
| Dach 1 - Geschoßdecke | 473,5 | 1,38 | 71 | 46.122 | 17,8% | | |
| Dach 2 - Dachschrägen | 257,6 | 1,46 | 71 | 26.546 | 10,3% | KmDach | 1,41 |
| Fenster | 159,0 | 5,20 | 71 | 58.359 | 22,6% | | |
| Türen | 22,8 | 3,50 | 71 | 5.633 | 2,2% | | |
| Grund 1 - Kellerfußboden | 52,5 | 1,27 | 35 | 2.353 | 0,9% | | |
| Grund 2 - Wand gegen Erdreich | 26,3 | 1,24 | 35 | 1.151 | 0,4% | | |
| Grund 3 - gegen unbeheizt | 530,5 | 1,05 | 35 | 19.659 | 7,6% | KmGrund | 0,85 |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | 227.578 (kWh/a) | | |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m³) | c (Wh/m³K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|------------------------------------|-----------------|--------|------------|------------|------------------------|-------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 2.231 | 0,33 | 71 | 31.180 (kWh/a) | 12,0% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 31.180 (kWh/a) | 12,0% |
| Summe Verluste | QV=QT+QL | | | | 258.758 (kWh/a) | |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m²a) | Gewinne (kWh/a) |
|---------------------------------|--------------|--------------------|--------|---------------------|-----------------|
| Süd | 0,42 | 13,8 | 0,80 | 353 | 1.637 |
| Ost | 0,42 | 66,7 | 0,80 | 212 | 4.751 |
| West | 0,42 | 59,8 | 0,80 | 217 | 4.360 |
| Nord | 0,42 | 18,7 | 0,80 | 121 | 760 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 11.508 (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 9.137 (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 7.411 (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 967 (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | | | | 15.581 (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | | | | 27.089 (kWh/a) |

| | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|
| Gewinnfaktor Freie Wärme | $x=1-0,3 \cdot QF/QV$ | 0,969 | x |
| Wärmegewinne | $QG=x \cdot QF$ | 26.238 | (kWh/a) |
| Heizwärmebedarf | $QH=QV-QG$ | 232.519 | (kWh/a) |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | 275 | (kWh/m²a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | |
| Gesamtwärmebedarf | 120 | kW | |
| Spez. Wärmebedarf | 142 | W/m² | |

A2.8 Haus F5 - Malerwerkstatt

| | | | |
|--|---------|------|---------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 53,0 | m² |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 0,0 | m² |
| Personenbelegung (20 m²/Person) | | 3 | P |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,50 | m |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 186 | m³ |
| Luftwechselrate nicht mechanisch belüftete Räume | β | 0,6 | |
| Luftwechselrate mechanisch belüftete Räume | β | 0,2 | |
| Grenzwert | | 60 | kWh/m²a |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m²) | k-Wert (W/m²K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------|------------|------------------|--------------|---------|------|
| Wand 1 | 113,8 | 1,18 | 71 | 9.478 | 40,2% | | |
| Wand 2 - angrenzende Bauteile | 12,3 | 0,98 | 71 | 851 | 3,6% | KmWand | 1,16 |
| Dach 1 - Geschoßdecke | 57,0 | 1,38 | 71 | 5.552 | 23,5% | | |
| Fenster | 7,0 | 5,20 | 71 | 2.569 | 10,9% | | |
| Grund 1 - Kellerfußboden | 57,0 | 1,27 | 35 | 2.555 | 10,8% | | |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | 21.005 | (kWh/a) | |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m³) | c (Wh/m³K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|------------------------------------|------------------------------|--------|------------|------------|------------------|----------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 186 | 0,33 | 71 | 2.592 | (kWh/a) 11,0% |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 0 | 0,33 | 71 | 0 | (kWh/a) 0,0% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 2.592 | (kWh/a) 11,0% |
| Summe Verluste | $QV=QT+QL$ | | | | 23.598 | (kWh/a) |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m²a) | Gewinne (kWh/a) |
|---------------------------------|----------------|--------------------|--------|---------------------|-----------------|
| Süd | 0,42 | 2,0 | 0,80 | 353 | 237 |
| Ost | 0,42 | 2,0 | 0,80 | 212 | 142 |
| West | 0,42 | 2,0 | 0,80 | 217 | 146 |
| Nord | 0,42 | 1,0 | 0,80 | 121 | 41 |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 566 (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 572 (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | | | | 464 (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | | | | 61 (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | $QI=QE+QP-Qwa$ | | | | 976 (kWh/a) |

| | | | |
|---------------------------|------------------------------|---------------|----------------|
| Summe Freie Wärme | $QF=QS+QI$ | 1.542 | (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | $x=1-0,3*QF/QV$ | 0,980 | x |
| Wärmegewinne | $QG=x*QF$ | 1.512 | (kWh/a) |
| | | | |
| Heizwärmebedarf | $QH=QV-QG$ | 22.086 | (kWh/a) |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | 417 | (kWh/m²a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | |
| Gesamtwärmebedarf | 11 | kW | |
| Spez. Wärmebedarf | 210 | W/m² | |

A2.9 Haus H - Verwaltung

| | | | |
|--|---------|---------|---------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 2.805,6 | m² |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 0,0 | m² |
| Personenbelegung (20 m²/Person) | | 140 | P |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,00 | m |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 8.417 | m³ |
| Luftwechselrate nicht mechanisch belüftete Räume | β | 0,6 | |
| Luftwechselrate mechanisch belüftete Räume | β | 0,2 | |
| Grenzwert | | 75 | kWh/m²a |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m²) | k-Wert (W/m²K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|-------------------------------------|-------------|----------------|------------|------------------|---------------|
| Wand | 1.388,4 | 1,27 | 81 | 142.952 | 29,6% |
| Dach - Geschoßdecke | 837,7 | 0,85 | 81 | 57.727 | 12,0% |
| Fenster | 505,4 | 2,90 | 81 | 118.824 | 24,6% |
| Grund - Kellerdecke | 837,7 | 0,83 | 41 | 28.184 | 5,8% |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | 347.687 | (kWh/a) 72,0% |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m³) | c (Wh/m³K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % |
|------------------------------------|---------------|--------|------------|------------|------------------|----------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 8.417 | 0,33 | 81 | 135.109 | 28,0% |
| Mechanisch belüftete Flächen | 0,2 | 0 | 0,33 | 81 | 0 | 0,0% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 135.109 | (kWh/a) 28,0% |
| Summe Verluste | | | | | 482.796 | (kWh/a) |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m²a) | Gewinne (kWh/a) | |
|--------------------------|------|--------------------|--------|---------------------|-----------------|---------|
| horizontal | 0,56 | | | 331 | | |
| Süd | 0,42 | 0,0 | 0,70 | 353 | 0 | |
| Ost | 0,42 | 223,1 | 0,70 | 212 | 13.905 | |
| West | 0,42 | 282,3 | 0,70 | 217 | 18.010 | |
| Nord | 0,42 | 0,0 | 0,70 | 121 | 0 | |
| Summe Solargewinne QS | | | | | 31.916 | (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | | | | 17.675 | (kWh/a) |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Freie Wärme Personen | QP | 19.662 (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | 3.207 (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | 34.130 (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | 66.045 (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | $x=1-0,3 \cdot QF/QV$ | 0,959 x |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | 63.335 (kWh/a) |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | 419.461 (kWh/a) |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | 150 (kWh/m²a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | |
| Gesamtwärmebedarf | 202 kW | |
| Spez. Wärmebedarf | 72 W/m² | |

A2.10 Haus J - Wohnheim

| | | |
|---|-----|------------|
| Energiebezugsfläche | EBF | 3.377,0 m² |
| davon mechanisch belüftete Fläche | | 0,0 m² |
| Personenbelegung (35 m²/Person) | | 96 P |
| Durchschnittliche Raumhöhe | H | 3,00 m |
| Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe) | V | 10.131 m³ |
| Luftwechselrate nicht mech. belüftete Räume | β | 0,6 |
| Luftwechselrate mechansich belüftete Räume | β | 0,2 |
| Grenzwert | | 75 kWh/m²a |

| Transmissionswärmeverluste | Fläche (m²) | k-Wert (W/m²K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil in % | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------|------------|------------------|--------------|--------|-----------------|
| Wand 1 - Bestand | 640,0 | 1,27 | 81 | 65.895 | 11,3% | | |
| Wand 2 - neue Wärmedämmung | 1.709,0 | 0,44 | 81 | 60.963 | 10,5% | KmWand | 0,67 |
| Dach | 442,0 | 0,85 | 81 | 30.459 | 5,2% | | |
| Fenster | 1.055,0 | 2,90 | 81 | 248.040 | 42,6% | | |
| Grund - Kellerdecke | 442,0 | 0,83 | 41 | 14.871 | 2,6% | | |
| Summe Transmissionswärmeverluste QT | | | | | | | 420.228 (kWh/a) |

| Lüftungswärmeverluste | β (1/h) | V (m³) | c (Wh/m³K) | Gt (kKh/a) | Verluste (kWh/a) | Anteil |
|------------------------------------|-----------------|--------|------------|------------|------------------------|--------------|
| Nicht mechanisch belüftete Flächen | 0,6 | 10.131 | 0,33 | 81 | 162.625 (kWh/a) | 27,9% |
| Summe Lüftungswärmeverluste QL | | | | | 162.625 (kWh/a) | 27,9% |
| Summe Verluste | QV=QT+QL | | | | 582.853 (kWh/a) | |

Wärmegewinne

| | r | Fensterfläche (m²) | g-Wert | Strahlung (kWh/m²a) | Gewinne (kWh/a) |
|------------|------|--------------------|--------|---------------------|-----------------|
| horizontal | 0,56 | | | 331 | |
| Süd | 0,42 | 500,0 | 0,70 | 353 | 51.891 |
| Ost | 0,42 | 500,0 | 0,70 | 212 | 31.164 |
| West | 0,42 | 27,5 | 0,70 | 217 | 1.754 |
| Nord | 0,42 | 27,5 | 0,70 | 121 | 978 |

Abschnitt 1 - Aufgabenstellung und Grundlagen

| | | | |
|---------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| Summe Solargewinne QS | | 85.788 | (kWh/a) |
| Freie Wärme Elektrizität | QE | 28.367 | (kWh/a) |
| Freie Wärme Personen | QP | 20.285 | (kWh/a) |
| Wärmebedarf Aufheizen Brauchwa. | Qwa | 14.707 | (kWh/a) |
| Summe Innere Wärmegewinne | QI=QE+QP-Qwa | 33.945 | (kWh/a) |
| Summe Freie Wärme | QF=QS+QI | 119.733 | (kWh/a) |
| Gewinnfaktor Freie Wärme | $x=1-0,3 \cdot QF/QV$ | 0,938 | x |
| Wärmegewinne | QG=x*QF | 112.354 | (kWh/a) |
| | | | |
| Heizwärmebedarf | QH=QV-QG | 470.499 | (kWh/a) |
| Energiekennwert Heizwärme | QH/EBF | 139 | (kWh/m²a) |
| Grenzwert erfüllt | nein | | |
| Gesamtwärmebedarf | | 236 | kW |
| Spez. Wärmebedarf | | 70 | W/m² |

Anhang

A1

Lagepläne der Städtischen Kliniken in Höchst (Ist-Zustand und Zielplanung)

A2

Berechnungsgänge zur Ermittlung des Jahresheizenergiebedarfs unter Zugrundelegung des Nachweisverfahrens „Energiebewußte Gebäudeplanung im Bundesland Hessen“

A3

Wirtschaftlichkeitsberechnung der untersuchten Stromsparmaßnahmen unter Berücksichtigung einer finanziellen Förderung durch das Land Hessen

A4

Grundrißpläne der Untersuchungsbereiche gemäß
Pflichtenheft zur Erstellung von Gutachten zur ratio-
nelle Elektrizitätsversorgung

A5

Leitungstrassen eines zentralen Warmwasserheizsystems

A6

Brutto-Investitionskosten für Versorgungsvarianten Investitionskosten BHKW