

Energiekonzept „Titus-Thermen“



Endbericht

18.12.2003

Aufgestellt:

Ing.- Büro K. H. Wagner

Steinstraße 81

35390 Gießen

Inhaltsverzeichnis

Abschnitt	Seite
Zusammenfassung und Maßnahmenkatalog nach Prioritäten	V
I. Allgemeine Objektbeschreibung	V
II. Energie-/Wasserverbrauch und -kosten	VI
II.1 Strom	VI
II.2 Fernwärmebezug für die Wärmebereitstellung	IX
II.3 Wasser	XI
II.4 Vergleich der Verbrauchswerte anhand spezifischer Kenndaten	XIII
III. Stammdaten des Gebäudes und betriebstechnischer Anlagen	
III.1 Gebäude	XIX
III.2 Betriebstechnische Anlagen	XV
III.2.1 Wärmeversorgungsanlagen	XV
III.2.2 Klima- und Lüftungsanlagen	XVI
III.2.3 Badewassertechnik	XVII
III.2.4 Kälteversorgungsanlagen	XVII
III.2.5 Elektroanlagen und Regelungstechnik	XVIII
IV. Maßnahmenkatalog nach Priorität	XX
 Konzeptteil	
1. Aufgabenstellung und Grundlagen	1
1.1 Aufgabenstellung	1
1.2 Grundlagen	2
2. Stammdaten des Energie- und Wasserverbrauchs	3
2.1 Strombedarf und -verbrauch	3
2.1.1 Gesamtstrombedarf und -verbrauch	3
2.1.2 Strom-Schwerpunktverbraucher	6
2.2 Wärmebereitstellung	9
2.2.1 Fernwärmebezug für Wärmebereitstellung	9
2.2.2 Verteilung des Heizwärmebedarfs	11
2.3 Wasserverbrauch	14

2.4	Bedarfsgerechte Verbrauchserfassung und -abrechnung	16
2.4.1	Stromversorgung	16
2.4.2	Wärme-/Kälteversorgung	16
3.	Stammdaten zur Liegenschaft	18
3.1	Allgemeine Objektbeschreibung	18
3.2	Gebäude und Bauteile	19
3.2.1	Gebäudekenndaten	19
3.2.2	Ermittlung des Wärmebedarfs und des Heizwärmebedarfs	20
3.3	Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen	25
3.3.1	Stammdaten der zentralen Wärmeübergabestation	25
3.3.2	Stammdaten des Warmwasserheiznetzes	25
3.3.3	Stammdaten der Warmwasserversorgung	28
3.3.4	Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen	29
3.4	Stammdaten der Klima- und Lüftungsanlagen	31
3.4.1	Stammdaten der Teil-Klima- und Lüftungsanlagen	32
3.4.2	Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen	41
3.5	Stammdaten der Badewassertechnik	45
3.5.1	Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen	48
3.6	Stammdaten der Kälteversorgungsanlagen	51
3.7	Stammdaten der Elektroanlagen und Regelungstechnik	54
3.7.1	Beleuchtungsanlagen	54
3.7.2	Saunabereich	55
3.7.3	PC-Arbeitsplätze	56
3.7.4	Aufzugsanlagen	56
3.7.5	Gebäudeleittechnik	56
3.7.6	Beschreibung der Energiesparmaßnahmen	57
4.	Wirtschaftlichkeitsberechnung für energiesparende Maßnahmen	59
4.1	Grundlagen und –daten der Wirtschaftlichkeitsberechnung	59
4.2	Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen Wärmeversorgung	60
4.2.1	Anschluss von Verwaltungsbüroräumen an das PWW-Heizsystem	60
4.2.2	Optimierung der Heizungs-Umwälzpumpen	61
4.2.3	Reduzierung der Fernwärmeanschlussleistung	63

4.3	Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an den Lüftungs- und Klimaanlage	64
4.3.1	Optimierung der Betriebszeiten der RLT-Anlagen	64
4.3.2	Optimierung der Lüftungsanlage „Schwimmhalle“	64
4.3.3	Optimierung der Lüftungsanlage „Fitness und Sauna“	67
4.4	Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an der Badewassertechnik	69
4.4.1	Schaffung eines neuen Beckenwasserkreislaufes für die höher temperierten Becken	69
4.4.2	Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage	72
4.4.3	Nutzung von Beckenwasser zur Pflanzenbewässerung	75
4.5	Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an Elektroanlagen und Regelungstechnik	77
4.5.1	Ersatz der NV-Halogenstrahler durch Kompakt-Leuchtstoffleuchten im Fitnesscenter	77
4.5.2	Energieoptimierung durch Lastmanagement der GLT	78

Anhang

Zusammenfassung und Maßnahmenkatalog nach Prioritäten

Die nachfolgende Zusammenfassung enthält die wesentlichen Objektdaten und Ergebnisse des Energiekonzepts für die „Titus-Thermen“ in Frankfurt.

Zusammenfassung

I. Allgemeine Objektbeschreibung (vgl. Abschnitt 3.1)

Im März 1992 wurden die Titus-Thermen mit angeschlossenem Kongresszentrum im Bürgerhaus sowie einem Hotelkomplex mit 93 Zimmern nach einer Bauzeit von 3 Jahren eröffnet. Eigentümerin des Komplexes ist die Nordtrakt Verwaltungsgesellschaft aus Frankfurt. Der entsprechende Lageplan ist im Anhang 3.1.1 enthalten.

Die KG Nordtrakt hat neben dem Hotel folgende Bereiche direkt weiter vermietet:

- **Squash-Anlage** mit 5 Courts (derzeit leerstehend) und Sauna,
- **Bowlingcenter**, mit 16 Bahnen
- **Schießanlage**

Die übrigen Bereiche wurden an die Saalbau untervermietet. Diese betreibt das Bürgerhaus und vermietet folgende Bereiche weiter:

Mieter Bäderbetriebe Frankfurt (BBF):

- **Freizeitbad**, auf 5.000 m² mit Schwimm-, Sprung-, Abenteuer- und ehemals Solebecken sowie zwei Whirlpools.
- **Saunalandschaft** auf drei Ebenen mit insgesamt 12 Saunen sowie Tauch- und Saunabecken. Zur Attraktivitätssteigerung wird der Saunabereich ab März 2003 komplett umgebaut.
- **Fitnesscenter**.
- Der **Gastronomiebereich** in der Schwimmbadlagune, im Schwimmbad-Restaurant mit 100 Plätzen und im Sauna-Bistro wurde an den Pächter (Fa. Zirkel) weiter vermietet.

Mieter Sportamt Frankfurt:

- **Sport- und Mehrzweckhalle**, mit einem zulässigen Fassungsvermögen von 2.500 Personen und einer Nutzfläche von 1.240 m². Die Halle ist in drei Segmente unterteilbar.

In Tafel I.1 sind die beheizten Nutzflächen für die jeweiligen Bereiche des Gesamtkomplexes (außer Bürgerhaus) zusammengestellt:

Tafel I.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“ – Beheizte Nutzflächen der einzelnen Bereiche in m²

Ebene	Titus-Thermen	Schießstand	Bowling	Squash	Hotel	Gastronomie	Gesamt
-3.50	686,3	748,3	1.489,0	639,7	106,1	0,0	3.716,4
+0.00	2.972,8	0	0	0	141,3	0	3.114,1
+3.20	6.978,9	0	0	0	153,7	162,8	7.295,4
+7.80	2.895,6	0	0	0	88,6	327,6	3.311,8
+12.20	1.569,6	0	0	0	676,6	0	2.246,2
+16.70/18.05	1.117,4	0	0	0	666,8	0	1.784,2
+21.05	272,7	0	0	0	2.575,0	0	2.847,7
GESAMT	16.493,3	748,3	1.489,3	639,7	4.408,1	490,4	24.269,1

Der Komplex (ohne Bürgerhaus) verfügt über eine beheizte Gesamtnutzfläche von 24.315 m². Die Titus-Thermen haben daran mit 19.860 m² einen Anteil von rund 68 % und das Hotel von 18,1 %.

In den vergangenen drei Jahren wurden die in Tafel I.2 nach Bereichen aufgeführten Besucherzahlen registriert.

Tafel I.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“ - Besucherzahlen

Jahr	Freizeitbad	Sauna	Fitness	Gesamt
2000	257.900	172.947	53.356	484.203
2001	255.330	166.457	54.557	476.344
2002	235.481	173.976	58.736	468.193

II. Energie-/Wasserverbrauch und –kosten (vgl. Abschnitt 2)

In 2002 wurden insgesamt rund **1,06 Mio. €** für den Energie- und Wasserbezug ausgegeben. Dies entspricht spezifischen Kosten von 2,27 € pro Besucher. Den Hauptanteil haben die Stromkosten mit 43 %, die Fernwärmekosten liegen bei 31 % und die Wasserkosten betragen 26 %.

II.1 Strom (vgl. Abschnitt 2.1)

Der Strombedarf der Titus-Thermen wird ausschließlich aus dem Netz der Mainova AG gedeckt. Auf der Niederspannungsseite des Mainova-Netzes sind die in Tafel II.1 aufgeführten Hauptstromzähler der Mainova installiert:

Tafel II.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Hauptstromzähler der Mainova AG

Verbrauchergruppe	Art der Zähler	Versorgungsbereich
Titus-Thermen	Wirkarbeit HT/NT, Blindstrom, Leistung	Beleuchtung, Lüftung, Pumpen, etc.
Kälte	Wirkarbeit HT/NT, Blindstrom, Leistung	Kältemaschinen
Gastronomie	Wirkarbeit HT/NT, Blindstrom, Leistung	Restaurant UV-1-1.4 und UV-1-1.1
Schießanlage	Wirkarbeit HT/NT	Schießanlage UV-3-0.5
Bowling	Wirkarbeit HT/NT	Bowlinganlage außer Lüftung UV-3-0.4
Hotel	Wirkarbeit HT/NT	Hotel
Bürgerhaus	Wirkarbeit HT/NT, Blindstrom, Leistung	Bürgerhaus

Als Sondervertragskunde erfolgt für die Titus-Thermen eine Abrechnung der bezogenen Arbeit nach Hoch- und Niedertarifzeiten sowie der Leistung als Mittelwert aus den drei höchsten Monatsspitzen. (**Business HighPower 2**). Die Jahresgesamststromkosten beliefen sich in 2001 auf **479.640,- €** und im Jahr 2002 auf **458.135,- €**.

Die monatlichen Abrechnungen der Mainova gehen an die Stadt Frankfurt – Römerberg 1. Abgerechnet werden hierüber die Verbrauchsstellen Titus-Thermen, Bürgerhaus, Kältemaschinen und Gastronomie in einer Rechnung.

Im Abrechnungsjahr 2002 gab es im Zeitraum von Januar bis März Probleme bei der Verbrauchsmessung (zu geringer HT-NT-Verbrauch bei allen Gruppen). Des weiteren wurde im September 2002 die Leistungsspitze für die Titus-Thermen mit 2.530 kW geschätzt. Dieser Wert ist deutlich über den sonst üblichen Werten um 780 kW.

Nach Auskunft der Mainova ist der Fall bekannt und wird in den nächsten Wochen entschieden und mit zukünftigen Stromkosten verrechnet.¹ Die zusätzlich berechneten Leistungskosten liegen in einer Größenordnung von 61.000,- € (**Maßnahme 2.1.I**)

Aus den o.g. Gründen wurde das Bezugsjahr 2001 gewählt und in Tafel II.2 die Verteilung des Gesamtstrombezugs in 2001 für die einzelnen Bereiche dargestellt.

Tafel II.2 Energiekonzept Titus-Thermen: Zusammenstellung der Jahresverbrauchswerte der einzelnen Bereiche für Strom in 2001

Verbrauchergruppe	Wirkarbeit			Max-Leistung
	Hochtarif in kWh/Mo	Niedertarif in kWh/Mo	Gesamt in kWh/Mo	in kW
Titus-Thermen	2.365.250	1.763.410	4.128.660	783
Kälte	98.156	73.771	171.927	145
Gastronomie	104.682	73.549	178.231	77
Bürgerhaus	592.120	485.178	1.077.298	246
GESAMT	3.160.208	2.395.908	5.556.116	1.222

Die Titus-Thermen mit Kältemaschinen haben einen Anteil am abgerechneten Gesamtstrombezug von 77 % und das Bürgerhaus von 19,4 %.

Der Bereich der Gastronomie liegt bei 3,6 %. Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass nur die Unterverteilung 1-1.4 (s. Abschnitt 3.7 - hauptsächlich Beleuchtung und Thekenbereich) erfasst und abgerechnet wird. Die Hauptküche sowie die Lüftung Glashaus läuft über die Hauptzählung des Bürgerhauses. Der Bereich Lagune (Lüftung und Beleuchtung) wird über den Hauptzähler der Titus-Thermen abgerechnet.

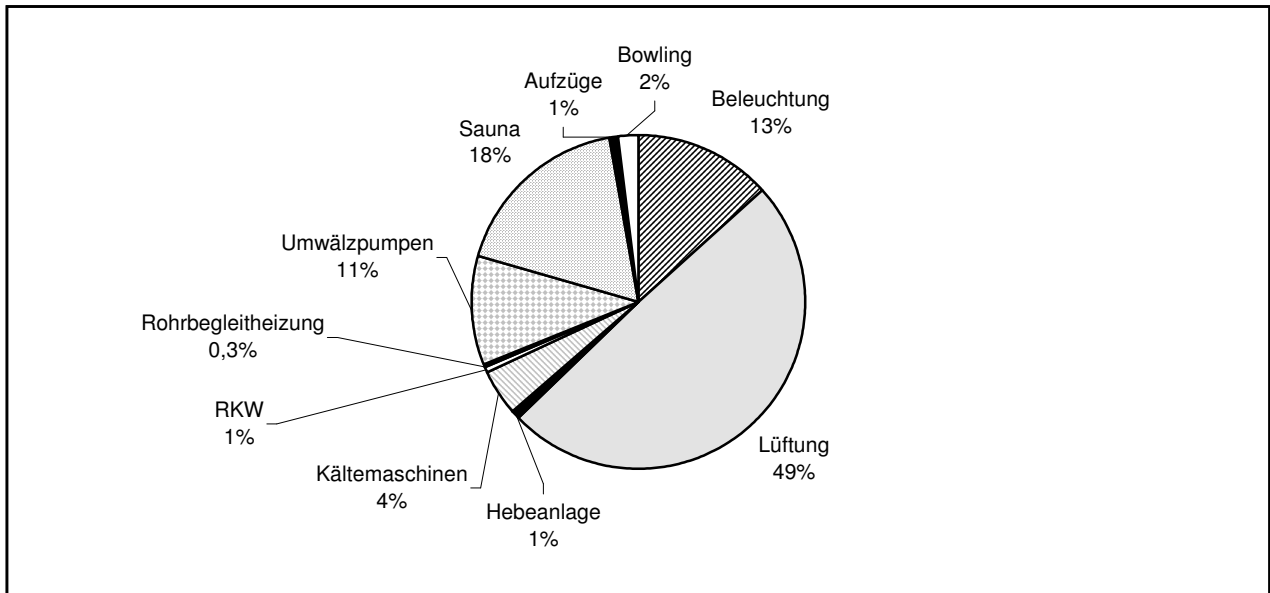
Zur Ermittlung der Stromverbrauchsstruktur in den Titus-Thermen konnte

- auf die internen Verbrauchszählungen,
- Lastgangmessungen für die Verbrauchsgruppe „Titus-Thermen“ des Hochbauamtes Abteilung „Energiemanagement“ ab Juni 2003 zurückgegriffen werden sowie
- eine Identifikation anhand entsprechender technischer Dokumentationen durchgeführt werden.

Auf Grundlage der rund 30 internen Stromzähler in den Titus-Thermen (vgl. Anhang 2.1.1) wurde die prozentuale Verteilung des Gesamtstrombedarfs in der Titus-Therme für die einzelnen Schwerpunktverbraucher errechnet und in Bild II.1 dargestellt.

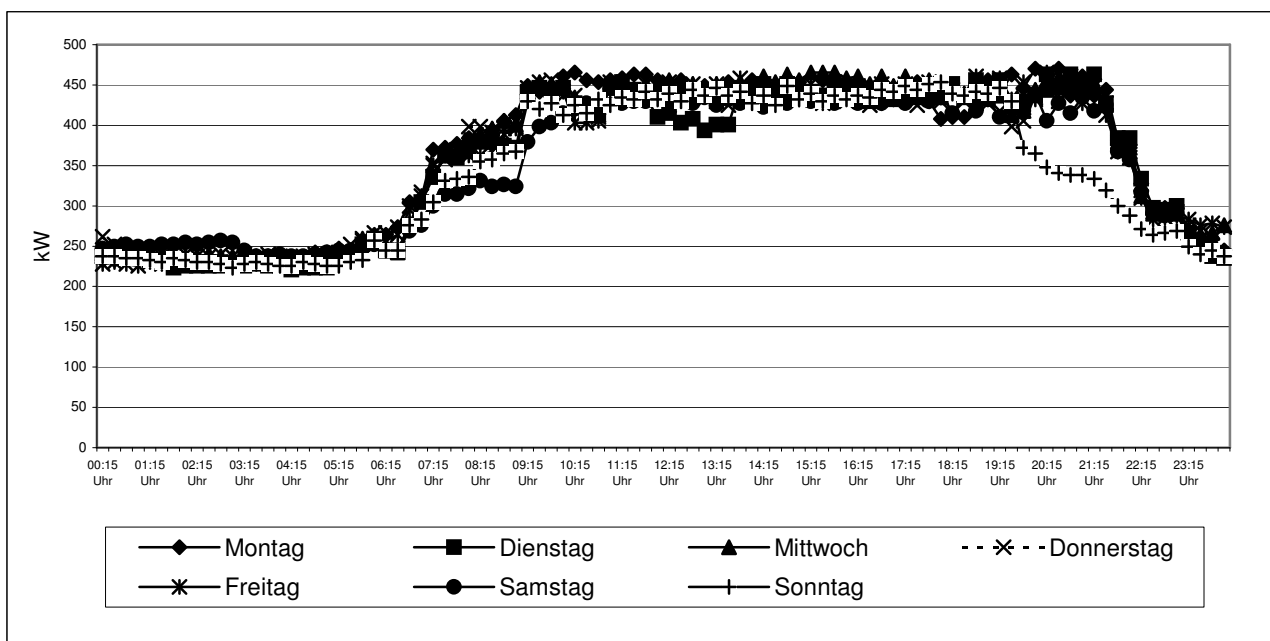
¹ Mainova AG, Fr. Bonder (Öffentliche Einrichtungen), 17.09.03

Bild II.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Prozentuale Verteilung des Stromverbrauchs auf einzelne Verbrauchergruppen



Die Hauptverbrauchergruppe mit rund 49 % stellt der Bereich „Lüftung“ dar. Danach folgen Sauna und Beleuchtung mit jeweils 18 % bzw. 13 %. Die Umwälzpumpen für Badewasser-, Heizungs-, Lüftungs- und Kältetechnik benötigen ca. 11 % des eingesetzten Stroms in den Titus-Thermen. Auf Grundlage der Stromlastgangsmessungen des Hochbauamtes für den Verbraucherbereich „Titus-Thermen“ ist im folgenden Bild der Tagesgang für die einzelnen Wochentage dargestellt.

Bild II.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Tagesgang des Stromlastprofils der Verbrauchergruppe Titus-Thermen für die einzelnen Wochentage



Die Stromgrundlast liegt bei ca. 220 kW. Den Hauptanteil an der Grundlast haben die Pumpen und die Lüftungsanlagen. Mit Beginn der Betriebs steigen die Strombezugswerte auf 400-450 kW und fallen erst mit dem Ende des Betriebs wieder ab. Eindeutige Spitzenwerte sind nicht auszumachen. Die Lastprofile an den unterschiedlichen Wochentage sind, bis auf den Sonntag mit kürzerer Öffnungszeit, nahezu gleich.

II.2 Fernwärmebezug für die Wärmebereitstellung (vgl. Abschnitt 2.2)

Die Wärmeversorgung der Titus-Thermen erfolgt ausschließlich aus dem Fernwärmenetz der Mainova AG Frankfurt. Die Erzeugung befindet sich im nahegelegenen Müllheizkraftwerk, welches über einen Kraft-Wärme-Kopplungsanteil von 90 % verfügt. Aus diesem Grund ist die Installation einer BHKW-Anlage in den Titus-Thermen aus ökologischen Gesichtspunkten nicht zu empfehlen.

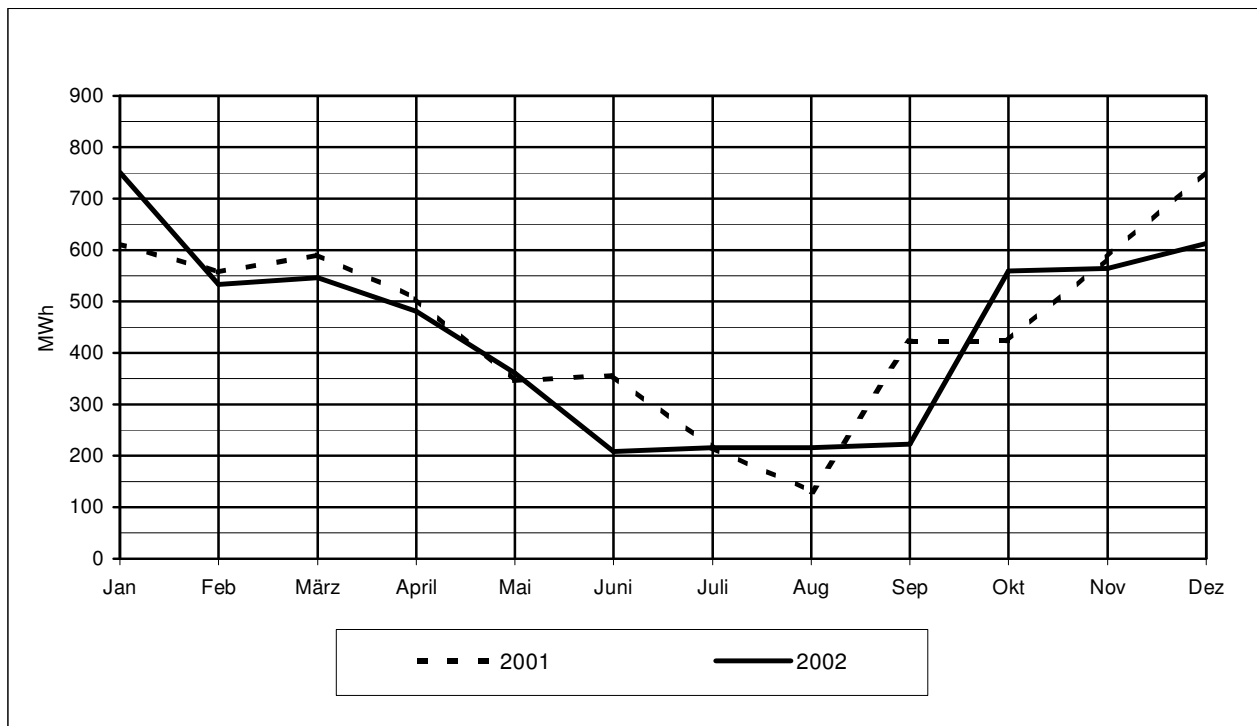
Für die Titus-Themen ist eine Gesamtanschlussleistung von 5.034 kW installiert. Für die Verbrauchserfassung und Abrechnung der Titus-Thermen ist für jeden Wärmetauscher von der Mainova ein Wärmemengenzähler installiert.

Tafel II.3 Energiekonzept Titus-Thermen: Installierte Wärmemengenzähler der Mainova

Wärmetauscher	Versorgungsbereich	Zählernummer
Freizeitbereich Heizung WT 1	Statische Heizung, RLT-Anlagen und Beckenwassererwärmung	991219
Freizeitbereich Heizung WT 2	Statische Heizung, RLT-Anlagen und Beckenwassererwärmung	991225
Freizeit WWB (Warmwasser)	Titus-Thermen einschl. Hotel	96190007408
Hotel	Hotel außer Warmwasser	930708
Bürgerhaus	Bürgerhaus und DRK-Station	931274

Die Erfassung von Hotel und Bürgerhaus/DRK-Station erfolgt mit separaten Wärmengenzählern bzw. Abrechnungen. Die Rechnungsstellung erfolgt monatlich von der Mainova an die Stadion GmbH (**Bezugstarif ThermoBusiness H**).

Bild II.3 Energiekonzept Titus-Thermen: Monatsverlauf des Fernwärmebezugs in 2001 und 2002



Insgesamt wurden in 2001 in den Titus-Thermen **5.500 MWh** und im Jahr 2002 **5.269 MWh** an Fernwärme bezogen. Die Spitzenwerte lagen in den Wintermonaten bei 600-750 MWh/Mo und im Sommer fielen die Werte auf 200-300 MWh/Mo².

Die Jahreswärmebezugskosten für die Titus-Thermen lagen in 2001 bei **359.108,- €** und in 2002 bei **327.765,- €**. Dies entsprach einem spezifischen Brutto-Wärmepreis im Jahr 2001 von 65,29 €/MWh bzw. 62,20 €/MWh in 2002.

Verteilung des Heizwärme- und Brennstoffbedarfs

Der tatsächliche Heizwärmebedarf für die statische Heizung, die RLT-Anlagen die Beckenwassererwärmung sowie die Warmwasserbereitung wird nur teilweise durch Wärmemengenzählungen erfasst und musste so rechnerisch ergänzt werden. Eine Bilanzierung des Heizwärmebedarfs für die einzelnen Verbrauchergruppen ist in der Tafel II.3 enthalten.

² Im August 2001 war die Therme zeitweise geschlossen.

Tafel II.4 Energiekonzept Titus-Thermen: Jahresbilanz des Heizwärmebedarfs für die einzelnen Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Heizenergiebedarf	Anteil am Gesamtverbrauch	Durchschnittl. Jahres-Wärmebezugskosten
RLT-Anlagen	3.370,2 MWh/a	63 %	214.835,- €/a
Statische Heizung	290,3 MWh/a	5 %	18.505,- €/a
Beckenwassererwärmung	616,8 MWh/a	11 %	39.320,- €/a
Warmwasserbereitung ³	635,0 MWh/a	12 %	40.480,- €/a
Systemverluste für Hgz+WW	483,8 MWh/a	9 %	30.840,- €/a
Gesamt	5.396,1 MWh/a		343.980,- €/a

Insgesamt wurden in den Titus-Thermen ca. 5.396 MWh an Fernwärme zur Wärmebereitstellung eingesetzt. Davon wurden 4.912,3 kWh an Nutzwärme verbraucht, d.h., rund 9 % der eingesetzten Fernwärme gingen als Verluste für die Verteilung von Heizwärme und Warmwasser verloren.

Den größten Anteil mit knapp 63 % am Heizwärmebedarf und den Jahreswärmebezugskosten haben die Lüftungsanlagen. Ca. 15 % der Energiebezugsfläche in den Titus-Thermen werden nicht durch Lüftungsanlagen versorgt sondern verfügen über statische Heizkörper wofür ein Anteil von 5 % am Gesamtheizwärmebedarf notwendig ist.

Die Warmwasserbereitung (Nutzwärme) und die Beckenwassererwärmung haben jeweils einen Anteil von 11-12 % am Gesamtheizenergiebedarf für die Titus-Thermen.

II.3 Wasser (vgl. Abschnitt 2.3)

Die Titus-Thermen verfügen über eine Ringleitung mit zwei Einspeisezählern aus dem Versorgungsnetz der Mainova AG. Die Rechnungsstellung erfolgt monatlich durch die NORDTRAKT GmbH Frankfurt an das Sport- und Bäderamt der Stadt Frankfurt. Das Bürgerhaus verfügt über eine separate Zählung und Abrechnung.

Die untervermieteten Bereiche „Hotel Ramada“, Bowling und Schießanlage werden ebenfalls über diese Rechnungen erfasst. Für diese Verbraucher erfolgt eine pauschale monatliche Gutschrift in Höhe von 5 % der Trinkwasserkosten und Kanalgebühren. Am Jahresende erfolgt eine Gesamt-abrechnung anhand separater Unterzähler für die Bereiche Hotel, Bowling und Schießanlage.

Für die Konzepterstellung konnte nur auf ein vollständiges Abrechnungsjahr des Jahres 2001 zurückgegriffen werden. Die monatlichen Werte für die beiden Stadtwasserzähler sind in Tafel II.4 dargestellt.

³ Nutzwärme

**Tafel II.4 Energiekonzept Titus-Thermen – Monatswerte von
Gesamtwasserbezug und –kosten in 2001**

Monat	Stadtwasser in m ³ /Mo	Stadtwasser in m ³ /Mo	Gesamt in m ³ /Mo	Bezugskosten in Euro
Januar	6.320	1.058	7.378	30.346,71 €
Februar	6.840	964	7.804	32.086,63 €
März	3.700	931	4.631	19.047,94 €
April	5.940	1.013	6.953	28.598,60 €
Mai	4.950	1.180	6.130	25.213,34 €
Juni	3.580	1.297	4.877	20.059,78 €
Juli	3.460	1.417	4.877	20.059,78 €
August	3.840	1.344	5.184	21.322,41 €
September	5.260	1.095	6.355	26.138,77 €
Oktober	5.630	997	6.627	27.257,48 €
November	5.820	968	6.788	27.919,60 €
Dezember	5.000	946	5.946	24.456,62 €
Gesamt	60.340	13.210	73.550	302.507,66 €

Ende 2001 wurde für die untervermieteten Bereiche ein Jahresverbrauch von 6.980 m³ von der Nordtrakt GmbH ermittelt und dem Sport- und Bäderamt rückvergütet.

Nach Abzug der untervermieteten Bereiche ergab sich für die Titus-Thermen in 2001 ein Jahreswasserbezug von **66.570 m³**. Die Jahresgesamtkosten für Wasser und Abwasser lagen bei **288.200,- €**.

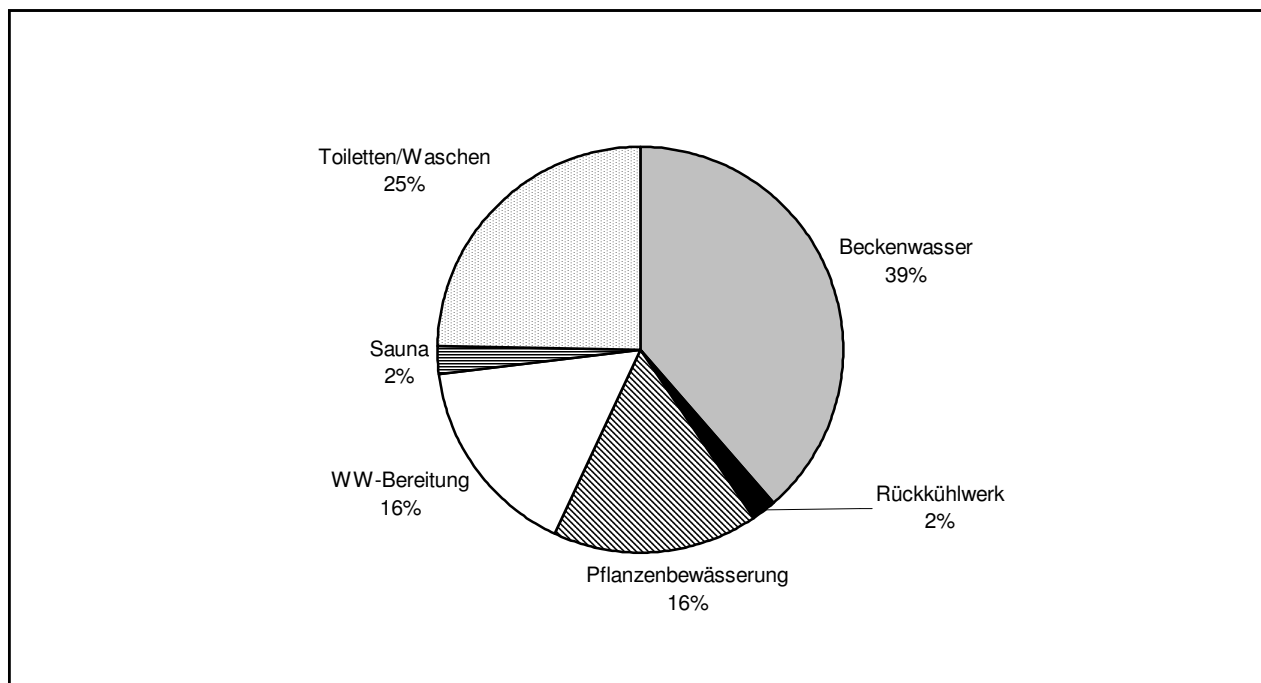
Von der Stadt Frankfurt werden jährlich für folgende Wassermengen die Kanalbenutzungsgebühren zurückerstattet, die in Folge von Verdunstung und Versickerung nicht in die Entwässerungsanlage eingeleitet werden:

- 5 % der Wassermenge für Beckenwassernachspeisung
- 50 % der Wassermenge für Kühlturm
- 75 % der Wasserbezugsmengen für die Pflanzenbewässerung

Die erstatteten Gebühren lagen in den vergangenen Jahren bei durchschnittlich 10.300,- €

In den Titus-Thermen sind ca. 35 interne Wasserzähler installiert, die vom technischen Personal monatlich abgelesen werden. Auf Grundlage dieser Verbrauchszählungen wurde die Verteilung des Wasserbedarfs in den Titus-Thermen ermittelt und in Bild II.4 dargestellt.

Bild II.4 Energiekonzept Titus-Thermen: Verteilung des Wasserbedarfs auf die einzelnen Verbraucher



Die Frischwassereinspeisung für die Schwimmbecken hat mit 39 % den größten Anteil am Gesamtwasserverbrauch der Titus-Thermen. Zusammen mit dem Anteil für die Warmwasserbereitung müssen 55 % des bezogenen Wassers erwärmt werden. Auffallend ist der relativ hohe Anteil für die Pflanzenbewässerung auf den Schwimmhallen- und Saunadächern sowie im Innenbereich (Tropische Gewächse).

II.4 Vergleich Verbrauchswerte anhand spezifischer Kenndaten

In der VDI-Richtlinie 3807 „Energieverbrauchskennwerte für Gebäude“ sind, auf Grundlage von Zahlen der Gesellschaft für Badewesen, für Freizeitbäder spezifische Verbrauchskennwerte (Heizenergie, Strom und Wasser) zusammengestellt. Diese ermöglichen eine Einordnung und Bewertung der Verbrauchswerte der Titus-Thermen.

In der folgenden Tafel sind die Kennwerte der VDI sowie die der Titus-Thermen, jedoch nur für die Schwimmhalle, zusammengestellt. Als Bezugsgröße dient die Beckenwasseroberfläche.

Tafel II.5 Energiekonzept Titus-Thermen – Vergleich spezifischer Kennwerte

Verbrauchsgruppe	VDI-Richtlinie 3807	Titus-Thermen	Beurteilung
Heizenergie	950-5.300 kWh/m ² *a	2.250 kWh/m ² *a	Mittel

Strom	350-1.600 kWh/m ² *a	861 kWh/m ² *a	Mittel
Wasser	16,5 – 56 m ³ /m ² *a	25,4 m ³ /m ² *a	niedrig

Die ermittelten spezifischen Verbrauchsdaten für die Titus-Thermen liegen im Vergleich zu den Werten nach VDI 3807 im mittleren bis unteren Bereich und sind insgesamt als befriedigend zu bewerten. Es ist jedoch noch ein entsprechendes Einsparpotential vorhanden, das es zu aktivieren gilt.

III. Stammdaten des Gebäudes und der betriebstechnischen Anlagen

III.1 Gebäude (vgl. Abschnitt 3.2)

Auf der Grundlage von technischen Unterlagen bzw. Angaben sowie Ortsbegehungen wurden die charakteristischen Gebäudekenndaten und Gebäudehüllflächen für die Titus-Thermen ermittelt.

Ermittlung des Heizwärmebedarfs

Als Instrument zur planerischen Bearbeitung eines verbesserten Wärmeschutzes wurde auf den Leitfaden „Energiebewusste Gebäudeplanung“ (1996) des Landes Hessen zurückgegriffen.

Die nach dem hessischen Leitfaden berechneten Transmissions- und Lüftungswärmeverluste betragen für die Titus-Thermen rund 5.174 MWh/a, woran die Lüftungswärmeverluste einen Anteil von 73 % haben.

Die jährlichen Wärmegewinne liegen bei rund 2.610 MWh. Die Solargewinne haben daran einen Anteil von 21 % während die Inneren Wärmegewinne 79 % betragen.

Tafel III.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“ – Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs und des Energiekennwertes Heizung

Transmissions- / Lüftungswärmeverluste	Q_V	5.174,12	MWh/a
Wärmegewinne	Q_G	2.609,72	MWh/a
Heizwärmebedarf	$Q_H = Q_V - Q_G$	2.564,60	MWh/a
Energiekennwert Heizwärme	Q_H/EBF	129,1	(kWh/m ² a)
Grenzwert		85	(kWh/m ² a)
Grenzwertüberschreitung		52	(%)
Grenzwert erfüllt	Nein		

Die Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach dem Hessischen Nachweisverfahren zeigt eine Grenzwertüberschreitung von 52 % gegenüber einem Gebäude, dass nach energetischen Optimierungsgesichtspunkten errichtet wurde. Das Einsparungspotential, das aus der Grenzwertüberschreitung abgeleitet werden kann, könnte durch bauliche Wärmeschutzmaßnahmen allerdings nur begrenzt mobilisiert werden.

Da aus Gründen der Bauerhaltung keine Sanierungsmaßnahmen an der wärmetechnischen Gebäudehülle anstehen, kann davon ausgegangen werden, dass sich keine Maßnahmen ergeben,

für deren Investition sich eine Wirtschaftlichkeit innerhalb von 10 Jahren errechnet.

Zusammenfassend kann festgehalten, dass vom Gesamtfernwärmebezug (rund 5.600 MWh/a) für die Gebäudebeheizung der Titus-Thermen rund 2.564 MWh/a an Fernwärme benötigt werden. Die übrigen Fernwärmebezugsmengen verteilen sich auf die Erwärmung der Außenluft zur Entfeuchtung der Schwimmhalle (1.566 MWh/a), der Brauchwarmwasserbereitung (635 MWh/a), der Beckenwassererwärmung (617 MWh/a) sowie den Wärmeverteilungsverlusten (484 MWh/a).

III.2 Betriebstechnische Anlagen

Hinsichtlich des Zustandes und der Konzeption werden die einzelnen betriebstechnischen Anlagen der Titus-Thermen in den folgenden Abschnitten bewertet und Hinweise auf die entsprechenden Sanierungs- bzw. Optimierungsmaßnahmen gegeben.

III.2.1 Wärmeversorgungsanlagen (vgl. Abschnitt 3.3)

- Probleme im Heizsystem ergeben sich durch die vertraglich begrenzte maximale Fernwärmearücklauftemperatur von 60°C. Aus diesem Grund wurden in der Vergangenheit installierte Wärmerückgewinnungssysteme (u.a. Abwärmenutzung Kältemaschine) sowie die Thermische Desinfektionsanlage wieder außer Betrieb genommen.
- Die installierte Wärmetauscherleistung von 5.032 kW reicht aus, um die Titus-Thermen ausreichend mit Heizwärme für die Gebäudebeheizung, die Lüftungsanlagen, die Warmwasserbereitung und die Beckenwassererwärmung zu versorgen. Die benötigte Wärmeleistung liegt jedoch nur bei 4.740 kW. Demnach ist die installierte Fernwärmeanschlussleistung um 292 kW zu hoch (**s. Maßnahme 3.3.III**).
- Im Verwaltungsbereich sind 4 Büroräume ohne statische Heizkörper ausgestattet. Es erfolgt eine dezentrale Beheizung in den Wintermonaten mit Strom, da die vorhandene Lüftungsanlage keine ausreichende Erwärmung ermöglicht. Hier sollte ein Anschluss an das Warmwasserheizsystem mit Installation von Heizkörper erfolgen (**s. Maßnahme 3.3.I**).
- Die Schwimmhalle verfügt über keine statische Beheizung. Der gesamte Heizwärmebedarf muss durch die Lüftungsanlage gedeckt werden. Die Installation von statischen Heizflächen hätte den Vorteil, dass die Luftmenge der Lüftungsanlage „2.1 Schwimmhalle“ reduziert werden könnte. Die Realisierung kann jedoch erst im Rahmen einer Gesamtsanierung der Schwimmhalle durchgeführt werden, da ansonsten der bauliche Aufwand zu groß wäre (**s. Maßnahme 3.4.II**).
- Von den installierten Umwälzpumpen werden die zentralen Doppelpumpen mit elektronischen Drehzahlregelungen betrieben.
Die unregelmäßig betriebenen Sekundärpumpen für die „Statischen Heizkreise 3-7 und 2“ sollten durch drehzahlgeregelte Pumpen ersetzt werden, da diese einen überhöhten Stromverbrauch verursachen. Im Rahmen einer Modernisierung bzw. Austausches muss gemäß EnEV eine selbst-

tätig in 3 Stufen regelbare elektronische Pumpe eingebaut werden (**s. Maßnahme 3.3.II**).

- Das Brauchwasser-Leitungsnetz verfügt über zu lange Stichleitungen. Es kam zu Temperaturproblemen an den Zapfstellen bei Unterbrechung der Zirkulation. Ein Umbau des Leitungsnetzes ist aus baulichen Gründen kaum möglich.
- Die UV-Desinfektionsanlage arbeitet als Legionellenschutz für die Brauchwarmwasserbereitung zufriedenstellend.

III.2.2 Klima- und Lüftungsanlagen (vgl. Abschnitt 3.4)

- Insgesamt sind 37 Lüftungsgeräte in den Titus-Thermen installiert. Davon verfügen 8 Anlagen über eine Kühlfunktion, 6 Geräte sind kombinierte Zu- und Abluftgeräte und 23 reine Fortluftanlagen. Sämtliche energetisch relevanten Anlagen verfügen über ein Wärmerückgewinnungssystem.
- Die Ventilatoren der zentralen Zu- und Abluftgeräte wurden bereits in den vergangenen Jahren schrittweise gegen Rotovent-Ventilatoren mit einem höheren Wirkungsgrad ausgetauscht.
- Die Betriebszeiten der Lüftungsanlagen können teilweise reduziert werden, da die Nutzungsanforderungen sich mittlerweile geändert haben (**s. Maßnahme 3.4.I**).
- Von allen Betriebstechnischen Anlagen, die in den Titus-Thermen betrieben werden, stellt die RLT-Anlage „Schwimmhalle“ den relevantesten „Wärme- und Stromverbraucher“ dar. Die Anlage, die einen Zu- und Abluftvolumenstrom von jeweils 72.000 m³/h aufweist, entspricht in ihrer technischen Konzeption nicht dem technischen Stand. Derzeit wird sie, unabhängig von den tatsächlichen Anforderungen, ganzjährig im Volllastbetrieb gefahren. Zu einem überhöhten Heizwärmeverbrauch trägt, neben dem nicht lastabhängigen Betrieb der Anlage, die Tatsache bei, dass der Geräteaufbau nicht optimal ist. Das Kreislauf-Verbund-WRG-System überträgt nicht die Wärme von der Fort- an die Außenluft sondern von der Ab- an die Mischluft. Aufgrund dieser Tatsache ist die Temperaturspreizung zwischen den beiden WRG-Wärmetauschern relativ gering und das System erreicht keinen optimalen Wirkungsgrad. Zudem ermöglicht die derzeitige Gerätestruktur und die damit verbundene Anlagenregelung nur eine unzureichende Nutzung einer variablen Beimischung von Umluft (**s. Maßnahme 3.4.II**).
- Durch die RLT-Anlage „Fitness und Sauna“ werden zwei Raumbereiche mit stark abweichenden Anforderung an die Luftqualität und die Lufttemperatur versorgt. Während im Saunabereich eine Raumtemperatur von 26 °C einzuhalten ist, soll die Solltemperatur im Fitnessbereich möglichst auf 18 °C begrenzt bleiben. Dies schränkt die Möglichkeit eines Umluftbetriebes zur Rückgewinnung der Abluftwärme stark ein. Zudem führt die Anordnung der WRG-Komponenten zu einem reduzierten Systemwirkungsgrad (vgl. auch vorhergehenden Ab-

schnitt). Weiterhin kann die Möglichkeit des Umluftbetriebes nicht genutzt werden, weil die chlorhaltige Saunaabluft im Fitnessbereich zu Beschwerden führt (**s. Maßnahme 3.4.III**).

III.2.3 Badewassertechnik (vgl. Abschnitt 3.5)

- Im Rahmen der derzeit laufenden Umbaumaßnahme in der Saunalandschaft wird die Anlage V (Saunatauchbecken) stillgelegt und dafür ein weiterer Hot-Whirl-Pool mit separatem Beckenwassersystem installiert.
- Für die Becken der einzelnen Anlagen werden unterschiedliche Temperaturen benötigt. So kann zum Beispiel das Sportbecken nicht mit den gewünschten 26°C gefahren werden, sondern erreicht wegen dem HWP bzw. Solebecken Temperaturen von 28° und höher. Dies ist aus energetischen Gründen und im Hinblick auf einen sinnvollen Badebetrieb zu ändern indem ein neuer Badewasserkreis für die höhertemperierten Becken (Kinder- und Solebecken sowie HWP) zu schaffen ist (**s. Maßnahme 3.5.I**).
- Die Filteranlagen in den Titus-Thermen weisen zwar keinen akuten Sanierungsbedarf auf, entsprechen in ihrer Konzeption aber nicht mehr dem Stand der Technik. Wesentliche Nachteile gegenüber energieoptimierten Filtersystemen sind der Widerstand bei der Durchströmung, der hohe Pumpenleistungen verursacht, und der hohe Wasserbedarf für die Filterrückspülung. Während die gültige DIN 19643 davon ausgeht, dass pro Badnutzer 30 l Wasser ausgetauscht werden müssen, verursacht die derzeitige Anlage einen Wasserverbrauch von ca. 110 l pro Besucher (235.480 Besucher pro Jahr, Beckenwassernachspeisung 25.715 m³). Dies führt zwar grundsätzlich zu einer guten Wasserqualität verursacht aber einen völlig überhöhten Energie- und Wasserverbrauch. Aus diesem Grund wird in **Maßnahme 3.5.II** eine Optimierungsmaßnahme für die Beckenwasseraufbereitungsanlage untersucht.
- Die Solebehälter mit einem Volumen von 30 m³ können zur Speicherung von Filterrückspülwasser (2. Spülung) genutzt werden. Mit diesem Wasser kann die Pflanzenbewässerung erfolgen, da der Jahreswasserverbrauch hierfür einen relevanten Anteil am Gesamtwasserbedarf der Titus-Thermen verursacht (vgl. Abschnitt 2.3). Nach Informationen von Grünanlagenbauern sind keine Probleme beim Ausbringen von chlorhaltigem Wasser auf Pflanzen bekannt (**s. Maßnahme 3.5.III**).

III.2.4 Kälteversorgungsanlagen (vgl. Abschnitt 3.6)

- Die beiden Kältemaschinen werden ab April bis September/Okttober eines Jahres betrieben. Die Maschinen werden durch eine Folgeschaltung im täglichen Wechsel gefahren. Die nicht genutzte Maschine wird nicht im Standby-Betrieb gehalten, sondern fast komplett abgeschaltet. Es erfolgt nur eine Ölbeheizung.

- Beide Kältemaschinen laufen nur ca. 3 Wochen im Jahr im Parallelbetrieb.
- Die beiden Kältemaschinen verbrauchen zusammen jährlich 171.900 kWh Strom (vgl. Abschnitt 2.1). Bei einer elektrischen Anschlussleistung von 178 kW errechnen sich daraus 965 Vollbenutzungsstunden (Kälte). Die jährlich erzeugte Kältemenge liegt bei 386.000 kWh.
- Laut internem Kältemengenzähler wird für den Bowlingbereich eine Kältemenge von 80.210 kWh = 20,7 % benötigt. Die anderen verpachteten Bereiche Restaurant und Squash haben derzeit keinen Kältebedarf.
- Die vorhandenen Kältemaschinen werden mit dem Kältemittel R 22 betrieben. Ab Januar 2000 ist es in Deutschland verboten, bei Neuanlagen das Kältemittel R 22 in Verkehr zu bringen oder zu verwenden. In Anlagen, die vor dem 1.1.2000 hergestellt und in den Verkehr gebracht worden sind, kann R 22 auch weiterhin noch bis Ende 2014 verwendet werden. Unabhängig davon wird die vermarktete Menge an R 22 in den nächsten Jahren stark reduziert und bis zum Jahr 2010 auf Null zurückgeführt.
- Die Reduzierung von inneren und äußeren Kühllasten in den Titus-Thermen ist anzustreben. Innere Lasten können durch Einbau von neuen energiesparenden Beleuchtungssystemen gesenkt werden (**s. Maßnahme 3.7.I**). Die Verringerung äußerer Lasten (Sonneneinstrahlung) kann durch Sonnenschutzmaßnahmen erreicht werden (z.B. Streichen der Glasfenster der Sporthallen-Sheddächer in Südrichtung mit weißer Farbe).

III.2.5 Elektroanlagen und Regelungstechnik (vgl. Abschnitt 3.7)

Die Beleuchtungssysteme in den Titus-Thermen lassen sich wie folgt bewerten:

- Die Beleuchtungsanlagen haben einen Anteil von ca. 13 % am Gesamtstromverbrauch der Titus-Thermen (vgl. Abschnitt 2.1).
- Es sind insgesamt rund 1.730 Niedervolt(NV-)Halogenstrahler mit einer Leistung von je 50 Watt installiert. Diese erzeugen zwar ein angenehmes „warmes Licht“ haben aber einen Anteil am Gesamtverbrauch der Beleuchtungsanlagen von knapp 49 %. Des weiteren ergeben sich durch die begrenzte Lebensdauer der NV-Strahler mit 4.000 - 4.500 Betriebsstunden hohe Instandhaltungskosten für dieses System. Pro Jahr werden ca. 2.500 Strahler und 1.000 Trafos gewechselt. Die Kosten hierfür liegen bei 17.500 € pro Jahr.
Außer dem Saunabereich, wo warmes Licht gewünscht wird, könnte eine Umrüstung auf Kompakt-Einbauleuchten erfolgen (**s. Maßnahme 3.7.I**).
- Im Rahmen des Umbaus des Saunabereichs erfolgt derzeit eine Umrüstung der handgeschalteten NV-Halogenleuchten von 24 V auf 230 V, um eine Ansteuerung über die GLT zu ermöglichen. Geplant ist eine Stufenschaltung von 20 % der Leuchten tagsüber und 50 % in den Abendstunden. Die gesamte Beleuchtung (100 %) wird nur zu Putzzwecken eingeschaltet sowie als Sicherheitsbeleuchtung vorgehalten.
- Die Sporthallenbeleuchtung ist für eine maximale Beleuchtungsstärke von 900 lx ausgelegt

(Fernsehbetrieb). Die Hallenbeleuchtung kann für den Trainingsbetrieb gedrittelt (200 lx) und halbiert (150 lx) werden.

- In den Titus-Thermen ist ein busfähiges Gebäudeleittechniksystem vorhanden. Die installierte GLT verfügt über eine Energieoptimierungsfunktion, d.h., in Spitzenlastzeiten kann der Strombezug durch Wegschalten einzelner relevanter Verbraucher begrenzt werden. Allerdings waren bzw. sind nicht sämtliche relevanten Verbraucher (z.B. Sauna, Kältemaschinen) aufgeschaltet. Eine bedarfsgerechte Betriebsweise der Beleuchtungsanlagen ist derzeit in den Titus-Thermen nur teilweise möglich. Zum Beispiel ist ein betriebsicheres Ein- und Wegschalten der Schwimmhallenbeleuchtung aus technischen Gründen (Stromstoßschalter) nicht möglich (**s.**

Maßnahme 3.7.II

Begrenzung der installierten Beleuchtungsleistung im Rahmen der Umbaumaßnahme „Saunalandschaft“

Im Rahmen der Umbaumaßnahme „Saunawelt“ wurden auf Empfehlung des Zwischenberichts des Energiekonzeptes vom Mai 2003, die Erneuerung der Beleuchtungskörper dahingehend geändert, dass anstelle von NV-Halogenleuchten dimmbare Kompakt-Leuchtstofflampen eingebaut wurden. Hierdurch konnten die Zielwerte der Technischen Standards des HBA eingehalten werden.

-

IV. Maßnahmenkatalog nach Priorität

Bei einer Erstellung eines Maßnahmenkataloges wurden folgende Prioritäten beachtet:

- Betriebssicherheit
- Wirtschaftlichkeit
- Technische Realisierbarkeit und zukünftige Entwicklung der Nutzung
- Rationeller und umweltschonender Energieeinsatz

Im Hinblick auf die genannten Prioritäten ergibt sich der nachfolgende Maßnahmenkatalog für eine umfassende Sanierung und Optimierung der Gebäudehülle sowie der Betriebstechnischen Anlagen in den Titus-Thermen.

Maßnahmen 1. Priorität

Bereits realisierte Maßnahme (Empfehlung aus Zwischenbericht):

Maßnahmenbezeichnung	<i>Optimierung der Beleuchtung im Saunabereich</i>
Erläuterungen im Konzept:	<i>Abschnitt 3.7</i>
Art der Maßnahme	<i>Investiv</i>
Beschreibung:	<i>Einbau von dimmbaren Kompakt-Leuchtstoffleuchten im Rahmen der Sanierung der Saunawelt</i>
Grund	<i>Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll</i>
Nutzungszeit:	<i>15 Jahre</i>
Energieeinsparung:	<i>Strom – Wirkarbeit 26.400 kWh/a – Leistung 9,0 kW</i>
Energie- und Umweltfolge-	
Kostenreduzierung:	<i>2.750,- €/a</i>
Zeitpunkt der Realisierung:	<i>In 2003 abgeschlossen</i>

Maßnahme I.1:

Maßnahmenbezeichnung **3.4.I – Optimierung der Betriebszeiten der RLT-Anlagen**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.4 und 4.3*

Art der Maßnahme *Organisatorisch*

Beschreibung: *Anpassen der Laufzeiten der Lüftungsanlagen (Sporthalle, Verwaltung und Große Mall) an den tatsächlichen Bedarf (Regelung)*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *keine*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Fernwärme - 102.000 kWh/a und Strom - 58.000 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *8.670,- €/a*

Amortisation *sofort*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2003*

Maßnahme I.2:

Maßnahmenbezeichnung **2.1.I – Korrektur der falsch berechneten Stromleistungsspitze vom September 2002**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 2.1*

Art der Maßnahme *Organisatorisch*

Beschreibung: *Korrektur der Stromrechnung durch die Mainova AG*

Grund *Wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *keine*

Nutzungszeit:

Energieeinsparung:

Energiekostenreduzierung: *61.000,- € / a*

Amortisation *sofort*

Zeitpunkt der Realisierung: *Sofort (ist in Bearbeitung durch Mainova)*

Maßnahme I.3:

Maßnahmenbezeichnung **3.3.III – Reduzierung der Fernwärmeanschlussleistung**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.3 und 4.2*

Art der Maßnahme *Organisatorisch*

Beschreibung: *Vertragliche Festlegung einer Reduzierung der Fernwärmeanschlussleistung mit der Mainova.*

Grund *Wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *keine*

Nutzungszeit: *10 Jahre*

Energieeinsparung: *keine*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *Fernwärmegrundkosten 5.260,- € / a*

Amortisation *Sofort*

Zeitpunkt der Realisierung: *Sofort (um rund 300 kW), weitere Reduzierung nach Durchführung von Energiesparmaßnahmen*

Maßnahme I.4:

Maßnahmenbezeichnung **2.4.I – Bedarfsgerechte Verbrauchserfassung- und Abrechnung**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 2.4*

Art der Maßnahme *Investiv und organisatorisch*

Beschreibung: *Erfassung und Abrechnung der Energie- und Wasserverbräuche untervermieteter Bereiche durch Trennung von Verbrauchsbereichen sowie Einbau von Zähleinrichtung (Strom-, Wärme-, Kälte- und Wasser)*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *147.900,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *-*

Energiekostenreduzierung: *13.625,- € / a (Durch Weitergabe der Kosten an Pächter)*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2004*

Maßnahme I.5:

Maßnahmenbezeichnung **3.4.IIa – Optimierung der Lüftungsanlage „Schwimmhalle“**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.4 und 4.3*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Umrüstung des vorh. Gerätes auf eine variable bedarfsgerechte Anpassung der Außen- und Gesamtluftmengen*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *94.730,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Fernwärme - 467.000 kWh/a und Strom - 434.190 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *82.250,- €/a*

Amortisation *1,2 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2003-2004*

Maßnahme I.6:

Maßnahmenbezeichnung **3.5.III – Nutzung von Beckenwasser zur Pflanzenbewässerung**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.5 und 4.4*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Nutzung von Beckenwasser (Mess- und Absetzwasser) durch Speicherung in den vorhandenen Solebehältern zur Pflanzenbewässerung (Dach und Schwimmhalle)*

Grund *Wirtschaftlich sinnvoll und Reduzierung des Wasserverbrauchs*

Investition: *16.700,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Wassereinsparung: *Wasser – 10.900 m³/a*

Wasser- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *12.300,- €/a*

Amortisation *1,4 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2004*

Maßnahme I.7:

Maßnahmenbezeichnung **3.7.I – Ersatz der NH-Halogenstrahler durch Kompakt-Leuchtstoffleuchten im Fitnesscenter**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.7 und 4.5*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Ausbau der vorhandenen NV –Halogenstrahler im Fitnesscenter und Einbau neuer energiesparenden Leuchtstofflampen (Downlights)*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *26.000,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Strom - 61.300 kWh/a und 21 kW*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *10.400,- € / a*

Amortisation *2,8 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2004*

Maßnahme I.8:

Maßnahmenbezeichnung **3.7.II – Energieoptimierung durch Last-Management der GLT**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.7 und 4.5*

Art der Maßnahme *Investiv und organisatorisch*

Beschreibung: *Umrüstung der vorhandenen GLT sowie der Unterverteilung für einen bedarfsgerechten Betrieb (u.a. Beleuchtung) sowie Wegschalten von Verbrauchern in Spitzenlastzeiten*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *65.500,- €, davon 36.195,- € für Last-Management und 29.230,- € für die Beleuchtungssteuerung*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Strom - 30.600 kWh/a und 95 kW*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *14.200,- € / a*

Amortisation *5,6 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2004*

Maßnahme I.9:

Maßnahmenbezeichnung **3.5.I – Installation eines neuen Beckenwasserkreislaufes für höher temperierte Becken**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.5 und 4.4*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Installation einer Vakuum-Anschwemmfilteranlage für höher temperierte Becken (Kinder-, Sole und Hot-Whirl-Pool)*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *157.300,- € (Bei Entsorgung Aktivkohle als Sondermüll zusätzlich 5.000,- € für Absetzbecken)*

Nutzungszeit: *20 Jahre*

Energieeinsparung: *Strom - 38.400 kWh/a und Wasser - 3.470 m³/a sowie Fernwärmebezug 76.300 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *22.100,- €/a*

*Bei Berücksichtigung Sondermüllentsorgungskosten für Aktivkohle
21.250,- €/a*

Amortisation *9,6 Jahre (mit Sondermüllkosten für Aktivkohle 10,5 Jahre)*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2004-2005*

Maßnahme I.10:

Maßnahmenbezeichnung **3.4.III – Optimierung der Lüftungsanlage „Fitness/Sauna“**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.4 und 4.3*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Trennung der beiden Bereiche durch Installation von zwei separaten Lüftungsgeräten*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *172.000,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Fernwärme - 421.600 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *25.050,- €/a*

Amortisation *9,1 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2004-2005*

Maßnahmen 2. Priorität

Maßnahme II.1:

Maßnahmenbezeichnung ***3.4.IIb – Optimierung der Lüftungsanlage „Schwimmhalle“ durch Installation von statischen Heizflächen in der Schwimmhalle***

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.4 und 4.3*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Installation von statischen Heizflächen in der Schwimmhalle bei einer baulichen Sanierung*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: *37.850,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Strom - 45.510 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *4.200,- €/a*

Amortisation *13,4 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *Bei anstehender baulicher Sanierung der Schwimmhalle*

Maßnahme II.2:

Maßnahmenbezeichnung ***3.3.I – Anschluss von Verwaltungsbürräumen an das zentrale Heizsystem***

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.3 und 4.2*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Anschluss von 4 elektrisch beheizten Büroräumen an das zentrale Pumpen-Warmwasser-Heizsystem*

Grund *Energetisch sinnvoll*

Investition: *4.550,- €*

Nutzungszeit: *20 Jahre*

Energieeinsparung: *Primärenergie 1.730 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: 160,- €/a
Amortisation keine
Zeitpunkt der Realisierung: Vor der Heizsaison 2004 /2005

Maßnahme II.3:

Maßnahmenbezeichnung **3.3.II – Optimierung der Heizungsumwälzpumpen**

Erläuterungen im Konzept: Abschnitt 3.3 und 4.2

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Austausch der unregelmäßig geordneten Heizungs- Umwälzpumpe durch neue dem tatsächlichen Bedarf angepasste drehzahlgeleitete Pumpen.*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Investition: 2.550,- €

Nutzungszeit: 15 Jahre

Energieeinsparung: Strom - 4.570 kWh/a und 0,6 kW

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: 580,- € / a

Amortisation 5,2 Jahre

Zeitpunkt der Realisierung: Bei anstehender Sanierung

Anhang zur Zusammenfassung– Übersicht der untersuchten Maßnahmen**Maßnahmen 1. Priorität**

Maßnahmen- bezeichnung	Erläuterungen im Konzept - Abschnitt Abschnitt	Art der Maßnahme	Grund	Investition in EUR	Nutzungs- zeit In a	Energie- und Wassereinsparung FW=Fernwärme	Energie- u. Umwelt- Folgekosten- reduzierung In EUR	Amorti- sation In a	Zeitpunkt der Realisierung
3.4.I Optimierung Be- triebszeiten RLT-Anlagen	3.4 und 4.3.	Investiv	Energetisch u. Wirtschaftlich	Keine	15	FW 102.000 kWh/a Strom 58.000 kWh/a	8.760,-	Sofort	In 2003
2.1.I Korrektur berechn. Stromspitze 09/02	2.1	Organisatorisch	Wirtschaftlich	Keine			61.000,-	Sofort	In Bearbeitung Lt. Mainova
3.3.III Reduzierung Fernwärmeanschluss	3.3 und 4.2	Organisatorisch	Wirtschaftlich	Keine			Fernwärmegrund- Kosten 5.260,-	Sofort	Sofort und nach Umsetzung
2.4.I Bedarfsgerechte Verbrauchserfassung	2.4	Investiv und Organisatorisch	Wirtschaftlich	147.900,-	15		13.625,- (Kostenweitergabe)		In 2004
3.4.IIa Optimierung RLT-Schwimmhalle	3.4 und 4.3	Investiv	Energetisch u. Wirtschaftlich	94.800,-	15	FW 467.000 kWh/a Strom 434.000 kWh/a	82.250,-	1,2	In 2003-2004
3.5.II Nutzung Becken- Wasser f. Pflanzenbew.	3.5 und 4.4	Investiv	Wassereinsparung u. Wirtschaftlich	16.700,-	15	Wasser 10.900 m ³ /a	12.300,-	1,4	In 2004
3.7.I Ersatz NH-Leuchten Im Fitnesscenter	3.7 und 4.5	Investiv	Energetisch u. Wirtschaftlich	26.000,-	15	Strom 61.300 kWh/a 21 kW	10.400,-	2,8	In 2004
3.7.II Energieoptimierung Durch Lastmanagement	3.7 und 4.5	Investiv und Organisatorisch	Energetisch u. Wirtschaftlich	65.500,-	15	Strom 30.600 kWh/a 95 kW	14.200,-	5,6	In 2004
3.5.I Neuer Becken- Wasserkreis für höher temperierte Becken	3.5 und 4.4	Investiv	Wassereinsparung u. Wirtschaftlich	157.300,- Sonderm. 162.300,-	20	Wasser 3.470 m ³ /a Strom 38.400 kWh/a FW 76.300 kWh/a	22.100,- Mit Sondermüllk.o 21.250,-	9,6 10,5	In 2004-2005
3.4.III Optimierung RLT-Fitness/Sauna	3.4 und 4.3	Investiv	Energetisch u. Wirtschaftlich	172.000,-	15	FW 421.600 kWh/a	25.050,-	9,1	In 2004-2005
GESAMT				680.200,-		FW 1.066.900 kWh/a Strom 622.490 kWh/a Wasser 14.370 m³	5.055,-		

Maßnahmen 2. Priorität

Maßnahmen- bezeichnung	Erläuterungen im Konzept - Abschnitt Abschnitt	Art der Maßnahme	Grund	Investition in EUR	Nutzungs- zeit in a	Energie- einsparung FW=Fernwärme	Energie- u. Umwelt- Folgekosten- reduzierung in EUR	Amorti- sation in a	Zeitpunkt der Realisierung
3.4.IIb Optimierung RLT- Schwimmhalle durch Einbau stat. Heizflächen	3.4 und 4.3	Investiv	Energetisch u. Wirtschaftlich	37.850,-	15	Strom 45.510 kWh/a	4.100,-	13,4	Bei anstehender baulicher Sanier. Schwimmhalle
3.3.I Anschluss Büror. An PWW-System	3.3 und 4.2	Investiv	Energetisch sinnvoll	4.550,-	20	Primärenergie 1.730 kWh/a	160,-	keine	Vor Heizperiode 2004/2005
3.3.:II Optimierung Heizungspumpen	3.3 und 4.2	Investiv	Energetisch u. Wirtschaftlich	2.550,-	15	Strom 4.570 kWh/a 0,6 kW	580,-	5,2	Vor Heizperiode 2004/2005
GESAMT				44.950,-		Strom 51.810 kWh/a	4.840,-		

1. Aufgabenstellung und Grundlagen

1.1 Aufgabenstellung

Im Auftrag der Stadt Frankfurt am Main, Abteilung Hochbau-Energiemanagement, war für die Titus-Thermen in Frankfurt, Walter-Möller-Platz 2, ein Energiekonzept zu erstellen.

Auf der Grundlage des vorgegebenen Arbeitsprogramms zum Energiekonzept wurden für die Titus-Thermen mögliche Energiesparmaßnahmen für die einzelnen Verbrauchssektoren untersucht, die zu einer rationellen Energieverwendung und entsprechender Umweltentlastung beitragen sollten.

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

- **Aufnahme des Ist-Zustandes**

- Ermittlung, Darstellung und Beurteilung der Stammdaten für Gebäude und betriebstechnische Anlagen
- Ermittlung und Beurteilung des Wärme-, Strom-, Kälte und Wasserbedarfs

- **Untersuchung des Energieeinsparpotentials**

- Aufstellung von Maßnahmen zur Einsparung von Verbrauch und Kosten bei Heizenergie, Strom und Wasser, u.a.
 - Nichtinvestive u. organisatorische Maßnahmen,
 - Verbesserung der Wärmedämmung (Auflagen EnEV),
 - Verbesserung oder Ersatz der Regelungstechnik für Lüftung, Pumpen, Beleuchtung
 - Optimierung technischer Anlagen (Hzg., Lüftung, Klima, Kälte, Beleuchtung, Wasser)
 - Optimierung Energielieferverträge

- **Ermittlung und Darstellung der Wirtschaftlichkeit für anstehende Sanierungsmaßnahmen sowie wirtschaftliche Maßnahmen**

- Berechnung der Energie- und Wassereinsparung
- Darstellung der Wirtschaftlichkeit auf Basis der Gesamtkostenberechnung
- Erarbeitung einer Prioritätenliste und Erstellung eines Maßnahmenkataloges
- Auswirkungen der Energiesparmaßnahmen auf den Primärenergiebedarf, die Schadstoffemissionen sowie die Anschlussleistung

Begleitet wurde die Bearbeitung des Energiekonzepts von einer Arbeitsgruppe bestehend aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Hochbauamtes, des Sport- und Bäderamtes sowie der Titus-Thermen.

1.2 Grundlagen

Grundlagen des Energiekonzeptes bilden im wesentlichen:

- Angaben von Mitarbeitern der Titus-Thermen sowie der Hochbauabteilung der Stadt Frankfurt
- Verbrauchsaufzeichnungen des Energieversorgungsunternehmens Mainova
- Stromlastmessungen der Abteilung Energiemanagement im Hochbauamt der Stadt Frankfurt
- Bestands- und Planungsunterlagen (u.a. Baubeschreibungen, Funktionsbeschreibungen, Erläuterungsberichte sowie Baupläne und technische Zeichnungen)
- 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 Energiesparverordnung (EnEV) vom 01.02.2002
- 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 3807 „Energieverbrauchskennwerte für Gebäude“,
- der VDI-Richtlinie 3814 „Gebäudeleittechnik“,
- der DIN 1946 „Lüftungstechnische Anlagen“,
- der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“,
- der DIN 4710 „Meteorologische Daten“,
- der VDI-Richtlinie 2089 "Heizung, Raumluftechnik und Wassererwärmung in Hallenbädern
- der DIN 19 643 "Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser"
- dem hessischen Leitfaden „Elektrische Energie im Hochbau“,
- dem hessischen 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. Stammdaten des Energie- und Wasserverbrauchs

2.1 Elektrischer Strombedarf- und -verbrauch

2.1.1 Gesamtstrombedarf und -verbrauch

Der Strombedarf der Titus-Thermen wird ausschließlich aus dem Netz der Mainova AG gedeckt. Auf der Niederspannungsseite des Mainova-Netzes sind die in Tafel 2.1.1 aufgeführten Hauptstromzähler der Mainova installiert: Sämtliche Haupt- und Unterzähler mit den entsprechenden Zählernummern sind im Anhang 2.1.1 zusammengestellt.

Tafel 2.1.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Hauptstromzähler der Mainova AG

Verbrauchergruppe	Art der Zähler	Versorgungsbereich
Titus-Thermen	Wirkarbeit HT/NT, Blindstrom, Leistung	Beleuchtung, Lüftung, Pumpen, etc.
Kälte	Wirkarbeit HT/NT, Blindstrom, Leistung	Kältemaschinen
Gastronomie	Wirkarbeit HT/NT, Blindstrom, Leistung	Restaurant UV-1-1.4 und UV-1-1.1
Schießanlage	Wirkarbeit HT/NT	Schießanlage UV-3-0.5
Bowling	Wirkarbeit HT/NT	Bowlinganlage außer Lüftung UV-3-0.4
Hotel	Wirkarbeit HT/NT	Hotel
Bürgerhaus	Wirkarbeit HT/NT, Blindstrom, Leistung	Bürgerhaus

Als Sondervertragskunde erfolgt für die Titus-Thermen eine Abrechnung der bezogenen Arbeit nach Hoch- und Niedertarifzeiten sowie der Leistung als Mittelwert aus den drei höchsten Monatspitzen. (**Business HighPower 2**)

Die Jahresgesamststromkosten beliefen sich in 2001 auf **479.640,- €** und im Jahr 2002 auf **458.135,- €**.

Die monatlichen Abrechnungen der Mainova gehen an die Stadt Frankfurt – Römerberg 1. Abgerechnet werden hierüber die Verbrauchsstellen Titus-Thermen, Bürgerhaus, Kältemaschinen und Gastronomie in einer Rechnung.

Im Abrechnungsjahr 2002 gab es im Zeitraum von Januar bis März Probleme bei der Verbrauchsmessung (zu geringer HT-NT-Verbrauch bei allen Gruppen). Des weiteren wurde im September 2002 die Leistungsspitze für die Titus-Thermen mit 2.530 kW geschätzt. Dieser Wert ist deutlich über den sonst üblichen Werten um 780 kW.

Nach Auskunft der Mainova ist der Fall bekannt und wird in den nächsten Wochen entschieden und mit zukünftigen Stromkosten verrechnet.⁴ Die zusätzlich berechneten Leistungskosten liegen in einer Größenordnung von 61.000,- € (**Maßnahme 2.1.1**)

Aus den o.g. Gründen wurde das Bezugsjahr 2001 gewählt und in Tafel 2.1.2 die Verteilung des Gesamtstrombezugs in 2001 für die einzelnen Bereiche dargestellt.

⁴ Mainova AG, Fr. Bonder (Öffentliche Einrichtungen), 17.09.03

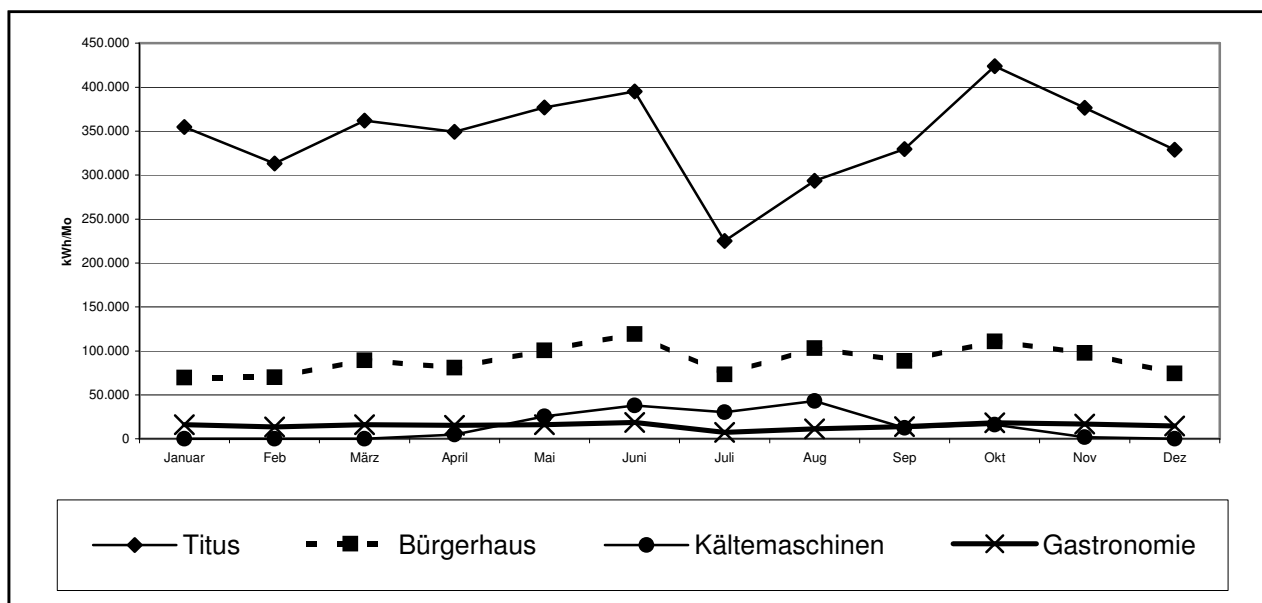
Tafel 2.1.2 Energiekonzept Titus-Thermen: Zusammenstellung der Jahresverbrauchswerte der einzelnen Bereiche für Strom in 2001

Verbrauchergruppe	Wirkarbeit			Max-Leistung
	Hochtarif in kWh/Mo	Niedertarif in kWh/Mo	Gesamt in kWh/Mo	in kW
Titus-Thermen	2.365.250	1.763.410	4.128.660	783
Kälte	98.156	73.771	171.927	145
Gastronomie	104.682	73.549	178.231	77
Bürgerhaus	592.120	485.178	1.077.298	246
GESAMT	3.160.208	2.395.908	5.556.116	1.222

Die Titus-Thermen mit Kältemaschinen haben einen Anteil am abgerechneten Gesamtstrombezug von 77 % und das Bürgerhaus von 19,4 %.

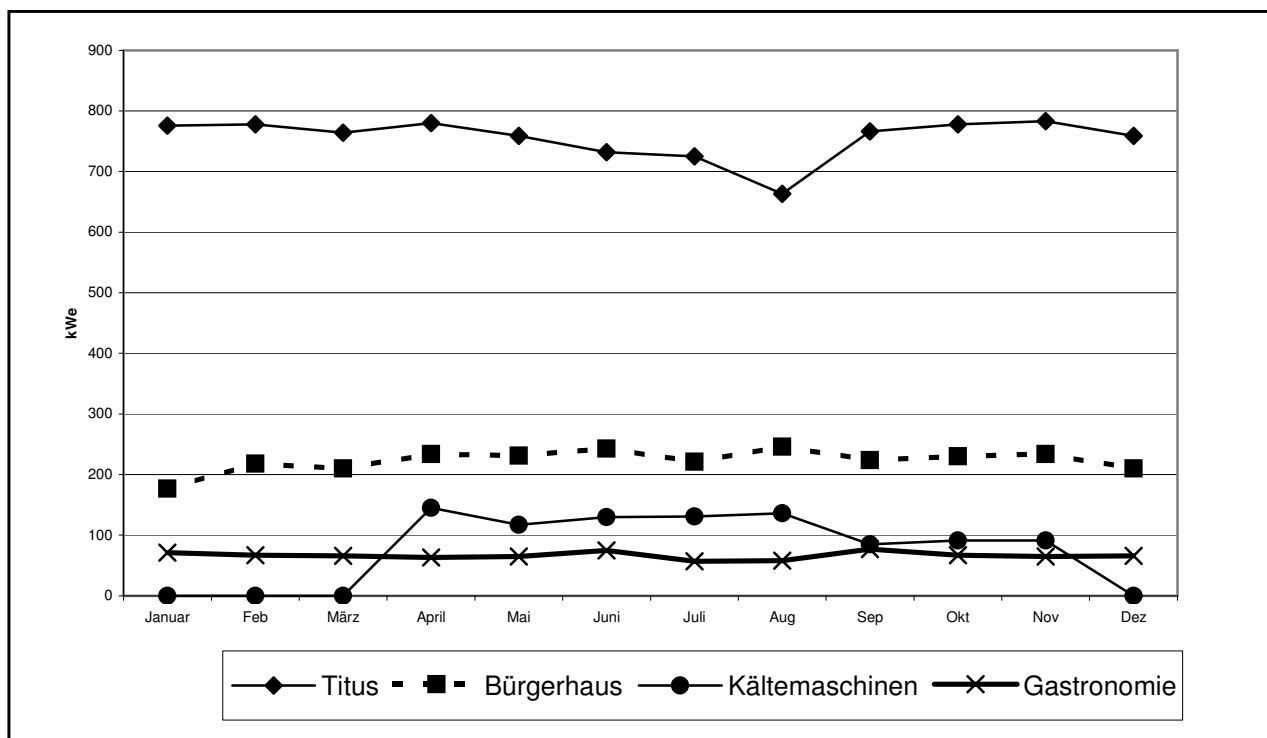
Der Bereich der Gastronomie liegt bei 3,6 %. Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass nur die Unterverteilung 1-1.4 (s. Abschnitt 3.7 - hauptsächlich Beleuchtung und Thekenbereich) erfasst und abgerechnet wird. Die Hauptküche sowie die Lüftung Glashaus läuft über die Hauptzählung des Bürgerhauses. Der Bereich Lagune (Lüftung und Beleuchtung) wird über den Hauptzähler der Titus-Thermen abgerechnet.

In Bild 2.1.1. ist die monatliche Verteilung der Stromwirkarbeit und in Bild 2.1.2 die bezogene Leistungsspitze für die abgerechneten Verbrauchergruppen in der Titus-Therme dargestellt. Die entsprechenden monatlichen Daten der Verbrauchsabrechnungen sind im Anhang 2.1.2 und 2.1.3 zusammengefasst.

Bild 2.1.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Monatswerte des Wirkstrombezugs (HT und NT) für die abgerechneten Verbrauchergruppen in 2001

Es zeigt sich für die Bereiche Bürgerhaus und Gastronomie eine relativ konstante Verbrauchsstruktur. Die Kältemaschine arbeitet nur ab April bis Oktober. Für den Bereich der Titus-Thermen (Schwimmhalle, Sporthalle, Sauna, Fitness) ist die Schließungszeit im Juli/August deutlich zu erkennen. Die Spitzenverbrauchswerte lagen im Oktober, wo die Beleuchtung schon stärker zu Buche schlägt und die Kältemaschine noch in Betrieb ist.

Bild 2.1.2 Energiekonzept Titus-Thermen: Monatswerte des Wirkleistungsbezugs für die abgerechneten Verbrauchergruppen in 2001



Für sämtliche Bereiche ist ein konstanter Spitzenlastverlauf über das Jahr festzustellen. Unterschiede zwischen Winter und Sommer sind, außer bei den Kältemaschinen, nicht auszumachen.

Für den Bereich des Bürgerhauses sollte diese durchgängig über das gesamte Jahr anfallende Grundlast von ca. 200 kW überprüft werden, da die Laststruktur eines Bürgerhauses dies nicht erwarten lässt (**Maßnahme 2.1.II**).

Die Gebäudeleittechnik (GLT) in der Titus-Therme verfügt zwar über ein Energieoptimierungsmodul, aber dieses ist nicht in Betrieb, da der entsprechende Leistungsimpuls nicht aufliegt. Lediglich der Saunabereich verfügt über eine separate Optimierungsanlage (vgl. Abschnitt 3.7.2).

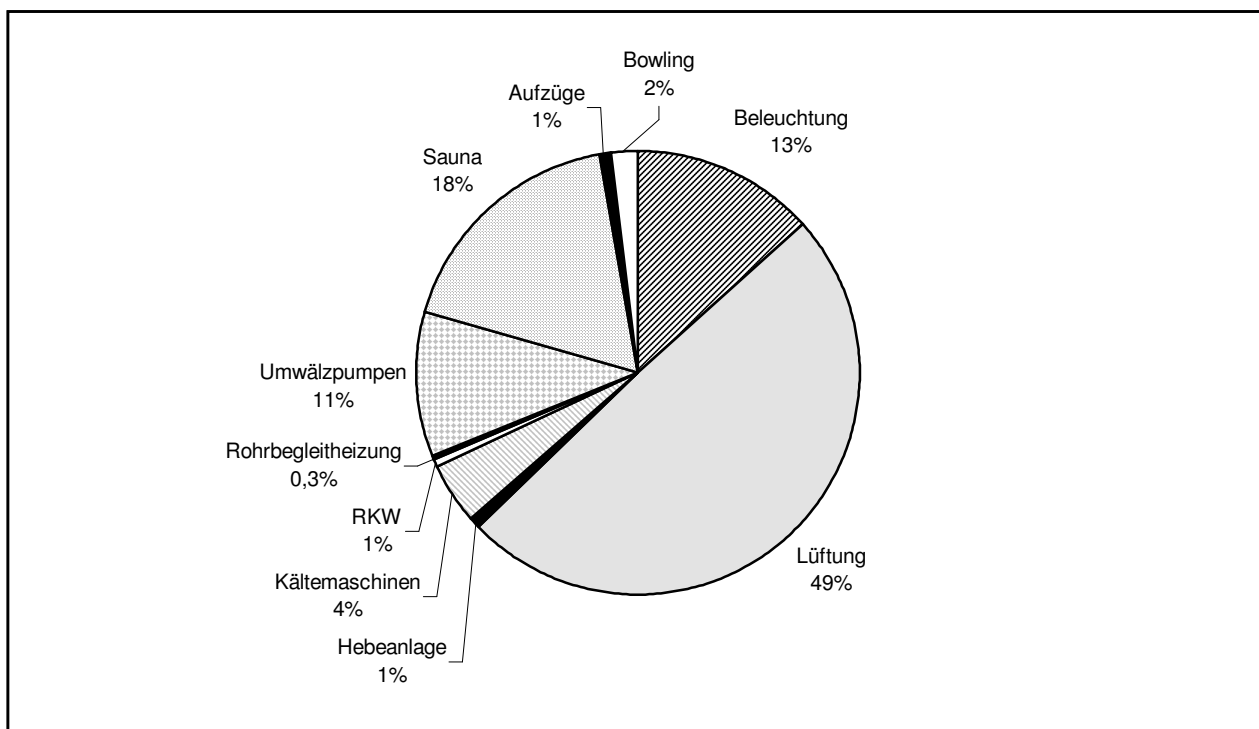
2.1.2 Strom-Schwerpunktverbraucher

Zur Ermittlung der Stromverbrauchsstruktur in den Titus-Thermen konnte

- auf die internen Verbrauchszählungen,
- Lastgangmessungen für die Verbrauchsgruppe „Titus-Thermen“ des Hochbauamtes Abteilung „Energiemanagement“ ab Juni 2003 zurückgegriffen werden sowie
- eine Identifikation anhand entsprechender technischer Dokumentationen durchgeführt werden.

Auf Grundlage der rund 30 internen Stromzähler in den Titus-Thermen (vgl. Anhang 2.1.1) wurde die prozentuale Verteilung des Gesamtstrombedarfs in der Titus-Therme für die einzelnen Schwerpunktverbraucher errechnet und in Bild 2.1.3 dargestellt. Die entsprechenden absoluten Zahlen sind im Anhang 2.1.4 zusammengefasst.

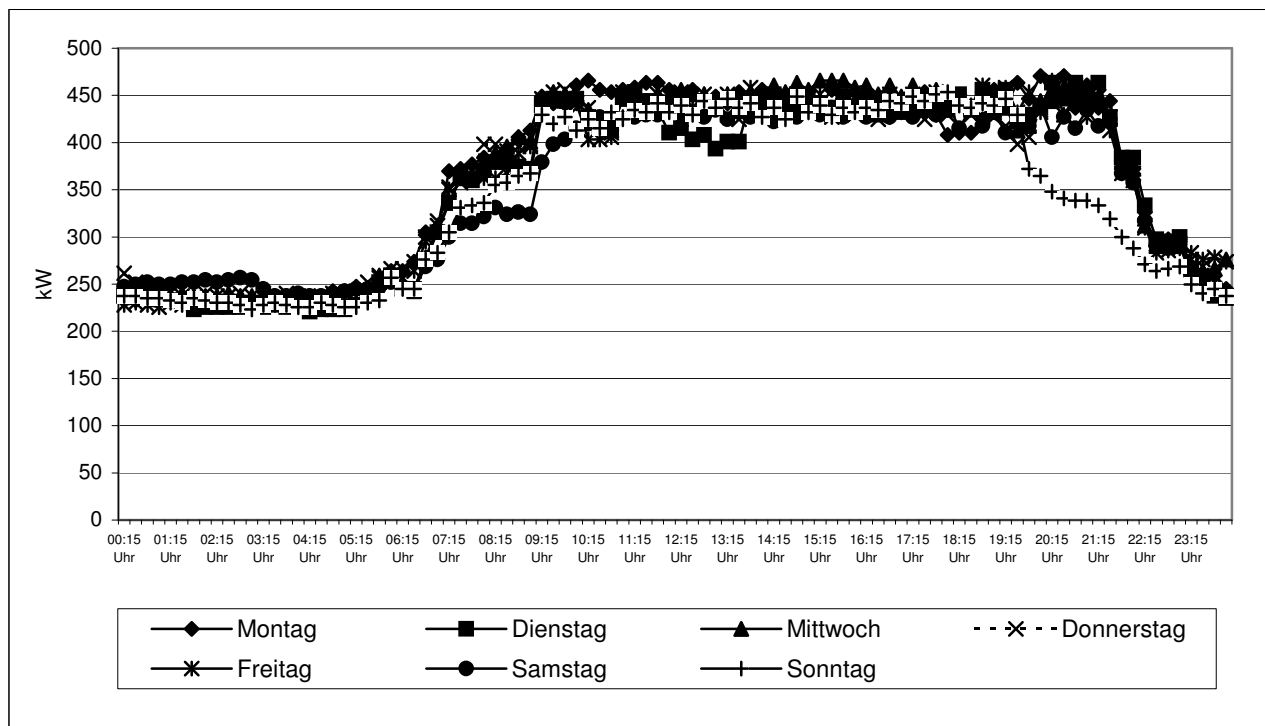
Bild 2.1.3 Energiekonzept Titus-Thermen: Prozentuale Verteilung des Stromverbrauchs der Verbrauchergruppe Titus-Thermen auf die einzelnen Verbrauchsbereiche



Den Hauptverbrauchsbereich der Verbrauchergruppe „Titus-Thermen“ mit rund 49 % stellt der Bereich „Lüftung“ dar. Danach folgen Sauna und Beleuchtung mit jeweils 18 % bzw. 13 %. Die Umwälzpumpen für Badewasser-, Heizungs-, Lüftungs- und Kältetechnik benötigen ca. 11 % des eingesetzten Stroms in den Titus-Thermen.

Auf Grundlage der Stromlastgangmessungen des Hochbauamtes für den Verbraucherbereich „Titus-Thermen“ ist im folgenden Bild der Tagesgang für die einzelnen Wochentage dargestellt.

Bild 2.1.4 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Tagesgang des Stromlastprofils der Verbrauchergruppe Titus-Thermen für die einzelnen Wochentage



Die Stromgrundlast liegt bei 200 – 220 kW. In der folgenden Tafel ist aufgeführt, welche Verbraucher diese Grundlast verursachen.

Tafel 2.1.3 Energiekonzept Titus-Thermen: Zusammenstellung der Strom-Grundlastverbraucher

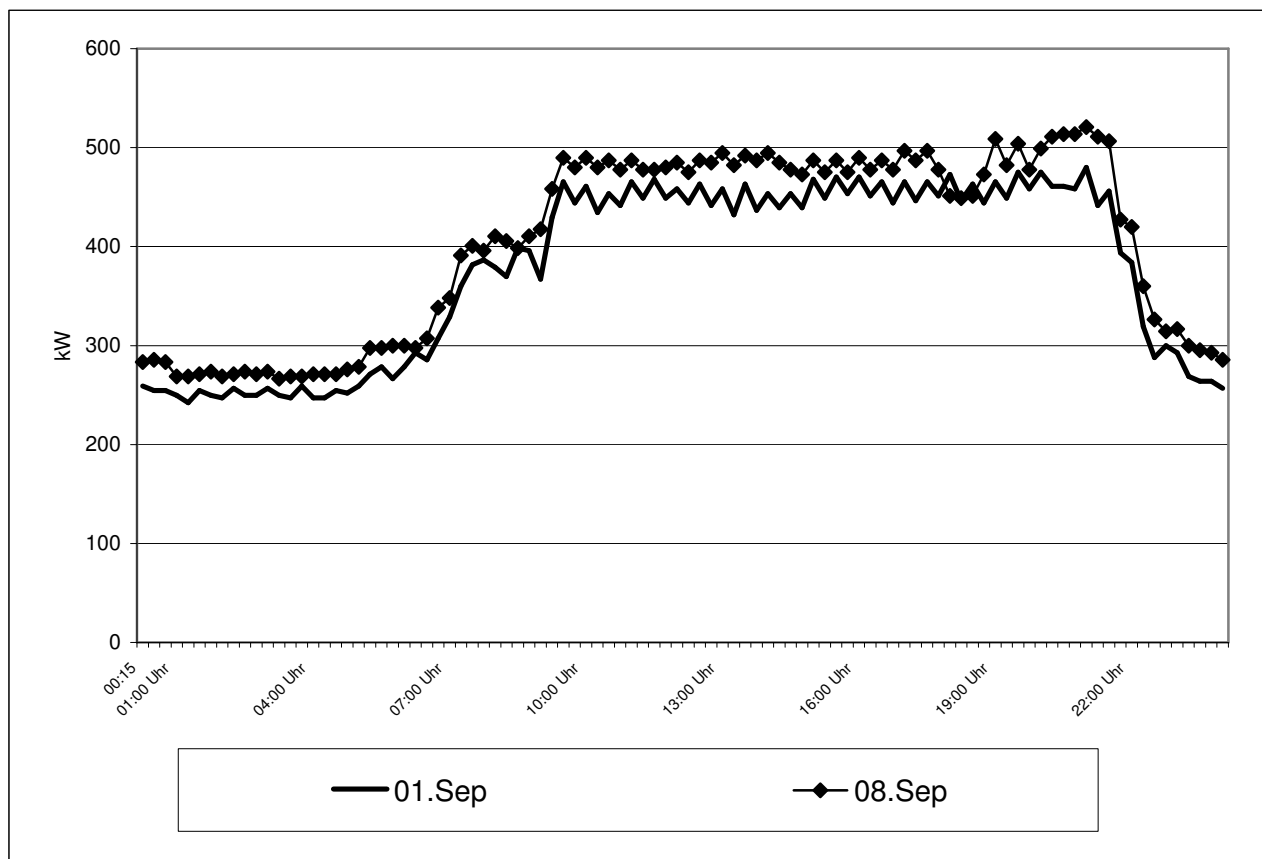
Verbrauchergruppe	Leistung in kW
Lüftungsanlagen (Schwimmhalle, Mall, Verwaltung)	110,2
Heizungsumwälzpumpen	2,5
Beckenwasserbecken	70,4
Beleuchtung (Rotunde, Mall)	28
GESAMT	211,1

Den Hauptanteil an der Grundlast haben die Pumpen und die Lüftungsanlagen. Mit Beginn der Betriebs steigen die Strombezugswerte auf 400-450 kW und fallen erst mit dem Ende des Betriebs wieder ab. Eindeutige Spitzenwerte sind nicht auszumachen. Die Lastprofile an den unterschiedlichen Wochentage sind, bis auf den Sonntag mit kürzerer Öffnungszeit, nahezu gleich.

Interessant ist die Auswirkung der Wiedereröffnung der Saunawelt am 06. September 2003. Hierzu dient das Bild 2.1.5 mit den Stromlastprofilen am 01. September 2003 (Montag) vor der Eröff-

nung und dem 08. September 2003 nach der Eröffnung.

Bild 2.1.5 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Tagesgang des Stromlastprofils der Verbrauchergruppe Titus-Thermen vor und nach Wiedereröffnung der Saunawelt



Anhand des Bildes ist der Einfluss der Saunawelt auf den Strombezug deutlich zu erkennen. Das Lastprofil des 8. Septembers nach der Wiedereröffnung liegt durchweg ca. 30 kW über dem Profil des 01. Septembers vor der Wiedereröffnung. In den Abendstunden steigt der Unterschied auf über 50 kW an.

2.2 Wärmebereitstellung

2.2.1 Fernwärmebezug für Wärmebereitstellung

Die Wärmeversorgung der Titus-Thermen erfolgt ausschließlich aus dem Fernwärmenetz der Mainova AG Frankfurt. Die Erzeugung befindet sich im nahegelegenen Müllheizkraftwerk, welches über einen Kraft-Wärme-Kopplungsanteil von 90 % verfügt. Aus diesem Grund ist die Installation einer BHKW-Anlage in den Titus-Thermen aus ökologischen Gesichtspunkten nicht zu empfehlen.

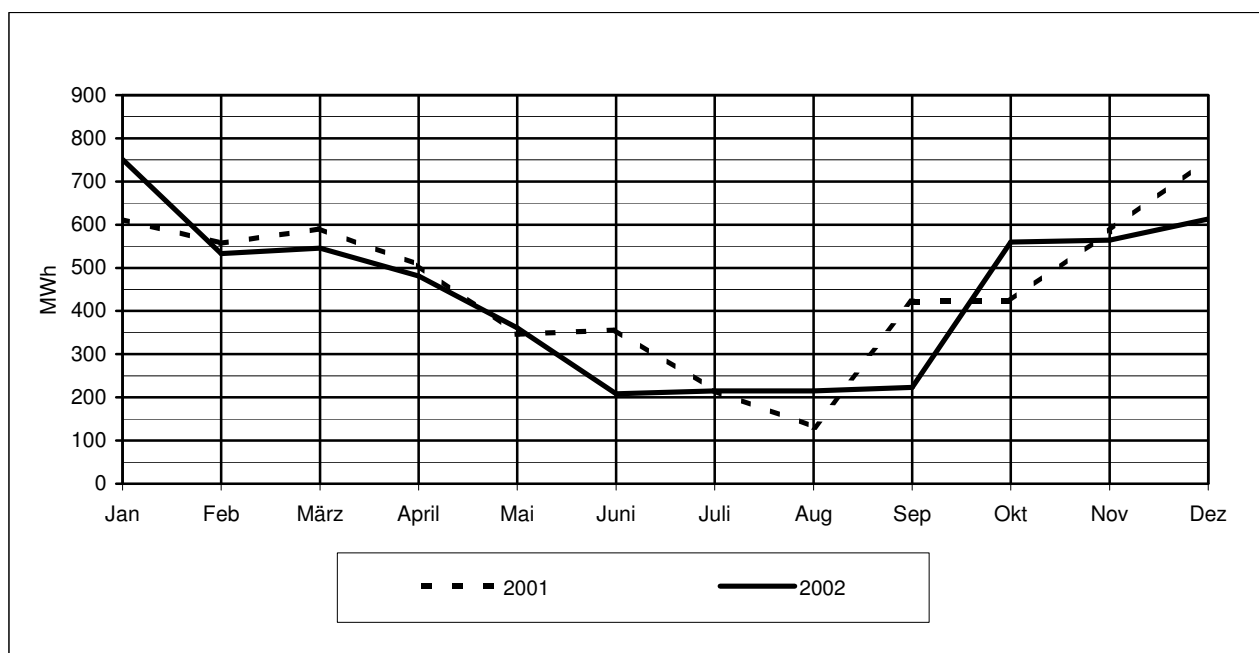
Für die Titus-Thermen ist eine Gesamtanschlussleistung von 5.034 kW installiert. Für die Verbrauchserfassung und Abrechnung der Titus-Thermen ist für jeden Wärmetauscher von der Mainova ein Wärmemengenzähler installiert.

Tafel 2.2.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Installierte Wärmemengenzähler der Mainova

Wärmetauscher	Versorgungsbereich	Zählernummer
Freizeitbereich Heizung WT 1	Statische Heizung, RLT-Anlagen und Beckenwassererwärmung	991219
Freizeitbereich Heizung WT 2	Statische Heizung, RLT-Anlagen und Beckenwassererwärmung	991225
Freizeit WWB (Warmwasser)	Titus-Thermen einschl. Hotel	96190007408
Hotel	Hotel außer Warmwasser	930708
Bürgerhaus	Bürgerhaus und DRK-Station	931274

Die Erfassung von Hotel und Bürgerhaus/DRK-Station erfolgt mit separaten Wärmemengenzählern bzw. Abrechnungen. Die Rechnungsstellung erfolgt monatlich von der Mainova an die Stadion GmbH (**Bezugstarif ThermoBusiness H**).

Bild 2.2.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Monatsverlauf des Fernwärmebezugs in 2001 und 2002



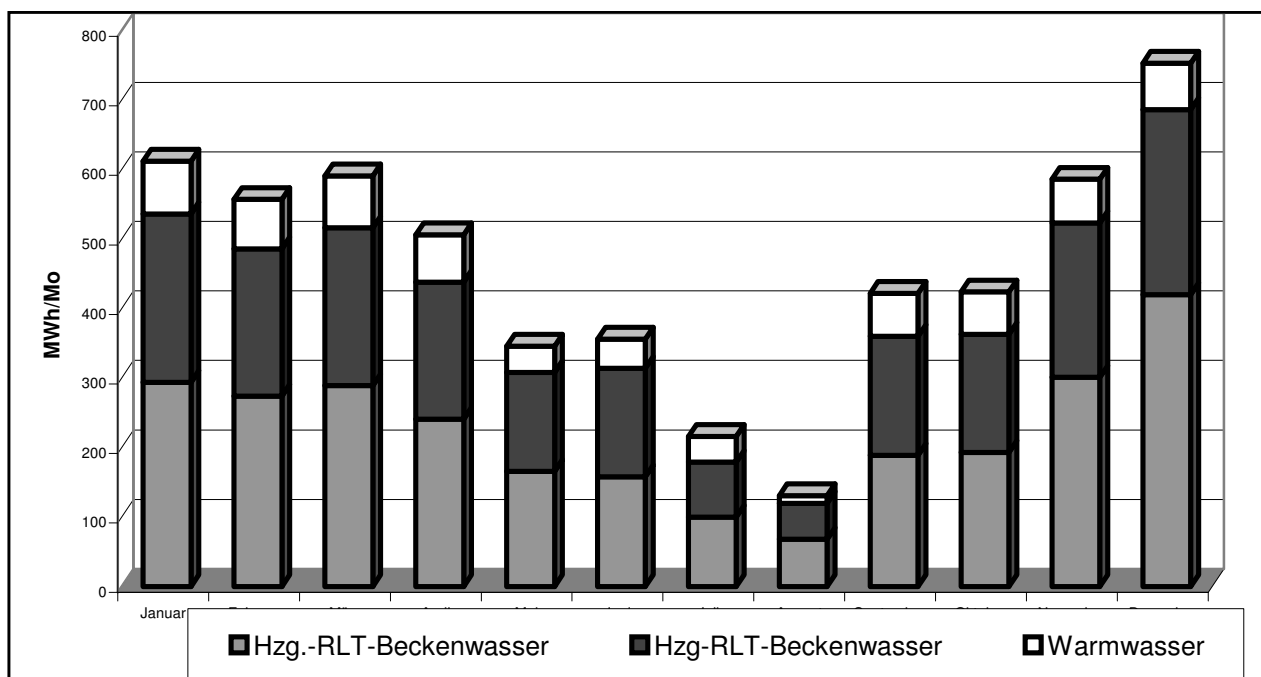
Insgesamt wurden in 2001 in den Titus-Thermen **5.500 MWh** und im Jahr 2002 **5.269 MWh** an Fernwärme bezogen. Die Spitzenwerte lagen in den Wintermonaten bei 600-750 MWh/Mo und im Sommer fielen die Werte auf 200-300 MWh/Mo⁵.

Die Jahreswärmebezugskosten für die Titus-Thermen lagen in 2001 bei **359.108,- €** und in 2002 bei **327.765,- €**. Dies entsprach einem spezifischen Brutto-Wärmepreis im Jahr 2001 von 65,29 €/MWh bzw. 62,20 €/MWh in 2002.

Der Jahresgrundpreis für die angemeldete Fernwärmeleistung von 5.034 kW liegt bei derzeit brutto 71.885,- € und hat demnach einen Anteil an den Gesamtwärmebezugskosten von 22 %. Die Reduzierung der Anschlussleistung um ca. 6 % würde zu einer jährlichen Kosteneinsparung von 8 % (= 5.260,- €) führen (vgl. Maßnahme 3.3.IV).

In Bild 2.2.2 ist der monatliche Verlauf des Fernwärmebezugs in 2001, getrennt nach Wärmetauscher 1 und 2 für die statische Heizung, die Erhitzer der Lüftungsanlagen und die Beckenwassererwärmung sowie die Warmwasserbereitung, dargestellt. Die entsprechenden Zahlen können Anhang 2.2.1 entnommen werden.

Bild 2.2.2 Energiekonzept Titus-Thermen: Monatsverlauf des Fernwärmebezugs in 2001 für die einzelnen Wärmetauscher



Von der in 2001 bezogenen Fernwärmemenge von 5.500 MWh wurden für die statische Heizung, die Lüftungsanlagen und die Beckenwassererwärmung 4.829 MWh (87,8 %) verbraucht und für die Warmwasserbereitung 671 MWh (12,2 %).

⁵ Im August 2001 war die Therme zeitweise geschlossen.

2.2.2 Verteilung des Heizwärmebedarfs

Der tatsächliche Heizwärmebedarf für die statische Heizung, die RLT-Anlagen die Beckenwassererwärmung sowie die Warmwasserbereitung wird nur teilweise durch Wärmemengenzählungen erfasst. So sind für folgende Bereiche Zähler installiert (vgl. Anhang 2.2.2):

Hauptzähler (Mainova) für

- Wärmetauscher 1: Beckenwasser, RLT-Anlagen, Statische Heizung
- Wärmetauscher 2: Beckenwasser, RLT-Anlagen, Statische Heizung
- Wärmetauscher 3: Warmwasserbereitung

Interne Unterzähler für

- Squash: Nacherhitzer der Lüftungsanlage 2.4 – Bereich in 2002 nicht vermietet
- Bowling: Statische Heizung – Verbrauch in 2002 = 18.400 kWh
- Bowling: Nacherhitzer Lüftungsanlage 2.7 – Verbrauch in 2002 = 22.000 kWh

Die o.g. Verbrauchserfassungen reichen nicht aus um eine aussagefähige Verteilung der Heizwärme in den Titus-Thermen zu erstellen.

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 Energiekonzeptes wurden die typischen Tagesganglinien des Heizwärmebedarfs für die Titus-Thermen auf der Basis folgender Grundlagen ermittelt:

- Temperaturverläufe für typische Tage nach DIN 4710 „Meteorologische Daten“
- Monatswerte des Fernwärme- und Wasserbezugs (Abrechnungen Mainova AG)
- Gebäudewärmebedarf (vgl. auch Abschnitt 2.2)
- Stammdaten und Betriebszeiten der RLT-Anlagen und Badewassertechnik (vgl. auch Abschnitt 3.4 und 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.

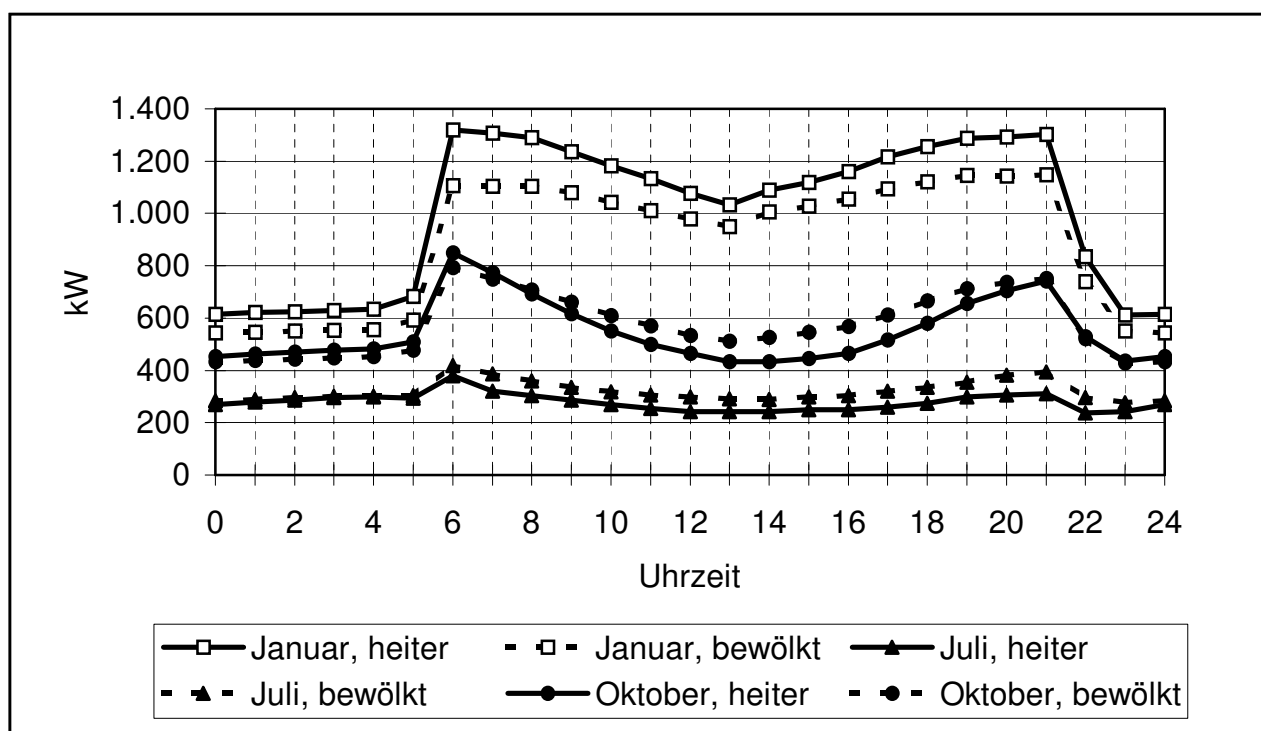
Unter Berücksichtigung der genannten Voraussetzungen wurden Tagesganglinien für folgende typischen Tage erstellt (vgl. Bild 2.2.3):

- Heiterer und trüber Wintertag im Januar
- Heiterer und trüber Übergangstag im Oktober
- Heiterer und trüber Sommertag im Juli

Für die Ermittlung der Heizwärmeverteilung konnte auf folgende Angaben zurückgegriffen werden:

- Monatliche Erfassung des Gasverbrauchs durch die Mainova für das Jahr 2002
- Berechnung des Heizenergiebedarfs für das Werkstattgebäude nach Hessischen Leitfadens für „energiebewusste Gebäudeplanung“ (vgl. auch Abschnitt 3.2)
- Spezifische Leistungsdaten der Heizkessel und der Warmwasserbereitung
- Angaben des Betreibers bezüglich der täglichen Duschnutzung im Werkstattgebäude (12 Personen pro Tag)

Bild 2.2.3 Energiekonzept Titus-Thermen: Typische Tagesganglinien des Heizwärmebedarfs



Bei der Bilanzierung der Tagesganglinien zeigte sich, dass in den typischen Sommertagen die Wärmegrundlast nicht unter 250 kW fällt.

In den Wintermonaten und in den Übergangszeiten fallen die Bedarfsmaxima, in Abhängigkeit von der Außentemperatur sowie dem Volllastbetrieb der RLT-Anlagen zu Beginn des Tagesbetriebs sowie gegen Abend (20⁰⁰ Uhr) an.

Eine Bilanzierung des Heizwärmebedarfs für die einzelnen Verbrauchergruppen ist in der Tafel 2.2.2 enthalten. Die entsprechenden Monatswerte können Anhang 2.2.3 entnommen werden.

Tafel 2.2.2 Energiekonzept Titus-Thermen: Jahresbilanz des Heizwärmebedarfs für die einzelnen Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Heizenergiebedarf	Anteil am Gesamtverbrauch	Durchschnittl. Jahres-Wärmebezugskosten
RLT-Anlagen	3.370,2 MWh/a	63 %	214.835,- €/a
Statische Heizung	290,3 MWh/a	5 %	18.505,- €/a
Beckenwassererwärmung	616,8 MWh/a	11 %	39.320,- €/a
Warmwasserbereitung ⁶	635,0 MWh/a	12 %	40.480,- €/a
Systemverluste für Htg+WW	483,8 MWh/a	9 %	30.840,- €/a
Gesamt	5.396,1 MWh/a		343.980,- €/a

Insgesamt wurden in den Titus-Thermen ca. 5.396 MWh an Fernwärme zur Wärmebereitstellung eingesetzt. Davon wurden 4.912,3 kWh an Nutzwärme verbraucht, d.h., rund 9 % der eingesetzten Fernwärme gingen als Verluste für die Verteilung von Heizwärme und Warmwasser verloren.

Den größten Anteil mit knapp 63 % am Heizwärmebedarf und den Jahreswärmebezugskosten haben die Lüftungsanlagen. Ca. 15 % der Energiebezugsfläche in den Titus-Thermen werden nicht durch Lüftungsanlagen versorgt sondern verfügen über statische Heizkörper, wofür ein Anteil von 5 % am Gesamtheizwärmebedarf notwendig ist.

Die Warmwasserbereitung (Nutzwärme) und die Beckenwassererwärmung haben jeweils einen Anteil von 11-12 % am Gesamtheizenergiebedarf für die Titus-Thermen.

⁶ Nutzwärme

2.3 Wasserverbrauch

Die Titus-Thermen verfügen über eine Ringleitung mit zwei Einspeisezählern aus dem Versorgungsnetz der Mainova AG. Die Rechnungsstellung erfolgt monatlich durch die NORDTRAKT GmbH Frankfurt an das Sport- und Bäderamt der Stadt Frankfurt. Das Bürgerhaus verfügt über eine separate Zählung und Abrechnung.

Die untervermieteten Bereiche „Hotel Ramada“, Bowling und Schießanlage werden ebenfalls über diese Rechnungen erfasst. Für diese Verbraucher erfolgt eine pauschale monatliche Gutschrift in Höhe von 5 % der Trinkwasserkosten und Kanalgebühren. Am Jahresende erfolgt eine Gesamt- abrechnung anhand separater Unterzähler für die Bereiche Hotel, Bowling und Schießanlage.

Für die Konzepterstellung konnte nur auf ein vollständiges Abrechnungsjahr des Jahres 2001 zurückgegriffen werden. Die monatlichen Werte für die beiden Stadtwassersähler sind in Tafel 2.3.1 dargestellt.

Tafel 2.3.1 Energiekonzept Titus-Thermen – Monatswerte von Gesamtwasserbezug und –kosten in 2001

Monat	Stadtwasser in m ³ /Mo	Stadtwasser in m ³ /Mo	Gesamt in m ³ /Mo	Bezugskosten in Euro
Januar	6.320	1.058	7.378	30.346,71
Februar	6.840	964	7.804	32.086,63
März	3.700	931	4.631	19.047,94
April	5.940	1.013	6.953	28.598,60
Mai	4.950	1.180	6.130	25.213,34
Juni	3.580	1.297	4.877	20.059,78
Juli	3.460	1.417	4.877	20.059,78
August	3.840	1.344	5.184	21.322,41
September	5.260	1.095	6.355	26.138,77
Oktober	5.630	997	6.627	27.257,48
November	5.820	968	6.788	27.919,60
Dezember	5.000	946	5.946	24.456,62
Gesamt	60.340	13.210	73.550	302.507,66

Ende 2001 wurde für die untervermieteten Bereiche ein Jahresverbrauch von 6.980 m³ von der Nordtrakt GmbH ermittelt und dem Sport- und Bäderamt rückvergütet.

Nach Abzug der untervermieteten Bereiche ergab sich für die Titus-Thermen in 2001 ein Jahreswasserbezug von 66.570 m³.

Die Jahresgesamtkosten für Wasser und Abwasser lagen bei 288.200,- €.

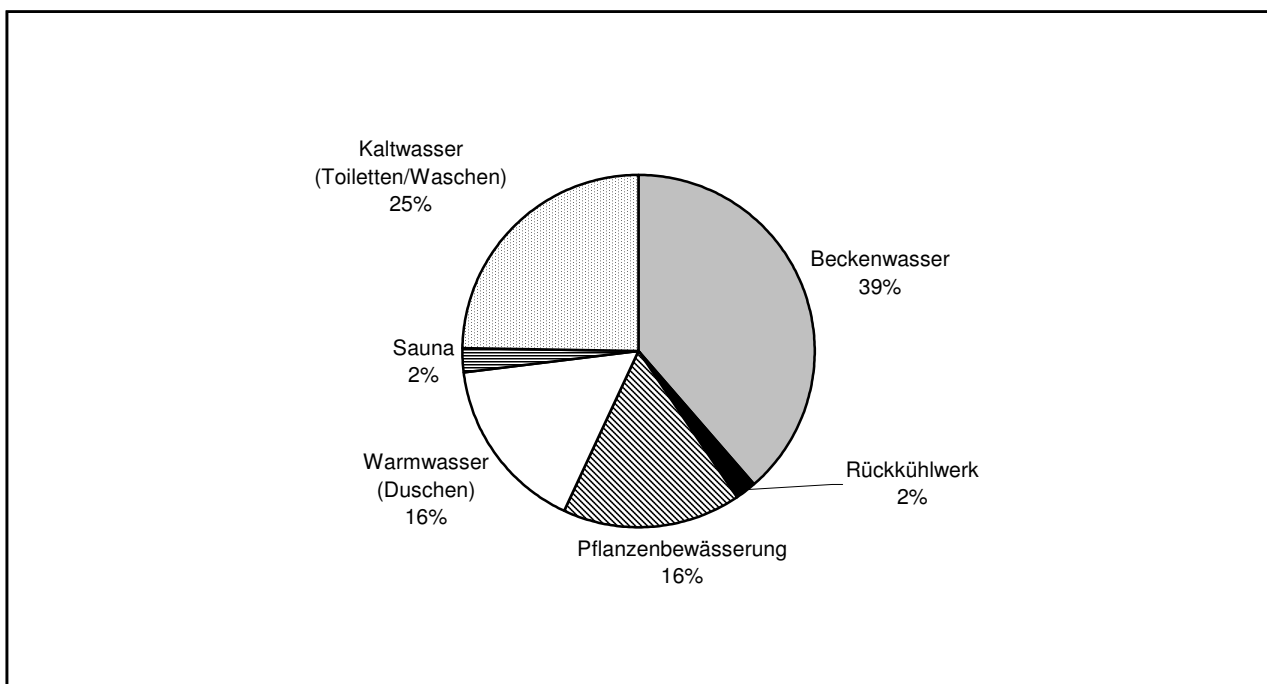
Von der Stadt Frankfurt werden jährlich für folgende Wassermengen die Kanalbenutzungsgebühren zurückerstattet, die in Folge von Verdunstung und Versickerung nicht in die Entwässerungsanlage eingeleitet werden:

- 5 % der Wassermenge für Beckenwassernachspeisung
- 50 % der Wassermenge für Kühlturm
- 75 % der Wasserbezugsmengen für die Pflanzenbewässerung

Die erstatteten Gebühren lagen in den vergangenen Jahren bei durchschnittlich 10.300,- €

In den Titus-Thermen sind ca. 35 interne Wasserzähler installiert, die vom technischen Personal monatlich abgelesen werden. Die einzelnen Unterzähler sind im Anhang 2.3.1 zusammengestellt. Auf Grundlage dieser Verbrauchszählungen wurde die Verteilung des Wasserbedarfs in den Titus-Thermen ermittelt und in Bild 2.3.2 dargestellt.

Bild 2.3.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Verteilung des Wasserbedarfs auf die einzelnen Verbraucher



Die Frischwassereinspeisung für die Schwimmbecken hat mit 39 % den größten Anteil am Gesamtwasserverbrauch der Titus-Thermen. Zusammen mit dem Anteil für die Warmwasserbereitung müssen 55 % des bezogenen Wassers erwärmt werden. Auffallend ist der relativ hohe Anteil für die Pflanzenbewässerung auf den Schwimmhallen- und Saunadächern sowie im Innenbereich (Tropische Gewächse). Im Anhang 2.3.2 sind die absoluten Verbrauchszahlen zusammengestellt.

2.4 Bedarfsgerechte Verbrauchserfassung und –abrechnung (*Maßnahme 2.4.I*)

Für eine bedarfsgerechte Verbrauchserfassung und –abrechnung sind folgende untervermieteten Bereiche von der Versorgung der Titus-Thermen zu trennen bzw. durch entsprechende Zähleinrichtungen zu erfassen und abzurechnen:

2.4.1 Stromversorgung

Beleuchtung der Bereiche Squash, Bowling und Schießstand: Diese Verbraucher hängen an der Sicherheitsstromversorgung der Titus-Thermen und werden demnach auch darüber abgerechnet. Eine separate Erfassung und Abrechnung kann nur durch die Schaffung getrennter SV-Bereiche erfolgen. Die Kosten hierfür liegen bei 40.000,- für das SV-Gerät und jeweils 6.000,- € für drei einzelne Batterieanlagen. Daraus ergeben sich Gesamtkosten in Höhe von 58.000,- €.

Betriebseinrichtungen und Beleuchtung Imbissstation: Die Betriebseinrichtungen wie Kühler, Friteuse, Mikrowelle, etc sowie die Beleuchtung des verpachteten Imbissbereichs in der Schwimmhalle hängen an der Stromversorgung der Titus-Thermen. Hier könnte eine Kopplung mit dem mittelfristig geplanten Verbrauchsbereich „Küche/Restaurant“ erfolgen. Hierin sind die Abluftanlage der Küche sowie die Lüftungsanlagen des Restaurants⁷ (5.1 und 5.2) sowie 2 WC-Lüfter einzuschließen. Die Kosten für den Umbau und die Wandlerzähler belaufen sich auf ca. 35.000,- €.

Thekenversorgung Sauna: Dieser Bereich (u.a. Kühlhaus) ist von der Versorgung der Titus-Thermen zu trennen. Aufgrund von Bauschäden ist hier mittelfristig von einer Sanierung auszugehen. Im Zuge dieser Maßnahme könnte ein separater Zähler mit neuer Verteilung installiert werden. Die Kosten hierfür belaufen sich auf ca. 6.000,- €.

Beleuchtung der Allgemeinbereiche: Die Beleuchtungsanlagen der Eingangshalle, der Rotunde sowie der Mall hängen komplett an der Sicherheitsstromversorgung der Titus-Thermen. Da diese Bereiche von allen genutzt werden, ist hierfür ein pauschaler Abrechnungsmodus mit den anderen Nutzern festzulegen. Hierbei sind auch die Strom-, Wärme- und Kältekosten für die Lüftungsanlage der Großen Mall einzubeziehen. Z.B. wird diese ab 23.00 Uhr (Ende des Betriebs der Titus-Thermen) nur noch für das Restaurant / Bowling benötigt (vgl. Maßnahme 3.4.I).

2.4.2 Wärme-/Kälteversorgung

Warmwasser-Zirkulation: Für die Zirkulationsleitungen der untervermieteten Bereiche Squash, Bowling, Standduschen, Glashaus WC und Hotel sind neue Zähler mit Impulsausgang zur Aufschaltung auf die GLT zu installieren. Die Kosten hierfür belaufen sich auf rund 2.000,- €.

Wärme- und Kältemengenzählung Lüftungsanlage „2.10 Große Mall“: Für eine bedarfsgerechte Verbrauchserfassung und –abrechnung sind die Wärme- und Kältemengen zu erfassen.

⁷ derzeit an der Stromverteilung Bürgerhaus

Die Investition hierfür liegt bei ca. 2.500,- €.

Wärmemengenzählung Lüftungsanlage „2.3 Lagune“: Für eine bedarfsgerechte Verbrauchserfassung und –abrechnung sind die Wärmemengen für die Lüftungsanlage des Lagunenbereichs zu erfassen. Die Investition hierfür liegt bei ca. 1.500,- €.

In der folgenden Tafel 2.4.1 sind die Investitionskosten für die bedarfsgerechte Verbrauchserfassung der untervermieteten Bereiche sowie eine grobe Abschätzung der dadurch getrennt erfassbaren und abrechenbaren Energiekosten für die einzelnen Bereiche zusammengestellt.

Tafel 2.4.1 Energiekonzept Titus-Thermen – Zusammenstellung der Investitionskosten sowie Abschätzung der jährlich erfassten Energiekosten für getrennten Bereiche

Bereich	Investition in €	Erfasste Energiekosten in €/a
SV-Beleuchtung Squash	19.300,-	450,-
SV-Beleuchtung Bowling	19.300,-	760,-
SV-Beleuchtung Schießstand	19.300,-	600,-
Imbiss Lagune	35.000,-	1.500,-
Thekenbereich Sauna	6.000,-	1.500,-
Beleuchtung Allgemeinbereich	45.000,-	2.365,-
Lüftungsanlage „Große Mall“	2.500,-	2.950,-
Lüftungsanlage „Lagune“	1.500,-	3.500,-
Gesamt	147.900,-	13.625,-

Die Investitionskosten für die getrennte Verbrauchserfassung und- abrechnung der untervermieteten Bereiche belaufen sich auf knapp 148.000,- €. Dem stehen jährliche Energiekosten in Höhe von ca. 13.600,- € gegenüber, die nicht mehr von den Titus-Thermen bezahlt werden müssen, sondern an die Pächter weitergegeben werden können.

3. Stammdaten zur Liegenschaft

3.1 Allgemeine Objektbeschreibung

Im März 1992 wurden die Titus-Thermen mit angeschlossenem Kongresszentrum im Bürgerhaus sowie einem Hotelkomplex mit 93 Zimmern nach einer Bauzeit von 3 Jahren eröffnet. Eigentümer des Komplexes ist die Nordtrakt Verwaltungsgesellschaft aus Frankfurt. Der entsprechende Lageplan ist im Anhang 3.1.1 enthalten.

Die KG Nordtrakt hat neben dem Hotel folgende Bereiche direkt weiter vermietet:

- **Squash-Anlage** mit 5 Courts (derzeit leerstehend) und Sauna,
- **Bowlingcenter**, mit 16 Bahnen
- **Schießanlage**

Die übrigen Bereiche wurden an die Saalbau untervermietet. Diese betreibt das Bürgerhaus und vermietet folgende Bereiche weiter:

Mieter Bäderbetriebe Frankfurt (BBF):

- **Freizeitbad**, auf 5.000 m² mit Schwimm-, Sprung-, Abenteuer- und ehemals Solebecken sowie zwei Whirlpools.
- **Saunalandschaft** auf drei Ebenen mit insgesamt 12 Saunen sowie Tauch- und Saunabecken. Zur Attraktivitätssteigerung wird der Saunabereich ab März 2003 komplett umgebaut.
- **Fitnesscenter**.
- Der **Gastronomiebereich** in der Schwimmbadlagune, im Schwimmbad-Restaurant mit 100 Plätzen und im Sauna-Bistro wurde an den Pächter (Fa. Zirkel) weiter vermietet.

Mieter Sportamt Frankfurt:

- **Sport- und Mehrzweckhalle**, mit einem zulässigen Fassungsvermögen von 2.500 Personen und einer Nutzfläche von 1.240 m². Die Halle ist in drei Segmente unterteilbar.

In Tafel 3.1.1 sind die beheizten Nutzflächen für die jeweiligen Bereiche des Gesamtkomplexes (außer Bürgerhaus) zusammengestellt:

Tafel 3.1.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“ – Beheizte Nutzflächen in m² der einzelnen Bereiche

Ebene	Titus-Thermen	Schießstand	Bowling	Squash	Hotel	Gastronomie	Gesamt
-3.50	686,3	748,3	1.489,0	639,7	106,1	0,0	3.716,4
+0.00	2.972,8	0	0	0	141,3	0	3.114,1
+3.20	6.978,9	0	0	0	153,7	162,8	7.295,4
+7.80	2.895,6	0	0	0	88,6	327,6	3.311,8
+12.20	1.569,6	0	0	0	676,6	0	2.246,2
+16.70/18.05	1.117,4	0	0	0	666,8	0	1.784,2
+21.05	272,7	0	0	0	2.575,0	0	2.847,7
GESAMT	16.493,3	748,3	1.489,3	639,7	4.408,1	490,4	24.269,1

Der Komplex (ohne Bürgerhaus) verfügt über eine beheizte Gesamtnutzfläche von 24.315 m². Die Titus-Thermen haben daran mit 19.860 m² einen Anteil von rund 68 % und das Hotel von 18,1 %. In den vergangenen drei Jahren wurden die in Tafel 3.1.2 nach Bereichen aufgeführten Besucherzahlen registriert.

Tafel 3.1.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“ - Besucherzahlen

Jahr	Freizeitbad	Sauna	Fitness	<i>Gesamt</i>
2000	257.900	172.947	53.356	484.203
2001	255.330	166.457	54.557	476.344
2002	235.481	173.976	58.736	468.193

Die Gesamtbesucherzahlen sind in den vergangenen drei Jahren um ca. 3% leicht zurückgegangen, wobei eine geringere Besucherzahl im Schwimmbereich festzustellen war, während Sauna und Fitness die Zahlen halten bzw. sogar erhöhen konnten. Insgesamt liegt der Anteil der Freizeitbadgäste bei 50 %, der Saunagäste bei 37 % und der Gäste des Fitness-Centers bei 13 %.

In den letzten beiden Jahren gab es in den „Titus-Thermen“ folgende Öffnungszeiten:

Schwimmbhalle:	Montag-Samstag:	09.00 - 22.00 Uhr
	Sonntag:	09.00 - 20.00 Uhr
Sauna:	Montag-Freitag:	11.00 - 22.00 Uhr
	Samstag:	09.00 - 22.00 Uhr
	Sonntag:	09.00 – 20.00 Uhr

3.2 Gebäude und Bauteile

In den einzelnen Geschossen (Ebenen) befinden sich folgende Bereiche

Ebene – 3.50: Schiessanlage, Bowling, Squash, Lagerbereich Hotel und Technik Titus-Thermen

Ebene – 0.00: Sporthalle Umkleide, Fitnessbereich, Squash sowie Beckenbereich Titus-Thermen

Ebene + 3.20: Sporthalle, Schwimmbhalle, Gastronomie (Küche)

Ebene + 7.80: Sporthalle, Schwimmbhalle, Sauna

Ebene + 12.20: Sauna, Verwaltung

Ebene + 16.70: Sauna (Penthouse)

3.2.1 Gebäudekenndaten

Die Bestandspläne zur Berechnung der Hüllflächen bzw. die Baubeschreibungen zum Aufbau der einzelnen Bauteile der Gebäudehüllflächen, lagen nur unvollständig vor. Für die Ermittlung der Flächen/Volumen wurden den Konzepterstellern Gebäudegrundrisse und Schnitte zur Verfügung

gestellt. Die Berechnung der übrigen Flächen und Baukonstruktionen musste durch Inaugenscheinnahme vor Ort und in Gesprächen mit dem Auftraggeber/Nutzer erfolgen.

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.

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

A/V-Verhältnis: Das Verhältnis der errechneten wärmeübertragenden Umfassungsfläche zum beheizten Gebäudevolumen

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.)

Auf Basis der o.g. Unterlagen bzw. Angaben sowie Ortsbegehungen wurden die charakteristischen Gebäudekenndaten und Gebäudehüllflächen ermittelt und sind im Anhang 3.2.1 zusammengestellt. Gemäß Aufgabenstellung durch das Hochbauamt der Stadt Frankfurt wurden für die Liegenschaft sämtliche erfassten Gebäudedaten in die städtischen Erfassungsblätter für die Gebäudedatenbank übertragen.

Wärmedurchgangskoeffizienten

Die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten (u-Werte) der Gebäudehüllflächen wurde, unter Zugrundelegung der Baubeschreibung (soweit vorhanden), gemäß den Richtlinien der DIN-EN ISO 6946 (11/96) und DIN EN ISO 10077-1 (11/2000) durchgeführt. Konnte die Zusammensetzung der Bauteile nicht genau ermittelt werden, so wurde auf die Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz, die während der Sanierung in Kraft war (Wärmeschutzverordnung 1984), zurückgegriffen. Im Anhang 3.2.2 sind die u-Werte der jeweiligen Gebäudebauteile und mit dem entsprechenden Flächenanteil zusammengefasst.

3.2.2 Ermittlung des Wärmebedarfs sowie des Heizwärmebedarfs

Ermittlung des Wärmebedarfs

Unter Zugrundelegen der ermittelten Gebäudehüllflächen bzw. -volumina und den entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten (u-Werte) werden für die einzelnen Bauteile bzw. Gebäude

überschlagsmäßig der Gesamtwärmebedarf nach der A/V-Methode⁸ ermittelt. Gemäß dieser Methode wird der maximale Wärmebedarf wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} Q_N &= \text{Normwärmebedarf in Watt} \\ &= (\Sigma(u * A * f)_{\text{Bauteil}} + 0,33 * n * V) * dT \\ u &= \text{Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil in W/m}^2\text{K} \\ A &= \text{Umfassungsfläche Bauteil in m}^2 \\ f &= \text{Minderungsfaktor 0,5 bei Bauteilen gegen Erdreich oder} \\ &\quad \text{unbeheizte/niedriger beheizte Räume} \\ 0,33 &= \text{Spez. Wärmekapazität von Luft in Wh/m}^3\text{K} \\ n &= \text{Stündlicher Luftwechsel in h}^{-1} \\ V &= \text{Beheiztes Gebäudevolumen in m}^3 \\ dT &= \text{Temperaturdifferenz (innen - außen) in K} \end{aligned}$$

Für die Titus-Thermen errechnet sich ein Gebäudewärmebedarf von rund **1.559 kW**. Der spezifische Wärmebedarf liegt bei 79 W/m².

Ermittlung des Heizwärmebedarfs

Als Instrument zur planerischen Bearbeitung eines verbesserten Wärmeschutzes steht der Leitfa- den „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“).

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- gegen Außenluft (Lüftung), an- dererseits die Wärmegewinne durch die solare Einstrahlung und durch die Wärmeabgabe von Per- sonen und Geräten. Hinzu kommt der Wärmestrom, der dem Gebäude über die Heizanlage zuge- führt wird, um die Innentemperatur auf dem gewünschten Niveau zu halten. Dieser wird als **Nutz- heizenergiebedarf** bezeichnet.

Um den ermittelten Wert für den Nutzheizenergiebedarf nutzerunabhängig und somit vergleichbar zu machen, sind bei dem Berechnungsverfahren Standardwerte für die Nutzung der Gebäude hin- terlegt. 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 Er- mittlung der Energiebilanz ein Instrument zur Verfügung, mit dem der Wärmeschutz des Gebäu- des ökonomisch optimiert werden kann.

Für die Titus-Thermen wurden, entsprechend dem beschriebenen Berechnungsgangs des Leitfa- dens „Energiebewusste Gebäudeplanung“, der Heizenergiebedarf ermittelt. Folgende Meteorolo-

⁸ Vgl. Recknagel/Sprenger/Schrameck: Taschenbuch der Heizung und Klimatechnik 94/95, Oldenbourg-Verlag,

gische Daten und Temperaturen wurden dem Leitfaden (Klimabereich „Frankfurt Flughafen“) entnommen bzw. die Gradtagzahlen entsprechend der Jahresdauerlinie für Frankfurt (DIN 4710) ermittelt:

Tafel 3.2.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Zusammenstellung der meteorologischen Daten und Temperaturen

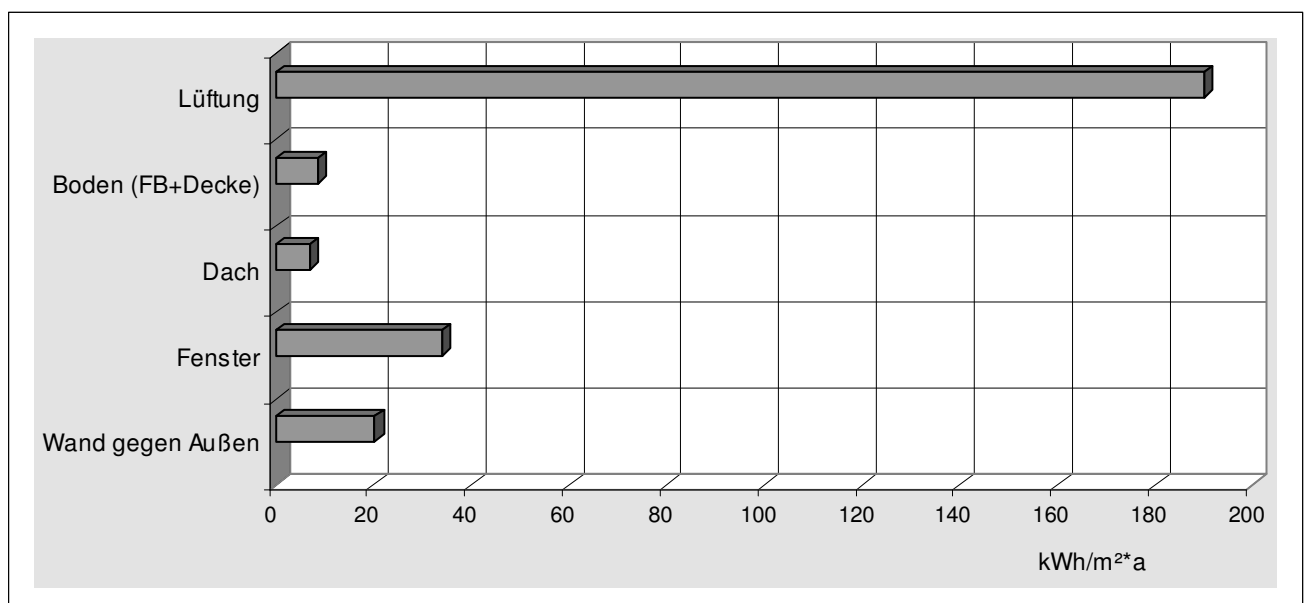
Mittlere Raumtemperatur in °C	Heizgrenze in °C	Heiztage in d/a	Gradtagzahlen in Kd/a
22	15	268	4.220

Die Berechnungen sind im Anhang 3.2.2 dargestellt. Die Ergebnisse sind im folgenden zusammengestellt.

TRANSMISSIONS- UND LÜFTUNGSWÄRMEVERLUSTE

Der Transmissionswärmebedarf wird berechnet aus den Wärmeverlusten von Wand, Dach, Fenster und Boden an die Außenluft, an das Erdreich bzw. an unbeheizte Räume. Die Lüftungswärmeverluste berechnen sich aus dem Außenluftwechsel, dem beheizten Gebäudevolumen sowie der Außen- und Raumlufttemperatur.

Bild 3.2.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Verteilung der Wärmeverluste



Die nach dem hessischen Leitfaden berechneten Transmissions- und Lüftungswärmeverluste

betragen für die Titus-Thermen rund 5.174 MWh/a, woran die Lüftungswärmeverluste einen Anteil von 73 % haben. Bei den Transmissionswärmeverlusten liegt der höchste Anteil bei den Fensterflächen (48,6 %)⁹. Die Außenwand hat einen Anteil von knapp 29 % an den Transmissionswärmeverlusten.

WÄRMEGEWINNE

Bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs werden folgende Wärmegewinne berücksichtigt:

Freie Wärme aus Sonnenstrahlung durch Fenster: Wird berechnet aus der Fenstergröße, der Art des Fensters (Energiedurchlassgrad) und der Orientierung mit der entsprechenden Globalstrahlung.

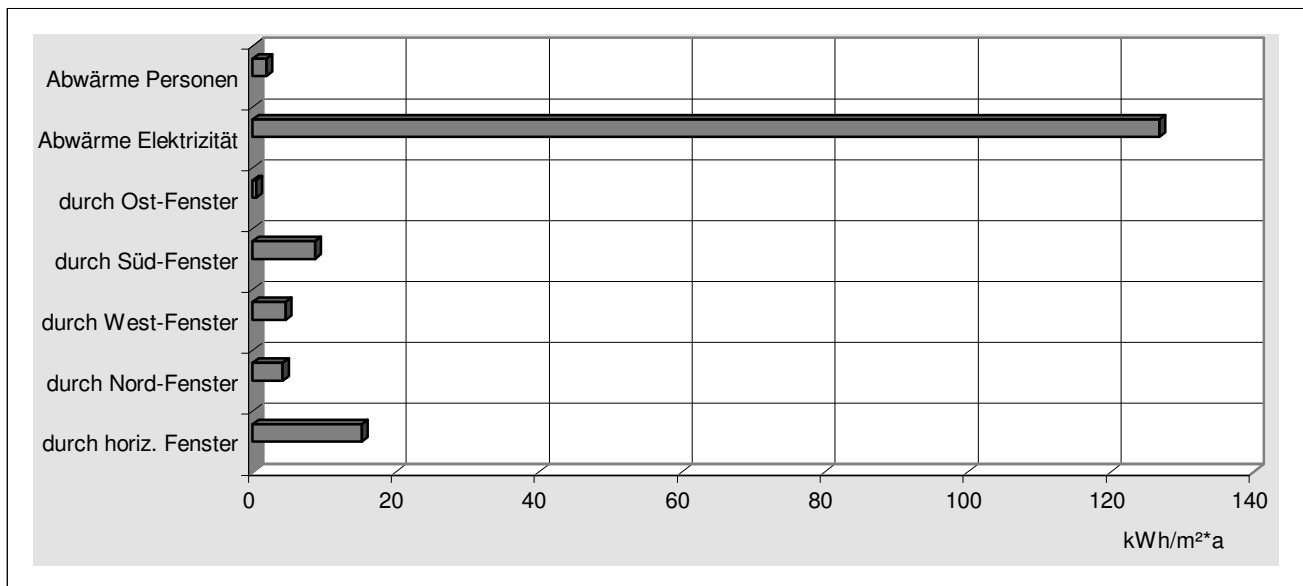
Freie Wärme aus Elektroanlagen: Wird nur aus dem für Raumheizung verwertbaren Teil des Elektrizitätsverbrauchs für Beleuchtung und Betriebseinrichtungen der während der Heizperiode innerhalb des beheizten Gebäudevolumens abgegeben wird, bestimmt. Hierbei ist von entscheidender Bedeutung, dass der Elektrizitätsbedarf der zentralen Zu- und Abluftanlagen (ca. 1.667,7 MWh/a) für die Zuluftventilatoren komplett und für die Abluftventilatoren teilweise als Wärmegewinne (als Abwärme der Ventilatoren) während der Heizzeit genutzt werden kann. Neben den Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen gehen auch die elektrisch beheizten Saunen als Wärmegewinn in die Gesamtbilanz ein.

Freie Wärme von Personen: Wird mit der Wärmeabgabe (abhängig von der Tätigkeit) sowie der Anwesenheitszeit während der Heizzeit berechnet.

Wärmebedarf für Brauchwassererwärmung: Wirkt als negative innere Wärmequelle, da Kaltwasser auf Raumtemperatur aufgeheizt werden muss.

Bild 3.2.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Verteilung der Wärmegewinne

⁹ einschl. Glasdach Schwimmhalle



Für die Titus-Thermen errechnen sich jährliche Wärmegewinne in Höhe von 2.610 MWh. Die Solargewinne haben daran einen Anteil von rund 25 % und die Inneren Wärmegewinne von 75 %.

HEIZWÄRMEBEDARF

Der Heizwärmebedarf ergibt sich aus dem Nutzenergiebedarf für Transmission und Lüftung abzüglich der Wärmegewinne und ist in Tafel 3.2.2 zusammengestellt. Hierbei ist nicht der benötigte Heizenergieverbrauch für die Erwärmung der Außenluft zur Entfeuchtung der Schwimmhalle berücksichtigt (1.565,85 MWh/a).

Tafel 3.2.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“ – Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs und des Energiekennwert Heizung

Transmissions- / Lüftungswärmeverluste	Q_V	5.174,12	MWh/a
Wärmegewinne	Q_G	2.609,72	MWh/a
Heizwärmebedarf	$Q_H = Q_V - Q_G$	2.564,60	MWh/a
Energiekennwert Heizwärme	Q_H/EBF	129,1	(kWh/m²a)
Grenzwert		85	(kWh/m²a)
Grenzwertüberschreitung		52	(%)
Grenzwert erfüllt	Nein		

Die Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs nach dem Hessischen Nachweisverfahren zeigt eine Grenzwertüberschreitung von 52 % gegenüber einem Gebäude, dass nach energetischen Optimierungsgesichtspunkten errichtet wurde. Das Einsparungspotential, das aus der Grenzwertüberschreitung abgeleitet werden kann, könnte durch bauliche Wärmeschutzmaßnahmen allerdings nur begrenzt mobilisiert werden.

Da aus Gründen der Bauerhaltung keine Sanierungsmaßnahmen an der wärmetechnischen Gebäudehülle anstehen, kann davon ausgegangen werden, dass sich keine Maßnahmen ergeben, für deren Investition sich eine Wirtschaftlichkeit innerhalb von 10 Jahren errechnet.

Zusammenfassend kann festgehalten, dass vom Gesamtfernwärmebezug der Titus-Thermen (rund 5.600 MWh/a) für die Gebäudebeizung rund 2.564 MWh/a an Fernwärme benötigt werden. Die übrigen Fernwärmebezugsmengen verteilen sich auf die Erwärmung der Außenluft zur Entfeuchtung der Schwimmhalle (1.566 MWh/a), der Brauchwarmwasserbereitung (635 MWh/a), der Beckenwassererwärmung (617 MWh/a) sowie den Wärmeverteilungsverlusten (484 MWh/a) (vgl. Abschnitt 2.2.)

3.3 Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen

Die Wärmeversorgung der statischen Heizungen, der Brauchwasserbereitung, der Raumlufte-Technischen-(RLT)Anlagen sowie der Beckenwassererwärmung erfolgt über ein zentrales Warmwasser-Heiznetz. Die Versorgung erfolgt durch einen indirekten Anschluss mittels Wärmetauscher an das Fernwärmenetz der Mainova AG.

3.3.1 Stammdaten der zentralen Wärmeübergabestation

Der Anschluss an das Fernwärmenetz der Mainova erfolgt in der Ebene –3.50 im Raum U 54, über separate Versorgungsleitungen mit differenzdruckabhängig geregelten Doppelpumpen im Parallelbetrieb zu den zwei Wärmetauschern in der Technikzentrale des Freizeitbereichs (Ebene – 3.50) und dem Wärmetauscher in der Technikzentrale des Hotels.

Die Gesamtanschlussleistung für den Freizeitbereich und Hotel liegt bei 6.041 kW. Die Regelung der Wärmeleistung am Wärmetauscher erfolgt über jeweils ein Motor-Durchgangsventil mit Mehrfachfunktion zur Temperaturüberwachung und Mengenbegrenzung. Der Wärmeverbrauch für die Heizkreise wird mittels Wärmemengenzähler erfasst.

Das Fernwärmesystem wird gleitend in Abhängigkeit von der Außentemperatur mit einer Vorlauftemperatur zwischen 70°C und 120°C betrieben. Die Rücklauftemperatur ist auf 50°C ausgelegt und vertraglich durch die Mainova auf maximal 60°C begrenzt.

Die beiden Wärmetauscher für den Freizeitbereich verfügen über eine Wärmeleistung von jeweils 2.166 kW.

Die Brauchwarmwasserbereitung erfolgt mittels zweier liegender Brauchwasserspeicher mit einem Inhalt von je 4.000 l. Die Heizwasserleitungen hierfür werden auf der Primärseite (Fernwärmenetz) abgenommen und versorgen die beiden Wärmetauscher der Speicher (je 350 kW). In der Sammelrücklaufleitung ist ein Wärmemengenzähler eingebaut.

Insgesamt ist eine Wärmetauscherleistung von 5.034 kW für die Titus-Thermen installiert und für die Berechnung des Jahresgrundpreises für den Fernwärmebezug angemeldet.

3.3.2 Stammdaten des Warmwasserheiznetzes

Die Anlage ist als Pumpen-Warmwasserheizsystem mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 85°C und einer Rücklauftemperatur von 50°C konzipiert. Vom Hauptverteiler im Raum U.54 werden zwei Unterverteiler „Sporthalle/Sauna“ sowie „Beckenwasser/Schwimmbhalle“ versorgt.

Die Verteilergruppen verfügen über die in Tafel 3.3.1 zusammengefassten Versorgungsstränge mit Heizleistung und den zugehörigen Pumpen.

Tafel 3.3.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Stammdaten der Warmwasserheizkreise

Heizkreisbezeichnung/ Verbraucher	Heizleistung in kW	Hersteller/Typ Umwälzpumpe Grundfos	Volumen- strom in m ³ /h	Förderhö- he in mWS	Leistungsauf- nahme in W	Regelung
Primärverteilung						
Strang Sporthalle/Sauna	2.000	UPT-D 80-120	43,0	8,5	1.600	Doppelpumpe Diff- druckgeregelt
Strang Beckenwasser/ Schwimmhalle	2.333	CDM 125-225	58,0	14,5	3.800	Doppelpumpe Diff- druckgeregelt
Verteiler Beckenwasser/Schwimmhalle						
Beckenwasser-WT						
Sauna-Tauchbecken	10					
Erlebnis-Abenteuer	513					
Kinderbecken	70					
Sportbecken	430					
Hot-Whirl-Pool I	180					
Hot-Whirl-Pool II	180					
Hot-Whirl-Pool Sauna	180					
Saunabecken	116					
Solebecken	40					
RLT-Schwimmhalle						
Nacherhitzer 1	195					
Nacherhitzer 2	222					
Nacherhitzer 3	154					
Restaurant						
Vorerhitzer	44	UPS 25-20	1,1	0,9	70	Keine
Verteiler Sporthalle/Sauna						
Statische Heizung Gr. 2 Sauna	117	UPCD 32-120	2,4	5,5	485	Keine - Doppel- pumpe
VE Bowling (2.7) Freizeit / Sauna	16	UPS 25-20	0,55	0,8	70	Keine
VE Fitness-Sauna (2.6)	141	UMC 32-30	5,1	0,6	140	Keine
VE Foyer (2.15)	39	UPS 25-20	1,0	0,6	70	Keine
VE Umkl. Sporthalle(2.12)	97	UPS 25-40	2,3	0,6	80	Keine
VE Sauna Umkleide (2.5)	105	UPS 25-40	2,3	0,6	80	Keine
NE 1 Fitness (2.6) +- 0.00	24					
NE 2 Fitness (2.6) +- 0.00	88					
NE 3 Sauna (2.6) + 7.80	52					
NE 4 Sauna (2.6) + 7.80	72					
NE 5 Sauna (2.6) + 7.80	57					
NE 5 Sauna (2.6) +12.20	170					

Heizkreisbezeichnung/ Verbraucher	Heizleistung in kW	Hersteller/Typ Umwälzpumpe Grundfos	Volumen- strom in m³/h	Förderhö- he in mWS	Leistungsauf- nahme in W	Regelung
Squash						
NE 1 (2.4)	10					
NE 2 (2.4)	10					
NE 7 Entspann.ra. (2.4)	14					
NE 6 Tribuna. (2.4)	28					
NE 3 (2.4)	10					
NE 4 (2.4)	10					
NE 5 (2.4)	10					
Statische Heizung Gr.3-7 Verwaltung, Sporthalle, Bowling	110	UPCD 32-120	2,4	5,5	485	Keine - Doppel- Pumpe
Sporthalle/Verwaltung						
VE Umkleide (2.13)	24	UPS 25-20	0,6	0,6	70	Keine
3 St. VE Sporthalle (2.10)	113	UMS 32-20	2,65	0,6	3 x 60	Keine
VE Verwaltung (2.14)	21	UPS 25-20	0,45	0,9	70	Keine
VE Mall (2.30)	136	UMS 32-20	3,0	0,8	60	Keine

In der folgenden Tafel sind die installierten Anschlussleistungen für die einzelnen Bereiche zusammengestellt:

Tafel 3.3.2 Energiekonzept Titus-Thermen: Installierte Anschlussleistung der Verbrauchergruppen und Bereiche

Heizkreisbezeichnung/ Verbrauchergruppe	Statische Hzg. in kW	RLT-Anlagen in kW	Beckenwasser in kW	WW-Bereitung in kW	Gesamt in kW
Schwimmhalle		571	1.413		
Umkleide Schwimmhalle		107			
Umkleide Fitness		140			
Sauna	117	491	306		
Fitness		113			
Sporthalle	60	363			
Verwaltung	15	21			
Rotunde		40			
Squash		92			
Bowling	35	16			
Restaurant Schwimmhalle		44			
Mall		136			
GESAMT	227	2134	1.719	660	4.740

Die installierte Anschlussleistung liegt mit 4.740 kW um 292 kW unter der angemeldeten Fernwärmebezugsleistung.

Folgende Bereiche bzw. Heizstränge verfügen über Wärmemengenzähler, um eine verbrauchsabhängige Abrechnung mit Pächtern/Untermietern zu ermöglichen:

- Primärseite Wärmetauscher 1
- Primärseite Wärmetauscher 2
- Primärseite Warmwasserbereitung
- Statische Heizung Gruppe 3 – Bowling
- Gesamter Bereich Squash (Sammelrücklauf)
- Luftherhitzer Bowling-Anlage (Anlage 2.7)

3.3.3 Stammdaten der Warmwasserversorgung

Zur zentralen Brauchwasserversorgung der Duschen und Warmwasserzapfstellen des Freizeitkomplexes sind 2 parallel geschaltete liegende Großbrauchwasserspeicher installiert.

Die Verteilung des Brauchwassers erfolgt über Zirkulationsleitungen mit entsprechenden Zirkulationspumpen. Eine Unterbrechung der Brauchwarmwasserzirkulation außerhalb der Öffnungszeiten erfolgt nicht, da aufgrund des verzweigten Leitungsnetzes mit langen Stichleitungen, die Warmwassertemperaturen an den Zapfstellen bei Wiederinbetriebnahme nicht rechtzeitig erreicht wurden.

Tafel 3.3.2 Energiekonzept Titus-Thermen: Stammdaten der Brauchwasserversorgung

Bereich	Freizeitbereich				
Speicher	2				
Anzahl					
Hersteller/Typ					
Baujahr					
Wasserinhalt					
Beheizungsart					
Nennheizleistung					
Speichertemperatur	ca. 60 °C				
Brauchwasserversorgungsbereiche	Squash/Sauna	Öffentliche Toiletten	Bowling	Sauna	Sporthalle
Zirkulationspumpen	1		1	1	1
Anzahl					
Hersteller/Typ					
Pumpenmotorleistung					
Sonstiges	WMZ		WMZ		
	Wilo Z 40			Wilo Z 40	Wilo Z 65
	340 W			340 W	1.050 W

Zum Schutz vor Legionellen im Brauch-Warmwassersystem wurde vor einigen Jahren eine UV-Bestrahlungsanlage eingebaut und die Untersuchungsergebnisse geben keinen Anlass zu Beanstandungen.

Eine installierte thermische Brauchwasserdesinfektionsanlage musste wieder außer Betrieb genommen werden, da es nach den Desinfektionsintervallen (Aufheizen der Speicher auf 70 °C) zu erheblichen Problemen mit der Fernwärmerücklauftemperatur kam. Diese stieg deutlich über die vertraglich maximal zulässige Temperatur von 60 °C und wurde von der Mainova beanstandet.

3.3.4 Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen

Hinsichtlich seines Zustandes und seiner Konzeption ist das Warmwasserheizsystem in den Titus-Thermen wie folgt zu bewerten:

- Probleme im Heizsystem ergeben sich durch die vertraglich begrenzte maximale Fernwärmearücklauftemperatur von 60 °C. Aus diesem Grund wurden in der Vergangenheit installierte Wärmerückgewinnungssysteme (u.a. Abwärmenutzung Kältemaschine) sowie die Thermische Desinfektionsanlage wieder außer Betrieb genommen.
- Die installierte Wärmetauscherleistung von 5.032 kW reicht aus, um die Titus-Thermen ausreichend mit Heizwärme für die Gebäudebeheizung, die Lüftungsanlagen, die Warmwasserbereitung und die Beckenwassererwärmung zu versorgen. Die benötigte Wärmeleistung liegt jedoch nur bei 4.740 kW (vgl. Tafel 3.3.2). Demnach ist die installierte Fernwärmeanschlussleistung um 292 kW zu hoch (**s. Maßnahme 3.3.III**).
- Im Verwaltungsbereich sind 4 Büroräume ohne statische Heizkörper ausgestattet. Es erfolgt eine dezentrale Beheizung in den Wintermonaten mit Strom, da die vorhandene Lüftungsanlage keine ausreichende Erwärmung ermöglicht. Hier sollte ein Anschluss an das Warmwasserheizsystem mit Installation von Heizkörpern erfolgen (**s. Maßnahme 3.3.I**).
- Die Schwimmhalle verfügt über keine statischen Beheizung. Der gesamte Heizwärmebedarf muss durch die Lüftungsanlage gedeckt werden. Die Installation von statischen Heizflächen hätte den Vorteil, dass die Luftmenge der Lüftungsanlage „2.1 Schwimmhalle“ reduziert werden könnte. Die Realisierung kann jedoch erst im Rahmen einer Gesamtanierung der Schwimmhalle durchgeführt werden, da ansonsten der bauliche Aufwand zu groß wäre (**s. Maßnahme 3.4.II**).
- Von den installierten Umwälzpumpen werden die zentralen Doppelpumpen mit elektronischen Drehzahlregelungen betrieben.
Die ungeregelten Sekundärpumpen für die „Statischen Heizkreise 3-7 und 2“ sollten durch drehzahlgeregelte Pumpen ersetzt werden, da diese einen überhöhten Stromverbrauch verursachen. Im Rahmen einer Modernisierung bzw. Austausches muss gemäß EnEV eine selbsttätig in 3 Stufen regelbare elektronische Pumpe eingebaut werden (**s. Maßnahme 3.3.II**).
- Das Brauchwasser-Leitungsnetz verfügt über zu lange Stichleitungen. Es kam zu Temperaturproblemen an den Zapfstellen bei Unterbrechung der Zirkulation. Ein Umbau des Leitungsnetzes ist aus baulichen Gründen kaum möglich.
- Die UV-Desinfektionsanlage arbeitet als Legionellenschutz für die Brauchwarmwasserbereitung zufriedenstellend.

Maßnahme 3.3.I Anschluss von Verwaltungsbürräumen an das zentrale Pumpen-Warmwasser-Heizsystem

Die vier Büroräume in der Verwaltung ohne statische Heizkörper, die derzeit in der Winterperiode mit elektrischen Heizgeräten erwärmt werden, werden an das vorhandene Heizwassersystem der Titus-Therme angeschlossen. Da derzeit keine baulichen Sanierungen in diesem Bereich anstehen ist diese Maßnahme separat zu untersuchen (s. Abschnitt 4.2.1).

Maßnahme 3.3.II Austausch der Heizungs-Umwälzpumpen für die statischen Heizkreise

Die Heizungsumwälzpumpen haben mit einer Nutzungsdauer von 11 Jahren fast das Ende der technischen Nutzungszeit von 12 Jahren erreicht. Aus Gründen der Bauerhaltung steht in absehbarer Zeit eine Sanierung an. Entsprechend der EnEV werden die beiden Umwälzpumpen für die statische Heizung durch elektronische drehzahlgeregelte Umwälzpumpen ersetzt (s. Abschnitt 4.2.2).

Maßnahme 3.3.III Reduzierung der Fernwärmeanschlussleistung

Aufgrund der hohen Rücklauftemperaturen ist davon auszugehen, dass die Fernwärmeanschlussleistung zu hoch ist bzw. die Hydraulik (Heizwassermassenströme) auf der Verbraucherseite nicht optimal einreguliert ist. Dies belegt auch die Zusammenstellung der installierten Wärmeleistung der Verbraucher von 4.740 kW zur angemeldeten Wärmetauscherleistung von 5.032 kW (s. Abschnitt 4.2.3).

Maßnahme Installation von statischen Heizflächen in der Schwimmhalle (s. 3.4.II)

Im Rahmen einer Gesamtsanierung der Schwimmhalle sollten statischen Heizflächen (Wärmebänke, Fußbodenheizung) installiert werden, um eine Grundbeheizung der Halle zu ermöglichen. Dies hätte den Vorteil, dass die benötigte Luftmenge der Lüftungsanlage reduziert werden könnte, da diese dann, neben der Hauptaufgabe einer Entfeuchtung der Schwimmhallenluft, nur noch ein Teil des Wärmebedarfs mitdecken müsste. Der Strombedarf für die Lüftermotoren könnte dadurch reduziert werden.

Die statischen Heizflächen sollten für einen Anteil von 20 % am Gesamtwärmebedarf (360 kW) der Schwimmhalle dimensioniert werden.

Die Untersuchung und Bewertung bezüglich des Einbaus von statischen Heizflächen in der Schwimmhalle erfolgt zusammen mit der Optimierung der Lüftungsanlage Schwimmhalle in **Maßnahme 3.4.II**.

3.4 Stammdaten der Klima- und Lüftungsanlagen

Die Be- und Entlüftung sowie die Klimatisierung von Raumbereichen der Titus-Thermen erfolgt mit Raumlufttechnischen(RLT)-Anlagen, die hinsichtlich ihrer verfahrenstechnischen Merkmale als Zentralanlagen-System mit zentraler Luftförderung und Luftaufbereitung mit Nachbereitung in Einzelzonen einordnen sind.

Die Heizwärmeversorgung der RLT-Anlagen erfolgt über das zentrale Warmwasser-Heizsystem. Gemäß der Definition der DIN 1946 können RLT-Anlagen in Bezug auf ihre thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen in Gruppen eingeteilt werden.

Thermodynamische Luftbehandlungsfunktionen sind:

H	=	Heizen
K	=	Kühlen
B	=	Befeuchten
E	=	Entfeuchten

Nach der DIN 1946 sind:

Klimaanlagen:	RLT-Anlagen/-Geräte mit vier Luftbehandlungsfunktionen
Teilklimaanlagen:	RLT-Anlagen/-Geräte mit zwei oder drei Luftbehandlungsfunktionen
Lüftungsanlage:	RLT-Anlagen/-Geräte mit keiner oder einer Luftbehandlungsfunktion

In den Titus-Thermen sind folgende Wärmerückgewinnungssysteme in den RLT-Anlagen eingebaut.

Regenerative WRG: Ein Rotor (Wärmerad) mit luftdurchlässiger Wärmespeicherfüllung wird einerseits von der Fortluft, andererseits von der Außenluft durchströmt. Über einen drehzahlgeregelten Antrieb wird der Rotor bewegt, so dass eine Wärmeübertragung von der Fortluft an die angesaugte Außenluft erfolgt. Der Wirkungsgrad liegt bei ca. 70 %. Die Außenluft wird von –12°C auf ca. +1 °C erwärmt.

Ausgeführt bei den Anlagen: 2.3, 2.4, 2.5, 2.14, 2.15 und 2.30

Rekuperative WRG (Kreislaufverbundsystem): Im Außen- und Fortluftstrom wird jeweils ein Wärmetauscher zur Wärmeübertragung von Luft an Wasser angeordnet. Die Tauscher werden durch ein Rohrnetz mit Umwälzpumpe und Regelung verbunden. Als Wärmeträger dient ein Glykol/Wasser-Gemisch, das die aus der Fortluft entnommene Wärme an die angesaugte Außenluft überträgt. Der Wirkungsgrad liegt bei 45-50%. Die Außenluft wird von –12°C auf ca. –4°C erwärmt.

Ausgeführt bei den Anlagen: 2.1, 2.6, 2.8, 2.9 und 2.12.

Rekuperative WRG (Plattenwärmetauscher): Die Luftströme der Außen- und Fortluftstrom werden durch einen Plattenwärmetauscher geführt. Der Wärmeaustausch – Erwärmung der Außenluft durch die Fortluft – erfolgt durch kreuzweise geschichtet Alu-Wellplatten, welche die beiden Luftströme trennen. Der Wirkungsgrad liegt bei ca. 80%. Die Außenluft wird von –12°C auf ca. +5°C erwärmt.

Ausgeführt bei der Anlage: 2.13.

3.4.1 Stammdaten der Teil-Klima- und Lüftungsanlagen

Die Titus-Thermen verfügen über vier Bereiche (Schwimmbad, Sauna-Fitness, Sporthalle und Mall/Verwaltung) mit Lüftungsanlagen. In der folgenden Tafel 3.4.1 sind die Anlagen mit Bezeichnungen der jeweiligen Lüftungsgeräte mit Standort und Versorgungsbereich, gegliedert nach Schaltschränken, zusammengestellt. Die technischen Daten sowie die Laufzeiten der einzelnen Anlagen sind in Tafel 3.4.2 aufgeführt.

Tafel 3.4.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Stammdaten der Klima- und Lüftungsanlagen

Anlage	Bezeichnung	Standort Ebene	Versorgungs- Bereich - Ebene	Einheit
Schaltschrank 1	Zentrale 1 – Schwimmbad	- 3.50		
Anlage 2.1	Schwimmhalle	- 3.50	+3.20 – +8.00	Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.1.3	Schwimmhalle Glasflächen	+ 12.50 (West)	+ 12.50	Umluftgerät
Anlage 2.1.4	Schwimmhalle Glasflächen	+ 12.50 (West)	+1 2.50	Umluftgerät
Anlage 2.1.6	WC-Squash	- 3.50	- 3.50	Abluftgerät
Anlage 2.2	Technikräume	- 3.50	- 3.50	Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.2.2	Speiseausgabe	+ 0.00		Decken-Abluftgerät
Anlage 2.2.3 – 2.2.7	Technikräume 5 x Zuluft	- 3.30		5 Zuluftventilatoren
Anlage 2.3	Restauration Schwimmhalle	- 3.50	+ 4.10	Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.4	Squash Räume	- 3.50	- 3.50	Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 1.7.1	Aufzug A2 Rotunde	- 3.50	-3.50 - +12.20	Fortluftgerät
Anlage 1.7.2	Aufzug A3 Anrichte	- 3.50	+4.10 - +12.80	Fortluftgerät
Schaltschrank 1a	Traforaum –	- 0.00		
Anlage 2.26a	Batterieraum	+ 0.00	+ 0.00	Umluftgerät
Anlage 2.27	Traforaum	+ 0.00	+ 0.00	Fortluftgerät
Schaltschrank 2	Zentrale 2 - Sauna	- 3.50		
Anlage 2.5	Umkleide Schwimmhalle	- 3.50		Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.6	Fitness - Sauna	- 3.50		Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.6.3–2.6.6	WC-Sauna	+16.50 Dach Sauna	12.20,16.50,20.50	Abluftgerät
Anlage 2.7	Bowling	-3.50		
Anlage 2.19	Technik Sauna	- 3.50		
Anlage 2.21	WC Sauna	Dach Sauna	+4.10-12.20	Abluftgerät
Anlage 2.23	WC Kegeln	0.00	- 3.50	Abluftgerät
Anlage 2.24	Küche Bowling	16.50 Dach Verwalt	- 3.50	Abluftgerät
Anlage 3.4	Brandgasventilator Sauna	+ 16.50	+ 12.20	Fortluftgerät
Schaltschrank 4	Zentrale - Sporthalle	+/- 0.00		
Anlage 2.11	Geräteräume Sporthalle	+ 16.50	+ 3.35	Abluftgerät
Anlage 2.12	Umkleide Sporthalle	+ 0.00		Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.13	Umkleide Sporthalle	+ 0.00	+ 3.35	Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.15	Foyer Sporthalle	+ 0.00	+ 0.00-7.80	Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.25	Aufzug A8 Verwaltung	+ 0.00		Fortluftgerät
Anlage 3.7	Brandgasventilator Magazine	+ 3.35		Fortluftgerät
Schaltschrank 5	Raum 3.06	+ 12.20	Verwaltung	
Anlage 2.10.1-2.10.3	Sporthalle 1-3	+ 16.50 Dach		3 Zentr. Zu-/Abluftgeräte
Anlage 2.14	Verwaltung	+ 16.50		Zentr. Zu-/Abluftgerät
Anlage 2.17	WC-Verwaltung	+ 16.50		Abluftgerät
Anlage 2.30	Große Mall	+ 16.50	+ 7.80	Zentr. Zu-/Abluftgerät

Anlage	Bezeichnung	Standort Ebene	Versorgungs- Bereich - Ebene	Einheit
Anlage 2.31	Große Mall - Windfang	+ 7.80	+ 7.80	Umluftgerät

Anlage 2.1 – Schwimmhalle (Ebene +3.20-8.00)

Gemäß DIN 1946 handelt sich bei diesem kombinierten Zu- und Abluftgerät um eine Lüftungsanlage mit nur einer Luftbehandlungsfunktionen (Heizen). Das Lüftungszentralgerät wurde 1993 in der Technik-Ebene (-3.50) unter dem Schwimmbad installiert.

Die raumlufttechnische Versorgung der Schwimmhalle ist zum einen zu Heizzwecken und zum anderen zur Begrenzung der Raumlufftfeuchte notwendig. Eine Beheizung der Schwimmhalle über statische Heizflächen ist nicht möglich.

Eine Kühlfunktion war ursprünglich vorgesehen, wurde aber nicht eingebaut. Die Entfeuchtung der Schwimmhallenluft erfolgt durch Bemischung von Außenluft (Regelung nach der Abluftfeuchte).

Derzeit wird die Anlage im 24 h Betrieb (Vollast) mit einem Außenluftanteil von bis zu 100 % gefahren. Im Winterbetrieb, bei -10 °C über mehrere Tage hinweg, muss die Anlage von Hand auf Umluftbetrieb (ca. 40 %) umgestellt werden, um ein Vereisen der WRG-Register zu verhindern. In diesen Fällen kommt es, durch die ungenügende Entfeuchtung der Schwimmhallenluft, zu Kondensatbildung an den Dachfensterscheiben.

Der ursprünglich vorgesehene Gesamt-Volumenstrom von 60.000 m³/h errechnete sich über die Verdunstungsberechnung bezogen auf die Wasseroberfläche. Da diese Luftmenge für die Entfeuchtung und Beheizung der Schwimmhalle nicht ausreichte, wurden die Ventilatoren 1996-97 ausgetauscht und durch neue, mit höherer Volumenstromleistung (72.000 m³/h) bei gleicher Motorleistung, ersetzt.

Die Zuluftführung in die Schwimmhalle ist auf drei Zonen aufgeteilt. Ca. 50 % des Gesamtvolumenstroms werden über Weitwurfdüsen im unteren Bereich eingeführt. Die übrigen 36.000 m³/h werden über die Tragekonstruktion in den oberen Hallenbereich über Einzeldüsen horizontal eingeblasen. Die Abluft wird über einen „Ansaugdom“ in einer Höhe von 7 m frei aus der Halle abgeführt.

Auslegungsdaten:

Raumtemperatur:	+ 30 °C +/-2 °C
Relative Luftfeuchte:	max. 60 %
Zulufttemperatur:	max. +46 °C
Außenluftanteil:	60 – 100 %
WRG-System (rekuperativ):	Außenlufteintritt -12 °C Austritt +1,5 °C Ablufteintritt 30 °C austritt 20 °C

Die Auslegungswerte werden in der Praxis durch das Kreislauf-Verbundsystem nicht erreicht, da die Wärme nicht von der Fort- an die Außenluft sondern von der Ab- an die Mischluft übertragen wird und somit nur eine geringe Temperatur erreicht wird. Die restliche Temperaturerhöhung muss über die Zonen-Nacherhitzer erfolgen. Da diese aber für eine niedrigere Luftleistung bzw. geringere Temperaturerhöhung ausgelegt sind, kommt es zu Problemen bei der Raumlufterwärmung der Schwimmhalle. Aus diesem Grund wird die Lüftungsanlage 24 h im Vollastbetrieb gefahren (**vgl. Maßnahme 3.4.II**).

Anlage 2.1.3 und 2.1.4 – Schwimmhalle Umluft Glasflächen (+ 12.50 West)

Zur Verhinderung von Schwitzwasser an den Glasdachflächen wurden ursprünglich zwei Anlagen vorgesehen, die sich bei Überschreitung einer rel. Luftfeuchte von 60 % einschalten und Raumluft über Gitter in die Zwischendecke ansaugen, entfeuchten und zwischen den Dachbindern wieder einblasen. Diese Anlagen wurden zwischenzeitlich außer Betrieb gesetzt, da sich der geplante Effekt nicht einstellte.

Anlage 2.2 – Technik Ebene (- 3.50)

Für die Technikebene ist eine zentrales Be- und Entlüftungsgerät mit jeweils 23.000 m³/h vorgesehen um eine Abführung von Prozesswärme sowie eine Entfeuchtung zu erreichen. Eine Einzelraumregelung ist nicht vorgesehen. Die Raumsolltemperatur ist mit 14°C vorgegeben, ein Luftheizer ist nicht eingebaut. Die Zulufttemperatur von 18°C wird durch eine 3-Klappenregelung (Umluftbetrieb) realisiert.

Weitere Schubventilatoren sind für folgende Bereiche parallel installiert:

Anlage 2.2.3 Sprinklerzentrale

Anlage 2.2.4 Sanitärzentrale (Helios Axialventilator HRF 35/4)

Anlage 2.2.5 Vorraum Sanitär (Helios Radax Kanalventilator KD 400/6/80/50)

Anlage 2.2.6 Badewassertechnik (Helios Axialventilator HRF 35/4)

Anlage 2.2.7 Fernwärme Blockstation (Helios Axialventilator HRF 35/4)

Betriebszeiten: 7.00 Uhr bis 22.00 Uhr

Anlage 2.22 – Fortluft Speiseausgabe (Ebene + 0.00)

Das Abluftgerät (Helios Radax Kanalventilator KD 285/4/60/30) für den Raum „ZBV (Archiv)“ befindet sich in der Zwischendecke WC-Räume neben dem Hauptzugang. Die Zuluft wird über das entsprechende Kanalsystem der Rotunde entnommen.

Betriebszeiten: 7.00 Uhr bis 22.00 Uhr (wie Anlage 2.2)

Anlage 2.23 – WC Schieß- und Kegelbahn (Ebene -3.50)

Die Abluftanlage (Helios Axialventilator HQW 30/4) für die WC-Bereiche der Kegelbahn, mit einem Volumenstrom von 2.000 m³/h, wird vom Pächter Bowling manuell geschaltet. Derzeit ist die Anlage defekt und nicht in Betrieb. Sie verfügt über einen separaten Stromzähler.

Anlage 2.26a – Be- und Entlüftung Batterieraum (Ebene 0.00)

Der Batterieraum muss, aufgrund der zu erwartenden Gasentwicklung mechanisch entlüftet (600 m³/h) werden und ist ca. 2-3 h pro Tag in Betrieb.

Anlage 2.27 – Be- und Entlüftung Traforaum (Ebene 0.00)

Der Traforaum muss, aufgrund der zu erwartenden Gasentwicklung mechanisch entlüftet (9.000 m³/h) werden. Die Anlage ist auf einen 160-fachen Luftwechsel ausgelegt und wird temperaturgeregelt betrieben.

Anlage 2.3 – Restaurant Schwimmhalle – Lagune (Ebene + 4.10)

Die in der Schwimmhalle ausgewiesenen Aufenthalts- und Restaurationsbereiche (+30 °C und 50 % rel. Feuchte) werden durch ein separates Zu- und Abluftgerät mit je 10.000 m³/h versorgt. Um im Sommerbetrieb eine Überhitzung zu vermeiden, war eine Lüftkühlung vorgesehen, wobei eine Abwärmenutzung über die Wärmepumpe an die Wärmeversorgungssysteme erfolgen sollte. Da die ursprünglich geplante räumliche Trennung von Lagunenbereich und Schwimmhalle durch eine Glasfront nicht realisiert wurde, ist die Kühlung nicht in Betrieb und die Zu- und Abluft kann komplett der Schwimmhalle zugeordnet werden.

Auslegungsdaten:

WRG (regenerativ-Wärmerad) Außenlufteintritt –12 °C Austritt +14 °C - Ablufteintritt 25 °C - Austritt 20 °C

Betriebszeiten: 6.30 Uhr bis 22.00 Uhr (Sonntags bis 20.00 Uhr)

Anlage 2.4 – Squash (Ebene -3.50)

Zentrales Zu- und Abluftgerät in der Technikebene für den Squashbereich mit separatem Strom-, Wärme- und Kältemengenzähler. Ein Bedientableau für Be- und Entlüftung der einzelnen Zonen (Courts 1-5, Aufenthalt und Sauna) ist vorhanden. Die Ventilatoren werden nach Erfordernis über Frequenzumrichter reguliert.

Die Anlage wurde, durch die relativ hohe Personenbelegung und Geruchsbelastung bei Sportbetrieb mit einem Außenluftanteil von mindestens 50 % betrieben. Seit 2001 ist der Squashbereich geschlossen und die Anlage ist nicht in Betrieb.

Auslegungsdaten:

WRG-System (regenerativ): Außenlufteintritt –12 °C Austritt +9,9 °C - Ablufteintritt 20 °C austritt k.A.

Um eine Aufschaltung Strom- und Wärmemengenzähler auf die DDC-Anlage zu ermöglichen, wäre eine Umrüstung auf MBUS-Zähler notwendig. Die entsprechenden BUS-Leitungen sind bereits verlegt. Im Hinblick auf eine geplante bedarfsgerechte Verbrauchserfassung und –abrechnung sollte die Aufschaltung erfolgen.

Anlage 2.5 – Umkleide – Schwimmhalle / Sauna und Anlage 2.21 – Abluft WC-Sauna

Der Nutzung entsprechend werden die Umkleideräume für den Schwimmbadbereich (Ebene +4.10m) in der Zeit von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr mechanisch be- und entlüftet. Die unmittelbar im Verbindungsbereich zwischen den Umkleidebereichen und der Schwimmhalle befindlichen Dusch-

und WC-Räume werden ebenfalls von der Anlage zuluftseitig versorgt. Die Abluft (Anlage 2.21) wird mittels Dachradialventilator (Babcock DRV 355/30) separat über Dach geführt.

Auslegungsdaten:

Raumtemperatur: + 26 °C +/-2 °C

Zulufttemperatur: max +30 °C

Außenluftanteil: 50 %

WRG-System (regenerative) Rotations-WT (Typ 510)

Betriebszeiten: 7.00 Uhr bis 22.00 Uhr (Sonntags bis 20.00 Uhr)

Anlage 2.6 – Bereich Fitness/Sauna

Durch die Anlage werden die Ebene „Fitness“ auf +0.00m, die Saunaebene 1 (+7.80m) sowie die Saunaebene 2 (+12.20m) versorgt. Dies sind zwei Raumbereiche mit stark abweichenden Anforderungen an die Luftqualität und die Lufttemperatur. Das Zentralgerät befindet sich im Technikraum der Ebene –4.00 m.

Das Zentralgerät ist für eine ganzjährige Zulufttemperatur von 15 °C (0 °C/15 °C) ausgelegt. Den unterschiedlichen Raumlasten und Anforderungen entsprechend, sind die Nutzungsbereiche mit Nacherhitzern versehen. Um im Sommerbetrieb eine Überhitzung zu vermeiden, ist für die Ebene +0,00m eine Luftkühlung installiert. Die Anlage wird weitestgehend im Außenluftbetrieb gefahren, für die Wärmerückgewinnung ist ein rekuperativer WRG-Kreis vorgesehen.

Die WC-Räume verfügen über separate Abluftanlagen (Dachventilatoren):

Anlage 2.6.3 WC Sauna (+16.50) Babcock Radialventilator DRV 250/28-6

Anlage 2.6.4 Duschen-Sauna +16.50 Babcock Radialventilator DRV 250/28-6

Anlage 2.6.5 WC-Sauna +16.50 Babcock Radialventilator DRV 250/28-6

Anlage 2.6.6 WC-Sauna +16.50 Helios Schachtventilator DX 200 N

Anlage 2.21 WC +4.10 +7.80

Auslegungsdaten:

WRG-System: Außenlufteintritt –12 °C Austritt +2,8 °C

Ablufteintritt 24 °C / 45 % Austritt 10,7 °C / 98 %

Betriebszeiten: 6.30 Uhr bis 22.00 Uhr (Sonntags bis 21.30 Uhr)

(vgl. Maßnahme 3.4.III)

Anlage 2.19 – Technikräume Sauna (Ebene –4.00)

Für die Technikräume ist eine mechanische Fortluft (Helios Axialventilator HQD56/4) aus Gründen der Abführung Prozesswärme sowie zur Entfeuchtung vorgesehen. Eine Einzelraumregelung ist nicht vorhanden. Die Raumtemperaturen liegen im Winter + 22 °C bis 30 °C und im Sommer bei max. 40 °C.

Betriebszeiten: 6.30 Uhr bis 22.00 Uhr (Sonntags bis 21.30 Uhr) wie Anlage 2.6

Anlage 2.24 – Küche Bowling (Ebene –3.50)

Für den Küchenbereich in der Bowlingbahn ist eine Entlüftungsanlage (Fortluftdachventilator) mit separatem Stromzähler installiert. Die Zuluft wird der Anlage 2.8 entnommen. Die Schaltung erfolgt manuell durch den Pächter Bowling.

Anlage 2.10.1 – 2.10.3 – Sporthalle

Die raumlufttechnischen Zentrallüftungsgeräte für die Sporthalle befinden sich auf dem Dach der Sporthalle (Ebene +16.50m) und sind gemäß der 3-Teilung der Halle auf drei Einheiten verteilt. Diese verfügen jeweils über Lüfterwärmungs- und Luftkühlungsfunktion. Für die Teilnutzung der Halle sind die Zuluftkanäle je Hallen-Drittel in 2 Einzelkanäle aufgeteilt. Damit wird erreicht, dass durch Wegschalten eines kompletten Zuluftstrangs nur mit halbem Volumenstrom eine ausreichende Be- und Entlüftung erreicht werden kann.

Auslegungsdaten:

Raumtemperatur: Winter + 20 °C Sommer + 26 °C
Außenluftanteil: 30-100 % - 30 m³/P*h = 1.400 Personen

Betriebszeiten:

<i>Montag:</i>	<i>7.00 Uhr bis 23.00 Uhr</i>	<i>Dienstag und Mittwoch:</i>	<i>9.00 Uhr bis 23.00 Uhr</i>
<i>Donnerstag:</i>	<i>5.00 Uhr bis 23.00 Uhr</i>	<i>Freitag:</i>	<i>9.00 Uhr bis 24.00 Uhr</i>
<i>Samstag:</i>	<i>9.00 Uhr bis 23.00 Uhr</i>	<i>0.00 Uhr bis 0.30 Uhr (Mitternachtssport)</i>	
<i>Sonntag:</i>	<i>9.00 Uhr bis 23.00 Uhr</i>	<i>und 9.00 Uhr bis 23.00 Uhr</i>	

Anlage 2.11 – WC-Geräteraum Sporthalle

Die Anlage ist für die auf der Ebene +3.35m befindlichen Nebenräume der Sporthalle, im wesentlichen genutzt als Lager- und Abstellräume vorgesehen. Das Zentralgerät befindet sich in der Zwischendecke Flur. Die WC-Abluft wird separat geführt.

Betriebszeiten: 6.00 Uhr bis 23.00 Uhr (wie Anlage 2.15)

Anlage 2.12 – Umkleideräume Sporthalle (Ebene +0.00)

Die auf der Ebene 0.00 befindlichen Umkleideräume sind zum einen der Sporthalle und zum anderen dem Fitnessbereich zugeordnet. Das Zentralgerät befindet sich in der Zentrale 4 Ebene 0.00m. Die Anlage ist für einen 100%-igen Außenluftbetrieb ausgelegt. Die WRG erfolgt über einen rekuperativen Wärmerückgewinnungskreis.

Auslegungsdaten:

Einblastemperatur + 32 °C
Raumtemperatur: + 21 °C
Außenluftanteil: 100 %

Betriebszeiten: 7.00 Uhr bis 23.00 Uhr (Samstag 0.00 Uhr bis 3.00 Uhr)

Anlage 2.13 – Umkleideräume Sporthalle (Ebene +3.35)

Auf der Ebene +3.35 befinden sich Umkleide- und Duschräume (Betreuer) sowie WC-Gruppen. Die Räume werden entsprechend ihrer Nutzung be- und entlüftet, um zum einen die Fortluft der WC-Gruppen und zum anderen die belastete Luft der Duschen abzuführen. Die Lüftungsanlage

dient zu Heizzwecken, da nur einzelne statische Heizflächen installiert sind. Die Anlage ist für einen 100%-igen Außenluftbetrieb ausgelegt. Die WRG erfolgt über einen rekuperativen Wärmerückgewinnungskreis. Wie Anlage 2.12 wird die Anlage 2.13 von 8.00 Uhr bis 22.00 Uhr durchgehend betrieben.

Auslegungsdaten:

Einblastemperatur + 32 °C
Raumtemperatur: + 22 °C
Außenluftanteil: 100 %
WRG-System: Plattenwärmetauscher
Außenlufteintritt –12 °C Austritt +8,7 °C Ablufteintritt 24 °C–30 % austritt 3,3 °C

Betriebszeiten: 9.00 Uhr bis 23.00 Uhr (Samstag 0.00 Uhr bis 3.00 Uhr)

Anlage 2.14 – Büro/Verwaltung

Auf der Ebene +12.20m, zwischen Sporthalle und Bürgerhaus, befindet sich der Büro- und Verwaltungstrakt. Da die Arbeitsräume nicht natürlich belüftbar sind, ist eine raumluftechnische Behandlung erforderlich. Aufgrund der Vielzahl der Regelkreise ist eine Hochdruckanlage mit 12 volumenstromgeregelten Entspannungsboxen (jeweils für Zu- und Abluft pro Raum) eingebaut. Das Zentralgerät ist mit Frequenzumrichtern für Zu- und Abluftventilator ausgestattet.

Auslegungsdaten:

Raumtemperatur: Winter ca. 24 °C, Sommer: max. 26 °C
Außenluftanteil: 10 - 100 %
WRG: Rotations-WT (Typ 920)

Betriebszeiten: durchgehend von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr

Anlage 2.15 – Treppenhaus (Rotunde) / Foyer Sporthalle (Ebenen 0.00 – 3.35 – 7.80)

Auslegungsdaten:

Raumtemperatur: Winter + 20 °C Sommer: max. 26 °C
Außenluftanteil: 10 - 100 %
WRG-System: WRR (Typ 508) Lufteintritt –12 °C Austritt +14,0 °C Lufteintritt 24 °C–28 %

Betriebszeiten: 6.00 Uhr bis 23.00 Uhr

Anlage 2.30 – Große Mall (Ebene +7.80)

Das Lüftungsgerät befindet sich auf dem Dach der Verwaltung (+16.50). Die Anlage ist mit einem regenerativen Wärmerückgewinnungsgerät ausgestattet. Um eine Überhitzung in den Sommermonaten zu vermeiden, ist eine Luftkühlung vorgesehen, wobei die Abführung der Kondensationswärme an das Wärmeversorgungssystem über die Wärmepumpe erfolgt.

Auslegungsdaten:

Raumtemperatur: + 19 °C
Außenluftanteil: 50 - 100 %
WRG: Rotations-WT (Typ 1450)

Betriebszeiten: durchgehend von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr

Anlage 2.31 – Windfang Große Mall (Ebene +7.80)

Die Anlage wird im Umluftbetrieb im Bereich des Windfanges temperaturabhängig ab einer Außentemperatur von weniger als +14 °C betrieben.

Auslegungsdaten:

Einblastemperatur: + 30 °C

Raumtemperatur: + 18 °C

Helios Radax-Kanalventilator KD 355/4/70/40

In der Tafel 3.4.2 sind die wesentlichen technischen Daten der Teilklima- und Lüftungsanlagen in den Titus-Thermen zusammengestellt.

Tafel 3.4.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Technische Daten der Teil-Klima- und Lüftungsanlagen

Anlage / Versorgungsbereich	Luftmengen		Ventilator-Motorleistung		VE	NE	Kühler	WRG	Laufzeit
	Zuluft in m³/h	Abluft in m³/h	Zuluft in kW	Abluft in kW	in kW	in kW		in kW	Uhr
Teil-Klimaanlagen									
2.4 Squash	17.500	16.140	15,0	11,0		92,0	60,0	126	Derzeit
Gemessen	17.560	15.430							Außer Betr.
2.6 Fitness/Sauna	44.800	41.800	30,0	22,0		463,0	107,0	212,0	6.30-22.00
Gemessen	46.600	44.760							
2.10.1 Sporthalle	14.000	13.000	10,5/ 2,2	5,0/1,0	113		70,5		s. Abs. 3.4.1
Gemessen	k.A.	k.A.							
2.10.2 Sporthalle	14.000	14.000	10,5/ 2,2	5,0/1,0	113		70,5		s. Abs. 3.4.1
Gemessen	15.230	13.660							
2.10.3 Sporthalle	14.000	14.000	10,5/ 2,2	5,0/1,0	113		70,5		s. Abs. 3.4.1
Gemessen	14.880	13.550							
2.14 Büro/Verwaltung	4.900	4.500	3,0	2,2	24,7		26,8		0.00-24.00
Gemessen	5.180	4.715							
2.15 Treppenhaus / Foyer	9.425	9.030	7,5	4,0	39,4		63,9	79,0	6.00-23.00
2.30 Gr. Mall	14.450	12.500	7,5	4,0	136,0		81,0		0.00-24.00
GESAMT	134.325	126.645	94,5	58,2	539,1	555,0	144,9	417,0	
Lüftungsanlagen									
2.1 Schwimmhalle	72.000	72.000	41/10	41/10		571		141 (223)	0.00-24.00
2.2 Technik-Ebene	28.060	20.100	15	7,5					7.00-22.00
Gemessen	26.925								
2.3 Restauration	10.130	10.250	7,5	7,5	43,8		(67,7)	88	6.30-22.00
Gemessen	9.760	10.130							
2.5 Umkleide Schwim.	14.000	12.600	11,0	7,5	107,4			132,0	7.00-22.00
Gemessen	13.020	13.290							
2.12 Umkleide Sport-	9.480	9.480	7,5	5,5	38,7	101,2		72,0	7.00-23.00

Fitness									
2.13 Umkleide Sport- halle	2.700	2.700	2,2	2,2	23,6			18,7	9.00-23.00
GESAMT	133.885	127.700	84,2	71,2	213,5	672,2	0	533,7	

Einzelanlagen									
2.1.3 Umluft Schwimmhalle		5.000		2,80					Außer Betr.
2.1.4 Umluft Schwimmhalle		5.000		2,80					Außer Betr.
2.2:4 Sanitärzentrale		1.500		0,06					7.00-22.00
2.2:5 Vorraum Sani- tär		7.500		2,80					7.00-22.00
2.2:6 Badewassertechnik		1.500		0,06					7.00-22.00
2.2.7 FW- Blockstation		1.500		0,15					7.00-22.00
2.6.3 WC-Sauna 12.20		250		0,05					6.30-22.00
2.6.4 WC-Sauna 16.50		480		0,05					6.30-22.00
2.6.5 WC-Sauna		450		0,05					6.30-22.00
2.6.6 WC-Sauna		100		0,025					6.30-22.00
2.16 Squash WC		870		1,55					6.30-22.00
2.17 WC-Verwaltung		600		0,15					0.00-24.00
2.18 WC-Rotunde		800		0,60					6.00-23.00
2.19 Technik Sauna		7.000		0,75					6.30-22.00
2.21 WC-Sauna Gemessen		3.320 3.160		0,40 0					6.30-22.00
2.22 Speiseausgabe Gemessen		1.600 1.630		1,55 0					6.30-22.00
2.23 WC-Kegelbahn		2.000		0,10					Defekt
2.24 Küche Bowling		2.000		2,2					Manuell
2.26a Batterieraum		600		0,18					Nach Temp.
2.27 Trafostation		9.000		2,0 / 0,5					Nach Temp.
2.11 Sporthalle WC- Lager		1.850		1,55					6.00-23.00
2.31 Windfang Gr. Mall		3.000		3,8					Nach Temp.
GESAMT EINZELANLAGEN		560.710		5,35					
GESAMT TITUS	268.210	310.735	178,7	153,2	752,6	1.227	550,2	950,7	

In den Titus-Thermen sind 37 Lüftungsanlagen mit einer Gesamtzuluftmenge von 268.200 m³/h und einer Gesamtabluftmenge von 310.735 m³/h, installiert. Die klimatisierte Gesamtzuluftmenge beträgt rund 50 % (134.325 m³/h). Für die Zu- und Abluftförderung sind Ventilatoren mit einer Gesamtmotorleistung von ca. 332 kW installiert.

Im Maximalfall wird eine Heizleistung von insgesamt 1.980 kW benötigt, um die Zuluft der Teil-Klima- und Lüftungsanlage aufzuheizen. Die benötigte Kühlleistung beträgt insgesamt 550 kW.

3.4.2 Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen

Auf der Basis, der im Energiekonzept ermittelten Daten, können die RLT-Anlagen in den Titus-Thermen hinsichtlich ihres Zustandes und ihrer Konzeption wie folgt bewertet werden:

- Insgesamt sind 37 Lüftungsgeräte in den Titus-Thermen installiert. Davon verfügen 8 Anlagen über eine Kühlfunktion, 6 Geräte sind kombinierte Zu- und Abluftgeräte und 23 reine Fortluftanlagen. Sämtliche energetisch relevanten Anlagen verfügen über ein Wärmerückgewinnungssystem.
- Die Ventilatoren der zentralen Zu- und Abluftgeräte wurden bereits in den vergangenen Jahren schrittweise gegen Rotovent-Ventilatoren mit einem höheren Wirkungsgrad ausgetauscht.
- Die Betriebszeiten der Lüftungsanlagen können teilweise reduziert werden, da die Nutzungsanforderungen sich mittlerweile geändert haben (**s. Maßname 3.4.I**).
- Von allen Betriebstechnischen Anlagen, die in den Titus-Thermen betrieben werden, stellt die RLT-Anlage „Schwimmhalle“ den relevantesten „Wärme- und Stromverbraucher“ dar. Die Anlage, die einen Zu- und Abluftvolumenstrom von jeweils 72.000 m³/h aufweist, entspricht in ihrer technischen Konzeption nicht dem technischen Stand. Derzeit wird sie, unabhängig von den tatsächlichen Anforderungen, ganzjährig im Volllastbetrieb gefahren.
Zu einem überhöhten Heizwärmeverbrauch trägt, neben dem nicht lastabhängigen Betrieb der Anlage, die Tatsache bei, dass der Geräteaufbau nicht optimal ist. Das Kreislauf-Verbund-WRG-System überträgt nicht die Wärme von der Fort- an die Außenluft sondern von der Ab- an die Mischluft. Aufgrund dieser Tatsache ist die Temperaturspreizung zwischen den beiden WRG-Wärmetauschern relativ gering und das System erreicht keinen optimalen Wirkungsgrad. Zudem ermöglicht die derzeitige Gerätestruktur und die damit verbundene Anlagenregelung nur eine unzureichende Nutzung einer variablen Beimischung von Umluft (**s. Maßname 3.4.II**).
- Durch die RLT-Anlage „Fitness und Sauna“ werden zwei Raumbereiche mit stark abweichenden Anforderung an die Luftqualität und die Lufttemperatur versorgt. Während im Saunabereich eine Raumtemperatur von 26 °C einzuhalten ist, soll die Solltemperatur im Fitnessbereich möglichst auf 18 °C begrenzt bleiben. Dies schränkt die Möglichkeit eines Umluftbetriebes zur Rückgewinnung der Abluftwärme stark ein. Zudem führt die Anordnung der WRG-Komponenten zu einem reduzierten Systemwirkungsgrad (vgl. auch vorhergehenden Abschnitt). Weiterhin kann die Möglichkeit des Umluftbetriebes nicht genutzt werden, weil die chlorhaltige Saunaabluft im Fitnessbereich zu Beschwerden führt (**s. Maßname 3.4.III**).

Maßnahme 3.4.I Optimierung der Betriebszeiten der RLT-Anlagen

Um einen Überblick über die jährlichen Energiekosten der einzelnen Lüftungs- und Teil-Klimaanlagen zu bekommen und um daraus entsprechende Einsparpotentiale ableiten zu können, wurden in Tafel 3.4.3 die jährlichen Kosten für den Wärmebezug, die Stromkosten für den Betrieb der Ventilormotoren und, soweit vorhanden, die Stromkosten für die Kälteerzeugung der einzelnen Lüftungsanlagen zusammengestellt.

Tafel 3.4.3 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Zusammenstellung der jährlichen Energiekosten der Teil-Klima- und Lüftungsanlagen

Anlage / Versorgungsbereich	Betriebszeiten	Wärmebezugs kosten in EUR	Stromkosten Ventilator- Motoren in EUR	Stromkosten Kälteerzeugung in EUR	Gesamt in EUR
Teil-Klimaanlagen					
2.6 Fitness/Sauna	6.30 – 22.00 Uhr	34.180,-	18.905,-	4.540,-	40.925,-
2.10.1-3 Sporthalle	s. Abs. 3.4.1	15.860,-	4.535,-	5.490,-	25.880,-
2.14 Büro/Verwaltung	0.00 – 24.00 Uhr	1.725,-	5.020,-	1.515,-	8.260,-
Optimiert	7.00 – 20.00 Uhr				
2.15 Treppenhaus / Fo-	6.00 – 23.00 Uhr	1.305,-	1.500,-	1.515,-	4.320,-
2.30 Große Mall	0.00 – 24.00 Uhr	2.625,-	3.000,-	3.215,-	8840,-
Optimiert	7.00 – 23.00 Uhr				
Lüftungsanlagen					
2.1 Schwimmhalle	0.00 – 24.00 Uhr	135.060,-	48.490,-		183.550,-
2.2 Technik-Ebene	7.00 – 22.00 Uhr	15.480,-	8.180,-		23.660,-
2.3 Restauration	6.30 – 22.00 Uhr	3.515,-	5.795,-		9.310,-
2.5 Umkleide	7.00 – 22.00 Uhr	10.455,-	6.725,-		17.180,-
2.12 Umkleide Sport-	7.00 – 23.00 Uhr	4.630,-	4.535,-		9.165,-
2.13 Umkleide Sporthal-	9.00 – 23.00 Uhr	1.600,-	4.535,-		6.135,-
GESAMT		226.430,-	111.205,-	16.280,-	353.915,-

Die Gesamtenergiekosten für die Lüftungsanlagen liegen bei knapp 354.000,- Euro pro Jahr. Das entspricht einem Anteil von 44 % an den Gesamtenergiekosten für Wärme und Strom. Hierbei liegen die Kosten für den Wärmebezug um ca. 98.500,- EUR höher als die für den Strombezug. Den Hauptverbraucher stellt die Lüftungsanlage „2.1 Schwimmhalle“ mit über 183.500,- EUR/a (=52 %) dar.

Derzeit können folgende Anlagen bezüglich der Betriebszeiten optimiert werden:

2.10 Sporthalle und Derzeit: Samstags von 0.00 Uhr bis 03.00 Uhr

2.12 / 2.13 Sporth.Umkleide Optimierung: Wegschalten dieses Zeitintervalls

- 2.10 Sporthalle *Derzeit: Donnerstag 5.00 Uhr bis 23.00 Uhr*
 Optimierung: 9.00 Uhr bis 23.00 Uhr
- 2.14 Büro/Verwaltung: *Derzeit: durchgehend von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr*
 Optimierung: 7.00 Uhr bis 20.00 Uhr
 Zusätzlich wäre eine Grundbeheizung durch statische Heizkörper
 sinnvoll (vgl. Maßnahme 3.3.I)
- 2.30 Große Mall – *Derzeit: durchgehend von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr*
 Optimierung: 7.00 Uhr bis 23.00 Uhr (Ende Betriebszeit Titus-Therme)
 Falls die Anlage wegen Restaurant und/oder Bowling weiterbetrieben
 werden soll, dann können Betriebskosten von den Pächtern über-
 nommen werden. Diese betragen in der Zeit von 23.00 Uhr bis 7.00
 Uhr jährlich 2.945,- €.

Durch die Realisierung dieser organisatorischen Maßnahme können jährlich 102.000 kWh an Fernwärme und 58.000 kWh an Strom eingespart werden. Dies entspricht einer Reduzierung der jährlichen Energiekosten um 8.670,- € (s. Abschnitt 4.3.1).

Maßnahme 3.4.II Optimierung der Lüftungsanlage „Schwimmhalle“

Durch den einstufigen Betrieb verursacht die Anlage einen Jahresstromverbrauch von mehr als 718.000 kWh, bei einem Leistungsbedarf von ca. 82 kW. Unter Berücksichtigung des Eintrags der Ventilatorabwärme in die Zuluft beträgt der jährliche Heizwärmebedarf rund 2.683.000 kWh.

Grundsätzlich soll durch die RLT-Anlage gewährleistet werden, dass die gewünschte Raumtemperatur in der Schwimmhalle eingehalten wird und eine vorgegebene maximale relative Luftfeuchte nicht überschritten wird.

Zur Erzielung eines energieoptimierten Betriebes sollte die Lüftungsanlage „2.1 Schwimmhalle“ deshalb so umgerüstet werden, dass zukünftig sowohl der Außenluftanteil als auch die Gesamtluftmenge variabel gefahren werden können.

Hierzu wären folgende wesentlichen Maßnahmen zu ergreifen:

- Installation von Frequenzumformern für die Zu- und Abluftventilatoren
- Umrüstung des WRG-Systems mit Ausbau der Wärmetauscher aus dem Abluft- bzw. Mischluftstrom und Einbau in den Fort- und Außenluftkanal. Zudem sollte die WRG-Pumpe geregelt werden, um einen optimalen Volumenstrom bzw. eine möglichst hohe Temperaturspreizung im WRG-Kreislauf zu erzielen.
- Überprüfung und ggf. Ergänzung der DDC-Regelung zur Gewährleistung eines Anlagenbetriebes nach Raumtemperatur im Winter und Raumfeuchte im Sommer.

Des weiteren sollten im Rahmen einer baulichen Sanierung der Schwimmhalle, statische Heizflächen mit einem Anteil von ca. 20 % am Gesamtwärmebedarf der Schwimmhalle installiert werden (s. Abschnitt 4.3.2).

Maßnahme 3.4.III Optimierung der Lüftungsanlage „2.6 Fitness und Sauna“

Die konsequenteste Maßnahme zur Optimierung des derzeitigen Zustandes ist die Demontage des vorhandenen Systems und die Installation von zwei separaten Anlagen. Aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse in der Lüftungszentrale müssen die Anlagen WRG-Systeme erhalten, die außerhalb der Geräte in den Außen- und Fortluftkanälen installiert werden.

Die Geräte für beide RLT-Anlagen sollten für einen variablen Umluftbetrieb, in Abhängigkeit von der Raumluftqualität, konzipiert werden.

Zur Umsetzung der Maßnahme wären folgende wesentliche Schritte vorzunehmen.

- Demontage des vorhandenen Zentralgerätes
- Installation von zwei neuen Zentralgeräten (1 x 29.150 m³/h, 1 x 16.000 m³/h) einschließlich Einbindung in das Lüftungs- und Heizsystem
- Ergänzung der DDC-Schaltanlage mit GLT-Einbindung

(s. Abschnitt 4.3.3)

3.5 Stammdaten der Badewassertechnik

Die Badewassertechnik in den Titus-Thermen bezieht sich auf die in Tafel 3.5.1 dargestellten Bereiche.

Tafel 3.5.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Stammdaten der Badewassertechnik

Anlage	Becken	Oberfläche in m ²	Aufzubereitender Volumenstrom in m ³ /h	Badewasser- temperatur in °C
I	Sportbecken (SB)	384,0	122	Soll 26 - Ist 28 1 x pro Woche auf 32
	Hot-Whirl-Pool Sauna (HWP)	8,0	20	36
	Solebecken (So.B)	17,3	25	27
II	Erlebnisbecken (EB)	365,0	193	28
	Abenteuerbecken (AB)	210,0	161	28
	Kinderbecken (KB)	22,0	15	32
	Hot-Whirl-Pool I	8,0	20	36
	Hot-Whirl-Pool II	8,0	20	36
IV	Saunabecken	110,0	58	16-22
V	Saunatauchbecken	7,0	11	Nicht geheizt
	GESAMT	1139,3		

Anlage I

Das ursprünglich separat versorgte Solebecken wurde bereits nach kurzer Betriebszeit des Schwimmbades an den Filterkreislauf I angeschlossen. Der Grund hierfür lag in der zu geringen Filterfläche des installierten Filters. Die Soleanlage ist daher nicht mehr in Betrieb, die 6 Solebehälter (a 5.000 l) sind aber noch voll funktionsfähig.

Die Aufbereitung des Beckenwassers (167 m³/h) erfolgt für diese Anlagen nach dem Kombi-Block-Verfahren. Hierbei wird der in der konventionellen Badewasser-Umwälztechnik notwendige separate Schwallwasserbehälter mit einem offenen Filter derart kombiniert, dass das nach den Richtlinien geforderte Nutzvolumen im Oberstau des Filters zu liegen kommt. Die Begasung mit Ozon erfolgt in einem baulich angegliederten Begasungsschacht.

Die Rückspülung der beiden Filterkammern erfolgt mit Wasser aus dem separaten Spülwasserspeicher (V = 65 m³). Hierbei wird jede der beiden Kammern 1 x pro Woche gespült. Der Frischwasserbedarf pro Spülung liegt bei 40-45 m³. In der Frischwasserzuleitung ist ein Wasserzähler eingebaut.

Nach der Rückspülung wurde ursprünglich das warme Abwasser in einem Abwasserbehälter (V = 65 m³) gesammelt. Vor dem Eintritt in die Kanalisation wurde dem Wasser in einem Wärmepumpen-Rekuperator die Wärme entzogen und dem Frischwasser zugeführt. Dieses WRG-System befindet sich nicht mehr in Betrieb, da kein Temperaturbedarf bestand.

Für den HWP ist ein sogenannter Hot-Whirl-Pool-Adapter der Fa.Menerga installiert. Dieser hat die Aufgabe, das Warmsprudelbecken mit der Wasseraufbereitungsanlage des großen Systems

zu verbinden und für die notwendige Temperaturverschiebung zu sorgen. Dem Badebecken-Kreislauf wird hinter der Filteranlage ein Teilstrom des Reinwassers entnommen und über den rekuperativen Wärmetauscher und den Heizungswärmetauscher zum Pool gefördert. Vom Ausgleichsbehälter des Warmsprudelbeckens wird das Rohwasser wieder über den rekuperativen WT zum Wasserspeicher des Badebeckens geleitet und in der großen Filteranlage aufbereitet.

Anlage II

Die Filteranlage II verfügt über 4 Filterkammern und wird nach dem gleichen Prinzip wie Anlage I betrieben und rückgespült. Die Anlage verfügt über 2 HWP-Adapter mit gleicher Funktion.

Anlage IV

Das Saunabecken (Ebene +13,10) hat eine Aufbereitung nach dem Verfahren: Flockung – Ozonung – Filtration – Entzonung – Chlorung. Die Anlage verfügt über einen Überlaufsammelbehälter mit einem Volumen von 11 m³.

Die Rückspülung des Mehrschichtfilters (D=1400 mm, H= 2000mm) erfolgt mit Wasser aus dem separaten Spülwasserspeicher (V = 65 m³). Nach der Rückspülung wird das warme Abwasser in einem Abwasserbehälter (V = 65 m³) gesammelt. Vor dem Eintritt in die Kanalisation wurde früher dem Wasser in einem Wärmepumpen-Rekuperator die Wärme entzogen und dem Frischwasser zugeführt. In der Frischwasserzuleitung ist ein Wasserzähler eingebaut, der Filter wird 4 x pro Woche rückgespült, wobei ca. 25 m³ Wasser pro Spülgang benötigt werden.

Für das Saunabecken wird eine Beckenwassertemperatur von 18°C-19°C angestrebt. Da aber die Raumtemperatur im Technikraum zu hoch ist, kommt es zu einem Aufheizen des Beckenwassers im Überlaufsammelbehälter auf Temperaturen von 23°C. Um die angestrebte Wassertemperatur zu erreichen, wird Frischwasser zum „kühlen“ beigemischt.

Aus diesem Grund wurde das WRG-System außer Betrieb genommen, da kein „erwärmtes“ Frischwasser benötigt wird.

Anlage V

Das derzeit noch vorhandene Saunatauchbecken (Volumen = 6 m³) mit einem Mehrschichtfilter (D=600 mm) und einem Überlaufsammelbehälter (2 m³) hat eine Aufbereitung nach dem Verfahren *Flockung – Filtration – Chlorung* und wird im Rahmen der Umbaumaßnahme stillgelegt.

In der Frischwasserzuleitung ist ein Wasserzähler eingebaut. Die Anlage wurde 4 x pro Woche rückgespült, wobei eine Wassermenge von 6 m³ Wasser pro Spülgang benötigt wurde.

In Tafel 3.5.2 sind die installierten Badewasserpumpen zur Beckenwasserumwälzung und zur Wasseraufbereitung in den Titus-Thermen zusammengestellt.

Tafel 3.5.2 Energiekonzept Titus-Thermen: Stammdaten der Badewasserpumpen

Bezeichnung / Versorgung	Hersteller/Typ Umwälzpumpe	Volumenstrom in m ³ /h	Förderhöhe in mWS	Leistungsaufnahme (Einzelpumpe) In kW
ANLAGE I				
Wärmetauscherpumpe	1,5/65 F	40	7,0	1,2
Betriebswasser Ozon (SB)	7,5/80F	65	14,0	3,9
Betriebswasser Ozon (So.B)	7,5/80F	65	14,0	3,9
Betriebswasser Ozon (HWP)	4,0/H40F	20	24,0	2,1
Betriebswasser Ozon (Filter)	4,0/H50F	15	20	1,3
Betriebswasser Chlor (SB)	IN-E2-40	0,9	33	0,1
Betriebswasser Chlor (HWP)	IN-E2-40	0,9	33	0,1
GESAMT Anlage I				12,6
ANLAGE II				
Wärmetauscherpumpe	1,5/65 F	40	7,0	1,2
Betriebswasser Ozon (EB)	2 St. 7,5/80F	100	14,0	6,1
Betriebswasser Ozon (AB)	2 St. 7,5/80F	85	10,0	3,7
Betriebswasser Ozon (KB)	2/40F	15	15,0	1,0
Betriebswasser Ozon (HWP)	2 St. 4,0/H40F	15	15,0	1,0
Betriebswasser Ozon (Filter)	65-270/D404	42	20	3,6
Betriebswasser Chlor (EB)	IN-E2-40	0,9	33	0,1
Betriebswasser Chlor (AB)	IN-E2-40	0,9	33	0,1
Betriebswasser Chlor (KB)	IN-E2-40	0,9	33	0,1
Betriebswasser Chlor (HWP)	2 St. IN-E2-40	0,9	33	0,1
GESAMT Anlage II				17,0
ANLAGE IV (Saunabecken)				
Wärmetauscherpumpe	0,5/40 F	15	5,0	0,3
Umwälzpumpe Speicher-Filter	2 St. 7,5/65X2	30	25	3,2
Betriebswasser Ozon	2-H25F	7	23	0,7
Betriebswasser Chlor	IN-E2-40	0,9	33	0,1
GESAMT Anlage IV				4,3
ANLAGE V (Saunatauchbecken)				
Umwälzpumpe Speicher-Filter	2/50X	12	21	1,1
Betriebswasser Ozon	2-H25F	7	23	0,7
Betriebswasser Chlor	IN-E2-40	0,9	33	0,1
GESAMT Anlage V				1,9
Abwasserpumpe	Badu 40/11	12	4,0	0,2
Spülwasserpumpe Anl. I+II	200-250/1504NE	410	8,0	14,2
Spülwasserpumpe Anl. IV+V	3/85F	80	8,0	2,8
Abwasserpumpe	Badu 40/11	12	4,0	0,2
Spülwasserpumpe Anl. I+II	200-250/1504NE	410	8,0	14,2
Spülwasserpumpe Anl. IV+V	3/85F	80	8,0	2,8
GESAMT Abw.-Spülw.-pumpen				34,4
GESAMT Badewasserpumpen				70,4

Hinsichtlich seines Zustandes und seiner Konzeption ist das Badewassersystem in den Titus-Thermen wie folgt zu bewerten:

- Im Rahmen der derzeit laufenden Umbaumaßnahme in der Saunalandschaft wird die Anlage V (Saunatauchbecken) stillgelegt und dafür ein weiterer HWP mit separatem Beckenwassersystem installiert.
- Für die Becken der einzelnen Anlagen werden unterschiedliche Temperaturen benötigt. So kann zum Beispiel das Sportbecken nicht mit den gewünschten 26°C gefahren werden, sondern erreicht wegen dem HWP bzw. Solebecken Temperaturen von 28° und höher. Dies ist aus energetischen Gründen und im Hinblick auf einen sinnvollen Badebetrieb zu ändern indem ein neuer Badewasserkreis für die höhertemperierten Becken (Kinder- und Solebecken sowie HWP) zu schaffen ist (**s. Maßnahme 3.5.I**).
- Die Filteranlagen in den Titus-Thermen weisen zwar keinen akuten Sanierungsbedarf auf, entsprechen in ihrer Konzeption aber nicht mehr dem Stand der Technik. Wesentliche Nachteile gegenüber energieoptimierten Filtersystemen sind der Widerstand bei der Durchströmung, der hohe Pumpenleistungen verursacht, und der hohe Wasserbedarf für die Filterrückspülung.
Während die gültige DIN 19643 davon ausgeht, dass pro Badnutzer 30 l Wasser ausgetauscht werden müssen, verursacht die derzeitige Anlage einen Wasserverbrauch von ca. 110 l pro Besucher (235.480 Besucher pro Jahr, Beckenwassernachspeisung 25.715 m³). Dies führt zwar grundsätzlich zu einer guten Wasserqualität verursacht aber einen völlig überhöhten Energie- und Wasserverbrauch. Aus diesem Grund wird in **Maßnahme 3.5.II** eine Optimierungsmaßnahme für die Beckenwasseraufbereitungsanlage untersucht.
- Die Solebehälter mit einem Volumen von 30 m³ können zur Speicherung von Filterrückspülwasser (2. Spülung) genutzt werden. Mit diesem Wasser kann die Pflanzenbewässerung erfolgen, da der Jahreswasserverbrauch hierfür einen relevanten Anteil am Gesamtwasserbedarf der Titus-Thermen verursacht (vgl. Abschnitt 2.3). Nach Informationen von Grünanlagenbauern sind keine Probleme beim Ausbringen von chlorhaltigem Wasser auf Pflanzen bekannt (**s. Maßnahme 3.5.III**).

Optimierung des Beckenwasseraufbereitungssystems

Die Beckenwasseraufbereitungsanlagen in den Titus Thermen entsprechen in ihrer technischen Konzeption und Ausführung nicht den Anforderungen an die tatsächliche Nutzungsstruktur. Problematisch ist dabei insbesondere das Zusammenführen von Einzelbeckenkreisen mit stark unterschiedlichen Temperaturen in gemeinsamen Filterkreisen. Zudem führt die installierte Filtertechnik zu einem hohen Strom- und Wasserverbrauch sowie einem erheblichen Nachheizbedarf für das nachgespeiste Beckenwasser.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der Filterkreis „Saunatauchbecken“ zukünftig nicht mehr betrieben wird, beträgt der derzeitige Stromverbrauch der Filterkreispumpen ca. 260.000

kWh/a. Zudem müssen jährlich insgesamt rund 25.000 m³ Frischwasser nachgespeist werden, für deren Nachheizung ca. 300.000 kWh/a Fernwärme benötigt werden.

Durch die teilweise Neukonzeption der Filterkreise sowie die Installation einer strom- und wassersparender Filtertechnik könnten die Beckenwasseraufbereitungsanlagen in den Titus Thermen sowohl der derzeitigen Nutzungsstruktur als auch dem technischen Stand angepasst werden.

Im einzelnen wären dabei folgende wesentlichen Maßnahmenschritte durchzuführen:

Maßnahme 3.5.I Schaffung eines neuen Badewasserkreises für die höhertemperierten Becken

In Tafel 3.5.3 sind die Becken aufgeführt, die zu einem neuen Badewasserkreis mit eigener Filteranlage (Volumenstrom: 100 m³/h) zusammengefasst werden können.

Tafel 3.5.3 Energiekonzept Titus-Thermen: Becken für neuen Badewasserkreis

Anlage	Becken	Oberfläche in m ²	Aufzubereitender Volumenstrom in m ³ /h	Badewasser- temperatur in °C
	Hot-Whirl-Pool Sauna (HWP)	8,0	20	36
	Solebecken (So.B)	17,3	25	30
	Kinderbecken (KB)	22,0	15	32
	Hot-Whirl-Pool I	8,0	20	36
	Hot-Whirl-Pool II	8,0	20	36

Das ehemalige Solebecken könnte als Therapie- und Lehrbecken (derzeit nicht vorhanden), z.B. für Babyschwimmkurse und Wassergymnastik genutzt werden.

Das Sportbecken kann mit einer Wassertemperatur von 26°C betrieben werden. Die wartungsintensiven HWP-Adapter (alle 3 Jahre ca. 2.000,- €) können stillgelegt werden.

Für den neuen Kreislauf wird eine Vakuum-Anschwemmfilteranlage vorgesehen (s. Abschnitt 4.4.1).

Maßnahme 3.5.II Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage

- Versorgung der weiteren Becken durch insgesamt 3 Beckenwasseraufbereitungsanlagen (Volumenströme: 58 m³/h, 355 m³/h und 122 m³/h).
- Austausch der vorhandenen Kombi-Block- bzw. Mehrschichtfilter gegen Vakuum-Anschwemmfilter

Vakuum-Anschwemmfilter weisen gegenüber den installierten Systemen deutliche Vorteile beim Wasser- und Stromverbrauch auf. Bei diesem System wird das Beckenwasser nicht durch den Behälter „gedrückt“ sondern „drucklos“ offenen Filterbehältern zugeführt. In diesen Behältern sorgen Pumpen für einen Unterdruck, der eine gleichmäßige Durchströmung der Filter gewährleistet. Gegenüber einer Mehrschichtfilteranlage benötigt das System eine deutlich verminderte Pumpenleistung. Zusätzlich kann die Anlage außerhalb der Nutzungszeit in einem abgesenkten Betrieb

gefahren werden. Aufgrund des hohen Effektes bei der Filterung lässt die DIN 19643 bei einer Anschwemmfilteranlage zu, dass pro Badnutzer nur 15 l Frischwasser statt sonst 30 l nachgespeist werden müssen. Zudem wird das System nicht rückgespült, sondern gereinigt. Dabei wird nur eine geringe Wassermenge benötigt (s. Abschnitt 4.4.2).

Maßnahme 3.5.III Nutzung von Beckenwasser zur Pflanzenbewässerung

Laut interner Wasserzählung werden für die Pflanzenbewässerung in den Titus-Thermen jährlich 10.900 m³ (vgl. Abschnitt 2.3.) an Frischwasser eingesetzt. Dies entspricht einem täglich Bedarf von 30 m³.

Im Bereich Abwasser-/Spülwasserbehälter gehen 2-3 mal pro Woche Mess- und Absetzwasser in einer Größenordnung von jeweils 30 m³ ungenutzt in den Kanal verloren, da die anfallende Wassermenge nicht gespeichert werden kann.

Dieses Beckenwasser ist größtenteils frei von Verunreinigungen und kann zur Pflanzenbewässerung ausgebracht werden. Die Speicherung und Entnahme des Rückspülwassers für die Bewässerungsanlage kann in den ehemaligen Solebehältern (30 m³) im nahegelegenen Technikraum erfolgen (s. Abschnitt 4.4.3).

3.6 Stammdaten der Kälteversorgungsanlagen

Zur Erzeugung von Klima-Kaltwasser (+6°C/12°C) sind zwei Hubkolben-Kaltwassersätze mit Duplex-Kondensatoren in der Ebene –3.50 m installiert. Einer der beiden Kondensatoren gibt die Kondensationswärme an das Heizsystem (50/40°C) ab und wirkt somit als Wärmepumpe. Der andere Kondensator führt die Kondensationswärme über das Kühlwassersystem und den Kühlturm ab. Beide Kältemaschinen verfügen über entsprechende Kältemengenzähler.

Der offene Kühlturm befindet sich auf dem Dach (Ebene +33.20m) und ist zweistufig geregelt. Das Kühlwassersystem ist für Systemtemperaturen von 32°/27°C ausgelegt. Die für den Kühlturm notwendige Weichwasserzuführung wird durch einen Wasserzähler erfasst und verbrauchsabhängig abgerechnet. In Tafel 3.6.1 sind die wichtigsten Stammdaten der Kältemaschinen und des Kühlturms zusammengefasst.

Tafel 3.6.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Stammdaten der Kälteversorgungsanlage

Bezeichnung/Bauart Erzeuger	Kältemaschine 1	Kältemaschine 2	Kühlturm
Hersteller/Typ	Ruhaak Clifref DLR	Ruhaak Clifref DLR	Baltimore VXT N 215
Baujahr	1991	1991	1991
Kälte- / Kühlleistung	400 kW	400 kW	1.000 kW
Elektr. Leistungsaufnahme	178 kW	178 kW	28,0 / 6,5 kW
Kältemittel	R 22	R 22	
Luftmenge			86.400 m ³ /h

Die Kältemaschinen verfügen über die in Tafel 3.6.2 aufgeführten Primärpumpen für das Kaltwasser- sowie das Kühlwassersystem.

Tafel 3.6.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Stammdaten der Kälte- und Kühlwasser-Primärpumpen

Heizkreisbezeichnung/ Verbraucher	Volumenstrom in m ³ /h	Förderhöhe in mWS	Leistungsaufnahme in kW
Kältemaschine 1			
Kaltwasserpumpe	57,3	k.A.	5,5
Kühlwasserpumpe	95,0	k.A.	7,5
Kältemaschine 2			
Kaltwasserpumpe	54,0	k.A.	5,5
Kühlwasserpumpe	95,0	k.A.	7,5

Die Kaltwasserverteilung mit Systemtemperaturen von 6°C/12°, erfolgt im Technikgeschoss (-3.50 m). Von dort gehen Verteilungen zu den in Tafel 3.6.3 aufgeführten Verbrauchern. Die Wassermwälzung übernehmen die beiden in den Rücklaufleitungen der Kältemaschinen angeordneten

Umwälzpumpen.

Tafel 3.6.3 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Stammdaten der Kälteverbraucher

Heizkreisbezeichnung/ Verbraucher	Kälteleistung in kW	Bemerkung
Sporthalle / Verwaltung		
RLT-Sporthalle (2.10)	68	
RLT-Sporthalle (2.10)	68	
RLT-Sporthalle (2.10)	68	
RLT-Verwaltung (2.14)	36	
RLT Mall (2.30)	81	
Freizeit		
RLT-Schwimmbhalle Umkleide (2.5)	k.A.	
RLT-Fitness (2.6)	107	
RLT-Bowling (2.8)	66	Kältemengenzähler
RLT-Foyer (2.15)	38	
Squash		
RLT-Squash (2.4)	73	Kältemengenzähler
RLT-Restaurant (2.3)	40	Kältemengenzähler
Gesamt	645	

Anlage 2.4.1 – Kälte Squash (Ebene -3.50)

Die fünf Squash-Courts sollen mit einer Raumtemperatur von 16°C (+/- 2°C) betrieben werden können. Hierzu ist für Spitzenlastzeiten im Zuluftkanal der Anlage 2.4 ein Direktverdampfer mit einer Kälteleistung von 60 kW installiert. Zur Kühlung des Kondensators steht die Rückluft aus der Ebene -3.50 zur Verfügung. Die erwärmte Luft wird über den Kondensator zum Abluftgerät der Anlage 2.2 gesaugt. Von dort wird die Luft nach außen gefördert.

Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen

Auf der Basis der erhobenen Daten kann die bauliche und konzeptionelle Situation des Kälteversorgungssystems in den Titus-Thermen wie folgt bewertet werden:

- Die beiden Kältemaschinen werden ab April bis September/Okttober eines Jahres betrieben. Die Maschinen werden durch eine Folgeschaltung im täglichen Wechsel gefahren. Die nicht genutzte Maschine wird nicht im Standby-Betrieb gehalten, sondern fast komplett abgeschaltet. Es erfolgt nur eine Ölbeheizung.
- Beide Kältemaschinen laufen nur ca. 3 Wochen im Jahr im Parallelbetrieb.
- Die beiden Kältemaschinen verbrauchen zusammen jährlich 171.900 kWh Strom (vgl. Abschnitt 2.1). Bei einer elektrischen Anschlussleistung von 178 kW errechnen sich daraus 965 Vollbenutzungsstunden Kälte. Die jährlich erzeugte Kältemenge liegt bei 386.000 kWh.

- Laut internem Kältemengenzähler wird für den Bowlingbereich eine Kältemenge von 80.210 kWh = 20,7 % benötigt. Die anderen verpachteten Bereiche Restaurant und Squash haben derzeit keinen Kältebedarf.
- Die vorhandenen Kältemaschinen werden mit dem Kältemittel R 22 betrieben. Ab Januar 2000 ist es in Deutschland verboten, bei Neuanlagen das Kältemittel R 22 in Verkehr zu bringen oder zu verwenden. In Anlagen, die vor dem 1.1.2000 hergestellt und in den Verkehr gebracht worden sind, kann R 22 auch weiterhin noch bis Ende 2014 verwendet werden. Unabhängig davon wird die vermarktete Menge an R 22 in den nächsten Jahren stark reduziert und bis zum Jahr 2010 auf Null zurückgeführt.
- Die Reduzierung von inneren und äußeren Kühllasten in den Titus-Thermen ist anzustreben. Innere Lasten können durch Einbau von neuen energiesparenden Beleuchtungssystemen gesenkt werden (**s. Maßnahme 3.7.I**). Die Verringerung äußerer Lasten (Sonneneinstrahlung) kann durch Sonnenschutzmaßnahmen erreicht werden (z.B. Streichen der Glasfenster der Sporthallen-Sheddächer in Südrichtung mit weißer Farbe).

3.7 Stammdaten der Elektroanlagen und Regelungstechnik

Die Elektroversorgung der Titus-Thermen erfolgt aus dem Versorgungsnetz der Mainova. Die Niederspannungseinspeisung mit dem HT/NT-Zählern sowie der Hauptverteilung befindet sich in der Ebene –3.50.

3.7.1 Beleuchtungsanlagen

Die Beleuchtung der Schwimmhalle, der Sauna, des Fitnessbereichs, der Sporthalle, des Squashbereichs, der Verkehrswege und der Verwaltung erfolgt durch die in Anhang 3.7.1 aufgeführten Systeme. In der folgenden Tafel 3.7.1 sind die Leistungswerte für die einzelnen Unterverteilungen zusammengefasst.

Tafel 3.7.1 Energiekonzept Titus-Thermen - Stammdaten der Beleuchtungsleistungsdaten für die einzelnen Unterverteilungen

Bezeichnung	Gesamt in kW
UV 1-0.2 –Squash	9,56
UV 1-0.4 -Technikräume	6,47
Technikräume Freizeitbad	
Technikräume Freizeit/Squash	
UV 1-0.5 –Technikräume (Nur Steckdosenverteiler)	7,51
UV 1-1.1 -Restauration	13,39
UV 1-1.2 -Schwimmhalle links	23,72
UV 1-1.3 -Schwimmhalle	8,20
UV 1-1.4 -Gastronomie	15,12
UV 1-2.1 -Rotunde / Mall	20,14
UV 2-0.1 -Fitness-Center	27,97
UV 2-1.1 - Schwimmhalle Umkleide	8,59
UV 2-2.1 -Sauna Umkleide	11,14
UV 2-2.2 –Pächter Gastronomie /Umkleide	1,88
UV 2-3.1 -Sauna rechts (Ebene +1220=	11,04
UV 2-3.2 -Sauna links	14,42
UV 2-4.1 -Penthouse	6,46
UV 3-0.1 -Sportler Umkleide	6,51
UV 3-1.1 -Nebenräume Sporthalle	9,33
UV 3-1.2 -Lager-Technik Sporthalle	4,97
UV 3-3.1 –Verwaltung	4,60
Gesamt	211,0

Die Beleuchtungssysteme in den Titus-Thermen lassen sich wie folgt bewerten:

- Die Beleuchtungsanlagen haben einen Anteil von ca. 13 % am Gesamtstromverbrauch der Titus-Thermen (vgl. Abschnitt 2.1).
- Es sind insgesamt rund 1.730 Niedervolt(NV-)Halogenstrahler mit einer Leistung von je 50 Watt

installiert. Diese erzeugen zwar ein angenehmes „warmes Licht“ haben aber einen Anteil am Gesamtverbrauch der Beleuchtungsanlagen von knapp 49 %. Des weiteren ergeben sich durch die begrenzte Lebensdauer der NV-Strahler mit 4.000 - 4.500 Betriebsstunden hohe Instandhaltungskosten für dieses System. Pro Jahr werden ca. 2.500 Strahler und 1.000 Trafos gewechselt. Die Kosten hierfür liegen bei 17.500 € pro Jahr.

In sämtlichen Bereichen könnte eine Umrüstung auf Kompakt-Einbauleuchten erfolgen (**s. Maßnahme 3.7.I**).

- Im Rahmen des Umbaus des Saunabereichs erfolgt derzeit eine Umrüstung der handgeschalteten NV-Halogenleuchten von 24 V auf 230 V, um eine Ansteuerung über die GLT zu ermöglichen. Geplant ist eine Stufenschaltung von 20 % der Leuchten tagsüber und 50 % in den Abendstunden. Die gesamte Beleuchtung (100 %) wird nur zu Putzzwecken eingeschaltet sowie als Sicherheitsbeleuchtung vorgehalten (**realisierte Maßnahme**).
- Die Sporthallenbeleuchtung ist für eine maximale Beleuchtungsstärke von 900 lx ausgelegt (Fernsehbetrieb). Die Hallenbeleuchtung kann für den Trainingsbetrieb gedrittelt (200 lx) und halbiert (150 lx) werden.

3.7.2 Saunabereich

In der Sauna sind insgesamt 12 Öfen mit unterschiedlichen Nutzungsanforderungen installiert. Die entsprechenden Daten sind in Tafel 3.7.2 zusammengestellt.

Tafel 3.7.2 Energiekonzept Titus-Thermen - Stammdaten der Saunaöfen

Verbraucher	Gesteuerte Leistung in kW	Temperatur
Damensauna	18,0	80 °C
Damensauna	18,0	90 °C
Ebene 2 – Erker	18,0	80 °C
Ebene 2 – Erker	18,0	90 °C
Ebene 2	24,0	80 °C
Ebene 2	27,0	100 °C
Ebene 2	24,0	90 °C
Bio	25,0	
Penthouse	18,0	90 °C
Penthouse	18,0	100 °C
Dampfbad	18,0	
Ebene 2 – Dampfbad	18,0	
GESAMT	244,0	

Die Gesamtanschlussleistung für die Saunaöfen liegt derzeit bei 244 kW. Eine umfassende Erneuerung erfolgt derzeit im Rahmen der Umbaumaßnahme des Saunabereichs. Für die Sauna-

öfen ist ein Lastabwurf (Sicotronic) vorgesehen, d.h., bei Überschreitung eines eingestellten Sollwertes (380 kW) werden einzelne Öfen zeitweise wegschaltet, um den Stormleistungsbezug zu begrenzen.

Allerdings korrespondiert diese Energieoptimierung nicht mit den übrigen Verbrauchern des Hauses. Hier sollte die übergeordnete GLT eine Gesamtoptimierung der Titus-Thermen übernehmen (**s. Maßnahme 3.7.II**).

3.7.3 PC-Arbeitsplätze

In der Verwaltung der Titus-Thermen gibt es sechs PC-Arbeitsplätze, die nach LEE eine Anschlussleistung von 120 Watt pro Arbeitsplatz aufweisen, woraus sich eine Gesamtleistung von 720 Watt errechnet. Es wurden keine Energieoptimierungsmaßnahmen festgestellt.

3.7.4 Aufzugsanlagen

In den Titus-Thermen sind die in Tafel 3.7.3 zusammengestellten Aufzugsanlagen installiert. Bezüglich der Anzahl der Fahrten liegen keine Unterlagen vor und deshalb wurden diese in Absprache mit Technischen Mitarbeitern geschätzt.

Tafel 3.7.3 Energiekonzept Titus-Thermen - Stammdaten der Aufzugsanlagen

Aufzug	Elektrische Leistung in kW	Fahrten pro Tag
15.01 Verwaltung	12,0	78
15.02 Rotunde	6,8	780
15.03 Rotunde	6,8	780
15.04 Lastenaufzug	8,4	39
15.05 Verwaltung	12,0	12
GESAMT	46,0	

Die Aufzüge wurde 1990 eingebaut und verfügen über eine elektrische Anschlussleistung von 46,0 kW. Die Anlagen befinden sich in einem funktionssicheren Zustand, Optimierungsmaßnahmen sind nicht gegeben.

3.7.5 Gebäudeleittechnik

In den Titus-Thermen wurde mit der Errichtung ein busfähiges Gebäudeleittechniksystem der Fa. Kieback & Peter errichtet. Die installierte GLT verfügt über eine Energieoptimierungsfunktion, d.h., in Spitzenlastzeiten kann der Strombezug durch Wegschalten einzelner relevanter Verbraucher begrenzt werden.

Allerdings waren bzw. sind nicht sämtliche relevanten Verbraucher (z.B. Sauna, Kältemaschinen) aufgeschaltet.

Das entsprechend notwendige Leitungssystem ist in den Titus-Thermen größtenteils installiert, jedoch fehlt die Impulsgebung durch den Stromversorger.

Eine bedarfsgerechte Betriebsweise der Beleuchtungsanlagen ist derzeit in den Titus-Thermen nur teilweise möglich. Zum Beispiel ist ein betriebsicheres Ein- und Wegschalten der Schwimmhallenbeleuchtung aus technischen Gründen (Stromstoßschalter) nicht möglich. D.h. das Risiko, dass die Leuchten nicht wieder angehen ist so groß, dass diese durchgehend in Betrieb sind. Hier ist eine Sanierung der Unterverteilungen notwendig.

Im Rahmen der Sanierung der Saunawelt wurde die Beleuchtung dimmbar realisiert, um eine bedarfsgerechte Leuchtstärke zu erreichen.

3.7.6 Beschreibung der Energiesparmaßnahmen

Maßnahme 3.7.I: Ersatz der NV-Halogenstrahler durch Kompakt-Leuchtstoffleuchten im Fitnesscenter

Halogenleuchten haben in Bezug auf die Lichtleistung einen schlechten Wirkungsgrad (z.T. weniger als 30 % Wirkungsgrad von Leuchtstofflampen), da mehr als 70 % der elektrischen Leistung in Wärme umgewandelt werden.

Des weiteren werden durch den Trafo für Niedervolt-Halogenleuchten insgesamt 10 % der eingespeisten Spannung am Ohm'schen Widerstand der beiden Wicklungen durch Abgabe von Wärme an die Umgebung „verheizt“.

Durch den Einbau von Kompakt-Deckeneinbauleuchten mit integrierten elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) kann die Lichtausbeute erhöht, der Strombedarf durch eine bessere Energienutzung gesenkt und die Betriebskosten durch eine längere Lebensdauer erhöht werden (s. Abschnitt 4.5.1).

Maßnahme 3.7.II: Energieoptimierung durch Lastmanagement der GLT

Die installierte GLT der Titus-Thermen verfügt über eine entsprechende Energieoptimierungsfunktion. Der Einsatz bedingt jedoch, dass sämtliche relevanten Verbraucher aufgeschaltet werden, ein Pflichtenheft mit den notwendigen Betriebszeiten der einzelnen Anlagen erstellt wird und festgelegt wird, wann und wie lange welche Verbraucher weggeschaltet werden können.

Ein längeres Wegschalten z.B. der Schwimmhallenlüftungsanlage stellt sich derzeit als schwierig dar, da diese durchgehend betrieben werden muss. (vgl. Abschnitt 3.4.1). Trotzdem sollte es durch ein effektives Lastmanagement möglich sein, ein kurzzeitiges Wegschalten von 5-10 min. zu ermöglichen bzw. ein zeitversetztes An- und Wegschalten zu erreichen.

Im Zuge der Impulsaufschaltung sollten die vorhandenen Stromunterzähler auf einen HT/NT-Betrieb umgerüstet werden, um eine bedarfsgerechte Erfassung und gegebenenfalls Abrechnung sowie eine Erfassung über die GLT zu ermöglichen.

Des weiteren sind die Beleuchtungsanlagen dahingehend zu sanieren, dass eine bedarfsgerechte

Zu- und Wegschaltung möglich wird und die Betriebssicherheit gewährleistet ist (s. Abschnitt 4.5.2).

Begrenzung der installierten Beleuchtungsleistung im Rahmen der Umbaumaßnahme „Saunalandschaft“

Im Rahmen der Umbaumaßnahme „Saunawelt“ wurden auf Empfehlung des Zwischenberichts des Energiekonzeptes vom Mai 2003, die Erneuerung der Beleuchtungskörper dahingehend geändert, dass anstelle von NV-Halogenleuchten dimmbare Kompakt-Leuchtstofflampen eingebaut wurden.

Hierdurch konnten die Zielwerte der Technischen Standards des HBA eingehalten werden. Für den Saunabereich sollten bei einer anzusetzenden Beleuchtungsstärke von 200 lx maximal 4 W/m² nicht überschritten werden. Bei einer Gesamtfläche von rund 865 m² errechnet sich daraus ein maximaler Leistungswert für die Beleuchtung von 3,5 kW.

Wäre die Beleuchtung mittels NV-Halogenleuchten beibehalten worden, so hätte die Beleuchtungsleistung bei 25,4 kW gelegen (Zielwertüberschreitung von 730 %).

Der Stromverbrauch kann um 26.400 kWh/a verringert werden. Die jährlichen Stromkosten (Arbeit und Leistung) könnten rechnerisch um rund 2.750,- € reduziert werden.

4. Wirtschaftlichkeitsberechnung für energiesparende Maßnahmen

4.1 Grundlagen und -daten der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgen auf der Grundlage der „Gesamtkostenberechnung“ des Hochbauamtes der Stadt Frankfurt Abteilung Energiemanagement.

Diese setzen sich aus den **Kapitalkosten**, den **Betriebskosten** und den **Umweltfolgekosten** zusammen. Zur Charakterisierung des Gebäudes sind darüber hinaus wesentliche Kenngrößen mit aufgeführt, die Grundlage für die Gesamtkostenermittlung waren.

Nach dem Verfahren wird für jede Maßnahme bzw. Energieversorgungsvariante die Kosteneinsparung bzw. Kostenerhöhung gegenüber dem Ist-Zustand errechnet.

Bestandteile der Gesamtkostenberechnung sind:

- **Kapitalkosten**, die sich aus den Investitionskosten unter Berücksichtigung von Kapitalzinsen und Preissteigerung, bezogen auf die rechnerische Nutzungszeit bzw. eine gewählte Betrachtungszeit nach dem Verfahren der nachträglichen Annuität errechnen. Zusätzlich wird der Instandhaltungsaufwand berücksichtigt. Die Investitionssummen für die untersuchten energiesparenden Maßnahmen wurden Firmenangaben entnommen sowie aus spezifischen Kostenwerten aus Vergleichsprojekten sowie Ausschreibungsergebnissen errechnet.

Für die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde von der Stadt Frankfurt ein einheitlicher Kapitalzinssatz von 6,0 % und eine Preissteigerung von 3 % vorgegeben.

$K_K =$ Kapitalkosten in €/a

$= I \cdot a$

I = Investitionskosten in € (ermittelt nach Firmenangaben, Ergebnissen von Vergleichsausschreibungen, etc.). Die Baunebenkosten wurden pauschal mit 15 % veranschlagt.

$a =$ Annuitätsrate in 1/a (ermittelt aus p = Kapitalzins und erwarteter Anlagennutzungszeit in Jahren)

Sollten für einzelne energiesparende Maßnahmen Fördermittel in Form von Investitionszuschüssen oder zinsverbilligten Darlehen in Anspruch genommen werden können, so ist in den entsprechenden Abschnitten ein Vermerk auf das Förderprogramm enthalten und in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt.

- **Betriebskosten**, die zum einen die verbrauchsgebundenen Kosten, d.h., die Heiz-, Strom und Wasserkosten enthalten. Die **Ökosteuer**, die ab dem 01.04.1999 auf die Energieträger Erdgas und Strom erhoben wird, ist berücksichtigt. Des weiteren werden die Kosten für die Wartung und Instandhaltung sowie Bedienung und Betreuung von technischen Anlagen einbezogen. Zur Ermittlung der verbrauchsgebundenen Kosten wurden folgende spezifischen Brutto-Energiepreise (Stand Juni 2003) angesetzt:

Brutto-Wärmebezugspreis (ThermoBusiness H)

Arbeitspreis: Brutto: 4,64 Ct/kWh_{HU}

Grundpreis: 14,26 €/kW/a

Spezifische Brutto-Strompreise (Business HighPower2)

Hier wird der derzeitige Bezugstarif von der Mainova AG angesetzt.

Arbeitspreis HT und NT-Wirkarbeit:	0,0443 €/kWh
Leistungspreis:	106,76 €/kW*a (Mittelwert aus den drei höchsten Monatsleistungen)
Vertragsrabatt:	6 % auf Wirkarbeits- und Leistungskosten
Stromsteuer:	0,0238 €/kWh
Verrechnungspreis:	741,40 €/a

Spezifische Brutto-Wasserpreise

Hier wird der derzeitige von der NORDTRAKT GmbH berechnete Tarif an das Sport- und Bäderamt der Stadt Frankfurt angesetzt.

Wasserpreis	2,32 €/m ³
Abwassergebühr:	2,04 €/m ³

Wenn man die Summe der heutigen Betriebskosten mit dem Mittelwertfaktor multipliziert, erhält man die mittleren Betriebskosten über den Betrachtungszeitraum. Dieser ist abhängig von Kapitalzins, Preissteigerung und Betrachtungszeitraum für die untersuchte Maßnahme.

- **Umweltfolgekosten**, wobei das Hochbauamt der Stadt Frankfurt hierfür 50 € pro Tonne CO₂ und 1 €/m³ Wasser ansetzt.

4.2 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen im Bereich der Wärmeversorgung

4.2.1 Anschluss von Verwaltungsbüroräumen an das Pumpen-Warmwasser-Heizsystem (Maßnahme 3.3.I)

Der Einsatz von elektrischer Energie zur Raumbeheizung mittels elektrischen Heizgeräten in den vier Büroräumen in der Verwaltung, die ohne statische Heizkörper ausgestattet sind, ist nicht zu empfehlen. Die Büros können an das vorhandene Heizwassersystem der Titus-Therme angeschlossen.

In der folgenden Tafel 4.2.1 ist die Energiebilanz für den Ist-Zustand und die Sanierungsvariante „Anschluss an zentrales Heizwassersystem“ dargestellt.

Tafel 4.2.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Energiebilanz für die untersuchten Beheizungsvarianten der Büroräume in der Verwaltung

		Ist-Zustand Elektro-Heizgeräte	Soll-Zustand Anschluss an PWW-Heizsystem
Heizenergiebedarf	in kWh/a	4.780	4.780
Nutzungsgrad	in %	100	95
Strom-/Fernwärmebrauch	in kWh/a	4.780	5.020
Primärenergieeinsatz	in kWh/a	7.245	5.515

Die Investitionskosten für den Anschluss der vier Büros an das zentrale Heizsystem sowie für die Heizkörper belaufen sich auf 4.500,- €.

Jahreskostenberechnung

Für die beschriebene Optimierungsmaßnahme wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.2.2 zusammengestellt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang 4.2.1 dargestellt.

Tafel 4.2.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenrechnung für den Anschluss der Büroräume an das zentrale PWW-Heizsystem

Maßnahme		Ist-Zustand Elektro-Heizgeräte	PWW-Heizsystem
Investitionskosten	in €		4.500,-
Kapitalkosten	in €/a		392,-
Mittlere Betriebskosten			
Fernwärmebezugsosten	in €/a		233,-
Stromkosten		323,-	
Wartung/Instandhaltung	in €/a		45,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	323,-	278,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	422,-	363,-
Umweltfolgekosten			
CO ₂ -Emissionen	in €/a	163,-	61,-
Gesamtkosten	in €/a	585,-	817,-
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		Keine

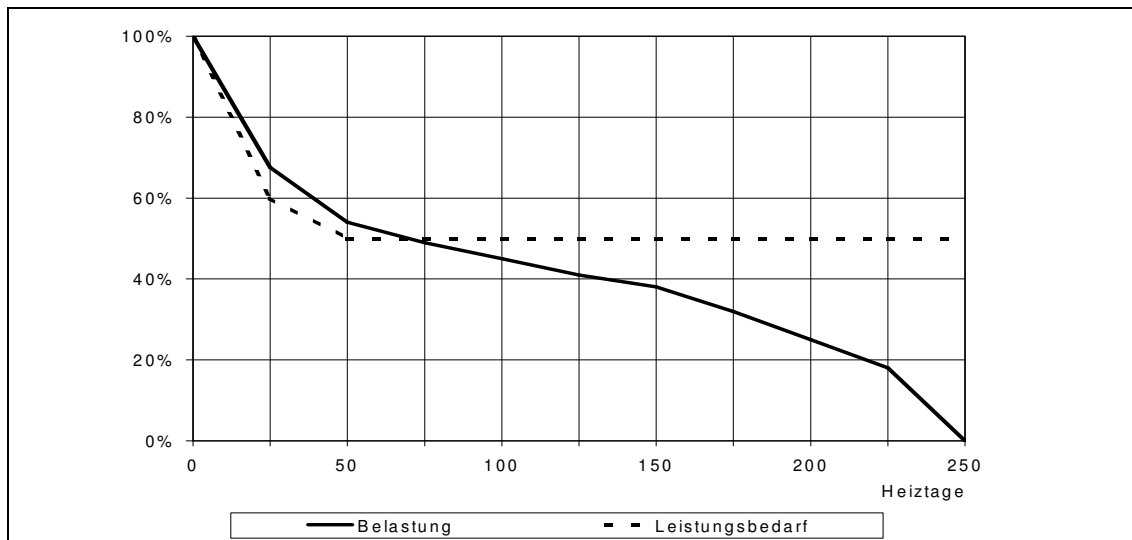
Die Berechnungen zeigen, dass den jährlichen Kapitalkosten in Höhe von rund 390,- € vermiedene Betriebs- und Umweltfolgekosten in Höhe von 160,- € pro Jahr gegenüber stehen. Diese Maßnahme ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu empfehlen, grundsätzlich sollte aber Strom zu Heizzwecken, aufgrund der schlechten Primärenergiebilanz, nicht eingesetzt werden. Im Rahmen einer möglichen Sanierung sollte diese Maßnahme realisiert werden.

4.2.2 Optimierung der Heizungsumwälzpumpen (Maßnahme 3.3.II)

Zur Sicherstellung der ganzjährigen Wärmeversorgung von Gebäuden müssen Umwälzpumpen in Heizsystemen grundsätzlich für den maximalen Bedarf ausgelegt werden. Der Maximalbedarf tritt aber im Jahresverlauf nur in einer sehr begrenzten Zeitspanne auf. Durch eine Leistungsanpassung der Umwälzpumpen und eine Leistungsregelung vermindert sich deren Leistungsbedarf.

Im Regelfall können Umwälzpumpen durch übliche Drehzahlregelungen auf ca. 60 % ihrer Nenn-drehzahl heruntergeregelt werden. Der Leistungsbedarf reduziert sich dabei auf weniger als 50 % der Maximalleistung. Bild 4.2.1 zeigt den Belastungsgrad einer Heizungsanlage sowie den Leistungsbedarf einer geregelten Umwälzpumpe während der Heizperiode.

Bild 4.2.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Belastungsgrad von Heizungsanlagen und Leistungsbedarf geregelter Umwälzpumpen während der Heizperiode



Auf Basis des dargestellten Belastungs- und Leistungsbedarfsverlaufes (vgl. Bild 4.2.1) wurden für die Umwälzpumpen im Ist- und Soll-Zustand Berechnungen zum Leistungsbedarf durchgeführt (vgl. Tafel 4.2.3). Hierbei wurden für die statischen Heizgruppen der Einsatz von Pumpen mit integrierter Differenzdruckregelung geprüft.

Tafel 4.2.3 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Jahresstrombedarf von Umwälzpumpen im Ist- und Soll-Zustand

Standort/ Heizkreisbezeichnung	Maßnahme	Ist-Zustand		Soll-Zustand	
		Strom- verbrauch in kWh/a	Leistungs- bedarf in kW	Strom- verbrauch in kWh/a	Leistungs- bedarf in kW
Statischer Heizkreis Gr. 2	Neue dP geregelte Pumpe	2.933	0,49	649	0,20
Statischer Heizkreis Gr. 3-7	Neue dP geregelte Pumpe	2.933	0,49	649	0,20
GESAMT		5.866	0,98	1298	0,40
Einsparung gegen Ist				4.568	0,58

Durch den Einbau von drehzahlgeregelten Pumpen könnte der jährliche Strombedarf um rund 4.570 kWh vermindert werden. Durch die bedarfsgerechte Auslegung würde der maximale Gesamtleistungsbedarf der Pumpen um über 50 % verringert.

Investition und Jahreskostenberechnung

Für den Austausch mit Demontage der alten und Montage der beiden neuen Pumpen ist mit Kosten in Höhe von 2.550,- € (inkl. Baunebenkosten) zu rechnen.

In der Tafel 4.2.4 sind die Ergebnisse der Gesamtkostenberechnung für die Optimierung der Heizungsumwälzpumpen in den Titus-Thermen aufgeführt. (Berechnungsblatt s. Anhang 4.2.2)

Tafel 4.2.4 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenberechnung für den Einsatz von drehzahlgeregelten Heizungsumwälzpumpen

Maßnahme		Ist-Zustand	Elektronisch geregelte Pumpen
Investitionskosten	in €		2.550,-
Kapitalkosten	in €/a		263,-
Mittlere Betriebskosten			
Instandhaltung/Wartung	in €/a		26,-
Stromkosten		500,-	130,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	500,-	156,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	618,-	193,-
Umweltfolgekosten			
CO ₂ -Emissionen	in €/a	199,-	44,-
Gesamtkosten	in €/a	817,-	499,-
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		5,2

Die Berechnungen zeigen, dass die Gesamtkosten durch den Einbau von drehzahlgeregelten Heizungs-Umwälzpumpen im Vergleich zum derzeitigen Ist-Zustand um jährlich 320,- € gesenkt werden können. Diese Maßnahme ist aus energetischen und wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen und sollte umgehend realisiert werden.

4.2.3 Reduzierung der Fernwärmeanschlussleistung (Maßnahme 3.3.III)

In Abschnitt 3.3 wurde dargestellt, dass die Fernwärmeanschlussleistung um 292 kW reduziert werden kann. Unter Berücksichtigung des derzeit gültigen Fernwärmebezugsvertrages (Thermo-Business H) ergibt sich durch die Realisierung eine Verringerung der Fernwärmegrundkosten von 5.260,- €/a.

Von der Mainova AG wurde auf Anfrage mitgeteilt, dass der derzeit gültige Vertrag aus dem Jahr 1995 ist. Die Laufzeit beträgt 10 Jahre und läuft am 28.02.2005 ab. Zu diesem Termin kann eine neue Anschlussleistung angemeldet werden, die mit einer entsprechenden technischen Ausarbeitung zu belegen ist. Die Umstellung erfolgt an den Reglerventilen vor den Wärmetauschern durch Reduzierung der Heizwasser-Durchflussmenge.

Eine Umstellung vor dem genannten Termin ist nach Auskunft der Mainova grundsätzlich denkbar, muss aber mit dem Vorstand verhandelt werden.

4.3 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an den Lüftungs- und Klimaanlage

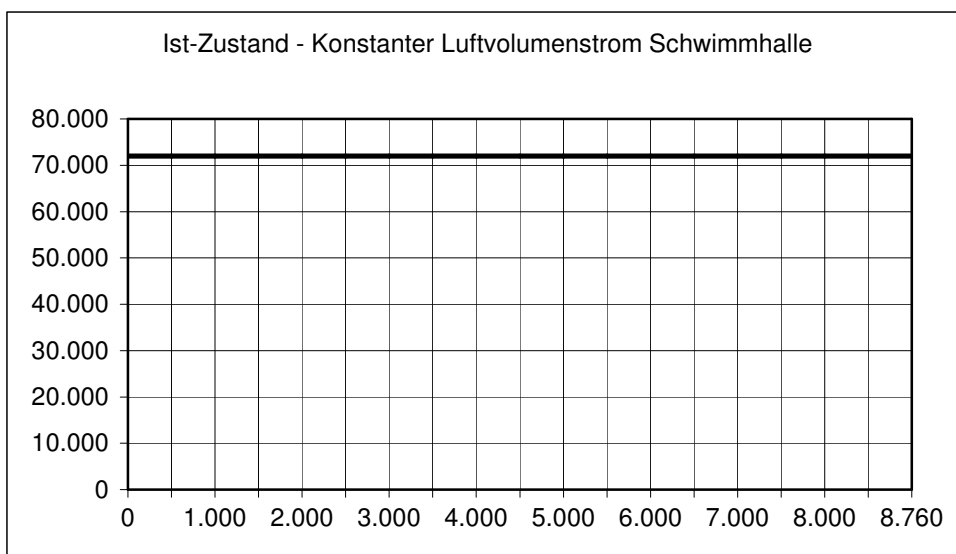
4.3.1 Optimierung der Betriebszeiten der RLT-Anlagen (Maßnahme 3.4.I)

Für diese Maßnahme wird keine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durchgeführt, da es sich um eine rein organisatorische Maßnahme handelt, die vom Betriebspersonal der Titus-Thermen umgesetzt werden kann.

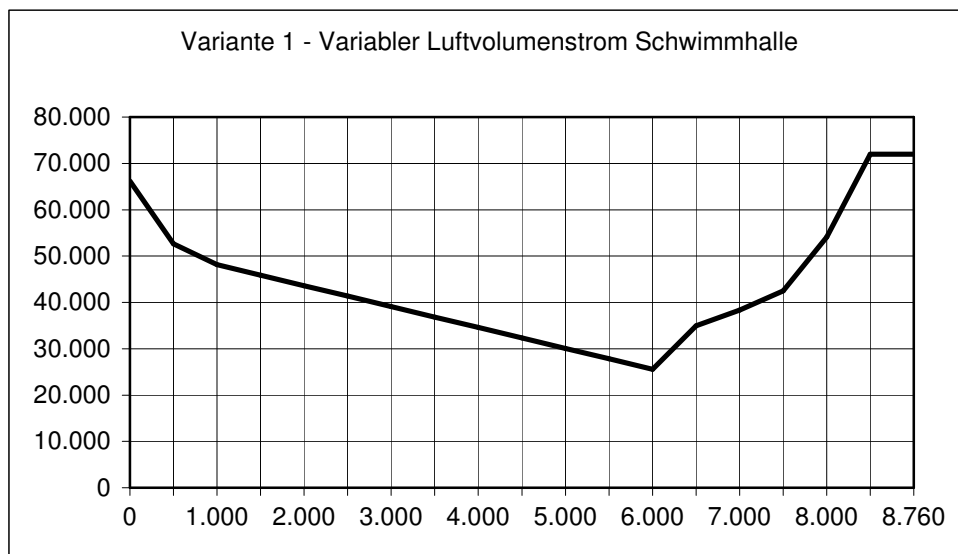
Wie in Abschnitt 3.4.2 dargestellt, können durch die Realisierung dieser organisatorischen Maßnahme jährlich 102.000 kWh an Fernwärme und 58.000 kWh an Strom eingespart werden. Dies entspricht einer Reduzierung der jährlichen Energiekosten um 8.670,- €.

4.3.2 Optimierung der Lüftungsanlage „Schwimmhalle“ (Maßnahme 3.4.II)

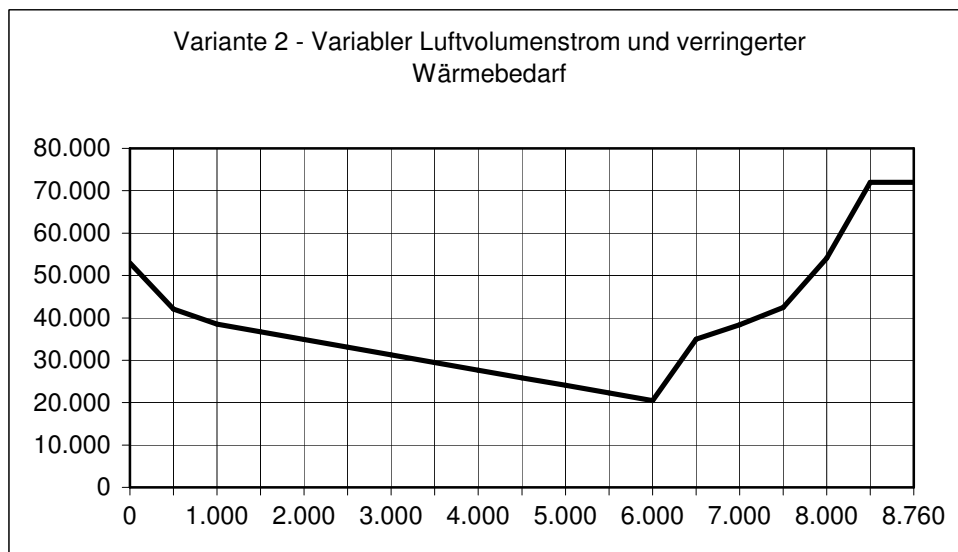
Für die Lüftungsanlage „2.1 Schwimmhalle“ werden im Vergleich zu Ist-Zustand zwei Optimierungsvarianten untersucht und bewertet.



Variante 1: Die Lüftungsanlage „2.1 Schwimmhalle“ wird so umgerüstet, dass zukünftig sowohl der Außenluftanteil als auch die Gesamtluftmenge variabel gefahren werden können. Durch die Anlagenoptimierung wird der Zu- und Abluftvolumenstrom im günstigsten Fall bis auf ca. 40 % des Maximalwertes reduziert. Dabei kann der Leistungsbedarf der Ventilatoren mit Hilfe der Frequenzumformer bis auf 25 % der Nennleistung vermindert werden.



Variante 2: Wie Variante 1 jedoch zusätzlich Einbau von statischen Heizflächen in der Schwimmhalle, wodurch der notwendige Luftvolumenstrom reduziert werden kann.



In der folgenden Tafel 4.3.1 ist die energetische Bilanz für den Ist-Zustand sowie die untersuchten Varianten dargestellt.

Tafel 4.3.1 Energiekonzept Titus-Thermen: Energiebilanz für die untersuchten Varianten der Schwimmhallenlüftung

		Ist-Zustand	Variante 1	Variante 2
Stromverbrauch	in kWh/a	718.320	284.130	238.620
Einsparung gegen Ist	in kWh/a		434.190	479.700
Heizenergiebedarf	in kWh/a	2.765.255	2.297.650	2.297.655
Einsparung gegen Ist	in kWh/a		467.605	467.605

Insgesamt verringert sich der Jahresstrombedarf für den Betrieb der Anlage „Schwimmhalle“ von 718.300 kWh auf ca. 284.000 kWh. Dies entspricht einer Jahresstromeinsparung von 434.000 kWh bzw. 29.300,- €. Durch eine statische Beheizung der Schwimmhalle ließe sich der jährliche Stromverbrauch um weitere 45.510 kWh bzw. 3.070,- € reduzieren.

Die Heizwärmeeinsparung, die aufgrund des höheren Nutzungsgrades des WRG-Systems sowie durch die optimierte Mischluftregelung erzielt werden kann, beträgt rund 467.600 kWh/a bzw. 22.800,- €.

Insgesamt könnte durch die Realisierung einer bzw. beider Maßnahmen, bei derzeitigen Energiepreisen, eine Jahresenergiekosteneinsparung von **52.100,- €** bzw. knapp **55.170,- €** erzielt werden.

Investitionskosten

Für die beschriebenen Optimierungsmaßnahmen an der Lüftungsanlage der Schwimmhalle ergeben sich die in Tafel 4.3.2 zusammengestellten Investitionskosten.

Tafel 4.3.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Investitionskosten für die untersuchten Varianten der Schwimmhallenlüftung

		Variante 1	Variante 2
FU für Lüftermotoren u. Regelung	in EUR	41.500,-	41.500,-
WRG-System	in EUR	22.000,-	22.000,-
Sonstiges	in EUR	4.550,-	4.550,-
Statische Heizflächen Schwimmhalle	in EUR		27.200,-
Bau- u. Baunebenkosten (20 %)	in EUR	13.610,-	19.050,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	13.070,-	18.290,-
Brutto-Gesamtkosten	in EUR	94.730,-	132.590,-

Für die Optimierung der Lüftungsanlage Schwimmhalle ist von einer Gesamtinvestitionssumme in Höhe von knapp 94.800,- € auszugehen. Für die statischen Heizflächen in der Schwimmhalle ergeben sich zusätzliche Kosten in Höhe von rund 38.000,- €.

Jahreskostenberechnung

Für die beschriebenen Optimierungsmaßnahmen wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.3.3 zusammengestellt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang 4.3.1 dargestellt.

Tafel 4.3.3 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenrechnung für die untersuchten Varianten der Schwimmhallenlüftung

Maßnahme		Ist-Zustand	Variante 1	Variante 2
Investitionskosten	in €		94.730,-	132.590,-
Kapitalkosten	in €/a		9.750,-	13.650,-
Mittlere Betriebskosten				
Fernwärmebezugskosten	in €/a	135.060,-	112.220,-	112.220,-
Stromkosten		48.490,-	19.180,-	16.105,-
Wartung/Instandhaltung	in €/a		2.370,-	3.315,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	183.550,-	133.770,-	131.640,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	227.040,-	165.470,-	162.840,-
Umweltfolgekosten				
CO ₂ -Emissionen	in €/a	58.560,-	37.870,-	36.300,-
Gesamtkosten	in €/a	285.600,-	213.090,-	212.790,-
Amortisationszeit				
Basis Ist-Zustand	in a		1,2	1,7

Die Jahreskostenberechnung zeigt, dass sich Investitionskosten für die untersuchten Optimierungsmaßnahmen in weniger als 2 Jahren amortisieren, da die Energie- und Umweltfolgekosteneinsparung deutlich über den jährlichen Kapitalkosten liegen. Die Optimierung der Lüftungsanlage sollte umgehend realisiert werden. Im Rahmen einer baulichen Sanierung der Schwimmhalle sind statische Heizflächen (Fußbodenheizung, Wärmebänke und ggf. Heizkörper) nachzurüsten.

4.3.3 Optimierung der Lüftungsanlage „2.6 Fitness und Sauna“ (Maßnahme 3.4.III)

Durch den bedarfsgerechten Betrieb der beiden Bereiche durch zwei getrennte Lüftungsgeräte können der jährliche Heizenergiebedarf um 421.600 kWh bzw. die Fernwärmebezugskosten um 20.590,- € reduziert werden.

Investitionskosten

In Tafel 4.3.4 ist die Kostenschätzung für die notwendigen Investitionen zur Installation von separaten Lüftungsgeräten für die beiden Bereiche aufgeführt.

Tafel 4.3.4 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Investitionskosten für die Optimierung der Lüftungsanlage „Fitness und Sauna“

		Investition
RLT-Geräte und Zubehör	in EUR	45.000,-
Anpassung Lüftungssystem	in EUR	25.500,-
Regelung	in EUR	35.000,-
Demontage	in EUR	7.500,-
Sonstiges	in EUR	10.550,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	24.710,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	23.720,-
Brutto-Gesamtkosten	in EUR	171.980,-

Die Gesamtkosten für die untersuchte Maßnahme belaufen sich auf ca. 172.000,- €.

Jahreskosten

Zu der beschriebenen Optimierungsmaßnahme für die Lüftungsanlage „Fitness und Sauna“ wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.3.5 zusammengestellt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang 4.3.2 dargestellt.

Tafel 4.3.5 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenrechnung für die Optimierung der Lüftungsanlage „Fitness und Sauna“

Maßnahme		IST - Zentralgerät	Var. 1 – Getrennte Geräte
Investitionskosten	in €		171.990,-
Kapitalkosten	in €/a		17.710,-
Mittlere Betriebskosten			
Instandhaltung/Wartung	in €/a		4.300,-
Fernwärmebezugskosten	in €/a	34.180,-	13.590,-
Stromkosten	in €/a	19.940,-	19.940,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	54.120,-	37.830,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	66.940,-	46.790,-
Umweltfolgekosten			
CO ₂ -Emissionen	in €/a	18.310,-	13.420,-
Gesamtkosten	in €/a	85.250,-	77.910,-
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		9,1

Für die Maßnahme errechnet sich eine Amortisationszeit, die innerhalb von 10 Jahren liegt und somit als wirtschaftlich sinnvoll anzusehen ist. Aus diesem Grund wird die Umsetzung aus energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten empfohlen.

4.4 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an der Badewassertechnik

4.4.1 Schaffung eines neuen Beckenwasserkreislaufes für die höher temperierten Becken (Maßnahme 3.5.I)

Das Kinder-, das Sole und die Hot-Whirl-Pool-Becken werden zu einem höher temperierten Kreislauf zusammengeschlossen und durch eine neue Vakuum-Anschwemmfilteranlage versorgt.

Es ergeben sich dadurch deutliche Vorteile beim Wasser-, Strom- und Heizwärmeverbrauch gegenüber einer Sandfilteranlage.

Im Vergleich zu einer Sandfilteranlage benötigt das System eine deutlich verminderte Pumpenleistung. Zusätzlich kann die Anlage außerhalb der Nutzungszeit in einem abgesenkten Betrieb gefahren werden. Aufgrund des hohen Effektes bei der Filterung lässt die DIN 19643 bei einer Anschwemmfilteranlage zu, dass pro Badenutzer nur 15 l Frischwasser nachgespeist werden müssen. Zudem wird das System nicht rückgespült, sondern gereinigt. Dabei wird nur eine geringe Wassermenge benötigt.

Da zukünftig die Auflage einer Entsorgung der Aktivkohle als Sondermüll als möglich erscheint, wird in der Wirtschaftlichkeitsbewertung eine zusätzliche Variante unter Berücksichtigung der entsprechenden Investitionen und Betriebskosten berücksichtigt.

In der folgenden Tafel 4.4.1. ist die Strom-, Wasser- und Heizwärmebilanz mit den Ist-Zustand mit Sandfilter und die Optimierungsmaßnahme mit Vakuum-Anschwemmfilter zusammengestellt.

Tafel 4.4.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Strom-, Wasser- und Wärmebilanz der untersuchten Beckenwasseraufbereitungssysteme

		Ist-Zustand	Soll-Zustand
System		Kombiblock	Vakuum-Anschwemmfilter
Anzahl Kreisläufe	in St	1	1
Umwälzleistung	in m ³ /h	100	100
Pumpenstrombilanz			
Pumpenleistung			
Normalbetrieb			
Reinwasserpumpen	in kW	0	2,7
Rohwasserpumpen	in kW	8,2	1,4
Absenkbetrieb			
Reinwasserpumpen	in kW	0	1,4
Rohwasserpumpen	in kW	8,2	1,4
Betriebszeiten			
Normalbetrieb	in h/a	4.420	4.420
Absenkbetrieb	in h/a	3.740	3.740
Stromverbrauch			
Normalbetrieb	in kWh/a	36.244	18.210
Absenkbetrieb	in kWh/a	30.668	10.322
Summe	in kWh/a	66.912	28.533

Wasserbilanz			
Besucherzahl	in P/a	12.375	12.375
Austauschwasser spezifisch	in l/P	30	15
Gesamt	in m ³ /a	371	186
Reinigungs-/Kühlwasser spezif.	in m ³ /d	10	0,052
Gesamt	in m ³ /a	3.305	18
Summe	in m³/a	3.676	203
Heizwärmebilanz			
	dt	18	18
Heizwärme Frischwasser	in kWh/a	76.756	4.245
Fernwärme Frischwasser	in kWh/a	80.796	4.468
Einsparung			
Strom	in kWh/a		38.380
	in kW/a		4,1
Wasser	in m ³ /a		3.473
Heizwärme	in kWh/a		76.327
Strom	in Euro/a		2.590,-
Wasser	in Euro/a		15.142,-
Fernwärme	in Euro/a		3.542,-
Gesamt	in Euro/a		21.274,-

Durch die Schaffung eines neuen Beckenwasserkreislaufes und dem damit verbundenen Einbau eines Vakuum-Anschwemmfilters könnten in den Titus-Thermen pro Jahr etwa 38.400 kWh Pumpenstrom eingespart werden. Der Wasserbrauch würde um ca. 3.475 m³/a gesenkt und der Fernwärmebezug würde sich um 76.330 kWh/a reduzieren. Daraus errechnet sich bei derzeitigem Preisniveau eine jährliche Energie- und Wasserkostenkosteneinsparung von rund **21.275,- Euro**.

Investitionskosten

Für die beschriebene Vakuum-Anschwemmfilteranlage ergeben sich die in Tafel 4.4.2 zusammengestellten Investitionskosten. Hierbei sind die Kosten für eine automatische Grundanschwemmung sowie einer automatische Reinigung enthalten.

Tafel 4.4.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Investitionskosten für den Einbau einer Vakuum-Anschwemmfilteranlage für den höher temperierten Kreislauf

	Vakuum Anschwemmfilteranlage	
Filteranlagen mit Pumpen, Armaturen , Wärmetauscher, Reinigungs-/Anschwemmautomatik und Schaltschrank als betriebsfertige Einheit	in EUR	
	in EUR	64.000,-
Rohrleitungen, Beckeneinbauteile, Wärmeverteilnetz	in EUR	31.100,-
Schwallwasserbehälter	in EUR	11.600,-
Demontagearbeiten	in EUR	5.200,-
Sonstiges, Elektroanschlussarbeiten	in EUR	5.000,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	18.700,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	21.700,-
Brutto-Gesamtkosten	in EUR	157.300,-

Für den Einbau einer Vakuum-Anschwemmfilteranlage in den Titus-Thermen für den neuen höher temperierten Beckenwasserkreislauf ist von einer Gesamtinvestitionssumme von rund 157.000,- Euro auszugehen. Bei einer Entsorgung der Aktivkohle als Sondermüll muss ein zusätzliches Absetzbecken vorgesehen werden. Die Kosten hierfür liegen bei 5.000,- €.

Betriebskosten

Für die beschriebene Vakuumanschwemmfilteranlage werden die folgenden Mengen an Filterhilfsstoffen benötigt:

Filterhilfsstoff	Benötigte Menge:	Spez. Preis:	Gesamtkosten pro Saison (340 Tage)
Diatomit:	0,56 kg/Tag	1,02 € / kg	195,- €
Aktivkohle:	2,1 kg/Tag	4,70 € /kg	3.355,- €

Der Verbrauch von Flockungsmitteln, Algenmitteln sowie die zunehmende Anwendung von Aktivkohle bei Sandfilteranlagen ist erfahrungsgemäß dem Verbrauch von Filterhilfsstoffen bei Vakuum-Adsorptions-Filteranlagen gleichzusetzen.

Der Chlor- und ph- Mittelverbrauch ist nicht objektiv vergleichbar, da verschiedene Faktoren, welche teilweise auch standortbedingt sind, Einfluss nehmen.¹⁰

Entsorgung der Aktivkohle als Sondermüll:

Für vorgenannte Vakuum-Anschwemmfilteranlage fallen jährlich 500 kg (= 0,70 m³) Aktivkohle an. Die Kosten für die Entsorgung wurden von den Frankfurter-Entsorgungs-Betrieben (FES) wie folgt genannt:

Spezif. Preis Sondermüllentsorgung:	500,- €/Tonne
Miete für Sammelbehälter (800 l)	15,- €/Monat
Transportpauschale:	60,- €
Annahmepauschale HIM:	42,- €/Transport

Bei einem Fassungsvermögen von 800 Litern pro Gefahrgutsammelbehälter ergeben sich 1-2 Transporte pro Jahr. Unter Berücksichtigung der o.g. Preise sowie der anfallenden Aktivkohlemenge errechnen sich daraus jährliche Entsorgungskosten in Höhe von **617,- EUR**.

Jahreskosten

In der Tafel 4.4.3 sind die Ergebnisse der Gesamtkostenberechnung für die Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage aufgeführt. (Berechnungsblatt s. Anhang 4.4.1)

¹⁰

Einzelne Betreiber von Vakuum- Adsorptionsfilteranlage bestätigen, dass z. B. durch Vorrichtungen in derselben (Oberflächenabskimmerung von Fett und Haaren) eine Einsparung von ca. 20 % des Bedarfes gegenüber geschlossenen Filtersystemen gegeben ist.

Tafel 4.4.3 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenberechnung für die Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage durch neuen höher temperierten Beckenwasserkreislauf

Maßnahme		IST-Zustand	Anschwemmfilter	Anschwemmfilter mit Aktivkohleentsorgung
Investitionskosten	in €		157.300,-	162.300,-
Kapitalkosten	in €/a		13.715,-	14.150,-
Mittlere Betriebskosten				
Betriebsmittel	in €/a	3.550,-	3.550,-	3.550,-
Personal+Reinigung	in €/a		7.650,-	7.650,-
Instandhaltung/Wartung	in €/a	667,-	1.670,-	1.670,-
Stromkosten	in €/a	4.517,-	1.926,-	1.926,-
Wasserkosten	in €/a	16.028,-	886,-	886,-
Fernwärmebezugskosten	in €/a	3.749,-	207,-	207,-
Entsorgungskosten	in €/a			617,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	28.510,-	15.890,-	16.505,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	37.280,-	20.780,-	21.585,-
Umweltfolgekosten				
CO ₂ -Emissionen	in €/a	3.123,-	1.017,-	1.017,-
Trinkwasser	in €/a	3.675,-	203,-	203,-
Gesamtkosten	in €/a	44.080,-	35.710,-	36.960,-
Amortisationszeit				
Basis Ist-Zustand	in a		9,6	10,5

Die Investitionskosten für Schaffung eines höher temperierten Beckenwasserkreislaufes mit Vakuum-Anschwemmfilteranlage werden durch die reduzierten Betriebs- und Umweltfolgekosten in weniger als 10 Jahren amortisiert. Unter Berücksichtigung der möglichen Kosten für die Sondermüllentsorgung der Aktivkohle ergibt sich eine Amortisationszeit, die bei 10,5 Jahren liegt.

Diese Optimierungsmaßnahme ist aus Gründen der Energie- und Wassereinsparung sowie aus wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen. Des weiteren wird eine deutliche Verbesserung des Badebetriebs erreicht.

4.4.2 Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage (Maßnahme 3.5.II)

Austausch der vorhandenen Kombi-Block- bzw. Mehrschichtfilter gegen Vakuum-Anschwemmfilter für die übrigen Becken durch insgesamt 3 Beckenwasseraufbereitungsanlagen (Volumenströme: 58 m³/h, 355 m³/h und 122 m³/h).

In der folgenden Tafel 4.4.4. ist die Strom-, Wasser- und Heizwärmebilanz mit dem Ist-Zustand mit Sandfilter und die Optimierungsmaßnahme mit Vakuum-Anschwemmfilter zusammengestellt.

Tafel 4.4.4 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Strom-, Wasser- und Wärmebilanz der un-

tersuchten Beckenwasseraufbereitungssysteme

		Ist-Zustand	Soll-Zustand
System		Schnell-Sandfilter	Vakuum-Anschwemmfilter
Anzahl Kreisläufe	in St	3	3
Umwälzleistung	in m ³ /h	509	535
Pumpenstrombilanz			
Normalbetrieb			
Reinwasserpumpen	in kW	0	15,8
Rohwasserpumpen	in kW	26	11,1
Absenkbetrieb			
Reinwasserpumpen	in kW	0	7,9
Rohwasserpumpen	in kW	26	11,05
Betriebszeiten			
Normalbetrieb	in h/a	4.420	4.420
Absenkbetrieb	in h/a	3.740	3.740
Stromverbrauch			
Normalbetrieb	in kWh/a	114.920	118.677
Absenkbetrieb	in kWh/a	97.240	70.873
Summe	in kWh/a	212.160	189.550
Wasserbilanz			
Besucherzahl	in P/a	212.625	212.625
Austauschwasser spezifisch	in l/P	30	15
Gesamt	in m ³ /a	6.379	3.189
Reinigungs-/Kühlwasser			
spezifisch	in m ³ /d	125	16,948
Gesamt	in m ³ /a	16.412	2.220
Summe	in m³/a	22.790	5.410
Heizwärmebilanz			
Heizwärme Frischwasser	in kWh/a	259.082	43.926
Fernwärme Frischwasser	in kWh/a	272.717	46.238
Einsparung			
Strom	in kWh/a		22.610
Fernwärme	in kWh/a		226.480
Wasser	in m ³ /a		17.381
Strom	in Euro/a		1.526,-
Fernwärme	in Euro/a		14.800,-
Wasser	in Euro/a		75.780,-
Gesamt	in Euro/a		92.105,-

Durch die Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlagen mit dem Einbau eines Vakuum-Anschwemmfilters könnten in den Titus-Thermen pro Jahr etwa 22.600 kWh Pumpenstrom eingespart werden. Der Wasserbrauch würde um ca. 17.380 m³/a gesenkt und der Fernwärmebezug würde sich um 226.480 kWh/a reduzieren. Daraus errechnet sich bei derzeitigem Preisniveau eine jährliche Energie- und Wasserkosteneinsparung von rund **92.100,- Euro**.

Investitionskosten

Für die Installation von drei neuen Vakuum-Anschwemmfilteranlagen mit automatischer Grundanschwemmung sowie einer automatische Reinigung ergeben sich die in Tafel 4.4.5 zusammengestellten Investitionskosten mit.

Tafel 4.4.5 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Investitionskosten für die Optimierung der Beckenwasseraufbereitung durch Vakuum-Anschwemmfilteranlagen

	Vakuum Anschwemmfilteranlage	
Filteranlagen mit Pumpen, Armaturen , Wärmetauscher, Reinigungs-/Anschwemmaggregat und Schaltschrank als betriebsfertige Einheit	in EUR	
	in EUR	293.700,-
Verrohrung, Armaturen, Sonstiges	in EUR	58.740,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	52.865,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	64.850,-
Brutto-Gesamtkosten	in EUR	470.155,-

Für den Einbau neuer Vakuum-Anschwemmfilteranlagen in den Titus-Thermen ist von einer Gesamtinvestitionssumme von 470.155,- Euro auszugehen. Bei einer Entsorgung der Aktivkohle als Sondermüll muss ein zusätzliches Absetzbecken vorgesehen werden. Die Kosten hierfür liegen bei 5.000,- €.

Entsorgung der Aktivkohle als Sondermüll:

Für vorgenannte Vakuum-Anschwemmfilteranlagen fallen jährlich 2.400 kg (= 3,40 m³) Aktivkohle an. Bei einem Fassungsvermögen von 800 Litern pro Gefahrgutsammelbehälter ergeben sich 5 Transporte pro Jahr. Unter Berücksichtigung der o.g. Preise sowie der anfallenden Aktivkohlemenge errechnen sich daraus jährliche Entsorgungskosten in Höhe von **1.875,- EUR**.

Jahreskosten

In der Tafel 4.4.6 sind die Ergebnisse der Gesamtkostenberechnung für die Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage in den Titus-Thermen aufgeführt. (Berechnungsblatt s. Anhang 4.4.2)

Tafel 4.4.6 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenberechnung für die Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlagen

Maßnahme		IST-Zustand	Anschwemmfilter	Anschwemmfilter mit Aktivkohleentsorgung
Investitionskosten	in €		470.155,-	475.155,-
Kapitalkosten	in €/a		48.408,-	48.923,-
Mittlere Betriebskosten				
Betriebsmittel	in €/a	17.750,-	17.750,-	17.750,-
Personal+Reinigung	in €/a		15.300,-	15.300,-
Instandhaltung/Wartung	in €/a	1.500,-	7.050,-	7.050,-
Stromkosten	in €/a	14.320,-	12.795,-	12.795,-
Wasserkosten	in €/a	99.365,-	23.585,-	23.585,-
Fernwärmebezugskosten	in €/a	12.655,-	2.145,-	2.145,-
Entsorgungskosten	in €/a			1.875,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	145.590,-	78.625,-	80.500,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	180.090,-	97.260,-	99.580,-
Umweltfolgekosten				
CO ₂ -Emissionen	in €/a	3.125,-	1.020,-	1.020,-
Trinkwasser	in €/a	3.675,-	205,-	205,-
Gesamtkosten	in €/a	186.890,-	146.890,-	149.725,-
Amortisationszeit				
Basis Ist-Zustand	in a		6,6	6,9

Für den Austausch der vorhandenen Sandfilteranlagen gegen Vakuum-Anschwemmfilter ergäbe sich eine Amortisationszeit von 6,6 Jahren.

Auch die Berücksichtigung der möglichen Kosten für die Sondermüllentsorgung der Aktivkohle ergibt sich eine Amortisationszeit, die immer noch deutlich unter 10 Jahren liegt.

Diese Optimierungsmaßnahme ist aus Gründen der Energie- und Wassereinsparung sowie aus wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen.

Beispielhaft sei an dieser Stelle auf eine vergleichbare installierte Vakuum-Anschwemm-Filteranlage im Wellen- und Freibad Pfungstadt verwiesen.

4.4.3 Nutzung von Beckenwasser zur Pflanzenbewässerung (Maßnahme 3.5.III)

Für die Pflanzenbewässerung auf dem Dach und in der Schwimmhalle werden in den Titus-Thermen jährlich 10.900 m³ an Frischwasser verbraucht. Durch die Speicherung und Nutzung von Mess- und Absetzwasser können jährlich 2.880 m³ Frischwasser eingespart werden.

Unter Berücksichtigung, dass 75 % der Abwassergebühren für die Pflanzenbewässerung entfallen, reduzieren sich durch die Beckenwassernutzung die Trinkwasserbezugskosten um jährlich rund 8.000,- €.

Investitionskosten

In Tafel 4.4.7 ist die Kostenschätzung für die notwendigen Investitionen zur Nutzung von Beckenwasser zur Pflanzenbewässerung aufgeführt.

Tafel 4.4.7 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Investitionskosten für die Nutzung von Beckenwasser zur Pflanzenbewässerung

		Beckenwasser zur Pflanzenbewässerung
Herrichten der Solebehälter	in EUR	3.000,-
Pumpen, Armaturen	in EUR	5.500,-
Verrohrung	in EUR	2.625,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	1.665,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	3.825,-
Brutto-Gesamtkosten	in EUR	16.615,-

Die Gesamtkosten für die untersuchte Maßnahme belaufen sich auf ca. 16.615,- €.

Jahreskosten

Für die beschriebene Wassersparmaßnahme wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.4.8 zusammengestellt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang 4.4.3 dargestellt.

Tafel 4.4.8 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenrechnung für die Nutzung von Beckenwasser zur Pflanzenbewässerung

Maßnahme		IST-Zustand	Nutzung Beckenwasser
Investitionskosten	in €		16.615,-
Kapitalkosten	in €/a		1.710,-
Mittlere Betriebskosten			
Instandhaltung/Wartung	in €/a		415,-
Wasserkosten	in €/a	30.465,-	22.415,-
Stromkosten	in €/a	-	20,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	30.465,-	22.850,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	37.685,-	28.240,-
Umweltfolgekosten			
CO ₂ -Emissionen	in €/a	-	2,-
Trinkwasser	in €/a	10.900,-	8.020,-
Gesamtkosten	in €/a	48.585,-	37.990,-
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		1,4

Für die Maßnahme errechnet sich eine Amortisationszeit, die unter 2 Jahren liegt. Aus diesem Grund wird die sofortige Umsetzung aus Gründen der Wassereinsparung und der Wirtschaftlichkeit empfohlen.

4.5 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an Elektroanlagen und Regelungstechnik

4.5.1 Ersatz der NV-Halogenstrahler durch Kompakt-Leuchtstoffleuchten im Fitnesscenter (Maßnahme 3.7.I)

Im Fitnesscenter mit einer Gesamtnutzfläche von ca. 1.050 m² sind derzeit rund 330 NV-Halogenleuchten in der Decke installiert. Um eine Beleuchtungsstärke von 200 lx zu erreichen müssen 75 Downlights mit einer Leistung von 2 x 26 W installiert werden.

Die Investitionskosten für diese Maßnahme belaufen sich einschl. Demontage der vorhandenen Niedervolt-Leuchten auf 26.000,- €.

Durch den Einbau kann der jährliche Stromverbrauch um 61.300 kWh bzw. die Stromleistung um 21 kW gesenkt werden. Daraus errechnen sich jährliche Stromkosteneinsparungen für den Fitnessbereich von rund 6.380,- €.

In Tafel 4.5.1. sind die Ergebnisse für die untersuchte Optimierung der Beleuchtungsanlage dargestellt (s. Berechnungsblatt im Anhang 4.5.1).

Tafel 4.5.1 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenrechnung für die untersuchten Optimierungsmaßnahmen der Beleuchtung im Fitnesscenter

Maßnahme		IST-Zustand	Optimierung
Investitionskosten	in €		26.000,-
Kapitalkosten	In €/a		2.680,-
Mittlere Betriebskosten			
Wartung/Instandhaltung	in €/a	600,-	260,-
Stromkosten	In €/a	8.575,-	2.195,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	9.175,-	2.455,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	11.350,-	3.040,-
Umweltfolgekosten			
CO ₂ -Emissionen	in €/a	2.815,-	730,-
Gesamtkosten	in €/a	14.160,-	6.445,-
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		2,8

Für die Maßnahme errechnet sich eine Amortisationszeit, die unter 3 Jahren liegt und somit als wirtschaftlich sehr sinnvoll anzusehen ist. Aus diesem Grund wird die Umsetzung aus energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten empfohlen.

4.5.2 Energieoptimierung durch Lastmanagement der GLT (Maßnahme 3.7.II)

Die Gesamtkostenberechnung für die untersuchte Maßnahme wird anhand folgender Leistungsmerkmale untersucht und dargestellt:

Energieoptimierter Betrieb:	Herunterschalten von Verbrauchern auf Min.-Betrieb bzw. kurzzeitiges Wegschalten (ca. 10-15 min) in Stromspitzenlastzeiten
Bedarfsgerechter Betrieb:	U.a. Wegschalten von Verbrauchern außerhalb der Nutzungszeiten

Investitionskosten

Im Rahmen der Sanierung der Saunawelt wurden bereits die ersten Unterverteilungen für eine bedarfsgerechte Beleuchtungssteuerung (dimmbar) umgerüstet.

Als weiterer Schritt müssen die drei Unterteilungen für die Beleuchtung in der Schwimmhalle saniert werden. Die 18 Spiegelleuchten mit je 250 W sowie die 10 Sonnen (je 1 kW) können nicht mehr betriebssicher weggeschaltet werden und bleiben deshalb eingeschaltet.

Für ein effektives Spitzenlastmanagement muss der anstehende HT-/NT- Kontakt sowie der Leistungsbezugswert auf die GLT aufgeschaltet werden. Des weiteren sind die wichtigsten Zähler durch M-Busfähige Zähler zu ersetzen.

Die Investitionskosten hierfür belaufen sich auf rund 65.425,- €. Hierbei entfallen 29.230,- € auf die Beleuchtungssteuerung und 36.195,- € auf das Lastmanagement.

Jahresgesamtkosten

Durch die beschriebene Erweiterung der vorhandenen GLT mit einem bedarfsgerechter Betrieb der Beleuchtungen in der Sauna und Schwimmhalle sowie einem optimierten Spitzenlastabwurf können die jährlichen Strombezugskosten um 11.960,- € gesenkt werden. Für die beschriebene Stromsparmaßnahme wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.5.2 zusammengestellt (Berechnung im Anhang 4.5.2).

Tafel 4.5.2 Energiekonzept „Titus-Thermen“: Gesamtkostenberechnung für die Optimierung der vorhandenen GLT

Maßnahme		IST-Zustand	Optimierung GLT
Investitionskosten	in €		65.425,-
Kapitalkosten	in €/a		6.735,-
Mittlere Betriebskosten			
Instandhaltung/Wartung	in €/a		1.310,-
Stromkosten	in €/a	389.365,-	377.405,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	389.365,-	378.715,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	481.630,-	468.460,-
Umweltfolgekosten			
CO ₂ -Emissionen	in €/a	146.220,-	145.190,-
Gesamtkosten	in €/a	627.850,-	620.380,-
Amortisationszeit			

Basis Ist-Zustand	in a	5,6
-------------------	------	-----

Für den Ausbau der vorhandenen GLT ergibt sich eine Amortisationszeit von 5,6 Jahren. Diese Optimierungsmaßnahme ist aus Gründen der Energiekosteneinsparung sowie aus wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen.

Anhang zum Abschnitt 2.1 – Elektrischer Strombedarf und –verbrauch**Anhang 2.1.1 Energiekonzept Titus-Thermen – Zusammenstellung der installierten Stromzähler**

Zählerart	Bereich	Erneuert:	Zählernummer	Einheit :	Art:
Hauptstrom	Bowling		20143	KWh	NT
Hauptstrom	Bowling		20143	KWh	HT
Hauptstrom	Bürgerhaus		19868	KWh	NT
Hauptstrom	Bürgerhaus		19868	KWh	HT
Hauptstrom	Hotel	1997	117493	KWh	NT
Hauptstrom	Hotel	1997	117493	KWh	HT
Hauptstrom	Heizstation Parkebene	1995	832800	KWh	NT
Hauptstrom	Heizstation Parkebene	1995	832800	KWh	HT
Hauptstrom	Kältemaschinen		21736	KWh	NT
Hauptstrom	Kältemaschinen		21736	KWh	HT
Hauptstrom	Gastronomie	1998	117502	KWh	NT
Hauptstrom	Gastronomie	1998	117502	KWh	HT
Hauptstrom	Schießanlage		19910	KWh	NT
Hauptstrom	Schießanlage		19910	KWh	HT
Hauptstrom	Squash		19954	KWh	NT
Hauptstrom	Squash		19954	KWh	HT
Hauptstrom	Titus Thermen		19488	KWh	NT
Hauptstrom	Titus Thermen		19488	KWh	HT
Hauptstrom	Titus Thermen		5438	kW	NT
Hauptstrom	Titus Thermen		5438	kW	HT
Nebenstrom	Abluft Sporthalle Foyer		10202250	KWh	
Nebenstrom	Bowlingbahn		10202154	KWh	
Nebenstrom	Res. 2,7		10310829	KWh	
Nebenstrom	Res. 2,7		10310831	KWh	
Nebenstrom	Bowlingbahn		10310835	KWh	
Nebenstrom	UV 4,23 Netz I Glashaus		26736622	KWh	
Nebenstrom	Fitness Sauna		10202152	KWh	
Nebenstrom	Hebeanlage		116247725	KWh	
Nebenstrom	Kälteanlage		10202151	KWh	
Nebenstrom	NEA Einsp Mall		10310836	KWh	
Nebenstrom	NEA Einspeisung Schr.1		10310830	KWh	
Nebenstrom	NN- Einspeisung Mall		10202240	KWh	
Nebenstrom	Rohrbegleitheizung		10391789	KWh	
Nebenstrom	Rohrbegleitheizung Allg. Abwasser		10391791	KWh	
Nebenstrom	Rohrbegleitheizung Hotel u.TT		10391806	KWh	
Nebenstrom	Rohrbegleitheizung Ringleit.		10391794	KWh	
Nebenstrom	Swh. Gastro 2.3		10202148	KWh	
Nebenstrom	Squash 2.4		10202238	KWh	
Nebenstrom	Technik 2.2		10202239	KWh	
Nebenstrom	Swh. Ukl. 2.5		10202153	KWh	
Nebenstrom	Sporthalle 2.10.1-.3		10202147	KWh	
Nebenstrom	Stat.Heiz. Sph.		10310833	KWh	
Nebenstrom	Stat.Heiz. Sauna		10310834	KWh	
Nebenstrom	VE/NE Stat. Heiz		10306943	KWh	
Nebenstrom	Verwaltung		10310832	KWh	
Nebenstrom	VT-Schwimmhalle		10306942	KWh	
Nebenstrom	Zuluft Sporthalle Foyer		10202249	KWh	
Nebenstrom	Unerschöpfliche Quelle		28608549	KWh	

Anhang 2.1.2 Energiekonzept Titus-Thermen – Monatlicher Stromverbrauch in 2001

Monat	Verb(HT)	Verb(NT)	Verb(HT)	Verb(NT)	Verb(HT)	Verb(NT)	Verb(HT)	Verb(NT)
	in kWh	in kWh	in kWh	in kWh	in kWh	in kWh	in kWh	in kWh
	Titus	Titus	Bürgerhaus	Bürgerhaus	Kältemasch.	Kältemasch.	Gastronomie	Gastronomie
Jan	207.780	147.000	38.730	30.848	0	0	9.687	6.540
Feb	179.160	134.100	37.920	32.190	0	0	7.776	5.622
März	216.500	145.440	50.560	38.790	0	0	9.677	6.415
April	205.420	143.940	44.760	36.240	2.812	2.172	9.280	6.022
Mai	210.130	166.620	54.270	46.360	13.613	11.905	9.170	7.001
Juni	225.480	169.560	67.470	51.690	22.190	15.673	11.264	7.568
Juli	120.840	104.400	37.350	35.970	17.056	13.117	3.932	3.358
Aug	165.780	127.680	58.200	44.790	26.041	17.191	6.862	4.467
Sep	188.380	141.120	48.150	40.380	6.562	5.731	8.146	5.610
Okt	242.220	181.680	59.850	50.940	8.833	7.192	10.564	7.603
Nov	213.780	162.780	52.800	44.700	1.049	790	9.630	7.370
Dez	189.780	139.080	42.060	32.280	0	0	8.694	5.973
Gesamt	2.365.250	1.763.400	592.120	485.178	98.156	73.771	104.682	73.549

Anhang 2.1.3 Energiekonzept Titus-Thermen – Monatlicher maximaler Stromleistungsbezug in 2001

Monat	Titus in kW	Bürgerhaus in kW	Kältemaschine. in kW	Gastronomie in kW	Gesamt in kW
Jan	776	177	0	71	1.024
Feb	778	218	0	67	1.063
März	764	210	0	66	1.040
April	780	234	145	63	1.222
Mai	759	231	117	65	1.172
Juni	732	243	130	75	1.180
Juli	725	221	131	57	1.134
Aug	663	246	136	58	1.103
Sep	766	224	85	77	1.152
Okt	778	230	91	67	1.166
Nov	783	234	91	65	1.173
Dez	759	210	0	66	1.035
Maximum	783	246	145	77	1.222

Anhang 2.1.4 Energiekonzept Titus-Thermen – Zusammenstellung der jährlichen Verbrauchswerte nach Bereichen

Beleuchtung	517.100	kWh/a	Berechnet nach LEE
Lüftung	1.899.800	kWh/a	Berechnung nach Tagesganglinien
Hebeanlage	30.425	kWh/a	Interner Unterzähler
Kältemaschinen	171.925	kWh/a	Hauptzähler
RKW	26.880	kWh/a	Berechnung nach Laufzeit KM
Rohrbegleitheizung	10.120	kWh/a	Interner Unterzähler
Badewasserpumpen	263.000	kWh/a	Berechnung mit techn. Daten u. Laufzeiten
Heizungspumpen	27.300	kWh/a	Berechnung mit techn. Daten u. Laufzeiten
Kalt-/Kühlwasserpumpe	114.200	kWh/a	Berechnung mit techn. Daten u. Laufzeiten
Sauna	686.400	kWh/a	Berechnung mit techn. Daten u. Nutzungszeiten
Aufzüge	29.700	kWh/a	Berechnung mit techn. Daten u. Nutzungsangaben
Bowling	72.900	kWh/a	Interner Unterzähler
GESAMT	3.849.750	KWh/a	

Anhang zum Abschnitt 2.2 – Wärmebedarf und Fernwärmebezug**Anhang 2.2.1 Energiekonzept Titus-Thermen – Monatlicher Fernwärmebezug je Wärmetauscher und –kosten in 2001**

Zähler-Nr. alt Zähler-Nr. neu	Gesamt kWh _{HU}	940180 Hzg-RLT-Beckenw kWh _{HU}	940181 Hzg-RLT-Beckenw kWh _{HU}	93707 981624 WW-Bereitung kWh _{HU}	in EUR/Mo
Jan	612	294	242	76	36.000,57
Feb	557	274	212	71	33.440,53
März	591	289	227	75	35.022,98
April	506	241	197	68	31.067,12
Mai	346	166	142	38	35.022,98
Juni	356	158	156	42	23.155,97
Juli	216	100	79	37	17.571,33
Aug	131	68	52	11	13.615,54
Sep	422	189	171	62	27.158,29
Okt	424	193	170	61	27.872,29
Nov	586	301	222	63	35.604,97
Dez	753	420	266	67	43.576,30
Gesamt/Maximum	5.500	2.693	2.136	671	359.108,88
Spez. Preis (Eur/MWh)					65,29

Anhang 2.2.2 Energiekonzept Titus-Thermen – Installierte Wärmemengenzähler

Zählerart	Bereich	Jahr	Zählernummer		Einheit :
Hauptwärmemenge	Bürgerhaus		931274		MWh
Hauptwärmemenge	DRK-Station		980341		KWh
Hauptwärmemenge	Freizeit Heizung WT 1	1996	991219	940180	MWh
Hauptwärmemenge	Freizeit Heizung WT 2	1996	991225	940181	MWh
Hauptwärmemenge	Freizeit WWB	1996	96190007408	930707	MWh
Hauptwärmemenge	Hotel	1996	930708		MWh
Wärmemenge	Bowling 2.8 - Nacherhitzer Wärme		992700054273	992700054273	MWh
Wärmemenge	Bowling Heizung			992700054252	MWh
Wärmemenge	Squash Stat.Heizung		99200015808		MWh

Anhang 2.2.3 Energiekonzept Titus-Thermen – Monatliche Verteilung des Heizenergiebedarfs für die einzelnen Verbrauchergruppen

	RLT-Anlagen		Statische H _z g		Beckenwasser		Warmwasser Nutzwärme		System	
Jan heiter	18.027,8	306.473	1.760,0	29.919	1.694,6	28.808	1.744,4	29.655	1.329,0	22.593
Jan trüb	15.472,3	201.140	1.508,0	19.604	1.694,6	22.029	1.744,4	22.678	1.329,0	17.277
Feb heiter	18.027,8	306.473	1.652,5	28.093	1.694,6	28.808	1.744,4	29.655	1.329,0	22.593
Feb trüb	15.472,3	170.195	1.381,1	15.192	1.694,6	18.640	1.744,4	19.189	1.329,0	14.619
März heiter	18.027,8	378.585	1.112,4	23.361	1.694,6	35.586	1.744,4	36.633	1.329,0	27.909
März trüb	8.410,3	84.103	1.088,0	10.880	1.694,6	16.946	1.744,4	17.444	1.329,0	13.290
April heiter	7.700,7	161.715	678,8	14.255	1.694,6	35.586	1.744,4	36.633	1.329,0	27.909
April trüb	8.410,3	75.693	727,4	6.546	1.694,6	15.251	1.744,4	15.700	1.329,0	11.961
Mai heiter	7.700,7	169.416	318,8	7.014	1.694,6	37.280	1.744,4	38.378	1.329,0	29.238
Mai trüb	8.410,3	75.693	414,1	3.727	1.694,6	15.251	1.744,4	15.700	1.329,0	11.961
Juni heiter	1.838,0	38.598	175,8	3.692	1.694,6	35.586	1.744,4	36.633	1.329,0	27.909
Juni trüb	2.829,7	25.467	197,8	1.780	1.694,6	15.251	1.744,4	15.700	1.329,0	11.961
Juli heiter	1.838,0	42.274	89,8	2.065	1.694,6	38.975	1.744,4	40.122	1.329,0	30.567
Juli trüb	2.829,7	22.638	138,7	1.109	1.694,6	13.557	1.744,4	13.956	1.329,0	10.632
Aug heiter	1.838,0	38.598	138,7	2.912	1.694,6	35.586	1.744,4	36.633	1.329,0	27.909
Aug trüb	2.829,7	28.297	178,3	1.783	1.694,6	16.946	1.744,4	17.444	1.329,0	13.290
Sep heiter	7.700,7	169.416	328,4	7.225	1.694,6	37.280	1.744,4	38.378	1.329,0	29.238
Sep trüb	8.410,3	67.283	362,5	2.900	1.694,6	13.557	1.744,4	13.956	1.329,0	10.632
Okt heiter	7.700,7	177.117	779,4	17.926	1.694,6	38.975	1.744,4	40.122	1.329,0	30.567
Okt trüb	8.410,3	67.283	714,7	5.718	1.694,6	13.557	1.744,4	13.956	1.329,0	10.632
Nov heiter	7.700,7	154.015	1.311,8	26.235	1.694,6	33.891	1.744,4	34.889	1.329,0	26.580
Nov trüb	8.410,3	84.103	1.052,1	10.521	1.694,6	16.946	1.744,4	17.444	1.329,0	13.290
Dez heiter	18.027,8	324.501	1.654,7	29.785	1.694,6	30.502	1.744,4	31.400	1.329,0	23.922
Dez trüb	15.472,3	201.140	1.390,1	18.071	1.694,6	22.029	1.744,4	22.678	1.329,0	17.277
GESAMT		3.370.215		290.312		616.822		634.976		483.756
Anteil an Gesamt	62,5%		5,4%		11,4%		11,8%		9,0%	

Anhang zum Abschnitt 2.3 – Wasserverbrauch**Anhang 2.3.1 Energiekonzept Titus-Thermen – Installierte Wasserzähler**

Zählerart	Bereich	Zählernummer		Einheit :
HauptWasser	Ringleitung an KGN	3388966		m³x10
HauptWasser	Ringleitung an KGN	1978488		m³
HauptWasser	Bürgerhaus	1586573	21493387322	m³x10
HauptWasser	Bürgerhaus	1680864	22257158	m³
HauptWasser	Stadtwasser	8996881		m³x10
HauptWasser	Stadtwasser	89245250		m³
Wasserneben	Zusatzwasser Anl.5	9807N1809/A1	9807N1809/A1	l
Wasserneben	Zusatzwasser Anl.4	9106934		m³
Wasserneben	Zusatzwasser Komb1	9006501		m³
Wasserneben	Zusatzwasser Kombi2	9004968		m³
Wasserneben Kalt	Bowling Küche	5615425	20011911	m³
Wasserneben Kalt	Bowling Werkstatt	92087508		m³
Wasserneben Kalt	Glashaus WC	5615429	20011910	m³
Wasserneben Kalt	Hotel Küche	5615422		m³
Wasserneben Kalt	Hotel Verteiler	35113651		m³
Wasserneben Kalt	Pflanzenbewässerung	3512659	7964788/99	m³
Wasserneben Kalt	Schießstand WC	5615432	20011907	m³
Wasserneben Kalt	Squash	5615428	20011904	m³
Wasserneben Kalt	Standduschen	5615431	20011912	m³
Wasserneben Kalt	zur Badewassertechnik	3604897	3902967	m³
Wasserneben Kalt	zur Hotel-Boiler-Mischg.	3604892	798008200	m³
Wasserneben Kalt	zur Dosierung	9101771		m³ x10
Wasserneben Kalt	Nachspeisung UQ	20074805	20074805	m³
Wasserneben warm	Bowling Küche	A1 / 9600		m³
Wasserneben warm	Glashaus WC	5614913	99960120310	m³
Wasserneben warm	Hotel Küche	A1 / 61156		m³
Wasserneben warm	Squash	A2 / 9758		m³
Wasserneben warm	Standduschen v. Zentr. Sauna	A1 / 10580	796478999	m³
Wasserneben Kalt	Zur Enthärtung		796239599	m³
Wasserneben Kalt	Von Enthärtung zu KIW.		796427899	m³
Wasserneben Kalt	Zum Boiler		796430899	m³
Weichwasser	Bowling	5614915	200012369	m³
Weichwasser	Bürgerhaus	5615423		m³
Weichwasser	Glashaus Küche	5615430	20011909	m³
Weichwasser	Rückkühlwerk	5615426	20011906	m³
Weichwasser	Sauna	5614911		m³
Weichwasser	vor Dosierung RKW	9004090		m³
Weichwasser	Weichwasseranlage	9008985		m³
Warmwasserzirkulation	Bowling Küche / WC	A3 / 9763		m³
Warmwasserzirkulation	Glashaus WC	5614947	98980221639	m³
Warmwasserzirkulation	Hotel Küche	A1 / 60121		m³
Warmwasserzirkulation	Squash	A5 / 9793		m³
Warmwasserzirkulation	Standduschen	A4 / 9786		m³
Schlammwasser	Badewassertechnik		9807N1809/A4	m³
Desinfektion	Squash		20011905	m³
Desinfektion	Hauptzähler		20011380	m³

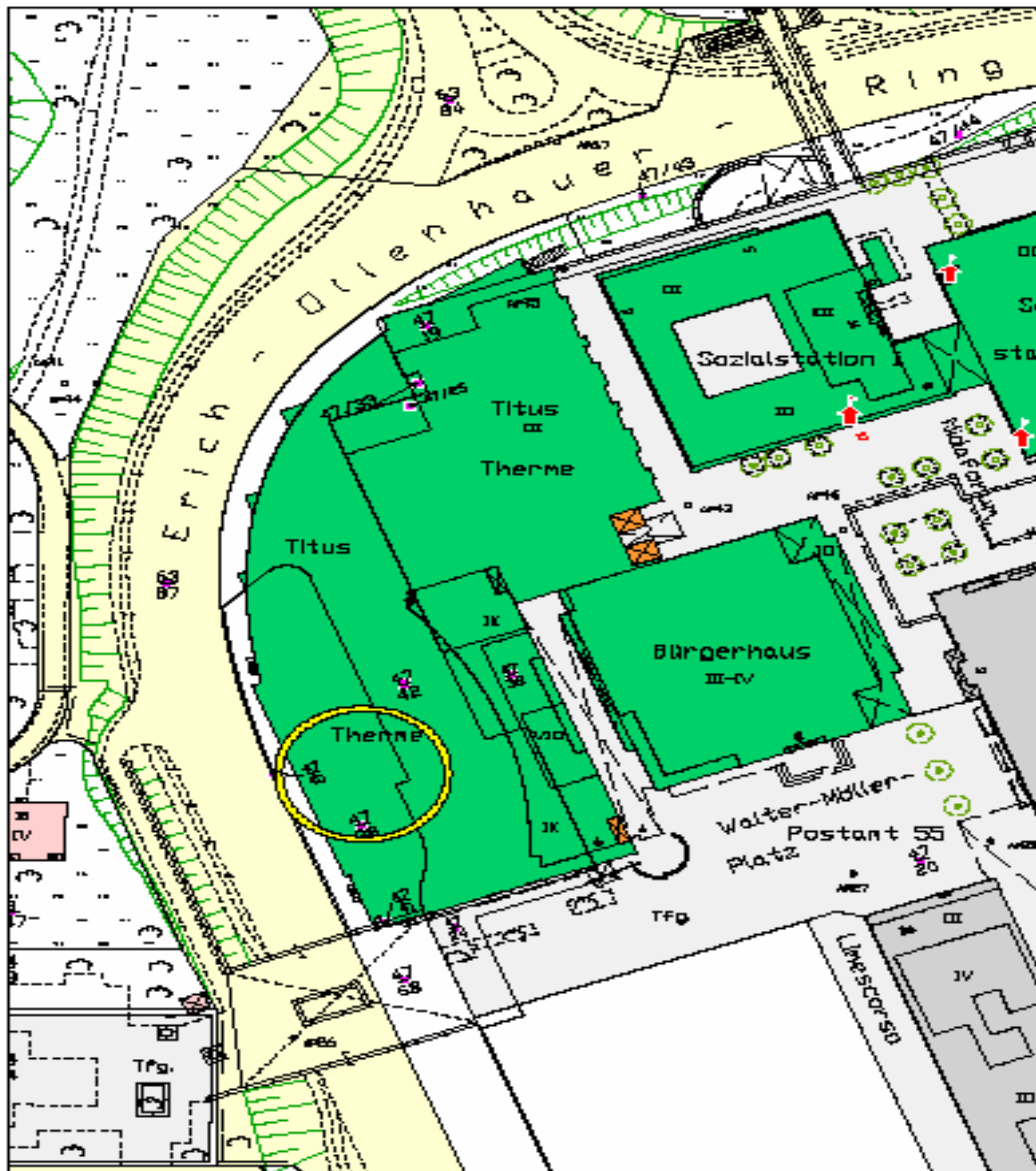
**Anhang 2.3.2 – Verteilung des Jahreswasser-
verbrauchs auf die einzelnen Bereiche**

Bereich	Jahresverbrauch	
Beckenwasser	25.715	m ³ /a
Rückkühlwerk	1.330	m ³ /a
Pflanzenbewässerung	10.904	m ³ /a
WW-Bereitung	10.613	m ³ /a
Sauna	1.599	m ³ /a
Toiletten/Waschen	16.414	m ³ /a
Gesamt	66.575	m³/a

Anhang zum Abschnitt 3.1 – Allgemeine Objektbeschreibung

Anhang 3.1.1 Energiekonzept Titus-Thermen – Lageplan

Auskunftssystem Stadt Frankfurt



Anhang zum Abschnitt 3.2 – Gebäude und Bauteile**Anhang 3.2.1 Energiekonzept Titus-Thermen – Berechnung des Heizenergiebedarfs nach Leitfaden „Energiebewusste Gebäudeplanung“****GEBÄUDEDATEN**

GEBÄUDEDATEN			
Energiebezugsfläche	EBF	19.860,0	m²
davon mechanisch belüftete Fläche	85 %	16.649,7	m²
Personenbelegung		120	P
Durchschnittliche Raumhöhe	H	3,97	m
Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe)	V	109.601	m³
Luftwechselrate unbelüftete Räume	β	0,6	(h ⁻¹)
Luftwechselrate mechanisch belüftete Räume	β	1,30	(h ⁻¹)
Grenzwert nach Hessischen Leitfaden		85	KWh/m²a

TRANSMISSIONS- UND LÜFTUNGSWÄRMEVERLUSTE

Transmissions- Wärmeverluste	Bauteil	Fläche in m²	u-Wert in W/m²K	Gt in kWh/a	Verluste	
					in kWh/a	in %
Außenwand	AW1 - Vorsatz Naturstein	2.298,92	0,43	101	100.670	7,2%
	AW2 - VKSV Mauerwerk	278,90	0,52	101	14.750	1,1%
	AW3 - IW gegen unbeh. Räume	360,50	2,22	101	81.152	5,8%
	AW4 - KSV	816,90	1,99	101	164.696	11,8%
	AW5 - KSV gegen unbeheizt	138,00	1,69	101	23.595	1,7%
	AW6 - Kunststoffvorsatz	224,55	0,58	101	13.158	0,9%
	AW7 - Kerndämmung	281,23	0,20	101	5.685	0,4%
Fenster	AF-Ost - IV	49,44	2,80	101	14.020	1,0%
	AF-West - IV	233,96	2,80	101	66.346	4,8%
	AF-Nord - IV	28,00	2,80	101	7.940	0,6%
	AF-Süd - IV	37,50	2,80	101	10.634	0,8%
	AF-Ost - WSchGlas	45,50	2,80	101	12.903	0,9%
	AF-West - WSchGlas	354,44	1,80	101	64.616	4,6%
	AF-Nord - WSchGlas	0,00	1,80	101	0	0,0%
	AF-Süd - WSchGlas	3,00	1,80	101	547	0,0%
	AF - Nord Lichtband Sporthalle	502,20	2,60	101	132.243	9,5%
	AF - Süd Lichtband Sporthalle	502,20	2,60	101	132.243	9,5%
Dach	DA1 - Flachdach	3.349,32	0,35	81	95.029	6,8%
	DA2 - Trapezblech Sporthalle	1.578,75	0,34	81	44.059	3,2%
Fußboden	Kellerfußboden	3.563,30	0,52	51	93.173	6,7%
	Kellerdecke	3.281,68	0,50	51	82.571	5,9%
Erdberühr. Wände						
Summe Transmissionswärmeverluste QT					1.396.664	(kWh/a)

Lüftungswärmeverluste QL	β	V	c	Gt		
	(1/h)	(m ³)	(Wh/m ³ K)	(kKh/a)		
Unbelüftete Fläche	0,6	16.440	0,33	101	229.683	(kWh/a)
Mechanisch belüftete Fläche	1,3	93.161	0,33	101	2.547.774	(kWh/a)
Summe Lüftungswärmeverluste QL					3.777.457	(kWh/a)
Summe Verluste	QV=QT+QL				5.174.121	(kWh/a)

WÄRMEGEWINNE

	r	Fensterfläche (m ²)	g-Wert	Strahlung (kWh/m ² a)	Gewinne (kWh/a)
horizontal	0,68	1298,0	0,62	553	302.625
Nord	0,68	28,0	0,70	200	2.666
West	0,68	234,0	0,70	349	38.866
Ost	0,68	49,4	0,70	339	7.978
Süd	0,68	37,5	0,70	502	8.961
Nord	0,68	0,0	0,62	200	0
West	0,68	354,4	0,62	349	52.152
Ost	0,68	45,5	0,62	339	6.503
Süd	0,68	3,0	0,62	502	635
Nord 45°	0,68	502,2	0,70	338	80.798
Süd 45°	0,68	502,2	0,70	663	158.488
Summe Solargewinne QS					659.671 (kWh/a)
Freie Wärme Elektrizität	QE				2.518.400 (kWh/a)
Freie Wärme Personen	QP				38.592 (kWh/a)
Wärmebedarf Brauchwassererwärmung	Qwa				11.192 (kWh/a)
Summe Innere Wärmegewinne	QI=QE+QP-Qwa				2.545.800 (kWh/a)
Summe Freie Wärme	QF=QS+QI				3.205.471 (kWh/a)
Gewinnfaktor Freie Wärme	x=1-0,3*QF/QV				0,814x
Wärmegewinne	QG=x*QF				2.609.715 (kWh/a)

HEIZWÄRMEBEDARF

Heizwärmebedarf	QH=QV-QG	2.564.406	(kWh/a)
Energiekennwert Heizwärme	QH/EBF	129,1	(kWh/m ² a)
Grenzwert		85	(kWh/m ² a)
Grenzwertüberschreitung		52	(%)
Grenzwert erfüllt	nein		

Anhang zum Abschnitt 3.7 – Elektroanlagen**Anhang 3.7.1 Energiekonzept Titus-Thermen – Zusammenstellung der Beleuchtungsanlagen**

Bezeichnung	Leuchtentyp	Lampentyp	Leuchtenzahl	VG	Leistung Leuchte in W	Gesamt in kW
UV 1-0.2 -Squash						
Court 1	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	7	KVG	156	1,092
Court 2	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	9	KVG	156	1,404
Court 3	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	9	KVG	156	1,404
Court 4	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	9	KVG	156	1,404
Court 5	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	9	KVG	156	1,404
Lager	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	2	KVG	156	0,312
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	3	KVG	21	0,063
Sauna - Squash Umkleide H	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	2	KVG	21	0,042
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	1	KVG	46	0,046
Sauna - Squash Umkleide H	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	2	KVG	21	0,042
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	1	KVG	46	0,046
Entspannung /Tauchbecken	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	78	0,156
Flur Restauration	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	39	Trafo	55	2,145
Summe						9,56
UV 1-0.4 -Technikräume						
Technikräume Freizeitbad						
FW-Blockstation	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	6	KVG	78	0,468
Schleuse	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	14	KVG	78	1,092
BW-Speicher	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	6	KVG	78	0,468
BW-Technik Solebecken	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	78	0,234
Sprinklerzentrale	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	6	KVG	78	0,468
Heizungstechnik	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	9	KVG	78	0,702
Technikebene -3.50	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	39	KVG	78	3,042
Technikräume Freizeit/Squash						
Flur	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	12	KVG	78	0,936
Luftraum Beckenebene	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	10	KVG	78	0,78
Spannungsverteilung	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	14	KVG	156	2,184
Treppenhaus	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	1	integriert	18	0,018
Lüftungszentrale	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	20	KVG	78	1,56
NEA	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	78	0,234
Werkstatt	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	8	KVG	78	0,624
Lager/Technik	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	15	KVG	78	1,17
Summe						13,98

Bezeichnung	Leuchtentyp	Lampentyp	Leuchtenzahl	VG	Leistung Leuchte in W	Gesamt in kW
UV 1-0.5 -Technikräume Nur Steckdosenverteiler						
UV 1-1.1 -Restauration						
Restauration	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	38	Trafo	55	2,09
Gerätelager	Freistrahlleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	5	KVG	78	0,39
Theke	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	95	Trafo	55	5,225
Liegezone	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	100	Trafo	55	5,5
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 36 W	2	KVG	90	0,18
Summe						13,385
UV 1-1.2 -Schwimmhalle links						
Schwimmerbecken	Unterwasser- beleuchtung	Halogen-Niedervolt	20	Trafo	200	4
Umlauf	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	104	Trafo	55	5,72
Sonnen	Hän. Decken- leuchte	HQI-Leuchten	7		2000	14
Summe						23,72
UV 1-1.3 -Schwimmhalle						
Becken	Unterwasser- beleuchtung	Halogen-Niedervolt	41	Trafo	200	8,2
Summe						8,2
UV 1-1.4 -Gastronomie						
Müllraum	Freistrahlleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	5	KVG	78	0,39
WC+Vorraum	Freistrahlleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	4	KVG	21	0,084
	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	20	Trafo	55	1,1
Treppenhaus	Wandleuchte	Strahler	10		100	1
Küche	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 3 x 18 W	14	KVG	63	0,882
Restaurant	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	212	Trafo	55	11,66
Summe						15,116
UV 1-2.1 -Rotunde / Mall						
Rotunde	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	190	Trafo	55	10,45
	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	7	integriert	18	0,126
WC	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	43	integriert	18	0,774
ZBV	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	9	KVG	46	0,414
Mall	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	20	Trafo	55	1,1
	Pendelleuchte	HQI	5	8	70	0,35
	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	16	Trafo	55	0,88
Treppenhaus	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	6	integriert	18	0,108
Eingang zum Bürgerhaus	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	57	Trafo	55	3,135
Foyer Sporthalle	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	26	Trafo	55	1,43
Kleine Mall	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	25	Trafo	55	1,375
Summe						20,142

Bezeichnung	Leuchtentyp	Lampentyp	Leuchtenzahl	VG	Leistung Leuchte in W	Gesamt in kW
UV 2-0.1 -Fitness-Center						
Fitnessraum	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 75 W	222	Trafo	82,5	18,315
Erfrischungsbar	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	37	Trafo	55	2,035
Um die Säulen	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 75 W	32	Trafo	82,5	2,64
Tableau	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	37	Trafo	55	2,035
Fluchtgang	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	8	KVG	78	0,624
Sportler/Fitness Umkleide	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	6	KVG	156	0,936
	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	27	integriert	18	0,486
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	3	KVG	46	0,138
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	1	KVG	21	0,021
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	78	0,156
Personal	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	14	integriert	18	0,252
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	2	KVG	156	0,312
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	1	KVG	21	0,021
Summe						27,971
UV 2-1.1 - Schwimmhalle Umkleide						
Wickelraum	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	7	Trafo	55	0,385
Duschen	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	22	Trafo	55	1,21
	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	4	integriert	18	0,072
Zugang Schwimmhalle	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	7	Trafo	55	0,385
WC-Anlage	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	23	integriert	18	0,414
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	78	0,156
Umkleide	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	182	integriert	18	3,276
Behinderten-Umkleide	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	10	integriert	18	0,18
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	1	KVG	21	0,021
Foyer-Umkleide	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	24	Trafo	55	1,32
Stiefelgang	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	12	Trafo	55	0,66
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	11	KVG	46	0,506
Summe						8,585
UV 2-2.1 -Sauna Umkleide						
Zugang	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	29	Trafo	55	1,595
Foyer	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	14	Trafo	55	0,77
	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	20	integriert	18	0,36
WC-H+D - Vorraum	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	14	integriert	18	0,252
Umkleide Damen	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	26	Trafo	55	1,43
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	3	KVG	21	0,063
Umkleide Herren	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	42	Trafo	55	2,31
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	5	KVG	21	0,105
Flur	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	16	Trafo	55	0,88
Saunabereich	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	34	Trafo	55	1,87
Ruheraum	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	13	Trafo	55	0,715
Frischlufbereich	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	7	integriert	18	0,126
Personalauf./Umkleide	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	4	Trafo	55	0,22
	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	4	integriert	18	0,072
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	2	KVG	21	0,042
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	2	KVG	46	0,092
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	78	0,234
Summe						11,136

Bezeichnung	Leuchtentyp	Lampentyp	Leuchtenzahl	VG	Leistung Leuchte in W	Gesamt in kW
UV 2-2.2 -Pächter	Gastronomie Umkleide					
Sitzbereich	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	56	integriert	18	1,008
	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	11	Trafo	55	0,605
Anrichte	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	2	KVG	46	0,092
Lager	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	1	KVG	78	0,078
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	2	KVG	46	0,092
Summe						1,875
UV 2-3.1 -Sauna rechts	Ebene +12.20					
Saunabecken	Unterwasser-	Halogen-Niedervolt	10	Trafo	200	2
Frischluftraum	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	10	Trafo	55	0,55
Ruheraum / WC	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	23	Trafo	55	1,265
Abkühlraum	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	46	Trafo	55	2,53
	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	7	integriert	18	0,126
Rondell	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	83	Trafo	55	4,565
Summe						11,036
UV 2-3.2 -Sauna links						
Außenbeleuchtung	Wandleuchte	Strahler	21		100	2,1
Sonnen			4		2000	8
Wandelgang	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	74	Trafo	55	4,07
WC	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	14	integriert	18	0,252
Summe						14,422
UV 2-4.1 -Penthouse						
Außenbeleuchtung	Wandleuchte	Strahler	16		100	1,6
	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	52	Trafo	55	2,86
	Deckenleuchte	Strahler	20		100	2
Summe						6,46
UV 3-0.1 -Sportler Umkleide						
Turnschuhgang	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	27	integriert	18	0,486
Stiefelgang	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	35	integriert	18	0,63
Umkleide/Dusche	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	50	integriert	18	0,9
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	18	KVG	156	2,808
	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	4	KVG	46	0,184
Vorraum	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	23	Trafo	55	1,265
Hallenwart	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	8	integriert	18	0,144
ZBV	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	5	integriert	18	0,09
Summe						6,507
UV 3-1.1 -Nebenräume Sporthalle						
Mehrzweckfoyer	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	83	Trafo	55	4,565
Besucher WC Anlage	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	33	integriert	18	0,594
	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	6	Trafo	55	0,33
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	9	KVG	21	0,189
Übungsleiter + Dusche	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	33	integriert	18	0,594
Flur	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	14	integriert	18	0,252
Erste Hilfe	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	6	KVG	156	0,936
Halle I + II + III	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	104	integriert	18	1,872
Summe						9,332

Bezeichnung	Leuchtentyp	Lampentyp	Leuchtenzahl	VG	Leistung Leuchte in W	Gesamt in kW
UV 3-1.2 -Lager-Technik Sporthalle						
Geräteraum II	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	8	KVG	78	0,624
Trans. Bühne	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	4	KVG	78	0,312
Technik	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	78	0,156
Lager	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	78	0,156
Stuhllager	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	4	KVG	78	0,312
Geräteraum I	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	6	KVG	78	0,468
Hausm. Werkstatt	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	6	KVG	78	0,468
Hausm. Lager	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	4	KVG	78	0,312
Flur	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	57	integriert	18	1,026
WC	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	16	integriert	18	0,288
Geräteraum III	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	6	KVG	78	0,468
Magazin	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	78	0,156
Abstellraum	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	3	KVG	46	0,138
Elektrokarren	Freistrahleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	2	KVG	46	0,092
Summe						4,976
UV 3-3.1 -Verwaltung						
Flur	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	25	integriert	18	0,45
4029 - Sekretariat	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	4	EVG	122	0,488
4030 - Hr. Treu	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	14	Trafo	55	0,77
4028 - Hr. Ziegler	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	16	Trafo	55	0,88
4026 -	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	4	integriert	18	0,072
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	2	EVG	122	0,244
4020 - WC-Herren	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	4	integriert	18	0,072
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	1	KVG	21	0,021
4021 - WC-Damen	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	4	integriert	18	0,072
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	1	KVG	21	0,021
4019 - Umkleide Herren	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	3	integriert	18	0,054
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	1	KVG	21	0,021
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	1	EVG	122	0,122
4018 - Umkleide Damen	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	3	integriert	18	0,054
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	1	KVG	21	0,021
	Wannenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	1	EVG	122	0,122
4022 - Putzraum	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	1	integriert	18	0,018
4023 - EDV	Deckenleuchte	Kompaktlampe 2 x 9 W	3	integriert	18	0,054
4023 - Personalraum	Deckenleuchte	Niedervolt-Halogen 1 x 50 W	19	Trafo	55	1,045
Summe						4,601
Gesamt						211,0

Anhang zum Abschnitt 4. – Wirtschaftlichkeitsberechnung**Anhang 4.2.1 Anschluss Büros an zentrales PWW-Heizsystem (Maßnahme 3.3.I)**

1. Gesamtkosten						
A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Titus-Thermen			A2	Unterab.
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4	Str.-Nr.
A5	Straße	Nordwestzentrum			A6	Haus-Nr.
A7	Betrachtungszeitraum	20a	A8		Währung	€
A9	Kapitalzins	6%	A10		Annuitätsfaktor	0,087
A11	Preissteigerung	3%	A12		Mittelwertfaktor	1,31
B. Varianten						
		Bezeichnung				
B0	Istzustand	Ist-Zustand				
B1	Variante 1	Anschluss Büros an zentrales PWW-Heizsystem				
C. Kenngrößen						
		Istzustand	Variante 1			
C1	Bezugsfläche (NGF)	85	85			m²
C2	Personenzahl	6	6			P
C3	spez. Heizwärmebedarf		56,250			kWh/m²a
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung		95%			%
C5	spez. Strombezug	56,25	0,00			kWh/m²a
C6	spez. CO2-Emissionen	38,25	14,33			kg/m²a
C7	spez. Trinkwasserbezug					m³/P a
D. Kapitalkosten						
		Istzustand	Variante 1			
D1	Investitionskosten (DIN 276)	0	4.500			€
D2	Zuschüsse/Erlöse		0			€
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	4.500			€
D4	Kapitalkosten	0	392			€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	4,62			€/m²a
E. mittl. Betriebskosten						
		Istzustand	Variante 1			
E1	Personal+Reinigungskosten					€/a
E2	Wartung+Instandhaltung	0	45			€/a
E3	Heizkosten		233			€/a
E4	Stromkosten	323				€/a
E5	Wasserkosten					€/a
E6	Verwaltung+Versicherung					€/a
E7	heutige Betriebskosten	323	278			€/a
E8	mittl. Betriebskosten	422	363			€/a
E9	spez. Betriebskosten	4,96	4,28			€/m²a
F. Umweltfolgekosten						
		Istzustand	Variante 1			
F1	CO2-Emissionen (50 €/to)	163	61			€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m³)	0	0			€/a
F3	Umweltfolgekosten	163	61			€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	2	1			€/m²a
G. Gesamtkosten						
		Istzustand	Variante 1			
G1	Gesamtkosten	585	817			€/a
G2	spez. Gesamtkosten	6,9	9,6			€/m²a
G2	Amortisationszeit (Basis: Ist-Zustand)					a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

Anhang 4.2.2 Optimierung der Heizungsumwälzpumpen (Maßnahme 3.3.II)

1. Gesamtkosten						
A. Allgemeine Daten						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Titus-Thermen				A2 Unterab.	
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude				A4 Str.-Nr.	
A5 Straße	Nordwestzentrum				A6 Haus-Nr.	
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€		
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10		
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24		
B. Varianten						
Bezeichnung						
B0 Istzustand	Ist-Zustand					
B1 Variante 1	Drehzahlgeregelte Umwälzpumpen Heizung					
C. Kenngrößen						
	Istzustand	Variante 1				
C1 Bezugsfläche (NGF)	19.588	19.588				m²
C2 Personenzahl	120	120				P
C3 spez. Heizwärmebedarf						kWh/m²a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung						%
C5 spez. Strombezug	0,30	0,07				kWh/m²a
C6 spez. CO2-Emissionen	0,20	0,05				kg/m²a
C7 spez. Trinkwasserbezug						m³/P a
D. Kapitalkosten						
	Istzustand	Variante 1				
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	2.550				€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0				€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	2.550				€
D4 Kapitalkosten	0	263				€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	0,01				€/m²a
E. mittl. Betriebskosten						
	Istzustand	Variante 1				
E1 Personal+Reinigungskosten						€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	26				€/a
E3 Heizkosten						€/a
E4 Stromkosten	500	130				€/a
E5 Wasserkosten						€/a
E6 Verwaltung+Versicherung						€/a
E7 heutige Betriebskosten	500	156				€/a
E8 mittl. Betriebskosten	618	193				€/a
E9 spez. Betriebskosten	0,03	0,01				€/m²a
F. Umweltfolgekosten						
	Istzustand	Variante 1				
F1 CO2-Emissionen (50 €/to)	199	44				€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m³)	0	0				€/a
F3 Umweltfolgekosten	199	44				€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	0	0				€/m²a
G. Gesamtkosten						
	Istzustand	Variante 1				
G1 Gesamtkosten	817	499				€/a
G2 spez. Gesamtkosten	0,0	0,0				€/m²a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		5,2				a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

Anhang 4.3.1 Optimierung der Lüftungsanlage „Schwimmhalle“ (Maßnahme 3.4.II)

1. Gesamtkosten					
A. Allgemeine Daten					
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Titus-Thermen		A2	Unterab.
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude		A4	Str.-Nr.
A5	Straße	Nordwestzentrum		A6	Haus-Nr.
A7	Betrachtungszeitraum	15a	A8	Währung	€
A9	Kapitalzins	6%	A10	Annuitätsfaktor	0,10
A11	Preissteigerung	3%	A12	Mittelwertfaktor	1,24
B. Varianten		Bezeichnung			
B0	Istzustand	Ist-Zustand - Lüftungsanlage Schwimmhalle			
B1	Variante 1	Variable Luftmengen für Lüftungsanlage Schwimmhalle			
B2	Variante 2	wie Variante 1 jedoch mit stat. Beheizung der Schwimmhalle			
C. Kenngrößen		Istzustand	Variante 1	Variante 2	
C1	Bezugsfläche (NGF)	2.880	2.880	2.880	m²
C2	Personenzahl				P
C3	spez. Heizwärmebedarf	1.061	882	882	kWh/m²a
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung	95%	95%	95%	%
C5	spez. Strombezug	249,42	98,66	82,85	kWh/m²a
C6	spez. CO2-Emissionen	406,68	262,99	252,09	kg/m²a
D. Kapitalkosten		Istzustand	Variante 1	Variante 2	
D1	Investitionskosten (DIN 276)	0	94.726	132.588	€
D2	Zuschüsse/Erlöse		0	0	€
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	94.726	132.588	€
D4	Kapitalkosten	0	9.753	13.652	€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	3,39	4,74	€/m²a
E. mittl. Betriebskosten		Istzustand	Variante 1	Variante 2	
E1	Personal+Reinigungskosten				€/a
E2	Wartung+Instandhaltung	0	2.368	3.315	€/a
E3	Heizkosten	135.061	112.222	112.222	€/a
E4	Stromkosten	48.487	19.179	16.107	€/a
E5	Wasserkosten				€/a
E6	Verwaltung+Versicherung				€/a
E7	heutige Betriebskosten	183.548	133.769	131.644	€/a
E8	mittl. Betriebskosten	227.042	165.468	162.839	€/a
E9	spez. Betriebskosten	78,83	57,45	56,54	€/m²a
F. Umweltfolgekosten		Istzustand	Variante 1	Variante 2	
F1	CO2-Emissionen (50 €/to)	58.563	37.871	36.301	€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m³)	0	0		€/a
F3	Umweltfolgekosten	58.563	37.871	36.301	€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	20	13	13	€/m²a
G. Gesamtkosten		Istzustand	Variante 1	Variante 2	
G1	Gesamtkosten	285.605	213.092	212.791	€/a
G2	spez. Gesamtkosten	99,2	74,0	73,9	€/m²a
G2	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		1,2	1,7	a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)					

Anhang 4.3.2 Optimierung der Lüftungsanlage „Fitness/Sauna“ (Maßnahme

3.4.III)

1. Gesamtkosten						
A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Titus-Thermen			A2	Unterab.
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4	Str.-Nr.
A5	Straße	Nordwestzentrum			A6	Haus-Nr.
A7	Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€	
A9	Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10	
A11	Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24	
B. Varianten						
B0	Istzustand	Ist-Zustand - Zentr. Lüftungsgerät für Fitness und Sauna				
B1	Variante 1	Zwei getrennte Lüftungsgeräte				
C. Kenngrößen						
		Istzustand	Variante 1			
C1	Bezugsfläche (NGF)	3.950	3.950			m²
C2	Personenzahl					P
C3	spez. Heizwärmebedarf	186	74			kWh/m²a
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung	95%	95%			%
C5	spez. Strombezug	74,77	74,77			kWh/m²a
C6	spez. CO2-Emissionen	92,72	67,94			kg/m²a
C7	spez. Trinkwasserbezug					m³/P a
D. Kapitalkosten						
		Istzustand	Variante 1			
D1	Investitionskosten (DIN 276)	0	171.982			€
D2	Zuschüsse/Erlöse		0			€
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	171.982			€
D4	Kapitalkosten	0	17.708			€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	4,48			€/m²a
E. mittl. Betriebskosten						
		Istzustand	Variante 1			
E1	Personal+Reinigungskosten					€/a
E2	Wartung+Instandhaltung	0	4.300			€/a
E3	Heizkosten	34.180	13.587			€/a
E4	Stromkosten	19.937	19.937			€/a
E5	Wasserkosten					€/a
E6	Verwaltung+Versicherung					€/a
E7	heutige Betriebskosten	54.117	37.823			€/a
E8	mittl. Betriebskosten	66.941	46.786			€/a
E9	spez. Betriebskosten	16,95	11,84			€/m²a
F. Umweltfolgekosten						
		Istzustand	Variante 1			
F1	CO2-Emissionen (50 €/to)	18.311	13.418			€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m³)	0	0			€/a
F3	Umweltfolgekosten	18.311	13.418			€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	5	3			€/m²a
G. Gesamtkosten						
		Istzustand	Variante 1			
G1	Gesamtkosten	85.252	77.912			€/a
G2	spez. Gesamtkosten	21,6	19,7			€/m²a
G2	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		9,1			a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

Anhang 4.4.1 Schaffung eines neuen höher temperierten Beckenwasserkreislaufes mit Vakuum-Anschwemmfilteranlage (Maßnahme 3.5.I)

1. Gesamtkosten						
A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Titus-Thermen			A2 Unterab.	
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5	Straße	Nordwestzentrum			A6 Haus-Nr.	
A7	Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€	
A9	Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10	
A11	Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24	
B. Varianten		Bezeichnung				
B0	Istzustand	Ist-Zustand				
B1	Variante 1	Einbau Vakkum-Anschwemmfilteranlage f. neuen "Warm-Kreislauf"				
B2	Variante 2	Wie Var. 1 jedoch mit Sondermüllkosten für Aktivkohleentsorg.				
C. Kenngrößen		Istzustand	Variante 1	Variante 2		
C1	Bezugsfläche (Becken)	63	63	63		m²
C2	Personenzahl	12.375	12.375	12.375		P
C3	spez. Heizwärmebedarf	1.213	67	67		kWh/m²a
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung	95%	95%	95%		%
C5	spez. Strombezug	1.057,1	450,8	450,8		kWh/m²a
C6	spez. CO2-Emissionen	986,84	321,34	321,34		kg/m²a
C7	spez. Trinkwasserbezug	0,30	0,02	0,02		m³/P a
D. Kapitalkosten		Istzustand	Variante 1	Variante 2		
D1	Investitionskosten (DIN 276)	0	111.255	116.255		€
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	111.255	116.255		€
D4	Kapitalkosten	0	11.455	11.970		€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	180,97	189,10		€/m²a
E. mittl. Betriebskosten		Istzustand	Variante 1	Variante 2		
E1	Personal+Reinigungskosten	0	7.650	7.650		€/a
E2	Wartung+Instandhaltung	667	1.669	1.669		€/a
E3	Betriebsmittel	3.550	3.550	3.550		€/a
E4	Stromkosten	4.517	1.926	1.926		€/a
E4a	Fernwärmebezugskosten	3.749	207	207		€/a
E5	Wasserkosten	16.028	886	886		€/a
E5a	Entsorgungskosten	0	0	617		€/a
E7	heutige Betriebskosten	28.510	15.889	16.505		€/a
E8	mittl. Betriebskosten	35.266	19.654	20.416		€/a
E9	spez. Betriebskosten	557,12	310,48	322,54		€/m²a
F. Umweltfolgekosten		Istzustand	Variante 1	Variante 2		
F1	CO2-Emissionen (50 €/to)	3.123	1.017	1.017		€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m³)	3.676	203	203		€/a
F3	Umweltfolgekosten	6.799	1.220	1.220		€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	107	19	19		€/m²a
G. Gesamtkosten		Istzustand	Variante 1	Variante 2		
G1	Gesamtkosten	42.065	32.329	33.607		€/a
G2	spez. Gesamtkosten	664,5	510,7	530,9		€/m²a
G2	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		6,5	7,2		a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

Anhang 4.4.2 Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlagen (Maßnahme 3.5.II)

1. Gesamtkosten						
A. Allgemeine Daten						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Titus-Thermen			A2 Unterab.		
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.		
A5 Straße	Nordwestzentrum			A6 Haus-Nr.		
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€		
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10		
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24		
B. Varianten						
B0 Istzustand	Bezeichnung					
B1 Variante 1	Ist-Zustand					
B2 Variante 2	Einbau Vakkum-Anschwemmfilteranlagen					
Wie Var. 1 jedoch mit Sondermüllkosten für Aktivkohleentsorg.						
C. Kenngrößen						
	Istzustand	Variante 1	Variante 2			
C1 Bezugsfläche (Becken)	1.076	1.076	1.076			m²
C2 Personenzahl	12.375	12.375	12.375			P
C3 spez. Heizwärmebedarf	71	4	4			kWh/m²a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung	95%	95%	95%			%
C5 spez. Strombezug	62,2	26,5	26,5			kWh/m²a
C6 spez. CO2-Emissionen	58,04	18,90	18,90			kg/m²a
C7 spez. Trinkwasserbezug	0,30	0,02	0,02			m³/P a
D. Kapitalkosten						
	Istzustand	Variante 1	Variante 2			
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	470.155	475.155			€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	470.155	475.155			€
D4 Kapitalkosten	0	48.408	48.923			€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	44,98	45,46			€/m²a
E. mittl. Betriebskosten						
	Istzustand	Variante 1	Variante 2			
E1 Personal+Reinigungskosten	0	15.300	15.300			€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	1.500	7.052	7.052			€/a
E3 Betriebsmittel	17.750	17.750	17.750			€/a
E4 Stromkosten	14.321	12.795	12.795			€/a
E4a Fernwärmebezugskosten	12.654	2.145	2.145			€/a
E5 Wasserkosten	99.366	23.586	23.586			€/a
E5a Entsorgungskosten	0	0	1.875			€/a
E7 heutige Betriebskosten	145.591	78.628	80.503			€/a
E8 mittl. Betriebskosten	180.092	97.260	99.579			€/a
E9 spez. Betriebskosten	167,32	90,37	92,52			€/m²a
F. Umweltfolgekosten						
	Istzustand	Variante 1	Variante 2			
F1 CO2-Emissionen (50 €/to)	3.123	1.017	1.017			€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m³)	3.676	203	203			€/a
F3 Umweltfolgekosten	6.799	1.220	1.220			€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	6	1	1			€/m²a
G. Gesamtkosten						
	Istzustand	Variante 1	Variante 2			
G1 Gesamtkosten	186.891	146.889	149.723			€/a
G2 spez. Gesamtkosten	173,6	136,5	139,1			€/m²a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		6,6	6,9			a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

Anhang 4.5.1 Optimierung der Beleuchtungsanlage im Fitnesscenter (Maßnahme 3.7.I)

1. Gesamtkosten						
A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Titus-Thermen			A2 Unterab.	
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5	Straße	Nordwestzentrum			A6 Haus-Nr.	
A7	Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€	
A9	Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10	
A11	Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24	
B. Varianten						
B0	Istzustand	Ist-Zustand Fitnesscenter				
B1	Variante 1	Ersatz NV-Halogenleuchten durch Kompakt-Leuchtstofflampen				
C. Kenngrößen						
		Istzustand	Variante 1			
C1	Bezugsfläche (NGF)	1.050	1.050			m²
C2	Personenzahl	35	35			P
C3	spez. Heizwärmebedarf					kWh/m²a
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung					%
C5	spez. Strombezug	78,83	20,38			kWh/m²a
C6	spez. CO2-Emissionen	53,61	13,86			kg/m²a
C7	spez. Trinkwasserbezug					m³/P a
D. Kapitalkosten						
		Istzustand	Variante 1			
D1	Investitionskosten (DIN 276)	0	26.000			€
D2	Zuschüsse/Erlöse		0			€
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	26.000			€
D4	Kapitalkosten	0	2.677			€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	2,55			€/m²a
E. mittl. Betriebskosten						
		Istzustand	Variante 1			
E1	Personal+Reinigungskosten					€/a
E2	Wartung+Instandhaltung	600	260			€/a
E3	Heizkosten					€/a
E4	Stromkosten	8.573	2.196			€/a
E5	Wasserkosten					€/a
E6	Verwaltung+Versicherung					€/a
E7	heutige Betriebskosten	9.173	2.456			€/a
E8	mittl. Betriebskosten	11.347	3.038			€/a
E9	spez. Betriebskosten	10,81	2,89			€/m²a
F. Umweltfolgekosten						
		Istzustand	Variante 1			
F1	CO2-Emissionen (50 €/to)	2.814	728			€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m³)	0	0			€/a
F3	Umweltfolgekosten	2.814	728			€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	3	1			€/m²a
G. Gesamtkosten						
		Istzustand	Variante 1			
G1	Gesamtkosten	14.162	6.442			€/a
G2	spez. Gesamtkosten	13,5	6,1			€/m²a
G2	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		2,8			a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

Anhang 4.5.2 Energieoptimierung durch Lastmanagement der GLT (Maßnahme

3.7.II)

1. Gesamtkosten						
A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Titus-Thermen			A2 Unterab.	
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5	Straße	Nordwestzentrum			A6 Haus-Nr.	
A7	Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung	€		
A9	Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor	0,10		
A11	Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor	1,24		
B. Varianten						
B0	Istzustand	Ist-Zustand				
B1	Variante 1	Optimierung GLT				
C. Kenngrößen						
		Istzustand	Variante 1			
C1	Bezugsfläche (NGF)	19.588	19.588			m²
C2	Personenzahl	120	120			P
C3	spez. Heizwärmebedarf					kWh/m²a
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung					%
C5	spez. Strombezug	219,55	218,00			kWh/m²a
C6	spez. CO2-Emissionen	149,30	148,24			kg/m²a
C7	spez. Trinkwasserbezug					m³/P a
D. Kapitalkosten						
		Istzustand	Variante 1			
D1	Investitionskosten (DIN 276)	0	65.425			€
D2	Zuschüsse/Erlöse		0			€
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	65.425			€
D4	Kapitalkosten	0	6.736			€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	0,34			€/m²a
E. mittl. Betriebskosten						
		Istzustand	Variante 1			
E1	Personal+Reinigungskosten					€/a
E2	Wartung+Instandhaltung		1.309			€/a
E3	Heizkosten					€/a
E4	Stromkosten	389.363	377.406			€/a
E5	Wasserkosten					€/a
E6	Verwaltung+Versicherung					€/a
E7	heutige Betriebskosten	389.363	378.715			€/a
E8	mittl. Betriebskosten	481.629	468.458			€/a
E9	spez. Betriebskosten	24,59	23,92			€/m²a
F. Umweltfolgekosten						
		Istzustand	Variante 1			
F1	CO2-Emissionen (50 €/to)	146.220	145.188			€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m³)	0	0			€/a
F3	Umweltfolgekosten	146.220	145.188			€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	7	7			€/m²a
G. Gesamtkosten						
		Istzustand	Variante 1			
G1	Gesamtkosten	627.849	620.382			€/a
G2	spez. Gesamtkosten	32,1	31,7			€/m²a
G2	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		5,6			a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						