

# **Energiekonzept für das „Stadionbad“ in Frankfurt/Main**



**Endbericht  
September 2003**

**Aufgestellt:  
Ing.-Büro K. H. Wagner  
Steinstraße 81  
35390 Gießen**

## **Inhaltsverzeichnis**

Abschnitt	Seite
<b>Zusammenfassung und Maßnahmenkatalog nach Prioritäten</b>	<b>IV</b>
<b>I. Allgemeine Objektbeschreibung</b>	<b>IV</b>
<b>II. Energie-/Wasserverbrauch und -kosten</b>	<b>V</b>
II.1 Strom	V
II.2 Erdgas	VII
II.3 Wasser	IX
<b>III. Stammdaten des Gebäudes und betriebstechnischer Anlagen</b>	
III.1 Gebäude	XI
III.2 Betriebstechnische Anlagen	XII
III.2.1 Wärmeversorgungsanlagen	XII
III.2.2 Lüftungsanlagen	XIII
III.2.3 Badewassertechnik	XIII
III.2.4 Elektroanlagen	XIV
<b>IV. Maßnahmenkatalog nach Priorität</b>	<b>XIV</b>
<b>Konzeptteil</b>	
<b>1. Aufgabenstellung und Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung	1
1.2 Grundlagen	2
<b>2. Stammdaten des Energie- und Wasserverbrauchs</b>	<b>3</b>
2.1 Strombedarf und -verbrauch	3
2.1.1 Gesamtstrombedarf und -verbrauch	3
2.1.2 Strom-Schwerpunktverbraucher	5
2.2 Wärmeerzeugung	7
2.2.1 Gasverbrauch der Wärmeerzeugung	7
2.2.2 Verteilung des Heizwärme- und Brennstoffbedarfs	8
2.3 Wasserverbrauch	10
<b>3. Stammdaten zur Liegenschaft</b>	<b>13</b>
3.1 Allgemeine Objektbeschreibung	13
3.2 Gebäude und Bauteile	14

3.2.1	Gebäudekenndaten	14
3.2.2	Ermittlung des Wärmebedarf und des Heizwärmebedarfs	15
3.3	Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen	19
3.3.1	Stammdaten der Wärmepumpenanlage zur Beckenwassererwärmung	19
3.3.2	Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen zur Warmwasserbereitung	21
3.3.3	Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen zur Raumheizung	21
3.3.4	Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen	22
3.4	Stammdaten der Lüftungsanlagen	25
3.4.1	Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen	25
3.5	Stammdaten der Badewassertechnik	27
3.5.1	Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen	29
3.6	Stammdaten der Elektroanlagen	32
<b>4.</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung für energiesparende Maßnahmen</b>	<b>35</b>
4.1	Grundlagen und –daten der Wirtschaftlichkeitsberechnung	35
4.2	Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen Wärmeversorgung	36
4.2.1	Optimierung der Beckenwassererwärmung	36
4.2.2	Austausch des Elektrospeicherofens im Büro der Freibadleitung	42
4.2.3	Thermische Solaranlage zur Duschwarmwasserbereitung	44
4.2.4	Zirkulationsunterbrechung in Warmwasserverteilung des Umkleidegebäudes West	45
4.2.5	Nachträgliche Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen	47
4.3	Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an der Lüftungsanlage	48
4.3.1	Umstellung der elektrischen Beheizung der Lüftungsanlage „Technikebene“ auf Heizwasserbetrieb	48
4.4	Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an der Badewassertechnik	50
4.4.1	Optimierung der Beckenwasseraufbereitung	50
4.4.2	Bohren eines Brunnens zur Nutzung von Brunnenwasser zur Beckenwassernachspeisung	53
4.4.3	Nutzung von Filterrückspülwasser zur Rasenbewässerung	53
4.4.4	Optimierung der Beckenwasserpumpen	55
4.5	Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an Elektroanlagen	57

## Anhang

## Zusammenfassung und Maßnahmenkatalog nach Prioritäten

Die nachfolgende Zusammenfassung enthält die wesentlichen Objektdaten und Ergebnisse des Energiekonzepts für das „Stadionbad“ in Frankfurt.

### I. Allgemeine Objektbeschreibung (vgl. Abschnitt 3.1)

Im Juni 1926 wurde das Stadionbad in seiner ursprünglichen Form fertiggestellt. Nach einem umfangreichen Umbau in den Jahren 1986-87 wurde das Freibad in seiner heutigen Form am 13. Juni 1987 eröffnet und in Betrieb genommen. Das Grundstück hat eine Gesamtfläche von ca. 47.900 m<sup>2</sup>, woran die Becken einen Anteil von 3.167 m<sup>2</sup> haben.

**Tafel I.1 Energiekonzept Stadionbad – Beckendaten**

Becken	Fläche in m <sup>2</sup>	Volumen in m <sup>3</sup>	Wassertemperatur in °C
Schwimmer	1.050	2.179	23°C – 24°C
Springer	357	1.499	23°C – 24°C
Spaßbecken 2	1.124	1.270	19°C – 24°C
Spaßbecken 1	186	180	19°C – 24°C
Planschbecken	126	30	19°C – 24°C
Rutschbahn	11	44	19°C – 24°C
Nichtschwimmer	312,5	352	21°C – 24°C
<b>GESAMT</b>	<b>3.166,5</b>	<b>5.554</b>	

Bis Juni 2001 befand sich das Stadionbad in der Verwaltung der stadteigenen Stadion GmbH, die u.a. auch das Waldstadion, die Tennisanlage und die Wintersporthalle verwaltet. Im Juli 2002 ist die Verwaltung des Stadionbades auf das Sport- und Bäderamt der Stadt Frankfurt übergegangen.

In Tafel I.2 sind die Besucherzahlen sowie die Öffnungszeiten der vergangenen drei Jahre aufgeführt.

**Tafel I.2 Energiekonzept Stadionbad – Besucherzahlen und Öffnungszeiten**

Jahr	Besucherzahl	Öffnungszeit	Tage /Saison	Stunden / Saison
2000	114.378	29.04-17.09	142	1.704
2001	147.956	12.05-09.09	113	1.469
2002	103.245	01.05-08.09	131	1.703

Da die Besucherzahlen stark witterungsabhängig sind kann keine eindeutige Tendenz festgestellt werden.

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

In 2002 wurden insgesamt rund **213.900,- €** für den Energie- und Wasserbezug ausgegeben. Dies entspricht spezifischen Kosten von 2,05€ pro Besucher bzw. 67,3 € pro m<sup>2</sup> Beckenwasserfläche. Den Hauptanteil haben die Wasserkosten mit 53 %, die Stromkosten liegen bei 42 % und die Erdgaskosten spielen mit 5 % eine eher untergeordnete Rolle.

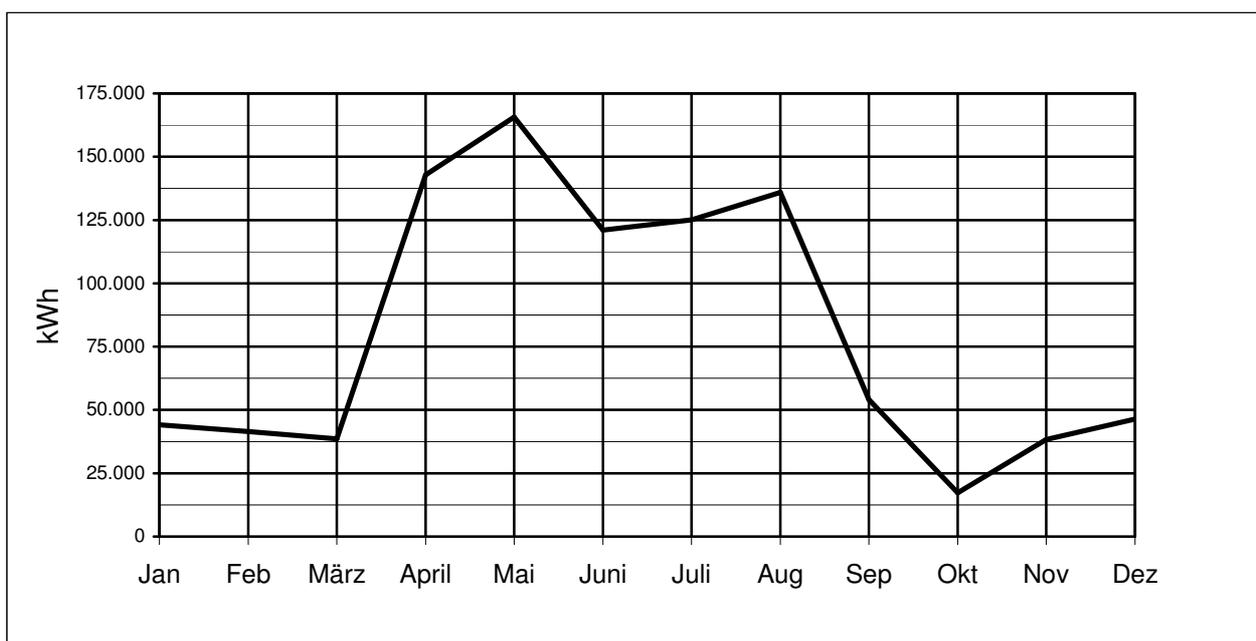
### II.1 Strom (vgl. Abschnitt 2.1)

Der Strombedarf des Stadionbades wird ausschließlich aus dem Netz der Mainova AG gedeckt. Um eine genaue Verbrauchserfassung und –abrechnung zu ermöglichen, wurde ab 12/2001, im Auftrag der Stadion GmbH, die Trafostation des Stadionbades von der 10 KV Ringleitung für Tennis/HKB/etc. getrennt. Da das Werkstattgebäude derzeit überwiegend von der Stadion GmbH genutzt wird, erfolgte eine Trennung von der Verbrauchserfassung des Stadionbades.

Bis zur Fertigstellung des Energiekonzeptes erfolgte die Rechnungsstellung für Stadion und Stadionbad in einer Rechnung mit getrennter Erfassung an die Stadion GmbH. Als Sondervertragskunde erfolgt eine Abrechnung der gesamten bezogenen Arbeit nach Hoch- und Niedertarifzeiten sowie der Leistung als Mittelwert aus den drei höchsten Monatsspitzen. Hier sollte umgehend eine Trennung der Verbrauchsbereiche erfolgen.

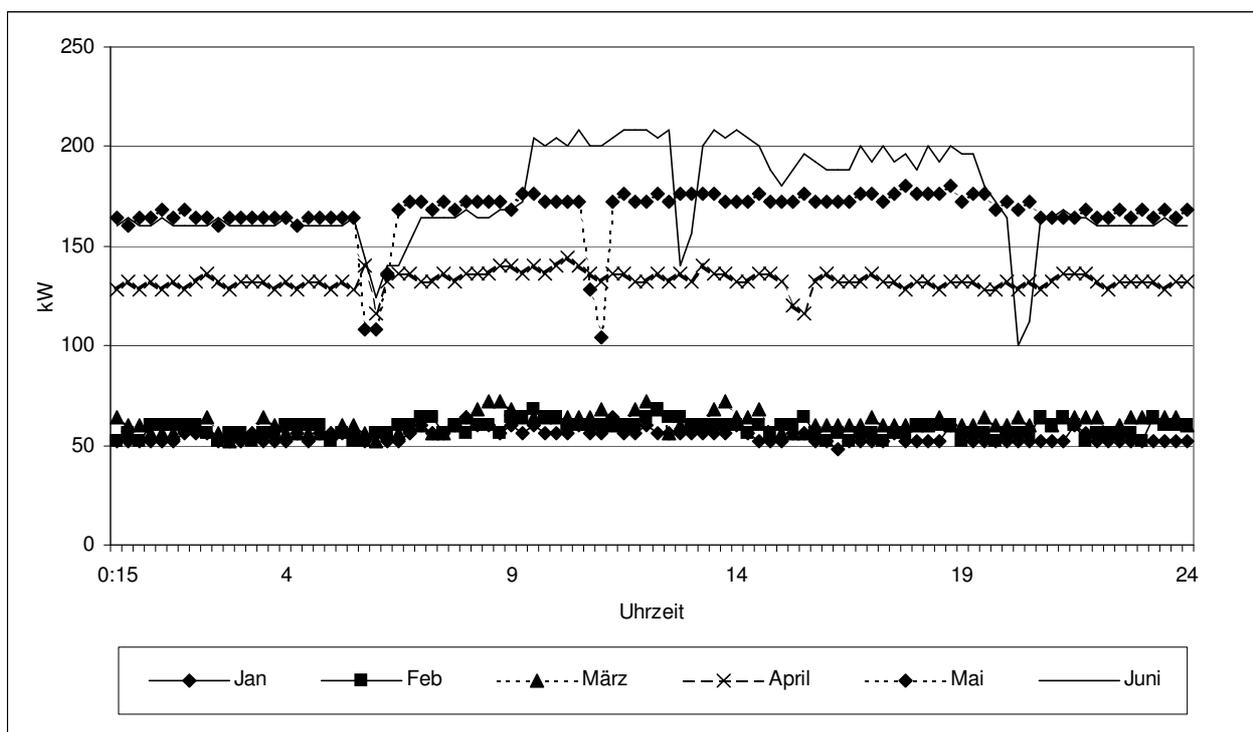
Da in den Jahren vor der Netztrennung der Stromverbrauch des Stadionbades pauschal erfasst wurde und die separate Erfassung erst seit August einwandfrei funktioniert, musste der Gesamtstromverbrauch teilweise rechnerisch ermittelt werden bzw. aus zwei Jahren zusammengesetzt werden. Im folgenden Bild II.1. ist die monatliche Verteilung des Strombezugs für das Stadionbad dargestellt.

**Bild II.1 Energiekonzept Stadionbad: Monatswerte des Strombezugs**



Der jährliche Wirkstrombezug für das Stadionbad liegt rechnerisch bei **970.900 kWh**. Die monatlichen Verbrauchswerte reichen von 17.000 kWh außerhalb der Saison bis zu Spitzenwerten von 165.000 kWh im Sommer. Die gemessene Bezugsspitze liegt bei 372 kW in den Sommermonaten. Zur Ermittlung der Stromverbrauchsstruktur im Stadionbad konnte auf schreibende Leistungsmessungen (Fernerfassung durch Mainova) seit Januar 2003 zurückgegriffen werden. Im folgenden Bild II.2 ist der Tagesverlauf (jeweils Montags) des Strombedarfs für die Monate Januar bis Juni 2003 dargestellt.

**Bild II.2 Energiekonzept Stadionbad: Tagesgang des Strombedarfs in den Monaten Januar bis Juni 2003**

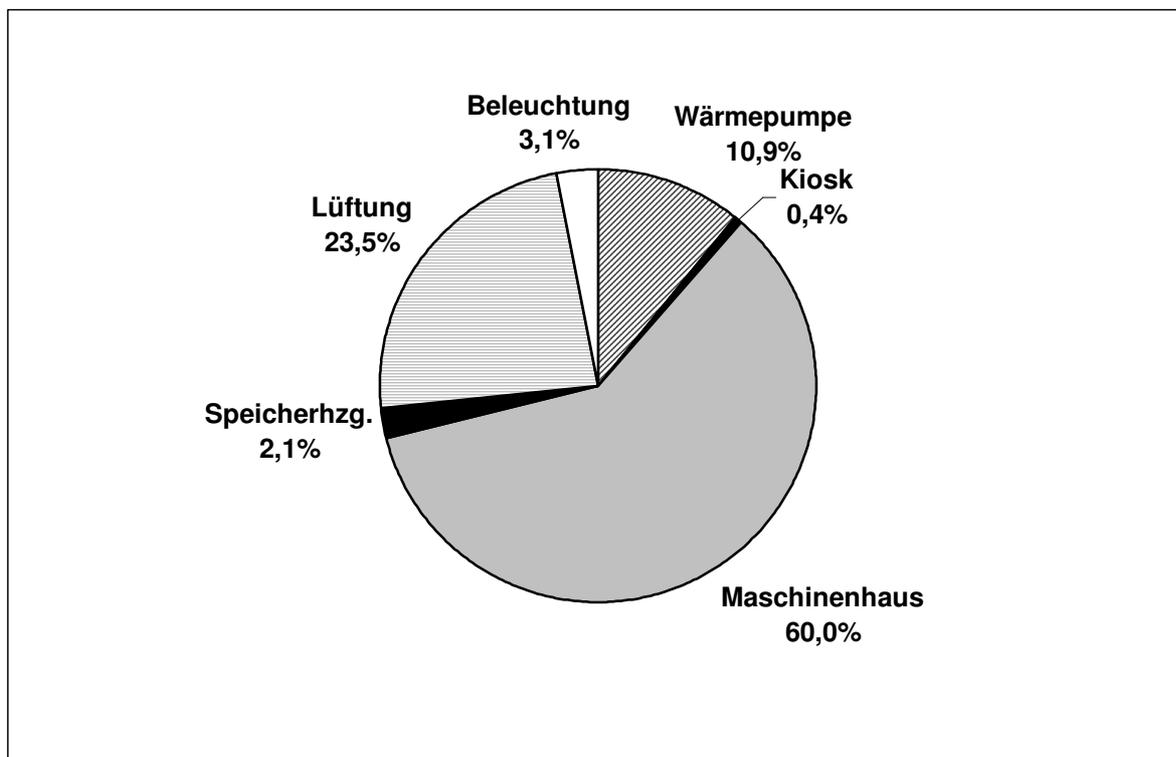


Es ist deutlich zu erkennen, dass in den Zeiten außerhalb der Badesaison (Jan-März) die Stromgrundlast relativ gleichmäßig bei ca. 60 kW liegt. Diese wird vorrangig durch die Lüftungsanlage in der Technik verursacht.

In der Saisonvorbereitungszeit (April) steigt die Grundlast durch das Zuschalten der Badewassertechnik auf ca. 130 kW. Während der Badesaison liegen Grundlastwerte bei 170 kW und im Juni steigen diese während der Öffnungszeit auf über 200 kW an.

Der Jahres-Stromverbrauch verteilt sich auf die in Bild II.3 dargestellten Verbrauchergruppen.

**Bild II.3 Energiekonzept Stadionbad: Prozentuale Verteilung des Stromverbrauchs auf einzelne Verbrauchergruppen**



Die Hauptverbrauchergruppe mit 60 % stellt der Bereich „Maschinenhaus“ mit den Umwälzpumpen für die Badewassertechnik dar. Den zweitgrößten Anteil mit 23,5 % hat die elektrisch beheizte Lüftungsanlage im Technikbereichen. Die Wärmepumpen für die Badewassererwärmung folgen mit rund 11 %.

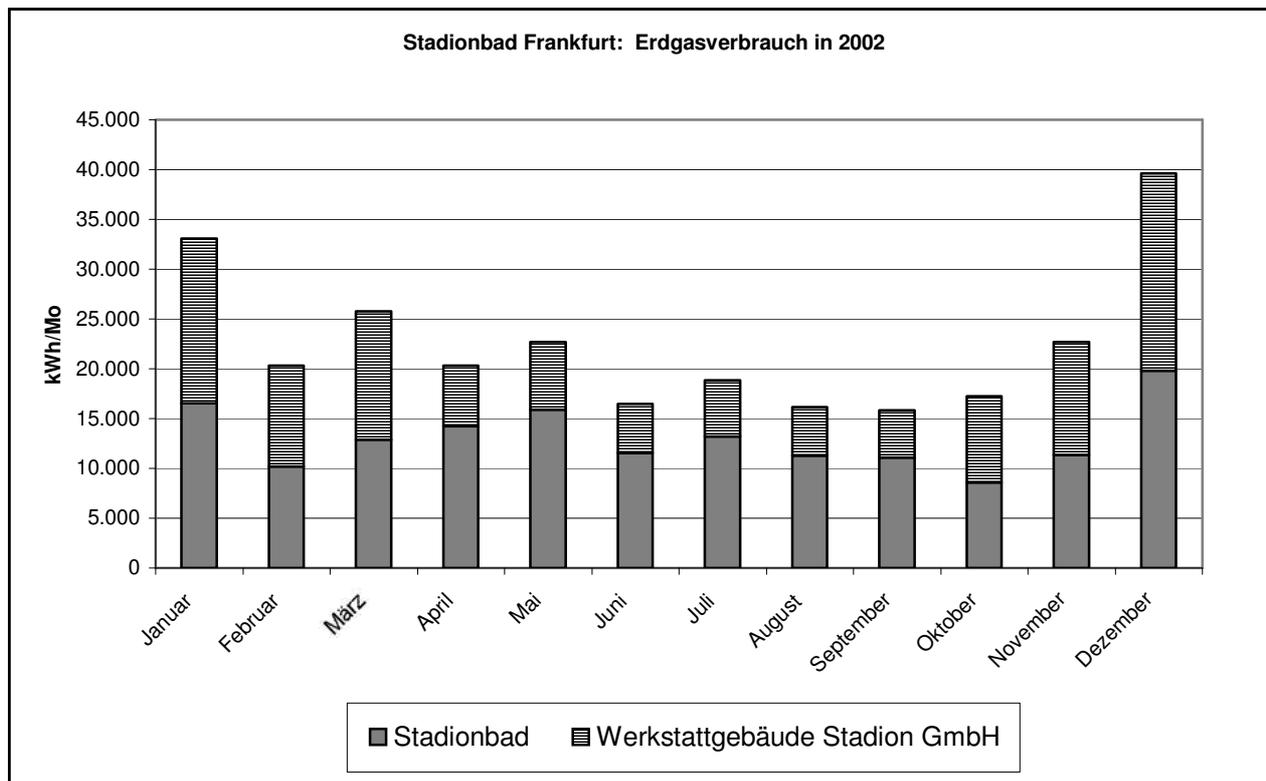
## II.2 Erdgasverbrauch für Wärmeerzeugung (vgl. Abschnitt 2.2)

Als Brennstoff zur Wärmeerzeugung wird im Stadionbad neben Strom für die Wärmepumpen Erdgas H aus dem Versorgungsnetz der Mainova AG für die Heizkessel eingesetzt. Für das Stadionbad wurde im Juli 2001 zur genauen Verbrauchsabrechnung nach tatsächlichem Verbrauch von der Stadion GmbH ein separater Gaszähler installiert. Dieser wird monatlich abgelesen. Die Rechnungsstellung erfolgt durch die Stadion GmbH.

Da Teile des Werkstattgebäudes Süd-West bis auf weiteres von Mitarbeitern der Stadion GmbH genutzt werden, wurde zwischen Stadion GmbH und dem Sport- und Bäderamt vereinbart, dass in den Wintermonaten (Oktober – März) 50 % des Verbrauchs zu Lasten der Stadion GmbH gehen und in den Sommermonaten 30 %. Die monatlichen Gasgrundkosten werden, entsprechend dem Gasliefervertrag, nach installierter Kesselleistung (262 kW) abgerechnet und komplett dem Bad zugeschlagen.

Da erst seit Juli 2001 eine genaue Verbrauchserfassung und –abrechnung erfolgt ist ein Vergleich zu den Vorjahren nicht möglich. In Bild II.4 ist der monatliche Verlauf des Gasbezugs, getrennt nach Stadionbad und Werkstattgebäude, dargestellt.

**Bild II.4 Energiekonzept Stadionbad: Monatsverlauf des Gasverbrauchs in 2002**



Insgesamt wurden in 2002 im Stadionbad **269.030 kWh<sub>HO</sub> (236.200 kWh<sub>HU</sub>) Erdgas** verbraucht. Entsprechend der prozentualen Verteilung wurden 156.580 kWh<sub>HO</sub> für das Stadionbad (= 58,2 %) und 112.450 kWh<sub>HO</sub> für das Werkstattgebäude (41,7 %) angesetzt. Die Jahresbezugskosten für Stadionbad und Werkstattgebäude lagen zusammen bei **10.140,- €**. Davon wurden dem Freibad 64 % bzw. 6.840,- € in Rechnung gestellt.

### Verteilung des Heizwärme- und Brennstoffbedarfs

Der tatsächliche Heizwärmebedarf für die Beheizung des Werkstattgebäudes, einzelner Räume im Freibadgebäude Südost sowie für die Duschwarmwasserbereitung wird nicht durch separate Wärmemengenzählungen erfasst und musste so rechnerisch ermittelt werden.

Von den insgesamt 236.200 kWh<sub>HU</sub> an Brennstoffenergie (Erdgas) wurden 192.110 kWh an Nutzwärme verbraucht, d.h., 18,6% des eingesetzten Erdgases gingen als Verluste für Erzeugung und Verteilung verloren.

Den größten Anteil mit knapp 66 % am Brennstoffbedarf hat die Gebäudebeheizung für die Werkstatt. Für die Warmwasserbereitung werden 32 % benötigt, wovon wiederum 87 % für das Freibad und nur 13 % für das Werkstattgebäude benötigt werden.

Die Einzelraumbeheizung im Freibadgebäude Südost hat mit einem Anteil von 2,4 % am Gesamtbrennstoffbedarf.

Das Werkstattgebäude hat einen Jahresbrennstoffbedarf von 164.980 kWh. Hieraus errechnet sich ein spezifischer jährlicher Brennstoffbedarf pro m<sup>2</sup> beheizter Nutzfläche von 293,5 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Entsprechend ergibt sich folgende Verteilung auf die beiden Nutzer:

Stadion GmbH:	381 m <sup>2</sup> * 293,5 kWh/m <sup>2</sup> *a	=	111.860 kWh/a	=	67,8 %
Stadionbad:	181 m <sup>2</sup> * 293,5 kWh/m <sup>2</sup> *a	=	53.215 kWh/a	=	32,2 %

Unter Berücksichtigung der o.g. Verteilung des Brennstoffbedarfs sowie der ausschließlichen Zuordnung der Gasgrundkosten zum Stadionbad sollte mit der Stadion GmbH über eine Änderung der prozentualen Verteilung verhandelt werden.

### II.3 Wasser (vgl. Abschnitt 2.3)

Das Stadiongelande verfügt über mehrere Einspeisungen aus dem Versorgungsnetz der Mainova AG. Für das Freibad befinden sich zwei Zähler in einem Schacht beim Eingang Mörfelder Landstraße. Für das Stadionbad besteht mit der Mainova eine Sonderregelung, dass nur für 50 % des Wasserbezugs die entsprechende Kanalgebühr gezahlt werden muss. Eine separate Erfassung und Abrechnung des von der Stadion GmbH verbrauchten Wassers im Werkstattgebäude ist nicht vorgesehen.

Die jährlichen Wasserverbrauchswerte sowie die Bezugskosten für 2000 bis 2002 sind in der folgenden Tafel II.1 dargestellt.

**Tafel II.1 Energiekonzept Stadionbad - Jahreswerte des Wasserbezugs und –kosten von 2000-2002**

Jahr	Wasserverbrauch in m <sup>3</sup> /a	Wasserkosten		
		Wasser in EUR	Kanal in EUR	Gesamt in EURO
2000	42.125	77.537,-	37.153,-	114.690,-
2001	43.838	80.690,-	38.664,-	119.354,-
2002	41.762	76.317,-	36.569,-	112.886,-

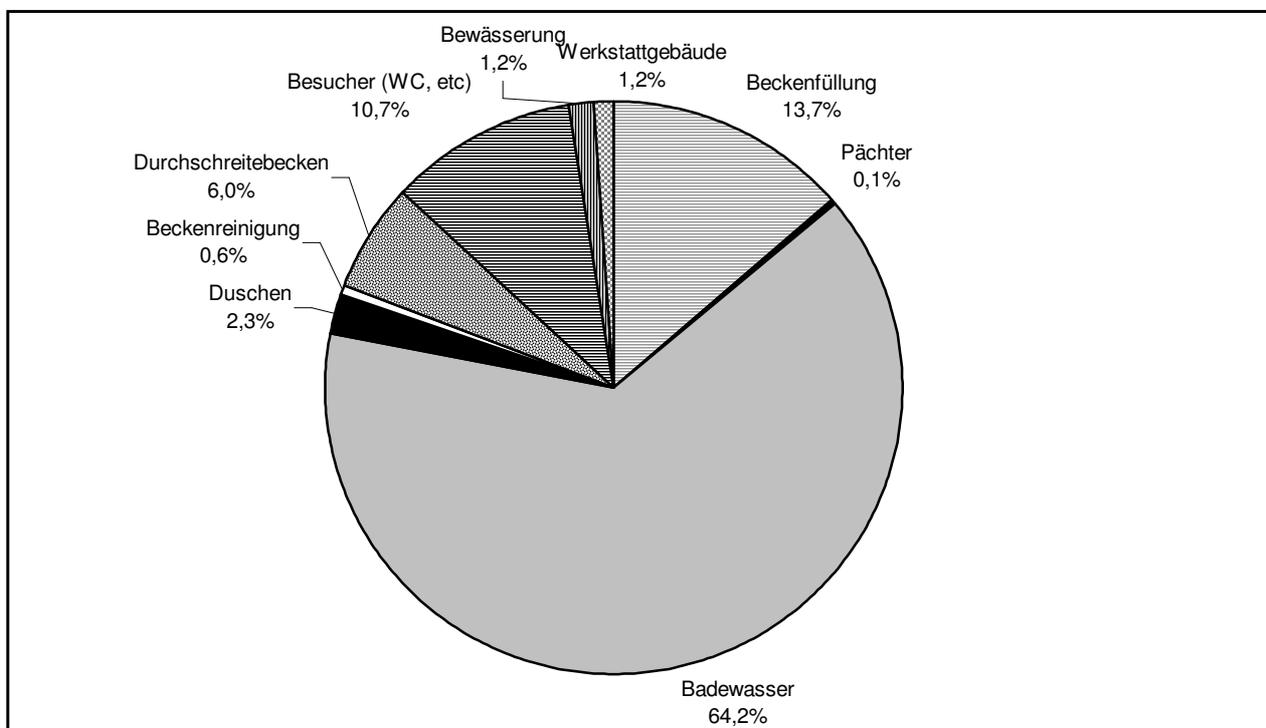
Der Wasserbezug und die Bezugskosten sind in den letzten drei Jahren nahezu konstant geblieben. Der durchschnittliche Wasserbezug lag bei **42.575 m<sup>3</sup>/a**.

Für folgende Bereiche sind interne Unterzählungen installiert, die monatlich abgelesen werden:

- Chloranlage
- LOS 1: Nachspeisung für Schwimmer- und Springerbecken
- LOS 2: Nachspeisung für Spaßbecken, Rutschbahn und Kinderplanschbecken
- LOS 3: Nachspeisung für Nichtschwimmerbecken
- Pächter: Umkleide West, Kasse, Mutter und Kindraum (seit 2002)
- Rasensprenger (seit 2002)

Der Gesamtwasserbezug in 2002 verteilt sich auf die in Bild II.5 dargestellten Verbrauchseinheiten.

**Bild II.5 Energiekonzept Stadionbad: Verteilung des Wasserbedarfs auf die einzelnen Verbraucher**



Die Frischwassereinspeisung für die Schwimmbecken hat mit 64 % den größten Anteil am Gesamtwasserverbrauch des Stadionbades. Zusammen mit der jährlichen Beckenbefüllung ergibt sich sogar ein Anteil von 78 %. Nimmt man noch den Anteil für das Duschwarmwasser hinzu, so müssen rund 80 % des bezogenen Wassers erwärmt werden.

### III. Stammdaten des Gebäude und der betriebstechnischer 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 das beheizte Werkstattgebäude 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 das Werkstattgebäude rund 140.1400 kWh/a, woran die Lüftungswärmeverluste nur einen Anteil von 16 % haben.

Die jährlichen Wärmegewinne liegen bei rund 10.640 kWh. Die Solargewinne haben daran einen Anteil 64 % während die Inneren Wärmegewinne 36 % betragen.

**Tafel III.1 Energiekonzept Stadionbad – Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs und des Energiekennwert Heizung**

Transmissions- / Lüftungswärmeverluste	$Q_V$	140.140	kWh/a
Wärmegewinne	$Q_G$	10.640	kWh/a
<b>Heizwärmebedarf</b>	<b><math>Q_H=Q_V-Q_G</math></b>	<b>129.500</b>	<b>(kWh/a)</b>
Energiekennwert Heizwärme	$Q_H/EBF$	230,2	(kWh/m <sup>2</sup> a)
Grenzwert		75	(kWh/m <sup>2</sup> a)
Grenzwertüberschreitung		207	(%)
Grenzwert erfüllt		<b>Nein</b>	

Der auf die Energiebezugsfläche bezogene Heizenergiebedarf liegt mit 230 kWh/m<sup>2</sup>a ca. 207 % über dem Grenzwert nach hessischen Leitfaden für neu zu errichtende Gebäude.

#### Bewertung des Ist-Zustandes

- Der rechnerisch ermittelte Jahresheizwärmebedarf beträgt **129,5 MWh** für die Raumbeheizung. Der Gebäudewärmebedarf liegt bei rund 62,5 kW, was einem spezifischen Wärmebedarf von 111 W pro Quadratmeter Nutzfläche entspricht.
- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Heizenergiebedarfs nach Hessischem Leitfaden für neu zu errichtende Gebäude von 75 kWh/m<sup>2</sup>a wird bei weitem nicht erreicht, sondern mit 230 kWh/m<sup>2</sup>a um 207 % überschritten. Aus den ermittelten Werten kann somit ein relevantes Einsparungspotential abgeleitet werden, das durch bauliche Wärmeschutzmaßnahmen realisiert werden könnte.
- Das Gebäude ist bautechnisch in Ordnung und Maßnahmen aus Gründen der Bauerhaltung stehen nicht an. Aus diesem Grund müssten sämtliche Optimierungen des Wärmeschutzes aus energetischen Gründen realisiert werden. Hierfür errechnet sich aber für keine Maßnahme eine

Wirtschaftlichkeit, die, gemäß Aufgabenstellung, eine Amortisationszeit von weniger als 10 Jahren erfordert.

Beispielweise könnte die Decke zum Obergeschoss mit 6 cm PS-Platten zusätzlich von unten gedämmt werden. Den Investitionskosten hierfür in Höhe von ca. 18.200 € und den daraus folgenden Kapitalkosten von rund 1.400 €/a stehen aber nur jährliche Energiekosteneinsparungen von 735 € gegenüber, so dass sich keine Wirtschaftlichkeit ergibt. Der Heizenergiebedarf des Werkstattgebäudes könnte jedoch durch diese Maßnahme um 15 % reduziert werden, so dass sie aus energetischen Gründen zu empfehlen wäre.

### III.2 Betriebstechnische Anlagen

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

#### III.2.1 Wärmeversorgungsanlagen (vgl. Abschnitt 3.3)

- Die Heizkessel für Werkstatt und Umkleidegebäude Ost wurden in den vergangenen beiden Jahren erneuert und können als technisch in Ordnung bewertet werden.

Der Heizkessel in der Umkleide Ost wird nur 4 bis 5 mal pro Jahr (Stoßzeiten im Sommer) genutzt, da die Schließanlage dort nicht ausreichend sicher ist.

Der direkt gasbefeuerte Warmwasserspeicher im Umkleidegebäude West stellt im Normalbetrieb die Wärmeversorgung für Duschzwecke im Stadionbad sicher.

- Die Beckenwassererwärmung stellt für den Einsatz der Luft/Wasser-Wärmepumpenanlage im Stadionbad einen günstigen Betriebsfall dar. Die Leistungszahl liegt zwischen 4 und 5, d.h., die Heizleistung zur Wassererwärmung ist 4-5 mal so hoch wie die für den Betrieb benötigte elektrische Energie.

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 Wärmepumpe hat mit einem Alter von 16 Jahren noch nicht ganz das Ende der üblichen technischen Nutzungsdauer von 18 Jahren<sup>1</sup> erreicht. Jedoch ist in den nächsten Jahren mit zusätzlichen Kosten für die Instandhaltung zu rechnen. Aus diesem Grund ist zu prüfen, ob andere Beckenwasserbeheizungsarten wie Heizkessel und/oder Solarabsorberanlage zukünftig aus energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten im Stadionbad sinnvoller sind (**vgl. Maßnahme 3.3.I**). Des weiteren können die Wärmeverluste durch Beckenabdeckungen reduziert werden.

---

<sup>1</sup> vgl. VDI-Richtlinie 2067 Blatt 6 „Berechnung der Kosten für Wärmepumpenanlagen“

- Der Einsatz von elektrischer Energie zur Raumbeheizung mittels Elektrospeicherofen im Büroraum der Bäderleitung im OG des Freibadgebäudes Südost ist nicht zu empfehlen. Des Weiteren ist die Regelung des Ofens defekt. Hier sollte, wie in den Sanitätsbereichen, ein Gas-einzelofen installiert werden. Die entsprechende Gasleitung ist in unmittelbarer Nähe im EG verlegt (**vgl. Maßnahme 3.3.II**).
- Die Duschwarmwasserbereitung für die Besucher während der Badesaison könnte aus energetischen Gesichtspunkten durch eine thermische Solarenergienutzung ergänzt werden (**vgl. Maßnahme 3.3.III**).
- Die Warmwasserversorgung in den Umkleidegebäuden verfügen über keine Zirkulationsunterbrechung. Diese sollte mittels entsprechender Zeitschaltuhren für die Zirkulationspumpen ergänzt werden (**vgl. Maßnahme 3.3.IV**).
- Einzelne Rohrleitungen und Armaturen sind nicht ausreichend gedämmt. Diese sind nach ENEV bis Ende 2006 mit einer ausreichenden Isolierung nachzurüsten (**vgl. Maßnahme 3.3.V**).

### III.2.2 Lüftungsanlagen (vgl. Abschnitt 3.4)

- Die RLT-Anlagen wurden in den Technikbereichen nachträglich installiert, um die anfallenden Arbeiten in den Wintermonaten zu ermöglichen und um den Feuchtegehalt zu reduzieren. Die elektrische Beheizung stellt aber mit einem Anteil von über 23 % am Gesamtstromverbrauch eine energetisch und wirtschaftlich ungünstige Lösung dar. Als **Maßnahme 3.4.I** wird untersucht, ob eine Wärmeversorgung der Lüftungsanlage für den Technikbereich mittels Erdgaskessel erfolgen kann.

### III.2.3 Badewassertechnik (vgl. Abschnitt 3.5)

- Die Filteranlagen für das Beckenwasser verursachen den größten Teil des Strom- und Wasserbrauchs im Stadionbad Frankfurt. Der Jahresstromverbrauch für die Filterkreispumpen beträgt ca. 419.000 kWh. Für die Filterspülung und den Benutzerabhängigen Wasserverlust werden jährlich etwa 26.000 m<sup>3</sup> Frischwasser benötigt. Für die Aufheizung des davon in die durchgängig beheizten Becken geleiteten Wassers müssen weitere 27.000 kWh Strom für die Wärmepumpe aufgebracht werden.
- Die Filteranlagen im Stadionbad 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. 200 l pro Besucher. Dies führt zwar grundsätzlich zu einer guten Wasserqualität verursacht aber einen

völlig überhöhten Energie- und Wasserverbrauch. Aus diesem Grund wird in **Maßnahme 3.5.I** eine Optimierungsmaßnahme für die Beckenwasseraufbereitungsanlage untersucht.

- Die Beckenwassernachspeisung erfolgt derzeit mit Frischwasser. Hier sollte geprüft werden, ob der Bau eines Brunnens möglich ist. (**s. Maßnahme 3.5.II**).
- Es besteht die Möglichkeit das zweite Spülwasser bei der Filterrückspülung für Bewässerungszwecke zu nutzen. Nach Aussage eines Rasenherstellers ergeben sich keine Probleme bei der Ausbringung von chlorhaltigem Wasser (**vgl. Maßnahme 3.5.III**).
- Die installierten Umwälzpumpen im Stadionbad für Beckenwasser, Wasseraufbereitung und Attraktivitäten haben zusammen eine elektrische Anschlussleistung von 241 kW und mit 502.000 kWh den größten Anteil am Jahres-Gesamtstromverbrauch des Freibades. Da die Pumpen das Ende der technischen Nutzungsdauer erreicht haben, ist in den kommenden Jahren mit erheblichen Ersatzinvestitionen bzw. Instandhaltungskosten zu rechnen. In diesem Fällen ist der Einsatz von neuen Umwälzpumpen, die an die tatsächlich benötigte Leistung angepasst werden oder mit Frequenzumformer versehen werden, sinnvoll. Hierzu erfolgt eine Bewertung in **Maßnahme 3.5.IV**

#### **III.2.4 Elektroanlagen (vgl. Abschnitt 3.6)**

- Die installierte Anschlussleistung der Leuchten im Freibad beträgt rund 14 kW, die im Werkstattgebäude bei 7,1 kW.
- Vorhandene Decken- oder Wandstrahler wurden soweit möglich komplett auf energiesparende Kompaktlampen umgerüstet.
- Die 244 Leuchtstofflampen sind noch mit konventionellen Vorschaltgeräten, die einen schlechten Wirkungsgrad aufweisen, bestückt.

#### **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 im Stadionbad.

## **Maßnahmen 1. Priorität**

### **Maßnahme I.1:**

Maßnahmenbezeichnung **3.3.II – Austausch des Elektrospeicherofens im Büro der Bäderleitung**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.3 und 4.2*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Demontage des vorhandenen Elektrospeicherofens und Einbau eines Gas-Einzelofens*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Brutto-Investition: *3.550,- €*

Nutzungszeit: *20 Jahre*

Energieeinsparung: *Primärenergie 17.960 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *580,- €/a*

Amortisation *7,8 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *Vor der Heizsaison 2003 /2004*

### **Maßnahme I.2:**

Maßnahmenbezeichnung **3.3.IV – Zirkulationsunterbrechung in WW-Verteilung des Umkleidegebäude West**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.3 und 4.2*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Einbau einer Zeitschaltuhr zum Abschalten der Zirkulationspumpe außerhalb der Öffnungszeiten*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Brutto-Investition: *250,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Erdgas - 2.360 kWh/a, Strom 60 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *140,- € / a*

Amortisation *1,8 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *Sofort*

### **Maßnahme I.3:**

Maßnahmenbezeichnung **3.4.I – Umstellung der elektrischen Beheizung der Lüftungsanlage „Technikbereich“ auf Heizwasserbetrieb**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.4 und 4.3*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Installation eines zusätzlichen Heizkessels (50 kW) im Heizraum des Werkstattgebäudes, Verlegung von Heizwasserleitungen bis zum Lüftungsgerät und Einbau eines Heizregisters in den Lüftungskanal*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Brutto-Investition: *41.700,- €*

Nutzungszeit: *20 Jahre*

Energieeinsparung: *Primärenergie 315.900 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *15.330,- € / a*

Amortisation *3,1 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *Vor der Heizperiode 2003/2004*

### **Maßnahme I.4:**

Maßnahmenbezeichnung **3.5.I – Optimierung der Beckenwasseraufbereitung**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.5 und 4.4*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Installation einer Vakuum-AnschwemmfILTERanlage*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Brutto-Investition: *653.660,- € (Mit Absetzbecken für Aktivkohleentsorgung 659.160,- €)*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Strom - 266.600 kWh/a und Wasser - 21.000 m<sup>3</sup>/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *110.615,- €/a*

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

Amortisation *7,5 Jahre (mit Sondermüllkosten für Aktivkohle 8,2 Jahre)*

Zeitpunkt der Realisierung: *In 2003-2004*

Sollte die beschriebene Maßnahme „**3.5.I „Optimierung der Beckenwasseraufbereitung“**“ durch Einbau einer Vakuum-AnschwemmfILTERanlage nicht realisiert werden, dann sollten die beiden folgenden Maßnahmen „**3.5.III – Nutzung von Filterrückspülwasser zur Rasenbewässerung“**“ und „**3.5.IV – Optimierung der Beckenwasserpumpen“**“

Bei Umsetzung der o.g. Maßnahme zur Beckenwasseraufbereitung entfallen die beiden folgenden

Maßnahmen, da sich die Randbedingungen (geringere Abwassermenge bzw. reduzierte Pumpenleistung) dahingehend ändern, dass eine Realisierung unwirtschaftlich wird.

#### **Maßnahme I.4:**

Maßnahmenbezeichnung **3.5.IV – Optimierung der Beckenwasserpumpen**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.5 und 4.4*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Austausch der neun Beckenwasser-Umwälzpumpe durch neue dem tatsächlichen Bedarf angepasste Pumpen.*

Grund *Energetisch und wirtschaftlich sinnvoll*

Brutto-Investition: *69.975,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Strom - 83.315 kWh/a und 27,0 kW*

Energie- und Umweltfolge-  
Kostenreduzierung: *12.245,- € / a*

Amortisation *7,2 Jahre*

Zeitpunkt der Realisierung: *Vor der Badesaison 2004*

*Hinweis* *Sollte allerdings nur dann realisiert werden, wenn die Maßnahme 3.5.1 „Optimierung der Beckenwasseraufbereitung“ durch Einbau einer Vakuum-Anschwemmfilteranlage nicht in den nächsten 5-7 Jahren umgesetzt wird, da andernfalls die Pumpen ohnehin ausgetauscht werden müssen.*

#### **Maßnahme I.5:**

Maßnahmenbezeichnung **2.1.I – Umstellung Gasabrechnung Werkstattgebäude**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 2.2*

Art der Maßnahme *Organisatorisch*

Beschreibung: *Änderung der prozentualen Verteilung des Gasverbrauchs im Werkstattgebäude zwischen Stadion GmbH und Stadionbad*

Grund *Wirtschaftlich sinnvoll*

Brutto-Investition: *keine*

Nutzungszeit:

Energieeinsparung:

Energie- und Umweltfolge-  
Kostenreduzierung: *3.570,- € / a*

Amortisation *sofort*

Zeitpunkt der Realisierung: *Vor der Heizperiode 2003/2004*

## **Maßnahmen 2. Priorität**

### **Maßnahme II.1:**

Maßnahmenbezeichnung **3.3.V – Nachträgliche Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.3 und 4.2*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen im Werkstattgebäude sowie dem Umkleidegebäude West*

Grund *Energetisch sinnvoll und Auflage nach EnEV*

Brutto-Investition: *1.350,- €*

Nutzungszeit: *20 Jahre*

Energieeinsparung: *Erdgas 1.570 kWh/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *60,- € / a*

Amortisation *keine*

Zeitpunkt der Realisierung: *Vor der Heizperiode 2003/2004*

### **Maßnahme II.2:**

Maßnahmenbezeichnung **3.5.II – Bohren eines Brunnens zur Nutzung von Brunnenwasser zur Beckenwassernachspeisung**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.5 und 4.4*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Bohren eines ca. 70 m tiefen Brunnens und Installation einer Wasserförderanlage*

Grund *Wassersparmaßnahme*

Brutto-Investition: *Grobe Schätzung 85.000,- € - Genaue Werte nach Erstellung eines Bodengutachtens (Kosten hierfür 3.500,- €)*

Nutzungszeit: *20 Jahre*

Wassereinsparung: *Schätzung –mindestens 5.200 m<sup>3</sup>/a*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *Schätzung 9.000,- €/a*

Amortisation *4,5 Jahre (unter Berücksichtigung der Schätzwerte)*

Zeitpunkt der Realisierung: *Derzeit keine Genehmigung zu erwarten, Realisierung ggf. bei Änderung der Rahmenbedingungen (z.B. Auflagen)*

### **Maßnahmen 3. Priorität**

#### **Maßnahme III.1:**

Maßnahmenbezeichnung	<b>3.3.Ia – Optimierung der Beckenwassererwärmungsanlage</b>
Erläuterungen im Konzept:	<i>Abschnitt 3.3 und 4.2</i>
Art der Maßnahme	<i>Investiv</i>
Beschreibung:	<i>Einbau einer neuen Wärmepumpenanlage mit zwei WP-Einheiten a 290 kW Wärmeleistung oder Gas-Brennwertkesselanlage</i>
Grund	<i>Vorhandene Wärmepumpenanlage hat das Ende der technischen Nutzungsdauer erreicht. Einbau nach Bedarf bei Zunahme von Betriebsstörungen.</i>
Brutto-Investition:	<i>244.790,- € für WP-Anlage bzw. 214.100 € für Brennwertkesselanlage</i>
Nutzungszeit:	<i>15 Jahre</i>
Energieeinsparung:	<i>168.770 kWh Primärenergie im Vergleich zu alternativ untersuchter Gas-Brennwertkesselanlage</i>
Energie- und Umweltfolge- Kostenreduzierung:	<i>4.500,- €/a durch WP-Anlage gegenüber Brennwertkesselanlage</i>
Zeitpunkt der Realisierung:	<i>Bei Sanierungsbedarf</i>

#### **Maßnahme III.2:**

Maßnahmenbezeichnung	<b>3.3.III – Thermische Solaranlage zur Duschwarmwasserbereitung</b>
Erläuterungen im Konzept:	<i>Abschnitt 3.3 und 4.2</i>
Art der Maßnahme	<i>Investiv</i>
Beschreibung:	<i>Installation einer thermischen Solaranlage auf dem Dach des Umkleidegebäudes West zur Duschwassererwärmung, 28 m<sup>2</sup> mit 1.000 l Pufferspeicher</i>
Grund	<i>Energetisch sinnvoll</i>
Brutto-Investition:	<i>18.060,- € (ohne Landesförderung 25.800,- €)</i>
Nutzungszeit:	<i>20 Jahre</i>
Energieeinsparung:	<i>Erdgas 16.395 kWh/a</i>
Energie- und Umweltfolge- Kostenreduzierung:	<i>585,- € / a</i>
Amortisation	<i>keine</i>
Zeitpunkt der Realisierung:	<i>In 2004-2005</i>

**Maßnahme III.3:**

Maßnahmenbezeichnung **3.6.I – Einbau Leuchtstofflampen mit EVG**

Erläuterungen im Konzept: *Abschnitt 3.6 und 4.5*

Art der Maßnahme *Investiv*

Beschreibung: *Ausbau der Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten im Werkstattgebäude und Einbau neuer Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten*

Grund *Energetisch sinnvoll*

Brutto-Investition: *15.250,- €*

Nutzungszeit: *15 Jahre*

Energieeinsparung: *Strom - 8.470 kWh/a und 3,7 kW*

Energie- und Umweltfolge-

Kostenreduzierung: *1.335,- € / a*

Amortisation *-*

Zeitpunkt der Realisierung: *Bei Ersatzbeschaffung*

**Anhang zur Zusammenfassung– Übersicht der untersuchten Maßnahmen**

Maßnahmen- bezeichnung	Erläuterungen im Konzept - Abschnitt Abschnitt	Art der Maßnahme	Grund	Brutto- Investition in EUR	Nutzungs- zeit In a	Energie- einsparung	Energie- u. Umwelt- Folgekosten- reduzierung In EUR	Amorti- sation In a	Zeitpunkt der Realisierung
3.3.I Austausch Elektroofen Büro	3.3 und 4.2.	Investiv	Energetisch und wirtschaftlich sinn- voll	3.550,-	20	Primärenergie 17.960 kWh/a	580,-	7,8	2003 - 2004
3.3.IV Zirkulations- Unterbrechung WW-Versorgung	3.3 und 4.2.	Investiv	Energetisch und wirtschaftlich Sinnvoll	250,-	15	Strom 60 kWh/a Erdgas 2.360 kWh Strom 28.500 kWh/a	140,-	1,8	Sofort
3.4.I Umstellung elektr. Beheiz. Lüftung Technik auf Heizwasser	3.4 und 4.3	Investiv	Energetisch und Wirtschaftlich Sinnvoll	41.700,-	20	Primärenergie 315.900 kWh/a	15.330,-	3,1	Vor Heizperiode 2003/2004
3.5.I Optimierung Be- ckenwasseraufbereitung	3.5 und 4.4	Investiv	Energetisch u. Wirtschaftlich	653.660,- M. Sonderm. 659.160,-	15	266.600 kWh Strom 21.000 m <sup>3</sup> /a Wasser	110.615,- Mit Sondermüllentsor. 104.000,-	7,5 8,2	2003-2004
3.5.IV Optimierung Beckenwasserpumpen	3.5 und 4.4.	Investiv	Energetisch u. wirtschaftlich	69.975,-	15	83.315 kWh Strom 27,0 kW Bezugsstg.	12.245,-	7,2	Nur, wenn 3.5.I nicht umgesetzt
2.2.I Umstellung Gas Abrechnung Werkstatt	2.2	Organisatorisch	Wirtschaftlich sinnvoll	keine			3.570,-	sofort	Vor Heizperiode 2003/2004
3.3.V Isolierung Rohrleitg. und Armaturen	3.3 und 4.2	Investiv	Bauerhaltung Auflagen EnEV	1.350,-	20	Erdgas 1.570 kWh/a	60,-	-	Vor Heizperiode 2003/2004

Maßnahmen- bezeichnung	Erläuterungen im Konzept - Abschnitt Abschnitt	Art der Maßnahme	Grund	Investition in EUR	Nutzungs- zeit In a	Energie- einsparung	Energie- u. Umwelt- Folgekosten- reduzierung In EUR	Amorti- sation In a	Zeitpunkt der Realisierung
3.5.II Brunner zur Wassernachspeisung	3.5 und 4.4.	Investiv	Wassereinsparung	Schätzung 85.000,-	20	Schätzung 5.200 m <sup>3</sup> /a Wasser	Schätzung 9.000,-	Schätzung 4,5	Derzeit keine Genehmigung
3.3.III Therm. Solar- Anlage für Duschwasser	3.3. und 4.2.	Investiv	Energetisch sinnvoll	18.060,- Inkl. Förder.	20	16.395 kWh Erdgas	585,-	-	2004 – 2005
3.6.I Einbau Leuchten mit EVG	3.6. und 4.5.	Investiv	Energetisch sinnvoll	15.250,-	15	8.740 kWh Strom 3,7 kWe	1.335,-	-	Bei Ersatz- beschaffung
3.3.I Optimierung Beckenwasserer- wärmeerzeugung	3.6. und 4.5.	Investiv	Mittelfristiger Sanierungsbedarf	214.100,- Bis 224.790,-	20	Primärenergie 17.960 kWh/a Bei Wärmepumpe	580,- Bei Wärmepumpe	-	Bei Ersatz- beschaffung

## **1. Aufgabenstellung und Grundlagen**

### **1.1 Aufgabenstellung**

Im Auftrag der Stadt Frankfurt, Abteilung Hochbau-Energiemanagement, war für das Stadionbad in Frankfurt ein Energiekonzept zu erstellen.

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

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- 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, 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 Energiekonzeptes von einer Arbeitsgruppe bestehend aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Hochbauamtes, des Sport- und Bäderamtes sowie Mitarbeitern des Stadionbades.

## 1.2 Grundlagen

Grundlagen des Energiekonzeptes bilden im wesentlichen:

- Angaben von Mitarbeitern des Stadionbades, des Sport- und Bäderamtes sowie der Hochbauabteilung der Stadt Frankfurt
- Verbrauchsaufzeichnungen des Energieversorgungsunternehmens Mainova
- 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 2089 „Wärme-, Raumluftechnik, Wasserver- und entsorgung in Hallen und Freibadern“,
- der VDI-Richtlinie 3808 „Energiewirtschaftliche Beurteilungskriterien für heiztechnische Anlagen“,
- der VDI-Richtlinie 3814 „Gebäudeleittechnik“,
- der DIN 1946 „Lüftungstechnische Anlagen“,
- der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“,
- der DIN 4710 „Meteorologische Daten“,
- 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 Strombedarf- und -verbrauch**

#### **2.1.1 Gesamtstrombedarf und -verbrauch**

Der Strombedarf des Stadionbades wird ausschließlich aus dem Netz der Mainova AG gedeckt. Bis Dezember 2001 wurde der Stromverbrauch des Bades nicht separat erfasst, sondern lief mit der Hauptkampfbahn (HKB), der Tennisanlage und der Sporthalle über den Hauptzähler (Nr. 23970) der Stadion GmbH. Die Abrechnung des Freibades erfolgte mit einem pauschalen Anteil zwischen 5% im Dezember und 60 % im Sommer.

Um eine genaue Verbrauchserfassung und –abrechnung zu ermöglichen, wurde ab Dezember 2001, im Auftrag der Stadion GmbH, die Trafostation des Freibades von der 10 KV Ringleitung für Tennis/HKB/etc. getrennt.

Da das Werkstattgebäude derzeit überwiegend von der Stadion GmbH genutzt wird, erfolgte eine Trennung von der Verbrauchserfassung des Stadionbades. Der Stromverbrauch läuft über den Hauptzähler, so dass die Stromkosten für das Werkstattgebäude von der Stadion GmbH entrichtet werden. Sollte das Werkstattgebäude wieder vom Stadionbad genutzt werden, kann die Trennung mit geringem Aufwand aufgehoben werden.

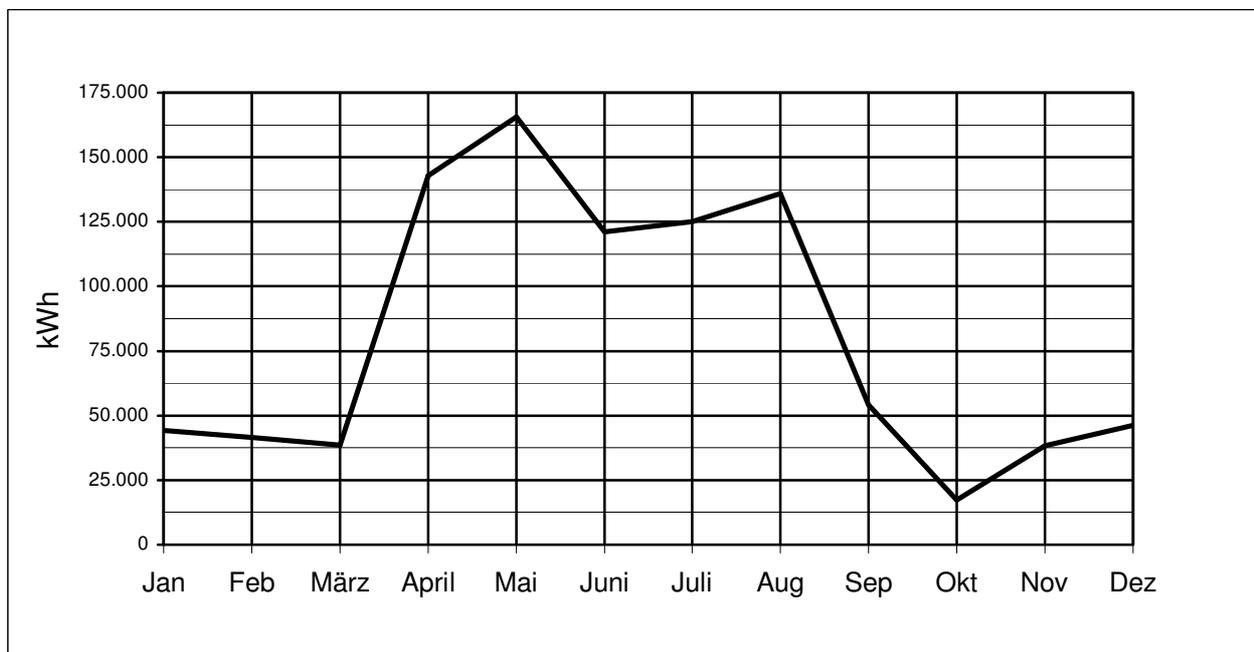
Auf der Niederspannungsseite des Mainova-Netzes ist eine Messeinrichtung (siehe Anhang 3.1.1) installiert, die den Gesamtstrombezug für das Stadionbad, außer dem Werkstattgebäude, per Fernablesung durch die Mainova erfasst.

Aufgrund von technischen Problemen (Wandlerdefekt) liegen hierzu aber erst seit August 2002 korrekte Verbrauchsdaten und –abrechnungen vor.

Bis zur Fertigstellung des Energiekonzeptes erfolgte die Rechnungsstellung für Stadion und Stadionbad in einer Rechnung mit getrennter Erfassung an die Stadion GmbH. Als Sondervertragskunde erfolgt eine Abrechnung der gesamten bezogenen Arbeit nach Hoch- und Niedertarifzeiten sowie der Leistung als Mittelwert aus den drei höchsten Monatsspitzen. Hier sollte umgehend eine Trennung der Verbrauchsbereiche erfolgen.

Da in den Jahren vor der Netztrennung der Stromverbrauch des Stadionbades pauschal erfasst wurde und die separate Erfassung erst seit August einwandfrei funktioniert, musste der Gesamtstromverbrauch teilweise rechnerisch ermittelt werden bzw. aus zwei Jahren zusammengesetzt werden. Im folgenden Bild 2.1.1. ist die monatliche Verteilung des Strombezugs für das Stadionbad dargestellt. Die entsprechenden Verbrauchsdaten sind im Anhang 2.1.1 zusammengefasst.

**Bild 2.1.1 Energiekonzept Stadionbad: Monatswerte des Strombezugs**



Der jährliche Wirkstrombezug für das Stadionbad liegt rechnerisch bei 970.900 kWh. Die monatlichen Verbrauchswerte reichen von 17.000 kWh außerhalb der Saison bis zu Spitzenwerten von 165.000 kWh im Sommer. Die gemessene Bezugsspitze liegt bei 372 kW in den Sommermonaten.

Die Abrechnung des Stromverbrauchs des Stadionbades erfolgt im Rahmen einer monatlichen Gesamtabrechnung für die Liegenschaft Mörfelder Landstraße an die Stadion GmbH. Hierin sind auch die Verbräuche und Kosten der übrigen Bereiche (Hauptkampfbahn, Tennisanlage und Sporthalle ) enthalten.

Die Abrechnung der bezogenen Wirkarbeit sowie der Leistung für den Zeitraum mit defektem Messwandler (12.11.01 bis 31.07.02) wurde von der Mainova pauschal hochgerechnet. Folgende Bezugswerte wurden angenommen und in Rechnung gestellt:

Hochtarif: 351.890 kWh

Niedertarif: 376.910 kWh

Leistung: 292 kW

Diese Bezugswerte decken sich mit den gemessenen Verbrauchswerten in Anhang 2.1.1.

Die jährlichen Stromkosten für das Stadionbad beliefen sich für den Zeitraum vom August 2002 bis Juli 2003<sup>2</sup> auf rund **89.900,- EUR**.

<sup>2</sup> Der Monat Juli 2003 wurden hochgerechnet

Im Stadionbad sind seit mehreren Jahren interne Stromunterzähler für die Wärmepumpen sowie für das Maschinenhaus (außer Lüftungsanlage) installiert. Diese werden monatlich vom technischen Personal des Stadionbades abgelesen und dokumentiert.

Seit 2002 werden zusätzlich die Stromanschlüsse für den Kioskpächter (Umkleide West, Nichtschwimmer sowie Mutter- und Kindgebäude) separat gezählt.

### 2.1.2 Strom-Schwerpunktverbraucher

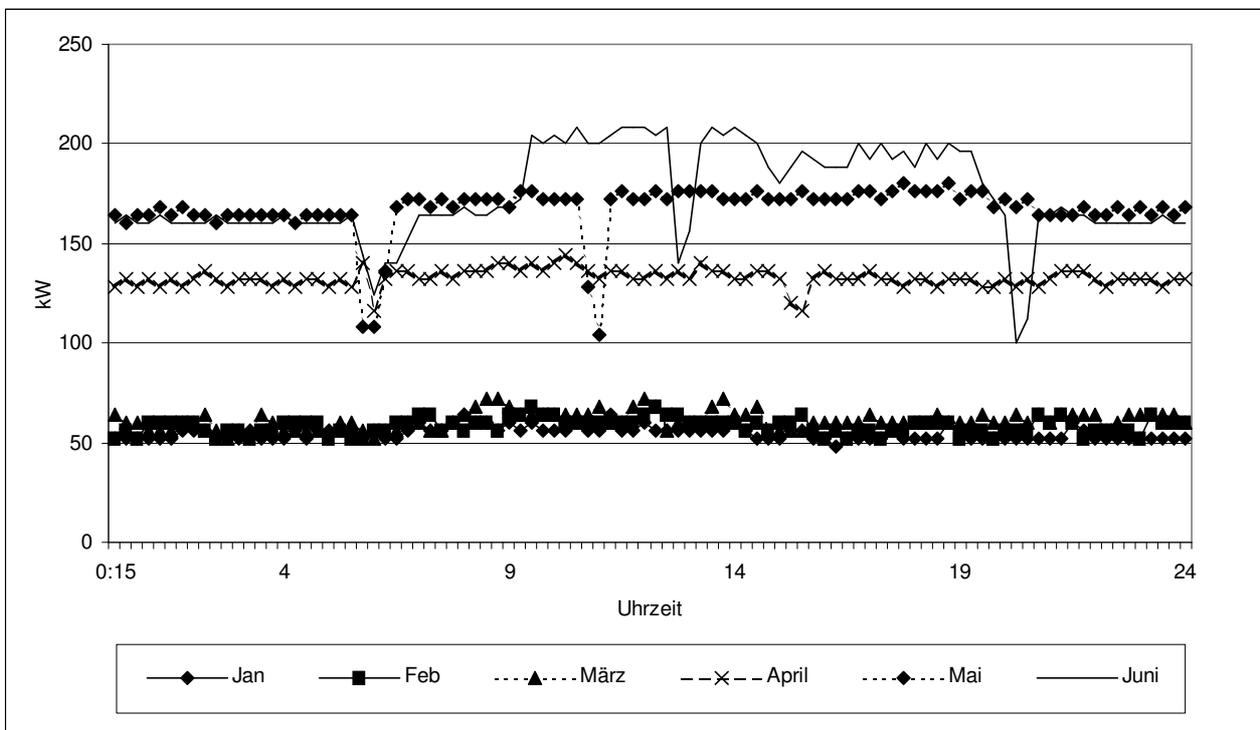
Zur Ermittlung der Stromverbrauchsstruktur im Stadionbad konnte auf schreibende Leistungsmessungen (Fernerfassung durch Mainova) seit Januar 2003 zurückgegriffen werden.

Zusätzlich konnte zur Ermittlung der Verbrauchsstruktur

- auf die internen Verbrauchszählungen zurückgegriffen werden sowie
- eine Identifikation anhand entsprechender technischer Dokumentationen durchgeführt werden.

Im folgenden Bild 2.1.2 ist der Tagesverlauf (jeweils Montags) des Strombedarfs für die Monate Januar bis Juni 2003 dargestellt.

**Bild 2.1.2 Energiekonzept Stadionbad: Tagesgang des Strombedarfs in den Monaten Januar bis Juni 2003**

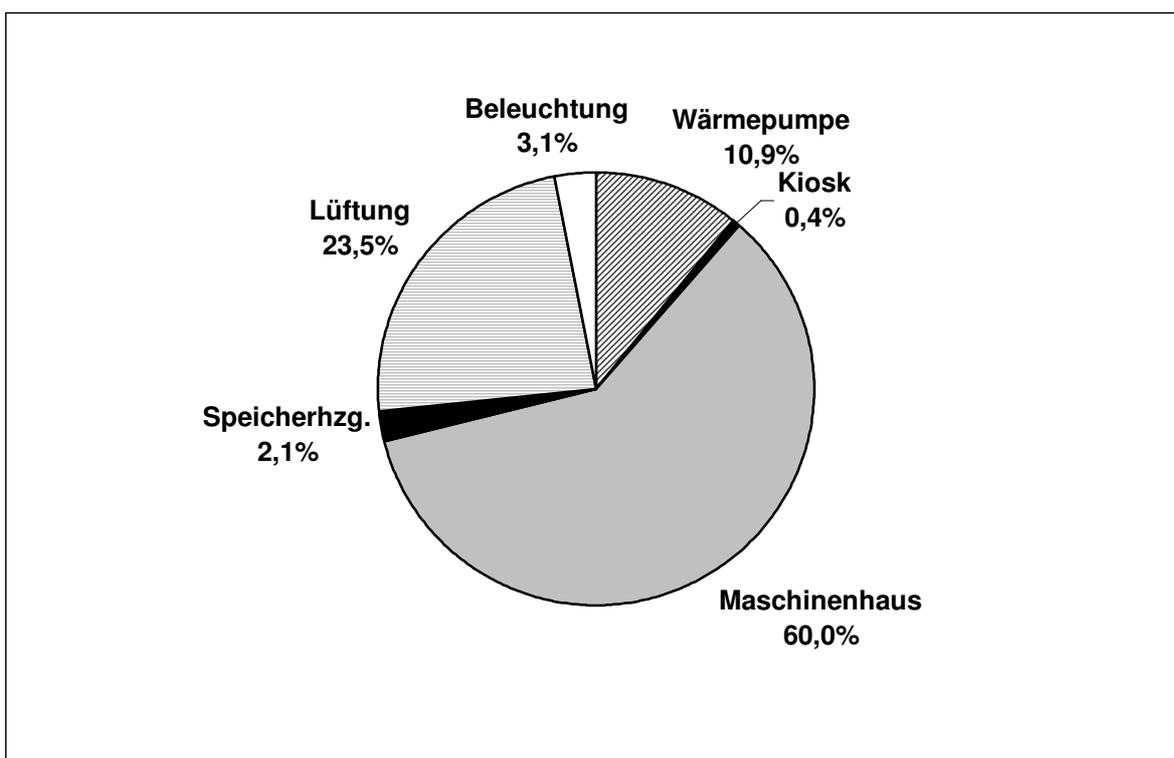


Es ist deutlich zu erkennen, dass in den Zeiten außerhalb der Badesaison (Jan-März) die Stromgrundlast relativ gleichmäßig bei ca. 60 kW liegt. Diese wird vorrangig durch die Lüftungsanlage in der Technik verursacht.

In der Saisonvorbereitungszeit (April) steigt die Grundlast durch das Zuschalten der Badewassertechnik auf ca. 130 kW. Während der Badesaison liegen Grundlastwerte bei 170 kW und im Juni steigen diese während der Öffnungszeit auf über 200 kW an.

In Bild 2.1.3 ist die prozentuale Verteilung des Gesamtstrombedarfs im Freibad für die einzelnen Schwerpunktverbraucher dargestellt. Die entsprechenden absoluten Zahlen sind im Anhang 2.1.1 zusammengefasst.

**Bild 2.1.3 Energiekonzept Stadionbad: Prozentuale Verteilung des Stromverbrauchs auf einzelne Verbrauchergruppen**



Die Hauptverbrauchergruppe mit 60 % stellt der Bereich „Maschinenhaus“ mit den Umwälzpumpen für die Badewassertechnik dar. Den zweitgrößten Anteil mit 23,5 % hat die elektrisch beheizte Lüftungsanlage im Technikbereichen. Die Wärmepumpen für die Badewassererwärmung folgen mit rund 11 %.

## 2.2 Wärmeerzeugung

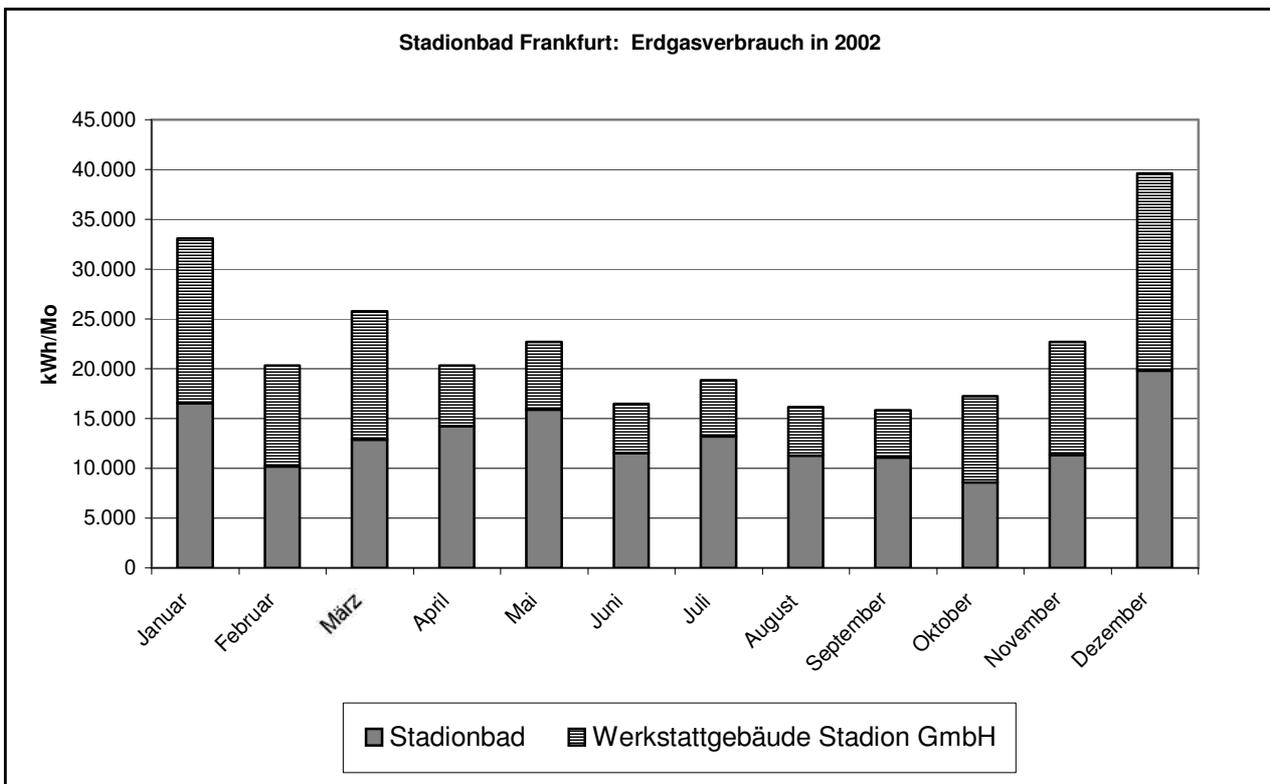
### 2.2.1 Gasverbrauch der Wärmeerzeugung

Als Brennstoff zur Wärmeerzeugung wird im Stadionbad neben Strom für die Wärmepumpen Erdgas H aus dem Versorgungsnetz der Mainova AG für die Heizkessel eingesetzt. Derzeit ist nur eine Übergabestation für den gesamten Bereich der Stadion GmbH vorhanden. Hierüber werden die Wintersporthalle, die Hauptkampfbahn (HKB) und die Tennisanlage erfasst und abgerechnet. Für das Stadionbad wurde im Juli 2001 zur genauen Verbrauchsabrechnung nach tatsächlichem Verbrauch von der Stadion GmbH ein separater Gaszähler installiert (s. Anhang 3.1.1). Dieser wird monatlich abgelesen. Die Rechnungsstellung erfolgt durch die Stadion GmbH.

Da Teile des Werkstattgebäudes Süd-West bis auf weiteres von Mitarbeitern der Stadion GmbH genutzt werden, wurde zwischen Stadion GmbH und dem Sport- und Bäderamt vereinbart, dass in den Wintermonaten (Oktober – März) 50 % des Verbrauchs zu Lasten der Stadion GmbH gehen und in den Sommermonaten 30 %. Die monatlichen Gasgrundkosten werden, entsprechend dem Gasliefervertrag, nach installierter Kesselleistung (262 kW) abgerechnet und komplett dem Bad zugeschlagen.

Da erst seit Juli 2001 eine genaue Verbrauchserfassung und –abrechnung erfolgt ist ein Vergleich zu den Vorjahren nicht möglich. In Bild 2.2.1 ist der monatliche Verlauf des Gasbezugs, getrennt nach Stadionbad und Werkstattgebäude, dargestellt.

**Bild 2.2.1 Energiekonzept Stadionbad: Monatsverlauf des Gasverbrauchs in 2002**



Insgesamt wurden in 2002 im Stadionbad 269.030 kWh<sub>HO</sub> Erdgas verbraucht. Entsprechend der prozentualen Verteilung wurden 156.580 kWh<sub>HO</sub> für das Stadionbad (= 58,2 %) und 112.450 kWh<sub>HO</sub> für das Werkstattgebäude (41,7 %) angesetzt. Die Jahresbezugskosten für Stadionbad und Werkstattgebäude lagen zusammen bei 10.140,- €. Davon wurden dem Freibad 64 % bzw. 6.840,- € in Rechnung gestellt.

## 2.2.2 Verteilung des Heizwärme- und Brennstoffbedarfs

Der tatsächliche Heizwärmebedarf für die Beheizung des Werkstattgebäudes, einzelner Räume im Freibadgebäude Südost sowie für die Duschwarmwasserbereitung wird nicht durch separate Wärmemengenzählungen erfasst.

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 Leitfaden für „energiebewusste Gebäudeplanung“ (vgl. auch Abschnitt 3.2)
- Spezifische Leistungsdaten der Heizkessel und der Warmwasserbereitung
- Angaben des Betreibers bezüglich der täglichen Duschennutzung im Werkstattgebäude (12 Personen pro Tag)

In der folgenden Tafel 2.2.1 sind die Ergebnisse mit den entsprechenden Heizenergie- und Brennstoffverbrauchswerten für die einzelnen Bereiche zusammengestellt.

**Tafel 2.2.1 Energiekonzept Stadionbad – Verteilung des Heizenergie- und Brennstoffbedarfs auf die einzelnen Bereiche**

Grunddaten		Werkstatt		Freibad	Einzelöfen	Gesamt
		Sommer	Winter	Sommer	Geb. Südost	
Heizwärme	in kWh	0	129.500	0	4.250	133.750
Brauchwasser						
Verbrauch	in m <sup>3</sup>	84	84	950	0	1.118
	in kWh	4.385	4.385	49.590	0	58.360
Zirkulationsverluste	in kWh	1.509	2.696	9.055	0	13.260
Speicherverluste	in kWh	456	814	456	0	1.726
BW-Gesamt	in kWh	6.350	7.895	59.101	0	73.345
Gesamtwärme	in kWh	6.350	137.395	59.101	4.250	207.095

Energie- und Brennstoffbilanz		Werkstatt		Freibad	Einzelöfen	Gesamt
		Sommer	Winter	Sommer	Geb. Südost	
Kesselleistung	in kW	84	84	84	7,5	
Abgasverluste	in %	6	6	5	25	
Strahlungsverlust	in %	1,5	1,5	1,5	0,0	
Kesselwirkungsgrad	in %	92,5	92,5	93,5	75,0	
Wärmeerzeugung	in kWh/a	6.350	137.395	59.101	4.250	207.095
Betriebsbereitschaftsverluste	in kWh/a	2.742	3.529	2.158	0	8.429
Verteilungsverluste	in kWh/a	0	2.590	0	0	2.590
Bereitschaftsdauer	in h	3.144	5.616	3.144	3.144	
Vollbenutzungsstunden	in h	76	1.666	704	567	
<b>Brennstoffbedarf</b>	<b>in kWh/a</b>	<b>9.829</b>	<b>155.150</b>	<b>65.517</b>	<b>5.667</b>	<b>236.163</b>
Anlagennutzungsgrad	in %	64,6	88,6	90,2	75,0	

Insgesamt wurden im Stadionbad in 2002 ca. 236.200 kWh<sub>HU</sub> an Brennstoffenergie (Erdgas) zur Wärmeerzeugung eingesetzt. Davon wurden 192.110 kWh an Nutzwärme verbraucht, d.h., 18,6% des eingesetzten Erdgases gingen als Verluste für Erzeugung und Verteilung verloren.

Den größten Anteil mit knapp 66 % am Brennstoffbedarf hat die Gebäudebeheizung für die Werkstatt. Für die Warmwasserbereitung werden 32 % benötigt, wovon wiederum 87 % für das Freibad und nur 13 % für das Werkstattgebäude benötigt werden.

Die Einzelraumbeheizung im Freibadgebäude Südost hat mit einem Anteil von 2,4 % am Gesamtbrennstoffbedarf.

Das Werkstattgebäude hat einen Jahresbrennstoffbedarf von 164.980 kWh. Hieraus errechnet sich ein spezifischer jährlicher Brennstoffbedarf pro m<sup>2</sup> beheizter Nutzfläche von 293,5 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Entsprechend ergibt sich folgende Verteilung auf die beiden Nutzer:

Stadion GmbH:      381 m<sup>2</sup> \* 293,5 kWh/m<sup>2</sup>\*a      =      111.860 kWh/a = 67,8 %

Stadionbad:        181 m<sup>2</sup> \* 293,5 kWh/m<sup>2</sup>\*a      =      53.215 kWh/a = 32,2 %

Unter Berücksichtigung der o.g. Verteilung des Brennstoffbedarfs sowie der ausschließlichen Zuordnung der Gasgrundkosten zum Stadionbad sollte mit der Stadion GmbH über eine Änderung der prozentualen Verteilung verhandelt werden.

## 2.3 Wasserverbrauch

Das Stadiongelände verfügt über mehrere Einspeisungen aus dem Versorgungsnetz der Mainova AG. Für das Freibad befinden sich zwei Zähler in einem Schacht beim Eingang Mörfelder Landstraße (siehe Anhang 3.1.1). Für das Stadionbad besteht mit der Mainova eine Sonderregelung, dass nur für 50 % des Wasserbezugs die entsprechende Kanalgebühr gezahlt werden muss. Eine separate Erfassung und Abrechnung des von der Stadion GmbH verbrauchten Wassers im Werkstattgebäude ist nicht vorgesehen.

Die jährlichen Wasserverbrauchswerte sowie die Bezugskosten für 2000 bis 2002 sind in der folgenden Tafel 2.3.1 dargestellt.

**Tafel 2.3.1 Energiekonzept Stadionbad - Jahreswerte des Wasserbezugs und –kosten von 2000-2002**

Jahr	Wasserverbrauch in m <sup>3</sup> /a	Wasserkosten		
		Wasser in EUR	Kanal in EUR	Gesamt in EURO
2000	42.125	77.537,-	37.153,-	114.690,-
2001	43.838	80.690,-	38.664,-	119.354,-
2002	41.762	76.317,-	36.569,-	112.886,-

Der Wasserbezug und die Bezugskosten sind in den letzten drei Jahren nahezu konstant geblieben. Der durchschnittliche Wasserbezug lag bei 42.575 m<sup>3</sup>/a.

Für folgende Bereiche sind interne Unterzählungen installiert, die monatlich abgelesen werden:

- Chloranlage
- LOS 1: Nachspeisung für Schwimmer- und Springerbecken
- LOS 2: Nachspeisung für Spaßbecken, Rutschbahn und Kinderplanschbecken
- LOS 3: Nachspeisung für Nichtschwimmerbecken
- Pächter: Umkleide West, Kasse, Mutter und Kindraum (seit 2002)
- Rasensprenger (seit 2002)

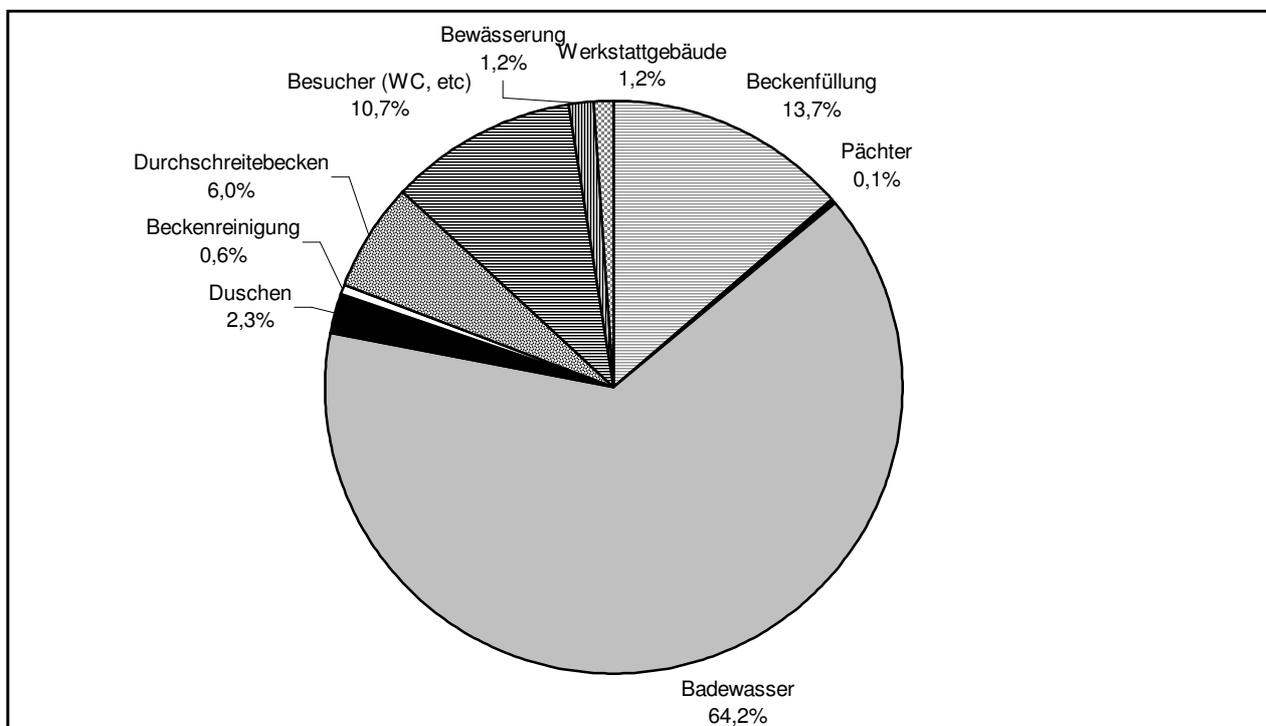
Die einzelnen monatlichen Verbrauchswerte sind im Anhang 2.3.1 zusammengestellt.

Der Gesamtwasserbezug in 2002 von 41.762 m<sup>3</sup> verteilt sich auf die in Bild 2.3.1 dargestellten Verbrauchseinheiten. Hierbei wurde von folgenden Werten bzw. Annahmen ausgegangen:

- **Füllmengen Becken u. Schwallwasserbehälter (Saisonbeginn):** Angabe Schwimmbadleitung: 5.677 m<sup>3</sup>
- **Frischwassereinspeisung Becken:** Unterzählungen Maschinenhaus und LOS 1-3: 26.616 m<sup>3</sup>
- **Warmwasserbedarf Duschen:** Grundlage Gasverbrauch Sommermonat Juli abzüglich WW-Bedarf für Werkstattgebäude: 950 m<sup>3</sup>. Bei einem spezifischen Verbrauch von 30 l/P ergibt sich daraus, dass ca. 25 % der Besucher duschen. Dieser Anteil deckt sich mit Erfahrungen aus vergleichbaren Schwimmbädern ohne Münzduschen.
- **Grundreinigung:** Gesamtverbrauch vor und nach der Saison abzüglich Wasserbedarf für Werkstattgebäude: 250 m<sup>3</sup>

- **Durchschreitebecken:** 8 Stück, tägliche Entleerung, einschl. Duschwasserbedarf: Angabe Stadion GmbH bezüglich Folgekosten des Freibades nach Umbau: 2.502 m<sup>3</sup>
- **Pächter Gastronomie:** Interne Unterzählung: 41 m<sup>3</sup>
- **Bewässerung Tribüne und Rasen:** Interne Unterzählung für Rasen: 377 m<sup>3</sup>; spezif. Wert für Bewässerung für Tribüne 0,5 l/m<sup>2</sup>\*d, bei 1.550 m<sup>2</sup> errechnet sich daraus ein Bedarf von 102 m<sup>3</sup>.
- **Werkstattgebäude:** Annahme für Belegung 17 Personen, 300 Tage pro Jahr Nutzungszeit, spezifischer Wasserverbrauch pro Person 100 l/d: 510 m<sup>3</sup>
- **Sonstiger Verbrauch für Toiletten, kaltes Duschen, etc.:** Differenz zwischen Jahresbezugsmenge und oben genannten Verbrauchern: 4.400 m<sup>3</sup>. Dies entspricht einem spezifischen Verbrauchswert von 43 l pro Besucher, der im Rahmen von Vergleichsobjekten liegt.

**Bild 2.3.1 Energiekonzept Stadionbad: Verteilung des Wasserbedarfs auf die einzelnen Verbraucher**



Die Frischwassereinspeisung für die Schwimmbecken hat mit 64 % den größten Anteil am Gesamtwasserverbrauch des Stadionbades. Zusammen mit der jährlichen Beckenbefüllung ergibt sich sogar ein Anteil von 78 %. Nimmt man noch den Anteil für das Duschwarmwasser hinzu, so müssen rund 80 % des bezogenen Wassers erwärmt werden.

### Umstellung des Wasserbezugstarifes

Der derzeit noch gültige Wasserbezugstarif für das Stadionbad ist an den speziellen Bezugstarif Stadion GmbH gekoppelt. Folgende Bezugskonditionen gelten derzeit:

Wasserpreis: 1,84 €/m<sup>3</sup>  
 Abwassergebühr: 1,76 €/m<sup>3</sup> (abgerechnet werden nur 50 % des Wasserbezugs)  
 Mittelfristig ist von einer Trennung der Verbrauchsstellen Stadionbad und Stadion auszugehen.  
 Für das Stadionbad wäre demnach der AquaBusiness Tarif der Mainova AG maßgebend.  
 Jahresgrundpreis: 14.124,- € (inkl. einer Messung)  
 Wasserpreis: 1,54 €/m<sup>3</sup>  
 Abwassergebühr: 1,76 €/m<sup>3</sup>

Bei der Stadt Frankfurt kann jährlich für folgende Bereiche die Rückerstattung der Kanalbenutzungsgebühr beantragt werden, die in Folge von Verdunstung und Versickerung nicht in die Entwässerungsanlage eingeleitet werden:

- Verdunstete Beckenwassermenge = 4.925 m<sup>3</sup>/a (Durchschnittl. Wassertemperatur 24°C, durchschnittl. Lufttemperatur im Sommer 16,8°C<sup>3</sup>, 3.150 m<sup>2</sup> Beckenwasserfläche, Windgeschwindigkeit 2 m/s)
- Wassermenge für die Pflanzenbewässerung = 377 m<sup>3</sup>/a (vgl. Anhang 2.3.1)

In der folgenden Tafel 2.3.2 sind als Vergleich die jährlichen Wasserbezugskosten für den Ist-Zustand und den AquaBusiness Tarif der Mainova AG mit Rückerstattung der Kanalgebühren

**Tafel 2.3.1 Energiekonzept Stadionbad – Vergleich der Jahreswerte des Wasserbezugskosten für den Ist-Zustand und den AquaBusiness Tarif der Mainova**

Jahresgesamtwasserbezug	in m <sup>3</sup> /a	42.575	
Pflanzenbewässerung	in m <sup>3</sup> /a	377	
Beckenwassernachspeisung	in m <sup>3</sup> /a	4.925	
		Ist-Zustand	AquaBusiness mit Rückerstattung
Wasserbezugspreis	in €/a	78.340,-	65.565,-
Grundpreis	in €/a		14.125,-
Abwassergebühr	in €/a	37.465,-	74.930,-
Rückerstattung Kanalgebühr	in €/a		-9.330,-
<b>GESAMTBEZUGSKOSTEN</b>	<b>in €/a</b>	<b>115.805,-</b>	<b>145.290,-</b>

Durch die Trennung der Verbrauchsbereiche Stadion GmbH und Stadionbad ist von einer Erhöhung der Wasserbezugskosten von rund **29.500,- €** auszugehen. Die Wasserbezugskosten liegen in etwa gleich, die entscheidende Kostensteigerung ergibt sich im Bereich der Abwassergebühren. Durch die Rückvergütung kann die Kanalgebühr nur um etwa 12,5 % reduziert werden.

<sup>3</sup> vgl. DIN 4710 – Meteorologische Daten für Frankfurt/Main

### 3. Stammdaten zur Liegenschaft

#### 3.1 Allgemeine Objektbeschreibung

Im Juni 1926 wurde das Stadionbad in seiner ursprünglichen Form fertiggestellt. Nach einem umfangreichen Umbau in den Jahren 1986-87 wurde das Freibad in seiner heutigen Form am 13. Juni 1987 eröffnet und in Betrieb genommen. Das Grundstück hat eine Gesamtfläche von ca. 47.900 m<sup>2</sup>, woran die Becken einen Anteil von 3.167 m<sup>2</sup> haben. 2.350 m<sup>2</sup> der Fläche sind bebaut (Personal, Büro, Umkleide, etc.) und ca. 17.700 m<sup>2</sup> dienen als Spiel- und Liegeweise.

In Tafel 3.1.1 sind die Daten der vorhandenen Becken zusammengestellt.

**Tafel 3.1.1 Energiekonzept Stadionbad – Beckendaten**

Becken	Fläche in m <sup>2</sup>	Volumen in m <sup>3</sup>	Wassertemperatur in °C
Schwimmer	1.050	2.179	23°C – 24°C
Springer	357	1.499	23°C – 24°C
Spaßbecken 2	1.124	1.270	19°C – 24°C
Spaßbecken 1	186	180	19°C – 24°C
Planschbecken	126	30	19°C – 24°C
Rutschbahn	11	44	19°C – 24°C
Nichtschwimmer	312,5	352	21°C – 24°C
<b>GESAMT</b>	<b>3.166,5</b>	<b>5.554</b>	

Bis Juni 2001 befand sich das Stadionbad in der Verwaltung der stadteigenen Stadion GmbH, die u.a. auch das Waldstadion, die Tennisanlage und die Wintersporthalle verwaltet. Im Juli 2002 ist die Verwaltung des Stadionbades auf das Sport- und Bäderamt der Stadt Frankfurt übergegangen.

Das Werkstattgebäude wird aber weiterhin von der Stadion GmbH für deren Mitarbeiter genutzt. Der Imbissbereich (vornehmlich mobile Buden) ist während der Badesaison verpachtet und wird strom- und wasserseitig erfasst und abgerechnet.

In Tafel 3.1.2 sind die Besucherzahlen sowie die Öffnungszeiten der vergangenen drei Jahre aufgeführt.

**Tafel 3.1.2 Energiekonzept Stadionbad – Besucherzahlen und Öffnungszeiten**

Jahr	Besucherzahl	Öffnungszeit	Tage /Saison	Stunden / Saison
2000	114.378	29.04-17.09	142	1.704
2001	147.956	12.05-09.09	113	1.469
2002	103.245	01.05-08.09	131	1.703

Da die Besucherzahlen stark witterungsabhängig sind kann keine eindeutige Tendenz festgestellt werden.

## 3.2 Gebäude und Bauteile

Im Stadionbad wird nur das Werkstattgebäude durchgehend beheizt. Derzeit erfolgt eine Nutzung durch die Stadion GmbH sowie durch der Personal des Stadionbades. Erbaut wurde das dreigeschossige Gebäude 1926. Beheizt werden das Unter- und das Obergeschoss. Das Erdgeschoss dient als Abstellbereich, Lager und WC-Anlage für den Badebetrieb im Sommer. Im Rahmen der Sanierung Mitte der Achtziger Jahre wurde auch eine bautechnische Sanierung mit einer Verbesserung des Wärmeschutzes (Außen, Fenster, Dach) vorgenommen.

### 3.2.1 Gebäudekenndaten

Die Bestandspläne zur Berechnung der Hüllflächen bzw. die Baubeschreibungen zum Aufbau der Gebäudehüllflächen der einzelnen Bauteile, lagen nur unvollständig vor. Für die Ermittlung der Flächen/Volumen konnte nur auf Gebäudegrundrisse / Schnitte (nicht maßstäblich) sowie durch Inaugenscheinnahme vor Ort und in Gesprächen mit dem Auftraggeber/Nutzer zurückgegriffen werden.

#### Gebäudeflächen und -volumen

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

**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 charakteristische 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 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-Methode<sup>4</sup> 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 das Werkstattgebäude errechnet sich ein Gebäudewärmebedarf von rund **62,5 kW**. Der spezifische Wärmebedarf liegt bei 111 W/m<sup>2</sup>.

#### Ermittlung des Heizwärmebedarfs

Als Instrument zur planerischen Bearbeitung eines verbesserten Wärmeschutzes steht der Leitfaden „Energiebewusste Gebäudeplanung“ (1996) des Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit zur Verfügung. Diese Leitfaden basiert auf der bewährten Norm des schweizerischen Ingenieur und Architekten Vereins (SIA 380/1 - Energie im Hochbau“). Durch die Ermittlung der **Heizenergiekennzahl** wird ein Wert eingeführt, der ein Maß für die „thermische Güte“ eines Gebäudes darstellt.

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), andererseits die Wärmegewinne durch die solare Einstrahlung und durch die Wärmeabgabe von Per-

---

<sup>4</sup> Vgl. Recknagel/Sprenger/Schrameck: Taschenbuch der Heizung und Klimatechnik 94/95, Oldenbourg-Verlag,

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

Um den ermittelten Wert für den Nutzheizenergiebedarf nutzerunabhängig und somit vergleichbar zu machen, sind bei dem Berechnungsverfahren Standardwerte für die Nutzung der Gebäude hinterlegt. Durch die Ermittlung der **Heizenergiekennzahl** wird darüber hinaus ein Wert eingeführt, der ein Maß für die „thermische Güte“ eines Gebäudes darstellt. Des Weiteren steht durch die Ermittlung der Energiebilanz ein Instrument zur Verfügung, mit dem der Wärmeschutz des Gebäudes ökonomisch optimiert werden kann.

Für das Werkstattgebäude des Stadionbads wurde, entsprechend dem beschriebenen Berechnungsgang des Leitfadens „Energiebewusste Gebäudeplanung“, der Heizenergiebedarf ermittelt. 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.

Die nach dem hessischen Leitfaden berechneten Transmissions- und Lüftungswärmeverluste betragen für das Stadionbad rund 140.140 kWh/a, woran die Lüftungswärmeverluste nur einen Anteil von 16 % haben. Bei den Transmissionswärmeverlusten liegt der höchste Anteil bei den Dachflächen (30,2 %). Die Außenwand hat einen Anteil von fast 27 % an den Transmissionswärmeverlusten. Der Fußboden des Obergeschosses (Wärmeverluste nach unten gegen Außenluft) hat einen Verlustanteil von 18,9 %.

### **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.

**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 Zimmertemperatur aufgeheizt werden muss.

Für das Stadionbad errechnen sich jährliche Wärmegewinne in Höhe von 10.640 kWh. Die Solarerträge haben daran einen Anteil von 64 % und die Inneren Wärmegewinne von 36 %.

## HEIZWÄRMEBEDARF

Der Heizwärmebedarf ergibt sich aus dem Nutzenergiebedarf für Transmission und Lüftung abzüglich der Wärmegewinne und ist in Tafel 3.2.1 zusammengestellt.

**Tafel 3.2.1 Energiekonzept Stadionbad – Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs und des Energiekennwert Heizung**

Transmissions- / Lüftungswärmeverluste	$Q_V$	140.140	kWh/a
Wärmegewinne	$Q_G$	10.640	kWh/a
<b>Heizwärmebedarf</b>	<b><math>Q_H=Q_V-Q_G</math></b>	<b>129.500</b>	<b>(kWh/a)</b>
Energiekennwert Heizwärme	$Q_H/EBF$	230,2	(kWh/m <sup>2</sup> a)
Grenzwert		75	(kWh/m <sup>2</sup> a)
Grenzwertüberschreitung		207	(%)
Grenzwert erfüllt		<b>Nein</b>	

Der auf die Energiebezugsfläche bezogene Heizenergiebedarf liegt mit 230 kWh/m<sup>2</sup>a ca. 207 % über dem Grenzwert nach hessischen Leitfaden für neu zu errichtende Gebäude.

Der derzeitige Wärmeschutz und der Heizenergiebedarf des Stadionbades können wie folgt bewertet werden:

- Der rechnerisch ermittelte Jahresheizwärmebedarf beträgt **129,5 MWh** für die Raumbeheizung. Der Gebäudewärmebedarf liegt bei rund 62,5 kW, was einem spezifischen Wärmebedarf von 111 W pro Quadratmeter Nutzfläche entspricht.
- Der geforderte Grenzwert des spezifischen Heizenergiebedarfs nach Hessischem Leitfaden für neu zu errichtende Gebäude von 75 kWh/m<sup>2</sup>a wird bei weitem nicht erreicht, sondern mit 230 kWh/m<sup>2</sup>a um 207 % überschritten. Aus den ermittelten Werten kann somit ein relevantes Einsparungspotential abgeleitet werden, das durch bauliche Wärmeschutzmaßnahmen realisiert werden könnte.
- Das Gebäude ist bautechnisch in Ordnung und Maßnahmen aus Gründen der Bauerhaltung stehen nicht an. Aus diesem Grund müssten sämtliche Optimierungen des Wärmeschutzes aus energetischen Gründen realisiert werden. Hierfür errechnet sich aber für keine Maßnahme eine Wirtschaftlichkeit, die, gemäß Aufgabenstellung, eine Amortisationszeit von weniger als 10 Jahren erfordert.

Beispielweise könnte die Decke zum Obergeschoss mit 6 cm PS-Platten zusätzlich von unten gedämmt werden. Den Investitionskosten hierfür in Höhe von ca. 18.200 € und den daraus folgenden Kapitalkosten von rund 1.400 €/a stehen aber nur jährliche Energiekosteneinsparungen von 735 € gegenüber, so dass sich keine Wirtschaftlichkeit ergibt. Der Heizenergiebedarf des Werkstattgebäudes könnte jedoch durch diese Maßnahme um 15 % reduziert werden, so dass sie aus energetischen Gründen zu empfehlen wäre.

### 3.3 Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen

Die Wärmeversorgung für das Stadionbad muss in die Bereiche Beckenwassererwärmung, Duschwarmwasserbereitung sowie Gebäudebeheizung unterteilt werden. Folgende Anlagen befinden sich auf dem Gelände des Stadionbades:

**Beckenwassererwärmung:** Luft-Wasser-Wärmepumpe mit vier Verdampfern und einer übertragbaren Wärmeleistung von insgesamt 592 kW. Die Anlage befindet sich in dem Freibadgebäude Südost.

#### **Duschwarmwasserbereitung:**

Umkleidegebäude West: Direkt gasbefeuerter Warmwasserspeicher

Umkleidegebäude Ost: Gasheizkessel mit separatem Warmwasserspeicher

Freibadgebäude Südost: Elektrospeicher für Behindertenbereich

Werkstattgebäude: Gasheizkessel mit separatem Warmwasserspeicher

#### **Gebäude-/Raumbeheizung:**

Werkstattgebäude Südwest: Beheizung der Werkstätten und Personalräume mit einer zentralen Heizungsanlage mit atmosphärischem Gasspezialkessel.

Freibadgebäude Südost: 2 St. gasbeheizte Einzelöfen für Sanitärräume/Behindertenraum, ein elektrischer Speicherofen für Büroraum Schwimmbadleitung.

WC-Gebäude Ost: 1 St. gasbeheizter Einzelöfen für Mutter- und Kindräume

#### 3.3.1 Stammdaten der Wärmepumpenanlage zur Beckenwassererwärmung

Im Zuge der Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen im Stadionbad wurde 1987 eine Luft/Wasser-Wärmepumpenanlage zur Beheizung der Beckenwassers installiert. Die Anlage besteht aus vier Verdampfern, zwei Verdichter- und Verflüssigersätzen sowie zwei Pumpen zur Umwälzung des Beckenwassers.

In der Wärmepumpe wird im Kreisprozess das Kältemittel R 22 unter Wärmezufuhr aus der Umgebungsluft bei ca. +5°C verdampft, anschließend verdichtet, wobei die Temperatur des Mediums auf ca. 40°C ansteigt und dann in einem Kondensator unter Wärmeabgabe an das Badewasser wieder verflüssigt. Das unter hohem Druck stehende flüssige Kältemittel wird vor dem Eintritt in den Verdampfer entspannt, wodurch es sich auf ca. 5°C abkühlt und erneut unter Entzug der Verdampfungswärme aus der Luft in die gasförmige Phase übergeht.

Die vier Verdampfer befinden sich zwischen dem Freibadgebäude Südost und der Mörfelder Landstraße. Je zwei Verdampfer sind parallel geschaltet und mit einer gemeinsamen Dampf- und Flüssigkeitsleitung an einen Wärmepumpensatz angeschlossen.

In Tafel 3.3.1 sind die wichtigsten technischen Daten der Wärmepumpenanlage zusammengefasst.

**Tafel 3.3.1 Energiekonzept Stadionbad: Stammdaten der Wärmepumpenanlage**

Hersteller	Trane
Typ	LHEC 108 E
Baujahr	1987
Anzahl der Verdampfer	4
Wärmeleistung je Verdampfer	120 kW
Luftdurchsatz	47.520 m <sup>3</sup> /h
Mindest-Lufteintrittstemperatur	12 °C
Kältemittel	R 22 (36 kg)
Anzahl Verdichter	2
Verdichterleistung	51 kW
Kältemittel	R 22 (19 kg)
Anzahl Wärmepumpensätze	2
Heizleistung je WP-Satz	291 kW
Beckenwasserstrom je WP-Satz	42,25 m <sup>3</sup> /h
Umwälzpumpen	
Anzahl	2
Hersteller / Typ	Herborner Uniblock 4/65-F
Volumenstrom	55 m <sup>3</sup> /h
Förderhöhe	11,5 mWS
Leistungsaufnahme	3 kW

Pro Wärmepumpensatz kann die Verdampferleistung von 240 kW zuzüglich der Verdichterleistung von 51 kW dem Badewasser als Nutzleistung zugeführt werden. Bei einem Teilstrom von 42,25 m<sup>3</sup>/h wird das Badewasser um 6 K von 24 °C auf 30 °C erwärmt.

Den Springer- und Schwimmerbecken werden stündlich 625 m<sup>3</sup> Oberflächenwasser über das Rinnensystem entnommen und durch Filterung und Chlorung aufbereitet. Sinkt die Beckenwasserablaufstemperatur unter den Sollwert von 24 °C, wird hinter Filtration/Chlorung ein Teilstrom von max. 84,5 m<sup>3</sup>/h mittels der beiden Kreiselpumpen entnommen und in den beiden Kondensatoren der WP-Anlage von 24 °C auf 30 °C erwärmt.

Das erwärmte Wasser wird mit der übrigen Umwälzwassermenge wieder gemischt und tritt mit ca. 25 °C wieder in den Beckenwasserkreislauf ein. Für eine bedarfsgerechte Leistungsregelung zu ermöglichen wurde eine stufige Regelung (4 Stufe 33, 50, 66 und 100 % je WP-Einheit) vorgesehen.

Zusätzlich wird die Außenlufttemperatur erfasst, da die WP-Anlage unter 12 °C wegen Vereisungsgefahr abgeschaltet werden muss. Die WP-Anlage wird ebenfalls bei einer Filterrückspülung stufenweise abgeschaltet.

### 3.3.2 Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen zur Warmwasserbereitung

Im Stadionbad sind insgesamt 4 Anlagen zur Duschwarmwasserbereitung installiert. Die Tafel 3.3.2 zeigt die Stammdaten der Wärmeerzeugungsanlagen, Warmwasserspeicher und Verteilsysteme.

**Tafel 3.3.2 Energiekonzept Stadionbad: Stammdaten der Warmwasserbereitungsanlagen**

Standort / Versorgungsbereich	Umkleidegebäude West	Umkleidegebäude Ost	Werkstattgebäude Südwest	Freibadgeb. S/O Behindertenbereich
Hersteller/Typ	Hydrotherm GSX 89/B11	Viessmann Vitogas 100	Viessmann Vitogas 100	Stiebel Eltron SH 30
Bauart	Direktbefeuerter Speicher mit atmosph. Gasbrenner	NT-Gasheizkessel mit atmosph. Brenner	NT-Gasheizkessel mit atmosph. Brenner	Elektrisch beheizter Speicher
Baujahr	1997	2000	2000	k.A.
Nennwärmeleistung	88 kW	84 kW	84 kW	4 kW
Abgasverlust <sup>5</sup>	8 %	5 %	6 %	-
Speichertyp		Fröhling	CVA	SH 30
Speichergroße	280 l	1.000 l	1.000 l	30 l
Baujahr	2000	1979	2000	k.A.
Speicherladepumpe Leistung	-	TOP S 40/4	Wilo VHU / 70 r 115 W	-
Zirkulationspumpe Leistung Regelung	Wilo Z 20 38 W Keine Unterbrechung	Grundfos UM 25 60 W Keine Unterbrechung	Wilo Z 20 38 W Unterbrechung mittels Regelung	-

Zum Schutz vor Legionellen werden die Speicher einmal pro Woche von Hand auf 70 °C hochgeheizt.

### 3.3.3 Stammdaten der Wärmeversorgungsanlagen zur Raumbeheizung

Auf dem Gelände des Stadionbades sind folgende Wärmeerzeuger zur Raumbeheizung installiert:

**Werkstattgebäude Südwest:** Hier wurde in 2001 ein neuer atmosphärischer Gas-Spezialkessel zur Beheizung der Werkstatt und der Personalräume für die Stadion GmbH sowie den Personalräumen des Stadionbades installiert. Die technischen Daten können der Tafel 3.3.2 entnommen werden.

**Freibadgebäude Südost:** Für die Sanitätsräume sind zwei Gas-Einzelöfen mit Außenanschluss der Fa. Justus Typ 870-25 mit einer Nenn-Wärmeleistung von 2,9 kW installiert. Der Wirkungsgrad für diese Geräte liegt bei 81,7 %.

<sup>5</sup> vgl. Bezirksschornsteinfeger: „Bescheinigungen über das Ergebnis der Abgasmessung“, Frankfurt, 07.02

Des Weiteren ist im Büroraum der Schwimmbadleitung ein Strom-Speicherofen mit einer Leistung von 6 kW installiert

**WC-Gebäude Ost:** Für den Mutter- und Kindbereich ist entsprechend dem Freizeitgebäude ein Gas-Einzelofen der Fa. Justus mit den genannten Leistungsdaten eingebaut.

### 3.3.4 Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen

Hinsichtlich seines Zustandes und seiner Konzeption ist das Warmwasserheizsystem im Stadionbad wie folgt zu bewerten:

- Die Heizkessel für Werkstatt und Umkleidegebäude Ost wurden in den vergangenen beiden Jahren erneuert und können als technisch in Ordnung bewertet werden.  
Der Heizkessel in der Umkleide Ost wird nur 4 bis 5 mal pro Jahr (Stoßzeiten im Sommer) genutzt, da die Schließanlage dort nicht ausreichend sicher ist.  
Der direkt gasbefeuerte Warmwasserspeicher im Umkleidegebäude West stellt im Normalbetrieb die Wärmeversorgung für Duschzwecke im Stadionbad sicher.
- Die Beckenwassererwärmung stellt für den Einsatz der Luft/Wasser-Wärmepumpenanlage im Stadionbad einen günstigen Betriebsfall dar. Die Leistungszahl liegt zwischen 4 und 5, d.h., die Heizleistung zur Wassererwärmung ist 4-5 mal so hoch wie die für den Betrieb benötigte elektrische Energie.  
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 Wärmepumpe hat mit einem Alter von 16 Jahren noch nicht das Ende der üblichen technischen Nutzungsdauer von 18 Jahren<sup>6</sup> erreicht. Jedoch ist in den nächsten Jahren mit zusätzlichen Kosten für die Instandhaltung zu rechnen. Aus diesem Grund ist zu prüfen, ob andere Beckenwasserbeheizungsarten wie Heizkessel und/oder Solarabsorberanlage zukünftig aus energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten im Stadionbad sinnvoller sind (**vgl. Maßnahme 3.3.I**).  
Des Weiteren können die Wärmeverluste durch Beckenabdeckungen reduziert werden.
- Der Einsatz von elektrischer Energie zur Raumbeheizung mittels Elektrospeicherofen im Büroraum der Bäderleitung im OG des Freibadgebäudes Südost ist nicht zu empfehlen. Des Weiteren ist die Regelung des Ofens defekt. Hier sollte, wie in den Sanitätsbereichen, ein Gaseinzelofen installiert werden. Die entsprechende Gasleitung ist in unmittelbarer Nähe im EG verlegt (**vgl. Maßnahme 3.3.II**).

---

<sup>6</sup> vgl. VDI-Richtlinie 2067 Blatt 6 „Berechnung der Kosten für Wärmepumpenanlagen“

- Die Duschwarmwasserbereitung für die Besucher während der Badesaison könnte aus energetischen Gesichtspunkten durch eine thermische Solarenergienutzung ergänzt werden (**vgl. Maßnahme 3.3.III**).
- Die Warmwasserversorgung in den Umkleidegebäuden verfügen über keine Zirkulationsunterbrechung. Diese sollte mittels entsprechender Zeitschaltuhren für die Zirkulationspumpen ergänzt werden (**vgl. Maßnahme 3.3.IV**).
- Einzelne Rohrleitungen und Armaturen sind nicht ausreichend gedämmt. Diese sind nach EnEV bis Ende 2006 mit einer ausreichenden Isolierung nachzurüsten (**vgl. Maßnahme 3.3.V**).

### **Optimierung der Beckenwassererwärmung**

Von den Becken des Stadionbades werden derzeit nur das Schwimmer- und das Springerbecken (LOS 1) sowie das Nichtschwimmerbecken (LOS 3) durchgängig beheizt. Eine Beheizung der Becken von LOS 2 findet nur sporadisch statt. Relevante Einspareffekte sind somit nur bei der Beheizung der Becken der LOSE 1 und 3 zu erzielen.

### **Maßnahme 3.3.Ia Optimierung der Beckenwassererwärmung**

Im Hinblick auf das Ende der technischen Nutzungsdauer der bestehenden Wärmepumpenanlage und der damit verbundenen Ersatzbeschaffung für die Beckenwassererwärmung wird der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage dem einer Gas-Brennwertkesselanlage gegenübergestellt. Die Errichtung einer Kesselanlage bedingt einen zusätzlichen baulichen Aufwand für die Schaffung eines Heizraums und des Abgassystems sowie der Herstellung einer Gasversorgung und Wärmeverteilung. Für die Wärmepumpenanlage kann die bestehende Peripherie (Rohrleitungen, Elektroanschluss, etc.) weiter genutzt werden.

### **Maßnahme 3.3.Ib Installation einer Beckenabdeckung**

Für die drei geometrisch günstigen und beheizten Becken (Schwimmer-, Springer- und Nichtschwimmerbecken), die eine Gesamtbeckenfläche von insgesamt 1.720 m<sup>2</sup> aufweisen, könnten entsprechende Beckenabdeckungen installiert werden, um die Wärmeverluste zu reduzieren.

### **Maßnahme 3.3.Ic Installation einer Solarabsorberanlage**

Die Maßnahme könnte durch die Installation einer Solar-Absorberanlage auf dem Dach des Freibadgebäudes „Südost“ erfolgen. Aufgrund des eingeschränkten Platzangebotes würde die Absorberfläche hierbei nur etwa 300 m<sup>2</sup> betragen. Sinnvollerweise sollte die Solaranlage ausschließlich in den Filterkreis des Nichtschwimmerbeckens, das eine Fläche von 312,5 m<sup>2</sup> aufweist, integriert werden. Hierbei sollte die oben beschriebenen Abdeckung des Beckens in die Bewertung einbezogen werden. Die Nachheizung erfolgt über die vorhandene Luft-Wasser-Wärmepumpe.

### **Maßnahme 3.3.II Austausch des Elektrospeicherofens im Büro der Freibadleitung**

Der vorhandene Elektrospeicherofen könnte ohne großen baulichen Aufwand durch einen Gas-Einzelofen mit Abgas-Außenwandanschluss ersetzt werden.

### **Maßnahme 3.3.III Thermische Solaranlage zur Duschwarmwasserbereitung im Freibad**

Auf dem Dach des Umkleidegebäudes West könnte eine thermische Solaranlage mit einer Kollektorfläche von 28 m<sup>2</sup> (Aufständigung auf 40° Neigung und Ausrichtung nach Süden) und im Heizraum ein 1000 l Pufferspeicher zur Speicherung der Solarwärme installiert werden. Mit dieser Anlage, die als Vorerwärmung des Duschwassers (durchschnittlich 2,6 m<sup>3</sup> pro Tag) genutzt werden könnte, würde ein solarer Deckungsgrad von rund 37 % erreicht werden. Die Nachheizung würde durch die vorhandene direkte Beheizung des Speichers sichergestellt.

### **Maßnahme 3.3.IV Einbau einer Zirkulationsunterbrechung in die Warmwasserverteilung des Umkleidegebäudes WEST**

Zur Reduzierung des Heizenergie- sowie des Strombedarfs für die Warmwasserbereitung im Umkleidegebäude West, sollte die vorhandene Zirkulationspumpe mit einer entsprechenden Zeitschaltuhr mit automatischen Tagesprogramm nachgerüstet werden.

### **Maßnahme 3.3.V Nachträgliche Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen**

Durch nicht isolierte Rohrleitungen und Armaturen wird Wärme an unbeheizte Räume abgegeben. Dies betrifft im Umkleidehaus Ost 5 Armaturen und 10 m Rohrleitung (DN 40-50), im Umkleidegebäude West ca. 10 m Kupfer-Rohrleitungen (35x1,5mm) sowie im Werkstattgebäude mehrere Armaturen und 10 m Kupfer-Rohrleitungen (42x1,5 mm). Diese Bereiche sind nachträglich durch das Anbringen einer Isolierung (z.B. Mineralfaser mit Alu-Grobkornummantelung) gegen Wärmeverluste zu schützen. Diese Maßnahme entspricht den gesetzlichen Anforderung nach EnEV und ist bis zum Jahre 2006 umzusetzen.

### 3.4 Stammdaten der Lüftungsanlagen

Im Stadionbad wurden in den Technikzentralen nachträglich mechanische Belüftungsanlagen installiert. Das Zuluftgerät in der Hauptzentrale verfügt über eine Luftmenge von 7.800 m<sup>3</sup>/h und wird mit einem elektrischen Heizregister erwärmt. Als Regelung ist eine stetig konstante Zulufttemperaturregelung eingebaut, die über eine Zeitschaltuhr gesteuert wird. Im Winter wird die Anlage durchgehend im Umluftbetrieb gefahren, um eine einigermaßen akzeptable Raumtemperatur von 15-16°C zu erreichen. In den Sommermonaten wird die Anlage für den Frischlufteintrag ohne Beheizung verwendet.

Auch der Technikeller des Planschbeckens wird mechanisch belüftet und die Außenluft wird dabei mittels Elektro-Lufterhitzer erwärmt. Die Anlage wird über Temperatur- oder Feuchtegrenzwerte ein- und ausgeschaltet.

In Tafel 3.4.1 sind die technischen Daten der Anlage zusammengestellt.

**Tafel 3.4.1 Energiekonzept Stadionbad: Stammdaten der Lüftungsanlagen**

Standort	Technikzentrale	Technikkeller Planschbecken
Hersteller/Typ	Wolf KG 100	Maico Airtherm DZF 35/4H
Baujahr	1990	
Zuluft-Volumenstrom	7.800 m <sup>3</sup> /h	1.280 m <sup>3</sup> /h
Motorleistung	3 kW	0,155 kW
Heizleistung	40 kW	6 kW

#### 3.4.1 Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen

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

- Die RLT-Anlagen wurden in den Technikbereichen nachträglich installiert, um die anfallenden Arbeiten in den Wintermonaten zu ermöglichen und um den Feuchtegehalt zu reduzieren. Die elektrische Beheizung stellt aber mit einem Anteil von über 23 % am Gesamtstromverbrauch eine energetisch und wirtschaftlich ungünstige Lösung dar. Als **Maßnahme 3.4.I** wird untersucht, ob eine Wärmeversorgung der Lüftungsanlage für den Technikbereich mittels Erdgaskessel erfolgen kann.

#### **Maßnahme 3.4.I Umstellung der Beheizung für die Lüftungsanlage „Technikebene“ auf Heizwasserbetrieb**

Der Stromverbrauch für die Lüftungsanlage in der Technikebene liegt bei ca. 219.000 kWh pro Jahr. Bei einem spezifischen Strompreis von 8,4 Cent/kWh (inkl. Ökosteuern) errechnen sich daraus jährliche Stromkosten für die Beheizung der Technikebene von 18.400,- €.

Der Einbau eines Heizregisters für Pumpenheizwarmwasser lässt sich ohne größeren Aufwand realisieren. Die Wärmeversorgung könnte vom Heizraum des Werkstattgebäudes erfolgen. Allerdings müsste in der Heizzentrale ein zusätzlicher Heizkessel installiert werden, da die Leistung des vorhandenen Kessels (84 kW) nicht ausreicht.

### 3.5 Stammdaten der Badewassertechnik

Die Schwimmbecken sind in drei Bereiche mit separaten Wasserkreisläufen unterteilt:

LOS 1: Schwimmer- und Springerbecken

LOS 2: Spaßbecken 1 und 2, Planschbecken, Rutschbahnbecken

LOS 3: Nichtschwimmerbecken

Die Beckenwasseraufbereitung erfolgt gemäß DIN 19643 nach Verfahren A (Flockung – Filtration – Chlorung). Die Filterung des Schwimmbadwassers erfolgt über Schnellfiltersysteme. Konstruktiv handelt es sich hierbei um Zweischichtfilteranlagen mit insgesamt 8 zylindrischen Behältern, die über mindestens zwei unterschiedliche Filtermaterialien Sand/Kies und Hydro/Anthrazit verfügen.

Die Wasserumwälzung erfolgt über Normpumpen, von denen eine an die Schwallwasserbehälter und die zweite direkt an die Sammelleitung der Beckenbodenabläufe angeschlossen ist.

Jeder Filterbehälter wird in der Regel 2 mal pro Woche rückgespült. Bei schlechtem Wetter und dem daraus resultierenden geringeren Besuch bzw. Belastung des Beckenwassers, werden die Filter nur 1 x pro Woche gespült. Hierbei werden pro Filter 30 bis 35 m<sup>3</sup> Spülwasser benötigt. Das gleichzeitige Spülen von zwei Filtern ist nicht möglich, da der Kanal im Technikbereich diese Wassermenge nicht aufnehmen kann: Die Dauer eines Spülvorgangs liegt bei ca. 40 min.

Die Beckeneinströmung erfolgt an den beiden Längsseiten, durch gegeneinander versetzt angeordnete Einströmdüsen. 50 % der Wassermenge wird über dem Beckenboden entnommen, die übrigen 50 % fließen über die Überlaufrinnen ab. Das Durchströmungsprinzip der Spaß- und Planschbecken weicht insofern davon ab, dass 100 % der an den Beckenwänden eingespeisten Menge über die Überlaufrinne abgeleitet werden.

In der Tafel 3.5.1 sind die wesentlichen Daten der Betriebstechnischen Anlagen für das Badeswassersystem zusammengefasst.

**Tafel 3.5.1 Energiekonzept Stadionbad: Stammdaten des Badewassersystems**

LOS 1	Schwimmerbecken	Springerbecken
Länge x Breite = Fläche	50 m x 21 m = 1.068 m <sup>2</sup>	17 m x 21 m = 357 m <sup>2</sup>
Tiefe	2,08 m - 2,25 m	3,08 m - 4,50 m
Volumen	2.178 m <sup>3</sup>	1.499 m <sup>3</sup>
Umwälzzeit	4,7 h	9,5 h
Umwälzleistung	467 m <sup>3</sup> /h	158 m <sup>3</sup> /h
Beckenwassertemperatur	23 °C – 24 °C	23 °C – 24 °C
<b>Schwallwasserbehälter</b>		
Anzahl	1	
Volumen gesamt	89 m <sup>3</sup>	
<b>Filter</b>		
Anzahl	3	
Bauart	Zweischichtfilter (Geschlossener Schnellfilter)	
Baujahr	1986	
Filtergeschwindigkeit	46 m/h	
Spülwasserleistung	190 m <sup>3</sup> /h	
Behälterdurchmesser / Höhe	2.400 mm / 1.500 mm	

LOS 2	Spaßbecken 1	Spaßbecken 2	Planschbecken	Rutschbahnbecken
	(oben)	(unten)		
Länge x Breite = Fläche	Halbkreis 25 m = 186 m <sup>2</sup>	Halbkreis 50 m = 1.124 m <sup>2</sup>	Halbkreis oben 6,25 m und Halb- kreis unten 12,50 m = 120 m <sup>2</sup>	D = 3,90 m = 11 m <sup>2</sup>
Tiefe	0,60 m - 1,10 m	0,90 m - 1,35 m	Bis 0,40 m	1,20 m
Volumen	180 m <sup>3</sup>	1.270 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	44 m <sup>3</sup>
Umwälzzeit	1,2 h	1,5 h	1,0 h	1,4 h
Umwälzleistung	140 m <sup>3</sup> /h	834 m <sup>3</sup> /h	30 m <sup>3</sup> /h	30 m <sup>3</sup> /h
Beckenwassertemperatur	19°C – 24°C	19°C – 24°C	19°C – 24°C	19°C – 24°C
<b>Schwallwasserbehälter</b>				
Anzahl	2			
Volumen gesamt	30 m <sup>3</sup> + 8 m <sup>3</sup>			
<b>Filter</b>				
Anzahl	4			
Bauart	Zweischichtfilter (Geschlossener Schnellfilter)			
Baujahr	1986			
Filtergeschwindigkeit	46 m/h			
Spülwasserleistung	240 m <sup>3</sup> /h			
Behälterdurchmesser	2.700 mm			
Zylindrische Höhe	1.500			
<b>LOS 3</b>	<b>Nichtschwimmerbecken</b>			
Länge x Breite = Fläche	12,5 m x 25 m = 312,5 m <sup>2</sup>			
Tiefe	0,60 m – 1,35 m			
Volumen	352 m <sup>3</sup>			
Umwälzzeit	1,5 h			
Umwälzleistung	231 m <sup>3</sup> /h			
Beckenwassertemperatur	21°C – 24°C			
<b>Schwallwasserbehälter</b>				
Anzahl	1			
Volumen gesamt	21 m <sup>3</sup>			
<b>Filter</b>				
Anzahl	1			
Bauart	Zweischichtfilter (Geschlossener Schnellfilter)			
Baujahr	1986			
Filtergeschwindigkeit	47 m/h			
Spülwasserleistung	200 m <sup>3</sup> /h			
Behälterdurchmesser	2.500 mm			
Zylindrische Höhe	1.500			

In Tafel 3.5.2 sind die installierten Badewasserpumpen zur Beckenwasserumwälzung, zur Wasseraufbereitung sowie für Attraktionen im Stadionbad zusammengestellt.

**Tafel 3.5.2 Energiekonzept „Stadionbad“: Stammdaten der Badewasserpumpen**

Bezeichnung / Versorgung	Hersteller/Typ Umwälzpumpe	Volumenstrom in m <sup>3</sup> /h	Förderhöhe in mWS	Leistungsaufnahme in kW
<b>Umwälzpumpen LOS 1</b>				
	Unibad 70			
	30/150 X-W2	312	19	22
	20/150 X-W2	190-233	17-19	15
	15/100 X2-W2	79	19	5
<b>Umwälzpumpen LOS 2</b>				
	Unibad 70			
	25/150 X-W2	240 – 266	18 - 19 mWS	17
	25/150 X-W2	240 – 266	18 – 19 mWS	17
	25/150 X-W2	240 – 266	18 – 19 mWS	17
	25/150 X-W2	240 – 266	18 - 19 mWS	17
<b>Umwälzpumpen LOS 3</b>				
	Unibad 70			
	20/125 X-W2	110	22	12
	20/125 X-W2	110	22	12
<b>Attraktionspumpen LOS 1</b>				
	Unibad 70			
Strömungskanal	Typ 40/200X-W2	360	22	30
Wasserpumpe	Typ 15/100X3-W2	80	23	11
Wasserwandpumpe 1	Typ 15/200X-W2	310	8	11
Wasserwandpumpe 2	Typ 15/200X-W2	310	8	11
Massagepumpe	Typ 25/150X-W2	200	20,5	18,5
Wassertreppen	Typ 3/80X-W2	75	8	2,2
Rutschbahnpumpe	Typ 100/270/0754	120	15	7,5
Wassertor Planschbecken	Typ 1,5/50X-W2	30	8	1,1
Fontäne Planschbecken	Typ 1/FH 40-W2	10	11	0,75
Förderpumpe zum Planschbecken	Typ 1,5/80 F-W2	60	5	3,0
Rückförderpumpe zum Planschbecken	Typ 4/65X-W2	60	9	4,0
<b>Chloranlage</b>				
Druckerhöhungspumpe 1	HVG 50/4	8	37,1	1,5
Druckerhöhungspumpe 2	HVG 50/4	8	37,1	1,5
Pumpe für Spülluftgebläse				4,0

### 3.5.1 Bewertung des Ist-Zustandes und Vorschläge für mögliche Energiesparmaßnahmen

Auf der Basis, der im Energiekonzept ermittelten Daten, kann die Badewassertechnik im Stadionbad hinsichtlich ihres Zustandes und ihrer Konzeption wie folgt bewertet werden:

- Die Filteranlagen für das Beckenwasser verursachen den größten Teil des Strom- und Wasserbrauchs im Stadionbad Frankfurt. Der Jahresstromverbrauch für die Filterkreispumpen beträgt ca. 419.000 kWh. Für die Filterspülung und den Benutzerabhängigen Wasserverlust werden jährlich etwa 26.000 m<sup>3</sup> Frischwasser benötigt. Für die Aufheizung des davon in die durchgängig beheizten Becken geleiteten Wassers müssen weitere 27.000 kWh Strom für die Wärmepumpe aufgebracht werden.

- Die Filteranlagen im Stadionbad 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 Filtrerrückspülung. Während die gültige DIN 19643 davon ausgeht, dass pro Badnutzer 30 l Wasser ausgetauscht werden müssen, verursacht die derzeitige Anlage einen Wasserverbrauch von ca. 200 l pro Besucher. Dies führt zwar grundsätzlich zu einer guten Wasserqualität verursacht aber einen völlig überhöhten Energie- und Wasserverbrauch. Aus diesem Grund wird in **Maßnahme 3.5.I** eine Optimierungsmaßnahme für die Beckenwasseraufbereitungsanlage untersucht.
- Die Beckenwassernachspeisung erfolgt derzeit mit Frischwasser. Hier sollte geprüft werden, ob der Bau eines Brunnens möglich ist. (s. **Maßnahme 3.5.II**).
- Es besteht die Möglichkeit das zweite Spülwasser bei der Filtrerrückspülung für Bewässerungszwecke zu nutzen. Nach Aussage eines Rasenherstellers ergeben sich keine Probleme bei der Ausbringung von chlorhaltigem Wasser (vgl. **Maßnahme 3.5.III**).
- Die installierten Umwälzpumpen im Stadionbad für Beckenwasser, Wasseraufbereitung und Attraktivitäten haben zusammen eine elektrische Anschlussleistung von 241 kW und mit 502.000 kWh den größten Anteil am Jahres-Gesamtstromverbrauch des Freibades. Da die Pumpen das Ende der technischen Nutzungsdauer erreicht haben, ist in den kommenden Jahren mit erheblichen Ersatzinvestitionen bzw. Instandhaltungskosten zu rechnen. In diesem Fällen ist der Einsatz von neuen Umwälzpumpen, die an die tatsächlich benötigte Leistung angepasst werden oder mit Frequenzumformer versehen werden, sinnvoll. Hierzu erfolgt eine Bewertung in **Maßnahme 3.5.IV**

### **Maßnahme 3.5.I Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage**

Deutliche Vorteile beim Wasser- und Stromverbrauch gegenüber einer Sandfilteranlage ergeben sich durch den Einsatz von Vakuum-Anschwemmfiltern. 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 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.

Des weiteren kann bei der Nutzung einer Vakuum-Anschwemmfilteranlage die Chlorung nicht wie der derzeit mit Stadtwater sondern mit Reinwater erfolgen.

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

Da zukünftig die Auflage einer Entsorgung der Aktivkohle als Sondermüll als möglich erscheint, wird in der Wirtschaftlichkeitsbewertung (s. Abschnitt 4.4.1) eine zusätzliche Variante unter Berücksichtigung der entsprechenden Investitionen und Betriebskosten berücksichtigt.

### **Maßnahme 3.5.II Bohren eines Brunnens zur Nutzung von Brunnenwasser zur Beckenwassernachspeisung**

Aus Vergleichsobjekten (z.B. Brentanobad) ist bekannt, dass durch die Nutzung von Brunnenwasser zur Beckenwassernachspeisung dadurch ein erheblicher Teil des Frischwasserbezugs vermieden werden kann.

Im Rahmen der Konzeptbearbeitung wurde eine entsprechende Anfrage bei der zuständigen Genehmigungsbehörde (RP Darmstadt – Staatliches Umweltamt Frankfurt) gestellt. Dort wurde darauf verwiesen, dass die Entnahme von Grundwasser aus dem Oberstrom u.a. von den Stellungnahmen der hessenwasser GmbH sowie dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie in Wiesbaden abhängig ist.

Die Stellungnahmen der beiden Institutionen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Das Niederbringen von Bohrungen ist grundsätzlich verboten und müsste durch eine behördliche Ausnahmegenehmigung erlaubt werden.
- Das Stadionbad liegt in der Weiteren Schutzzone des Trinkwasserschutzgebietes Frankfurter Stadtwald. Dort werden derzeit ca. ein Drittel (20 Mio. m<sup>3</sup>) der Gesamttrinkwasserbezugsmenge von Frankfurt gewonnen und teilweise jetzt schon mit Mainwasser gemischt.
- Es ist mit einer langfristigen Grundwassersenkung durch die Entnahmen zu rechnen. Das Grundwasserdargebot ist ausgeschöpft und sämtliche Wasserrechte sind bereits vergeben. Weitere Entnahmen, auch wenn es sich in diesem Fall um relativ geringe Mengen (ca. 5.500 m<sup>3</sup>/a) handelt, werden nicht positiv beschieden.

Aus den o.g. Gründen ist davon auszugehen, dass die Genehmigung zum Bau eines Brunnens zum derzeitigen Zeitpunkt nicht genehmigt wird. In Abschnitt 4.4.2 erfolgt trotzdem eine Abschätzung zur Wirtschaftlichkeit der Maßnahme.

### **Maßnahme 3.5.III Nutzung von Filtrerrückspülwasser zur Rasenbewässerung**

Laut interner Wasserzählung werden für die Beregnungsanlage der Liegewiese täglich ca. 3–5 m<sup>3</sup> (vgl. Anhang 2.3.1) bzw. 400 m<sup>3</sup> pro Saison an Frischwasser eingesetzt. Während der zweiten Filtrerrückspülung fallen täglich ca. 10 m<sup>3</sup> an Filtrerrückspülwasser an. Dieses Rückspülwasser ist größtenteils frei von Verunreinigungen und kann auf der Liegewiese ausgebracht werden.

Die Speicherung und Entnahme des Rückspülwassers für die Bewässerungsanlage kann im Regenwassererdtank (14 m<sup>3</sup>) im westlichen Teil des Stadionbades erfolgen. Hier wird derzeit das Regenwasser der Dachflächen des Werkstatt- und des Umkleidegebäudes West aufgefangen und ungenutzt in eine Sickergrube auf dem Gelände des Golfplatzes gepumpt.

### **Maßnahme 3.5.IV Optimierung der Beckenwasserumwälzpumpen**

Die 9 installierten Umwälzpumpen der Lose 1-3 werden durch neue, auf den tatsächlichen Bedarf ausgelegte Pumpen ersetzt. Dadurch wird die Pumpenanschlussleistung sowie die Stromwirksamkeit reduziert.

Der Betriebspunkt jeder Pumpe wurde während des Badebetriebs im Juni 2003 in Zusammenarbeit mit einer Fachfirma ermittelt.

### 3.6 Stammdaten der Elektroanlagen

Die Elektroversorgung des Stadionbades erfolgt aus dem Versorgungsnetz der Mainova. Die Niederspannungseinspeisung mit dem HT/NT-Zähler sowie der Hauptverteilung befindet sich in der Trafostation.

Die Hauptverbrauchergruppen „Umwälzpumpen Beckenwasser“ sowie „Wärmepumpe“ in Stadionbad wurden bereits in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, bewertet und mögliche Einsparmöglichkeiten aufgezeigt.

#### Beleuchtungsanlagen

Die Beleuchtung im Stadionbad hat einen Anteil von ca. 4 % am Gesamtstromverbrauch. In der Tafel 3.6.1 sind die Daten der installierten Beleuchtungssysteme aufgeführt.

**Tafel 3.6.1a Energiekonzept Stadionbad- Stammdaten der Beleuchtungssysteme Freibad**

Bezeichnung	Leuchtentyp	Lampentyp	Leuchte Zahl	VG	Leuchte in W	Gesamt in kW
<b>Freibadgebäude Südost</b>						
Büro	Deckenstrahler	Kompaktlampe 11 W	9	integriert	11	0,099
Kiosk	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	71	0,142
Sanitätsraum 1 + 2	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	3	KVG	142	0,426
Flur	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	71	0,142
WC	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	71	0,142
Behindertenraum	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	1	KVG	46	0,046
Mutter - und Kindraum	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	71	0,142
	Wandstrahler	Kompaktlampe 7 W	1	integriert	7	0,007
<b>Summe</b>						<b>1,359</b>
<b>Umkleide Ost</b>						
Umkleidebereich	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	18	KVG	71	1,278
Damen	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
Herren	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
Heizung	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	71	0,142
<b>Summe</b>						<b>1,846</b>
<b>Umkleide West</b>						
Umkleidebereich	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	40	KVG	71	2,84
Herren	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	5	KVG	71	0,355
Damen	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	5	KVG	71	0,355
Heizung	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	71	0,142
<b>Summe</b>						<b>3,692</b>
Außenbeleuchtung	Wandstrahler	Kompaktlampe	15	integriert	50	0,75
Technikebene	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 2 x 58 W	45	KVG	142	6,39
<b>Gesamt</b>						<b>14,04</b>

**Tafel 3.6.1b Energiekonzept Stadionbad- Stammdaten der Beleuchtungssysteme des Werkstattgebäudes**

Werkstattgebäude	Bereich	Stadionbad				
Wettkampf	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	4	KVG		0,284
WC-Damen	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	5	KVG	71	0,355
WC-Herren	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	5	KVG	71	0,355
Badeleitung	Deckenstrahler	Kompaktlampe 11 W	9	integriert	11	0,099
Treppenhaus	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
Personalraum 1.OG	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	9	KVG	71	0,639
	Deckenstrahler	Kompaktlampe 11 W	3	integriert	11	0,033
Personalraum Damen	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
Personalraum Herren	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
WC-Damen	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	71	0,142
WC-Herren	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	2	KVG	71	0,142
<b>Summe</b>						<b>3,256</b>

Werkstattgebäude	Bereich	Stadion GmbH				
<b>UG</b>						
Werkstatträume	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	11	KVG	71	0,781
Heiz- und Elektroraum	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	4	KVG	71	0,284
Toilette	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	1	KVG	44	0,044
Flur	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	2	KVG	44	0,088
Treppenhaus	Deckenstrahler	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	4	KVG	44	0,176
<b>OG</b>						
Dusche	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
Toilette	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	1	KVG	71	0,071
Waschen	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	2	KVG	22	0,044
Umkleide	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
Aufenthaltsraum	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	4	KVG	71	0,284
Dusche	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
Toilette	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	1	KVG	71	0,071
Waschen	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 18 W	2	KVG	22	0,044
Umkleide	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	3	KVG	71	0,213
Aufenthaltsraum	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	4	KVG	71	0,284
Büro	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	6	KVG	44	0,264
Archiv	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 36 W	2	KVG	44	0,088
Aufenthaltsraum	Deckenleuchte	Leuchtstofflampe 1 x 58 W	6	KVG	71	0,426
<b>Gesamt</b>						<b>3,801</b>

Die Beleuchtungssysteme im Stadionbad lassen sich wie folgt bewerten:

- Die installierte Anschlussleistung der Leuchten im Freibad beträgt rund 14 kW, die im Werkstattgebäude bei 7,1 kW.
- Vorhandene Decken- oder Wandstrahler wurden soweit möglich komplett auf energiesparende Kompaktlampen umgerüstet.
- Die 244 Leuchtstofflampen sind noch mit konventionellen Vorschaltgeräten, die einen schlechten Wirkungsgrad aufweisen, bestückt.

### **Maßnahme 3.6.I Einbau von EVG in Leuchtstofflampen**

Durch den Einbau neuer Leuchtstofflampen mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) im Werkstattgebäude kann die Lichtausbeute in den Räumen erhöht werden und der Strombedarf durch eine bessere Energienutzung der EVG gesenkt werden. Da die Leuchten derzeit jedoch nur wenig eingeschaltet werden, ist eine Optimierung der Einschaltdauer nicht gegeben.

## 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

$= I * a$

$I$  = 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-Gaspreise

Arbeitspreis: Brutto: 2,80 Ct/kWh<sub>HO</sub> (3,083 Ct/kWh<sub>HU</sub>)

Grundpreis: 7,69 €/kW/a

### **Spezifische Brutto-Strompreise (Business HighPower1)**

Hier wird der derzeitige Tarif für die Stadion GmbH (einschl. Kampfbahn, etc.) angesetzt, da das Stadionbad derzeit über keine gesonderte Abrechnung verfügt.

Arbeitspreis HT und NT-Wirkarbeit:	0,0601 €/kWh
Stromsteuer:	0,0238 €/kWh
Leistungspreis:	66,826 €/kW*a (Mittelwert aus den drei höchsten Monatsleistungen)
Verrechnungspreis:	313,15 €/a (50 % des Gesamtbetrags)

### **Spezifische Brutto-Wasserpreise**

Hier wird der derzeitige Tarif für die Stadion GmbH (einschl. Kampfbahn, etc.) angesetzt, da das Stadionbad derzeit über keine gesonderte Abrechnung verfügt.

Wasserpreis	1,84 €/m <sup>3</sup>
Abwassergebühr:	1,76 €/m <sup>3</sup> (abgerechnet werden nur 50 % des Wasserbezugs)

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 CO<sub>2</sub> und 1 €/m<sup>3</sup> Wasser ansetzt.

## **4.2 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an der Wärmeversorgung**

### **4.2.1 Optimierung der Beckenwassererwärmung**

Wie bereits in Abschnitt 3.3. ausgeführt, werden derzeit im Stadionbad nur das Schwimmer- und das Springerbecken (LOS 1) sowie das Nichtschwimmerbecken (LOS 3) durchgängig beheizt. Eine Beheizung der Becken von LOS 2 findet nur sporadisch statt. Relevante Einspareffekte sind somit nur bei der Beheizung der Becken der LOSE 1 und 3 zu erzielen.

#### **Maßnahme 3.3.1a Optimierung der Beckenwassererwärmungsanlage**

In den Jahren 2000 bis 2002 betrug der durchschnittliche Jahresstromverbrauch der Luft-Wasser-Wärmepumpe (LW-WP) zur Beckenwassererwärmung 94.100 kWh. Bei einer Leistungszahl von 4,5, die sich aus dem Verhältnis von Wärmeleistung zur Stromaufnahme ergibt, entspricht dies einem jährlichen Heizwärmebedarf von ca. 423.500 kWh.

Da die LP-WP mit einem Alter von 16 Jahren das Ende ihrer technischen Nutzungsdauer erreicht hat, wird in der folgenden Maßnahme die Ersatzinvestition für eine LW-WP und für einen Gas-Brennwertkessel gegenübergestellt.

In der folgenden Tafel 4.2.1 ist die energetische Bilanz für die beiden Versorgungsvarianten zusammengestellt. Die Simulationsberechnungen erfolgten mit dem Computerprogramm SWSIMU. Als Wetterdatensatz wurde das Testreferenzjahr 6 des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach zugrundegelegt.

Um einen Vergleich der beiden Systeme mit unterschiedlichen Energieträgern durchführen zu können, wurde der Primärenergiebedarf für beide Varianten ermittelt. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt den sogenannten Prozesswirkungsgrad, d.h. der Energieeinsatz/-verlust der vorgelagerten Prozessketten, wie z.B. Brennstoffgewinnung, Transport und Umwandlung im Kraftwerk, wird in die Energiegesamtbilanz miteinbezogen. Somit wird eine umfassende energetische Beurteilung (Umweltanalyse) ermöglicht.

**Tafel 4.2.1 Energiekonzept Stadionbad: Energiebilanzen für die untersuchten Wärmeversorgungsvarianten**

Beckenanlage , Beckenfläche	Los 1+ Los 3 – 1.720 m <sup>2</sup>		
Heizsystem		LW-WP	BW-Heizkessel
Leistung	in kW	580	580
Energiebilanzen			
Stützttemperatur	in °C	22	22
Heizenergiebedarf	in kWh/a	425.140	425.140
Brennstoffbedarf	in kWh/a	0	404.895
Heizstrombedarf	in kWh/a	94.476	
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>in kWh/a</b>	<b>269.930</b>	<b>438.700</b>

Der Primärenergiebedarf der beiden Varianten zeigt einen deutlichen Vorteil für die LW-WP. Dies ist auf die hohe Leistungszahl der Wärmepumpe zurückzuführen, die für die Beckenwassererwärmung in den Sommermonaten auf hohe Außenlufttemperaturen zurückgreifen kann.

### Investitionskosten

Für die beschriebenen Wärmeherzeugungsanlagenvarianten ergeben sich die in Tafel 4.2.2 zusammengestellten Investitionskosten. Hierbei werden folgende Leistungen berücksichtigt:

#### Luft-Wasser-Wärmepumpe

- Demontage der vorhandenen Wärmepumpenanlage
- Installation einer neuen Wärmepumpenanlage einschl. Steuerung mit zwei Einheiten a 292 kW Heizleistung
- Anschluss an das bestehende Rohrleitungssystem
- Nutzung des vorhandenen Elektroanschlusses

#### Brennwertkessel

- Demontage der vorhandenen Wärmepumpenanlage
- Installation einer neuen Wärmeherzeugungsanlage einschl. Steuerung mit zwei Brennwertkessel a 290 kW Heizleistung
- Installation eine Abgassystems an der Außenwand
- Verlegung eines Gasleitung zum Aufstellungsraum
- Anschluss an das bestehende Rohrleitungssystem
- Nutzung der vorhandenen Elektroversorgung
- Bauliche Herrichtung des WP-Aufstellungsraumes zu einer Heizzentrale

**Tafel 4.2.2 Energiekonzept Stadionbad: Investitionskosten für die untersuchten Beckenwassererwärmungssysteme**

		Wärmepumpen Anlage	Gas-Brennwert- Kesselanlage
Demontagearbeiten Wärmepumpe	in EUR	10.500,-	11.500,-
Wärmerzeuger (Kessel / WP) inkl. Regelung	in EUR	168.000,-	105.000,-
Abgassystem	in EUR	-	8.500,-
Verrohrung, Armaturen, Wärmetauscher, Zubehör	in EUR	2.500,-	5.500,-
Gasversorgung	in EUR	-	25.000,-
Bauarbeiten	in EUR	2.500,-	5.000,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	27.525,-	24.070,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	33.765,-	29.530,-
<b>Brutto-Gesamtkosten</b>	<b>in EUR</b>	<b>244.790,-</b>	<b>214.100,-</b>

Die Brutto-Investitionskosten für die Wärmepumpenanlage liegen mit rund 244.800 € um 30.700,- € höher als die Kosten für die Gas-Brennwertkesselanlage.

### Jahreskosten

Für die untersuchten Beckenwassererwärmungssysteme wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.2.3 zusammengestellt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang 4.2.1 dargestellt.

**Tafel 4.2.3 Energiekonzept „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für die untersuchten Beckenwassererwärmungssysteme**

Maßnahme		Wärmepumpenanlage	Brennwertkesselanlage
Investitionskosten	in €	244.790,-	214.100,-
Kapitalkosten	in €/a	21.340,-	18.650,-
Instandhaltung/Wartung	in €/a	3.670,-	3.210,-
Erdgaskosten	in €/a	-	13.095,-
Stromkosten <sup>7</sup>	in €/a	10.265,-	-
Heutige Betriebskosten	in €/a	13.935,-	16.305,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	18.225,-	21.320,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	3.260,-	4.660,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>42.825,-</b>	<b>44.630,-</b>

<sup>7</sup> Berücksichtigt, dass ein Drittel der elektr. WP-Leistung (35 kW) während der Strombezugsspitze anfallen

Die Gesamtkostenrechnung zeigt, dass durch die Installation einer neuen Wärmepumpenanlage die jährlichen Gesamtkosten um rund 1.800,- € niedriger liegen als bei dem Einbau einer Gas-Brennwertkesselanlage. Die höheren Investitionskosten für die Wärmepumpen werden durch niedrigere Betriebs- und Umweltfolgekosten gegenüber der Brennwertkesselanlage kompensiert. Da die Jahresgesamtkosten für die beiden untersuchten Versorgungsvarianten annähernd gleich sind, sollte bei anstehender Ersatzinvestition für die Beckenwassererwärmung, erneut, unter Berücksichtigung der dann geltenden Bezugskonditionen, eine entsprechende Kostenberechnung durchgeführt werden. Ein akuter Handlungsbedarf besteht zur Zeit jedoch nicht.

### **Maßnahme 3.3.Ib Installation einer Beckenabdeckung**

Für die drei geometrisch günstigen und beheizten Becken (Schwimmer-, Springer- und Nichtschwimmerbecken), die eine Gesamtbeckenfläche von insgesamt 1.720 m<sup>2</sup> aufweisen, könnten entsprechende Beckenabdeckungen installiert werden, um in den Zieten außerhalb des Badebetriebs die Wärmeverluste zu reduzieren.

Mit dem oben beschriebenen Computerprogramm „SWSIMU“ wurde der Einsatz der Beckenabdeckungen simuliert und die Ergebnisse der Energiebilanzen für den Ist-Zustand und die Optimierungsmaßnahme in Tafel 4.2.4. zusammengestellt

**Tafel 4.2.4 Energiekonzept Stadionbad: Energiebilanzen für den Einsatz von Beckenabdeckungen**

Beckenanlage	Los 1 und Los 3		
Beckenfläche, gesamt	in m <sup>2</sup>	1.720	
Heizsystem		LW-WP	
Variante		Ist	Soll
Abdeckung		nein	ja
Stütztemperatur	in °C	22	22
Leistung	in kW	580	580
Energiebilanzen			
Heizenergiebedarf	in kWh/a	425.140	164.720
Heizstrombedarf	in kWh/a	94.476	36.604

Durch die Installation von Abdeckungen für das Schwimmer-, Springer- und Nichtschwimmerbecken kann der Heizwärmebedarf um 260.410 kWh bzw. 57.870 kWh Strom für die LW-WP reduziert werden. Dies entspricht einer Verringerung des Gesamtstrombedarfs des Stadionbades um knapp 6 %.

### **Jahreskostenberechnung**

durch Installation einer Beckenabdeckung ergibt sich eine Brutto-Gesamtinvestition in Höhe von **283.800,- €**.

Für die beschriebene Optimierungsmaßnahme wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.2.5 zusammengestellt. Das entsprechende Berechnungs-

blatt ist im Anhang 4.2.2 dargestellt.

Die Kosten für die jährliche Inbetriebnahme, Wartung und Reinigung der Beckenabdeckung wurde unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten des Sport- und Bäderamtes aus Vergleichsobjekten (Freibad Hausen) entnommen.

**Tafel 4.2.5 Energiekonzept „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für die Installation von Beckenabdeckungen**

Maßnahme		1.1 IST-Zustand	Soll 1.2
		LW-WP	LW-WP
		Ohne Abdeckung	Mit Abdeckung
Investitionskosten	in €		283.800,-
Kapitalkosten	in €/a		24.745,-
Mittlere Betriebskosten			
Stromkosten	in €/a	7.925,-	3.070,-
Inbetriebnahme/Reinigung			2.165,-
Wartung/Instandhaltung	in €/a		2.840,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	7.925,-	8.075,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	10.365,-	10.560,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	3.260,-	1.265,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>13.625,-</b>	<b>36.570,-</b>
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		-

Da sich durch die Installation der Beckenabdeckungen keine Verringerung der jährlichen Betriebskosten errechnet, kann eine Amortisation der Maßnahme innerhalb der Nutzungszeit somit nicht nachgewiesen werden, so dass keine Empfehlung hierfür ausgesprochen werden kann.

### **Maßnahme 3.3.Ic Installation einer Solarabsorberanlage**

Auf dem Flachdach des Freibadgebäudes „Südost“ könnte eine Solar-Absorberanlage mit einer Fläche von 300 m<sup>2</sup> installiert werden. Die Solaranlage versorgt den Filterkreis des Nichtschwimmerbeckens, das eine Fläche von 312,5 m<sup>2</sup> aufweist. Hierbei wird eine Abdeckung des Beckens als eine Variante in die Bewertung miteinbezogen. Die Nachheizung erfolgt über die vorhandene Luft-Wasser-Wärmepumpe.

In der folgenden Tafel 4.2.6 ist die energetische Bilanz der Beckenwassererwärmung für LOS 3 (Nichtschwimmerbecken) für den Ist-Zustand (Luft-Wasser-Wärmepumpe) sowie eine zusätzliche Beheizung mit Solarabsorberanlage zusammengestellt.

**Tafel 4.2.6 Energiekonzept Stadionbad: Energiebilanz für die untersuchte Solarabsorberanlage für das Nichtschwimmerbecken**

Beckenanlage	Los 3 – Nichtschwimmerbecken			
Beckenfläche, gesamt	in m <sup>2</sup>	313		
Variante		1.1.- IST	2.1	2.2
Heizsystem		LW-WP	Solar-Absorber / Nachheizung LW-WP	
Leistung	in kW	290	290	290
Fläche	in m <sup>2</sup>		300	300
Abdeckung		nein	nein	ja
Energiebilanzen				
Heizenergiebedarf	in kWh/a	109.910	67.000	25.000
Brennstoffbedarf	in kWh/a	0	0	0
Heizstrombedarf	in kWh/a	24.424	14.889	5.556
Stützttemperatur	in °C	22	22	22

Durch die Installation einer Solarabsorberanlage für das Nichtschwimmerbecken kann der Heizwärmebedarf 42.910 kWh bzw. 9.535 kWh Strom für LW-WP reduziert werden. Unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Abdeckung des Beckens könnten weitere 42.000 kWh an Heizwärme bzw. 9.330 kWh Strom eingespart werden.

### Investitionskosten

Die Brutto-Investition inkl. Baunebenkosten für die Solarabsorberanlage kann mit **70.750,- EUR** veranschlagt werden. Für die Beckenwasserabdeckung wären zusätzlich ca. **51.000,- EUR** zu investieren.

### Jahreskostenberechnung

Für die beschriebene Optimierungsmaßnahme der Beckenwassererwärmung wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.2.7 zusammengestellt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang 4.2.3 dargestellt.

Die Kosten für die jährliche Inbetriebnahme, Wartung und Reinigung der Solaranlage und der Beckenabdeckung wurde unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten des Sport- und Bäderamtes aus Vergleichsobjekten (Freibad Hausen) entnommen.

**Tafel 4.2.7 Energiekonzept „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für die Installation einer Solarabsorberanlage mit/ohne Abdeckung für Nichtschwimmerbecken**

Maßnahme		1.1 IST-Zustand	Soll 2.1	Soll 2.2
		LW-WP	Solar/LW-WP	Solar/LW-WP
			Ohne Abdeckung	Mit Abdeckung
Investitionskosten	in €		70.750,-	121.750,-
Kapitalkosten	in €/a		6.170,-	10.615,-
Mittlere Betriebskosten				
Stromkosten	in €/a	2.050,-	1.250,-	465,-
Inbetriebnahme/Reinigung			2.100,-	3.180,-
Wartung/Instandhaltung	in €/a		1.060,-	1.825,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	2.060,-	4.410,-	5.470,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	2.680,-	5.765,-	7.155,-
Umweltfolgekosten				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	845,-	515,-	190,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>3.525,-</b>	<b>12.450,-</b>	<b>17.960,-</b>
Amortisationszeit				
Basis Ist-Zustand	in a		-	-

Für die untersuchten Optimierungsmaßnahmen ergeben sich keine positiven wirtschaftlichen Effekte. Die Strom- und Umweltfolgekosteneinsparungen gegenüber dem Ist-Zustand sind zu gering um die zusätzlichen Kapital- und Betriebskosten der Optimierungsmaßnahmen auszugleichen. Die jährlichen Mehrkosten gegenüber dem Ist-Zustand zwischen 9.000,- € und 14.500,- € sind so hoch, dass die Realisierung dieser Maßnahme auch nicht aus rein energetischen Gründen empfohlen werden kann.

#### 4.2.2 Austausch des Elektrospeicherofens im Büro der Freibadleitung (Maßnahme 3.3.II)

Der Einsatz von elektrischer Energie zur Raumbeheizung mittels Elektrospeicherofen im Büroraum der Bäderleitung im OG des Freibadgebäudes Südost ist nicht zu empfehlen und die Regelung des Ofens ist defekt (Wärmeabgabe in Zeiten ohne Heizwärmebedarf). Der vorhandene Elektrospeicherofen könnte ohne großen baulichen Aufwand durch einen Gas-Einzelofen mit Außenwandanschluss ersetzt werden. In der folgenden Tafel 4.2.8 ist die Energiebilanz für den Ist-Zustand und die Sanierungsvariante „Einbau eines Gasheizofens“ dargestellt.

**Tafel 4.2.8 Energiekonzept Stadionbad: Energiebilanz für die untersuchten Beheizungsvarianten des Büros der Freibadleitung**

		Ist-Zustand Elektrospeicherofen	Soll-Zustand Gasheizofen
Heizenergiebedarf	in kWh/a	6.300	6.300
Nutzungsgrad	in %	70	88
Strom-/Gasverbrauch	in kWh/a	9.000	7.160

In Tafel 4.2.9 ist die Kostenschätzung für die notwendigen Investitionen zum Einbau eines Gasheizofens in das Badeleitungsbüro aufgeführt.

**Tafel 4.2.9 Energiekonzept Stadionbad: Investitionskosten für den Einbau eines Gasheizofens in das Büro der Badleitung**

		Einbau Gasheizofen
Demontage Elektrospeicherofen	in EUR	250,-
Gaseinzelofen	in EUR	1.400,-
Gasversorgung	in EUR	1.000,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	400,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	500,-
<b>Brutto-Gesamtkosten</b>	<b>in EUR</b>	<b>3.550,-</b>

Die Gesamtkosten für die untersuchte Maßnahme belaufen sich auf 3.550,- €.

### Jahreskostenberechnung

Für die beschriebene Optimierungsmaßnahme wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.2.10 zusammengestellt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang 4.2.4 dargestellt.

**Tafel 4.2.10 Energiekonzept „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für den Austausch des Elektroofens im Büro der Badleitung**

Maßnahme		IST-Zustand Elektrofen	Gasheizofen
Investitionskosten	in €		3.550,-
Kapitalkosten	in €/a		366,-
Mittlere Betriebskosten			
Gaskosten	in €/a		221,-
Stromkosten		541,-	
Wartung/Instandhaltung	in €/a		36,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	541,-	257,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	669,-	317,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	306,-	75,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>975,-</b>	<b>757,-</b>
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		7,8

Die Berechnungen zeigen, dass die Gesamtkosten durch den Einbau eines Gasheizgerätes im Vergleich zum derzeitigen Ist-Zustand um jährlich rund 220,- € gesenkt werden können. Diese

Maßnahme ist aus energetischen und wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen und sollte umgehend realisiert werden.

#### 4.2.3 Thermische Solaranlage zur Duschwarmwasserbereitung (Maßnahme 3.3.III)

Auf dem Dach des Umkleidegebäudes West könnte eine thermische Solaranlage mit einer Kollektorfläche von 28 m<sup>2</sup> (Aufständigung auf 40° Neigung und Ausrichtung nach Süden) und im Heizraum ein 1000 l Pufferspeicher zur Speicherung der Solarwärme installiert werden. Mit dieser Anlage könnte die Vorerwärmung des Duschwassers (durchschnittlich 2,6 m<sup>3</sup> pro Tag) erfolgen, die Nachheizung würde durch die vorhandene direkte Beheizung des Speichers sichergestellt.

Mit Hilfe des Auslegungs- und Simulations-EDV-Programms TSOL<sup>8</sup> wurden Berechnungen durchgeführt, die Aufschluss über den energetischen Effekt der Solaranlage liefern. In der Tafel 4.2.11. sind die wesentlichen Ergebnisse der Simulationsberechnung zusammengefasst.

**Tafel 4.2.11. Energiekonzept „Stadionbad“: Ergebnistafel für die solare Duschwassererwärmung**

Einstrahlung auf Kollektorfläche	kWh/a	35.070
Nutzwärme-Kollektorkreis	kWh/a	13.116
Spezifische Solarnutzwärme	KWh/m <sup>2</sup> *a	468
Solarer Deckungsanteil bei der Brauchwassererwärmung	%	37
Brennstoffeinsparung	kWh/a	16.395
Pumpenstrom	kWh/a	145

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass durch die untersuchte Solaranlage ca. 37 % der benötigten Heizenergie zur Duschwassererwärmung gewonnen werden können. In den Sommermonaten (Juni - August) werden Deckungsanteile von nahezu 100 % erreicht. Die eingesparte Erdgasmenge entspricht rund 16.450 kWh/a.

#### Jahreskostenberechnung

In der Tafel 4.2.12 sind die Ergebnisse der Gesamtkostenberechnung für die Installation einer thermischen Solaranlage zur Duschwasserbereitung im Stadionbad Haus aufgeführt. (Berechnungsblatt s. Anhang 4.2.5).

---

8 Innovative Ingenieur-Software Dr.-Ing. G. Valentin: „TSOL für Windows Standard-Version 3.2“, Berlin 2000

**Tafel 4.2.12 Energiekonzept „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für den Einbau einer thermischen Solaranlage zur Duschwassererwärmung**

Maßnahme		IST-Zustand Gasbeheizter WW-Speicher	Thermische Solaranlage u. gasbeheizter WW-Speicher
Investitionskosten	in €		18.060,- (ohne Förderung 25.800,-)
Kapitalkosten	in €/a		1.575,-
Mittlere Betriebskosten			
Gaskosten	in €/a	1.339,-	834,-
Stromkosten			9,-
Wartung/Instandhaltung	in €/a		181,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	1.339,-	1.024,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	1.751,-	1.338,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	457,-	285,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>2.208,-</b>	<b>3.197,-</b>
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		Keine

Den Investitionskosten für die Installation einer thermischen Solaranlage in Höhe von 18.060,- € (ohne Förderung 25.800,- €) und den sich daraus ergebenden Kapitalkosten von jährlich 1.575,- € steht eine jährliche Betriebskosteneinsparung in Höhe von 415,- € gegenüber. Eine Wirtschaftlichkeit lässt sich, auch unter Berücksichtigung von vermiedenen CO<sub>2</sub>-Folgekosten in Höhe von 170,- € pro Jahr, für diese Maßnahme nicht nachweisen.

#### 4.2.4 Zirkulationsunterbrechung in Warmwasserverteilung des Umkleidegebäudes West (Maßnahme 3.3.IV)

Zur Reduzierung des Heizenergie- sowie des Strombedarfs für die Warmwasserbereitung im Umkleidegebäude West, sollte die vorhandene Zirkulationspumpe mit einer entsprechenden Zeitschaltuhr mit automatischen Tagesprogramm nachgerüstet werden. Dadurch kann die Zirkulation in den Nachtstunden für ca. 8 Stunden pro Tag unterbrochen werden, wodurch die Verluste durch Wärmestrahlung der Zirkulationsleitungen reduziert werden und Strom zum Antrieb der Zirkulationspumpe (Leistung 58 W) eingespart wird.

In der folgenden Tafel 4.2.13. ist die Heizenergie- und Stromeinsparung durch den Einbau einer Zeitschaltuhr zur Zirkulationsunterbrechung dargestellt.

**Tafel 4.2.13. Energiekonzept Stadionbad: Energieeinsparung durch Zirkulationsunterbrechung in der WW-Verteilung im Umkleidegebäude West**

		Ist-Zustand Dauerbetrieb 24 h/d	Soll-Zustand Eingeschränkter Betrieb 16 h/d
Warmwasserbedarf	in m <sup>3</sup> /a	950	950
Nutzenergiebedarf für WW-Bereitung	in kWh/a	38.570	38.570
Zirkulationsverluste	in kWh/a	7.920	5.610 <sup>9</sup>
Speicherverluste	in kWh/a	460	460
Heizenergiebedarf für WW-Bereitung	in kWh/a	46.950	44.640
Anlagennutzungsgrad	in %	80	80
Brennstoffbedarf (Erdgas)	in kWh/a	58.650	56.060
Pumpenstrombedarf	in kWh/a	182	122

Durch die Unterbrechung der Zirkulation in den Nachtstunden des Umkleidegebäudes West kann der jährliche Brennstoffbedarf um 2.310 kWh und der Strombedarf um 60 kWh reduziert werden.

Für die Umsetzung dieser Maßnahme ist mit Kosten in Höhe von 250,- € zu rechnen. In der Tafel 4.2.14 ist Jahreskostenberechnung für diese Maßnahme dargestellt (vgl. Berechnungsblatt Anhang 4.2.6).

**Tafel 4.2.14 Energiekonzept „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für eine Unterbrechung der Zirkulation in der WW-Verteilung des Umkleidegebäudes West**

Maßnahme		IST-Zustand Dauerbetrieb 24 h/d	Eingeschränkter Betrieb 16 h/d
Investitionskosten	in €		250,-
Kapitalkosten	in €/a		22,-
Mittlere Betriebskosten			
Gaskosten	in €/a	1.808,-	1.719,-
Stromkosten		11,-	7,-
Wartung/Instandhaltung	in €/a		3,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	1.819,-	1.729,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	2.250,-	2.140,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	620,-	590,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>2.870,-</b>	<b>2.752,-</b>
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		1,9

<sup>9</sup> abzüglich 1 h für Anheizung

Die Investitionskosten in Höhe von 250,- € würden sich in kurzer Zeit durch die Betriebs- und Umweltfolgekosteneinsparung von jährlich 140,- € amortisieren, so dass diese Maßnahme aus energetischen und wirtschaftlichen Gründen empfohlen werden kann.

#### 4.2.5 Nachträgliche Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen (Maßnahme 3.3.V)

Durch nicht isolierte Rohrleitungen und Armaturen wird Wärme an unbeheizte Räume abgegeben. Dies betrifft im Umkleidehaus Ost 5 Armaturen und 10 m Rohrleitung (DN 40-50), im Umkleidegebäude West ca. 10 m Kupfer-Rohrleitungen (35x1,5mm) sowie im Werkstattgebäude mehrere Armaturen und 10 m Kupfer-Rohrleitungen (42x1,5 mm). Diese Bereiche sind nachträglich durch das Anbringen einer Isolierung (z.B. Mineralfaser mit Alu-Grobkornummantelung) gegen Wärmeverluste zu schützen. Diese Maßnahme entspricht den gesetzlichen Anforderungen nach EnEV und ist bis zum Jahre 2006 umzusetzen.

In der folgenden Tafel 4.2.15. ist die Energiebilanz für den Ist-Zustand ohne Isolierung der Rohrleitungen und Armaturen sowie die Optimierungsmaßnahme mit Isolierung der Rohrleitungen und Armaturen gemäß EnEV dargestellt.

**Tafel 4.2.15 Energiekonzept Stadionbad: Energieeinsparung durch die nachträgliche Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen**

		Ist-Zustand Ohne Isolierung	Optimierung Isolierung gemäß EnEV
Leitungslänge inkl. Armaturenlänge	in m	32	32
k-Wert Rohr und Isolierung	in W/m*K	1,2	0,236
Mittl. Temp.differenz Medium/Umgebung	in K	10	10
Heizwärmeverluste	in kWh/a	1.660	325
Anlagennutzungsgrad	in %	85	85
Brennstoffbedarf (Erdgas)	in kWh/a	1.950	380

Durch die Isolierung der genannten Rohrleitungen und Armaturen können die Wärmeverluste um fast 80 % bzw. 1.570 kWh/a reduziert werden.

Die Kosten für das Anbringen von Mineralfasermatten mit Ummantelung aus Alugrobkorn an den Rohrleitungen sowie Dämmkappen für die Armaturen belaufen sich auf 1.350,- €.

Für die beschriebene Optimierungsmaßnahme ergibt sich gemäß Gesamtkostenberechnung (vgl. Anhang 4.2.7) keine Wirtschaftlichkeit. Die jährlichen Kapitalkosten in Höhe von knapp 140,- € werden durch die geringeren Betriebskosten und Umweltfolgekosten in Höhe von 60,- € pro Jahr nicht gedeckt.

### 4.3 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an der Lüftungsanlage

#### 4.3.1 Umstellung der elektrischen Beheizung der Lüftungsanlage „Technikebene“ auf Heizwasserbetrieb (Maßnahme 3.4.I)

Die elektrische Beheizung der Lüftungsanlage in der Techniquebene stellt mit einem Anteil von über 23 % am Gesamtstromverbrauch und Stromkosten in Höhe von ca. 18.400,- € pro Jahr eine energetisch und wirtschaftlich ungünstige Lösung dar.

Der Einbau eines Heizregisters für Pumpenheizwasser lässt sich ohne größeren Aufwand realisieren. Die Wärmeversorgung könnte vom Heizraum des Werkstattgebäudes erfolgen. Allerdings müsste in der Heizzentrale ein zusätzlicher Heizkessel (ca. 50 kW) installiert werden, da die Leistung des vorhandenen Kessels (84 kW) nicht ausreicht.

In der folgenden Tafel 4.3.1 ist die Energiebilanz für den Ist-Zustand sowie für die Optimierungsmaßnahme durch Umstellung der Wärmeversorgung der Lüftungsanlage im Technikbereich auf Heizwasser dargestellt.

**Tafel 4.3.1 Energiekonzept Stadionbad: Energiebilanzen für die Umstellung der Beheizung der Lüftungsanlage im Technikbereich**

Heizsystem		Ist	Optimierung
Art der Beheizung		Elektrisch	Erdgas - Heizwasser
Leistung	in kW	580	580
Heizenergiebedarf	in kWh/a	193.010	193.010
Anlagennutzungsrad	in %	98	85
Brennstoffbedarf (Erdgas)	in kWh/a		227.070
Heizstrombedarf	in kWh/a	196.950	
<b>Primärenergiebedarf</b>	<b>in kWh/a</b>	<b>562.730</b>	<b>246.800</b>

Der Primärenergiebedarf der beiden Varianten zeigt einen deutlichen Vorteil für die Umstellung auf Erdgasbeheizung mit einem Pumpen-Warmwassersystem. Die Reduzierung liegt bei jährlich 315.900 kWh.

#### Investitionskosten

Für die beschriebene Optimierungsmaßnahme durch Umrüstung der elektrischen Beheizung der Lüftungsanlage „Technikebene“ auf Heizwasser ergeben sich die in Tafel 4.3.2 zusammengestellten Investitionskosten.

**Tafel 4.3.2 Energiekonzept Stadionbad: Investitionskosten für die Installation eines Heizwassersystems für die Lüftungsanlage „Technikebene“**

		Installation eines Heizwassersystems
Heizkessel inkl. Abgassystem	in EUR	12.500,-
Rohrleitungen, Armaturen, Pumpe, AD-Gefäß, etc.	in EUR	10.250,-
Heizregister inkl. Anschluss	in EUR	2.500,-
Regelung	in EUR	3.500,-
Sonstiges (u.a. Durchbrüche)	in EUR	2.500,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	4.700,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	5.750,-
<b>Brutto-Gesamtkosten</b>	<b>in EUR</b>	<b>41.700,-</b>

Die Kosten für Schaffung eines neuen Heizwassersystems und für die Geräteumrüstung belaufen sich auf 41.700,- €.

### Jahreskostenberechnung

Für die beschriebene Optimierungsmaßnahme 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 „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für die Umrüstung der Lüftungsanlage „Technikebene“ auf Heizwasser**

Maßnahme		IST-Zustand Elektrische Beheizung	Umrüstung auf Heizwassersystem
Investitionskosten	in €		41.700,-
Kapitalkosten	in €/a		4.295,-
Mittlere Betriebskosten			
Heizkosten	in €/a		7.000,-
Stromkosten	in €/a	16.525,-	
Wartung/Instandhaltung	in €/a		630,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	16.525,-	7.630,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	20.440,-	9.425,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	6.700,-	2.385,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>27.140,-</b>	<b>16.105,-</b>
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		3,1

Die untersuchte Optimierungsmaßnahme stellt mit einer Amortisationszeit von rund 3 Jahren eine wirtschaftliche Maßnahme dar und sollte aus diesem Grund realisiert werden. Die jährlichen Gesamtkosten werden unter Berücksichtigung der Kapitalkosten um jährlich 11.000,- € gesenkt.

#### 4.4 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungen an der Badewassertechnik

##### 4.4.1 Optimierung der Beckenwasseraufbereitung (Maßnahme 3.5.I)

Deutliche Vorteile beim Wasser- und Stromverbrauch gegenüber einer Sandfilteranlage ergeben sich durch den Einsatz von Vakuum-Anschwemmfiltern. Gegenüber 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.

Des Weiteren kann bei der Nutzung einer Vakuum-Anschwemmfilteranlage die Chlorung nicht wie derzeit mit Nachspeisewasser sondern mit Reinwasser erfolgen.

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- und Wasserbilanz mit den Ist-Zustand mit Sandfilter und die Optimierungsmaßnahme mit Vakuum-Anschwemmfilter zusammengestellt.

**Tafel 4.4.1 Energiekonzept „Stadionbad“: Strom- und Wasserbilanz der untersuchten Beckenwasseraufbereitungssysteme**

		Ist-Zustand	Soll-Zustand
System		Sandfilter	Vakuum-Anschwemmfilter
Umwälzleistung	in m <sup>3</sup> /h	1.876	1.955
<b>Pumpenstrombilanz</b>			
Pumpenleistung			
Normalbetrieb			
Reinwasserpumpen	in kW	0	50,9
Rohwasserpumpen	in kW	133,2	32,1
Absenkbetrieb			
Reinwasserpumpen	in kW	0	17,0
Rohwasserpumpen	in kW	133,2	10,7
Betriebszeiten			
Normalbetrieb			
	in h/a	1.572	1.572
Absenkbetrieb			
	in h/a	1.572	1.572
Stromverbrauch			
Normalbetrieb			
	in kWh/a	209.390	130.397
Absenkbetrieb			
	in kWh/a	209.390	43.466
<b>Summe</b>	<b>in kWh/a</b>	<b>418.781</b>	<b>173.863</b>

		Ist-Zustand	Soll-Zustand
<b>Wasserbilanz</b>			
Besucherzahl	in P/a	125.000	
Besucherbelastung	in P/h	250	
Austauschwasser spezifisch	in l/P	20	15
Gesamt	in m <sup>3</sup> /a	2.500	4.913
Reinigungswasser			
spezifisch	in m <sup>3</sup> /d	180	1,25
Gesamt	in m <sup>3</sup> /a	23.580	164
<b>Summe</b>	<b>in m<sup>3</sup>/a</b>	<b>26.080</b>	<b>5.076</b>
<b>Heizstrombilanz</b>			
Heizwärme Frischwasser	in kWh/a	121.011	23.554
Heizstrom Frischwasser	in kWh/a	26.891	5.234
<b>Einsparung</b>			
Strom	in kWh/a		266.575
Wasser	in m <sup>3</sup> /a		21.004
Strom	in Euro/a		22.366
Wasser	in Euro/a		57.130
<b>Gesamt</b>	<b>in Euro/a</b>		<b>79.496</b>

Durch den Austausch der vorhandenen Sandfilteranlage gegen Vakuum-Anschwemmfilter könnten im Stadionbad pro Saison etwa 245.000 kWh Pumpenstrom eingespart werden. Der Wasserbrauch würde um etwa 21.000 m<sup>3</sup>/a gesenkt. Aufgrund des geringeren Frischwasserbedarfs könnten der Stromverbrauch der Wärmepumpe um ca. 21.600 kWh reduziert werden. Daraus errechnet sich bei derzeitigem Preisniveau eine jährliche Energie- und Wasserkostenkosteneinsparung von rund 79.500,- 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	383.000,-
Verrohrung, Armaturen, Sonstiges	in EUR	80.000,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	73.500,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	90.160,-
<b>Brutto-Gesamtkosten</b>	<b>in EUR</b>	<b>653.660,-</b>

Für den Austausch der vorhandenen Sandfilteranlage durch eine Vakuum-Anschwemmfilteranlage im Stadionbad ist von einer Gesamtinvestitionssumme von rund 654.000,- Euro auszugehen. Bei einer Entsorgung der Aktivkohle als Sondermüll muss ein zusätzliches Absetzbecken vorgesehen werden. Die Kosten hierfür liegen bei 5.500,- €.

### **Betriebskosten**

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

Filterhilfsstoff	Benötigte Menge:	Spez. Preis:	Gesamtkosten pro Saison (131 Tage)
Diatomit:	0,6 kg/Tag	1 € / kg	80,- €
Aktivkohle:	10,7 kg/Tag	4,70 € /kg	6.590,- €

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.<sup>10</sup>

### **Entsorgung der Aktivkohle als Sondermüll:**

Für vorgenannte Vakuum-Anschwemmfilteranlage fallen jährlich 3,9 Tonnen (= 5,50 m<sup>3</sup>) 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 8 Transporte pro Jahr. Unter Berücksichtigung der o.g. Preise sowie der anfallenden Aktivkohlemenge errechnen sich daraus jährliche Entsorgungskosten in Höhe von **2.920,- EUR**.

### **Jahreskosten**

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

---

<sup>10</sup> 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 „Stadionbad“: Gesamtkostenberechnung für die Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage**

Maßnahme		IST-Zustand	Anschwemmfilter	Anschwemmfilter Mit Aktivkohleentsorgung
Investitionskosten	in €		653.660,-	659.160,-
Kapitalkosten	in €/a		67.300,-	67.870,-
Mittlere Betriebskosten				
Betriebsmittel	in €/a	6.670,-	6.670,-	6.670,-
Personal+Reinigung	in €/a		4.585,-	6.880,-
Instandhaltung/Wartung	in €/a		9.805,-	9.890,-
Stromkosten	in €/a	37.390,-	15.025,-	15.025,-
Wasserkosten	in €/a	70.940,-	13.805,-	13.805,-
Entsorgungskosten	in €/a			2.920,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	115.000,-	49.890,-	55.190,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	142.250,-	61.700,-	68.270,-
Umweltfolgekosten				
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	15.150,-	6.090,-	6.090,-
Trinkwasser	in €/a	26.080,-	5.075,-	5.075,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>183.480,-</b>	<b>140.165,-</b>	<b>147.300,-</b>
Amortisationszeit				
Basis Ist-Zustand	in a		7,5	8,2

Für den Austausch der vorhandenen Sandfilteranlage gegen Vakuum-Anschwemmfilter ergäbe sich eine Amortisationszeit von 7,5 Jahren. Diese Optimierungsmaßnahme ist aus Gründen der Energie- und Wassereinsparung sowie aus wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen. Auch die Berücksichtigung der möglichen Kosten für die Sondermüllentsorgung der Aktivkohle ergibt sich eine Amortisationszeit, die immer noch deutlich unter 10 Jahren liegt.

#### 4.4.2 Bohren eines Brunnens zur Nutzung von Brunnenwasser zur Beckenwassernachspeisung (Maßnahme 3.5.II)

Wie im Abschnitt 3.5.1 beschrieben, ist davon auszugehen, dass die Möglichkeit einen Brunnen zur Wassergewinnung zu bauen, voraussichtlich nicht genehmigt wird. Trotzdem soll an dieser Stelle eine wirtschaftliche Abschätzung erfolgen, ob für die Maßnahme ein wirtschaftliches Ergebnis zu erwarten ist.

Aus Vergleichsobjekten lässt sich schließen, dass die Bohrtiefe in einem Bereich von 70 m liegen sollte. Der Wasserertrag könnte bei ca. 40 m<sup>3</sup>/d liegen. Während einer Badesaison könnten 5.240 m<sup>3</sup> für die Beckenwassernachspeisung gewonnen werden. Dies entspricht einem Anteil von ca. 20 % der Frischwassernachspeisemenge. Die Kosten für die Herstellung eines Brunnens liegen bei ca. 85.000,- €. Die Bezugskosten könnten um rund 9.600,- € pro Jahr reduziert werden.

Unter Berücksichtigung dieser Schätzwerte errechnet sich daraus eine Amortisationszeit von 4,5 Jahren (s. Berechnungsblatt Anhang 4.4.2).

#### 4.4.3 Nutzung von Filtrerrückspülwasser zur Rasenbewässerung (Maßnahme 3.5.III)

Für die Beregnungsanlage der Liegewiese täglich ca. 3–5 m<sup>3</sup> bzw. 400 m<sup>3</sup> pro Saison an Frischwasser eingesetzt. Während der zweiten Filtrerrückspülung fallen täglich ca. 10 m<sup>3</sup> an Filtrerrückspülwasser an. Dieses Rückspülwasser ist größtenteils frei von Verunreinigungen und kann auf der Liegewiese ausgebracht werden.

Die Speicherung und Entnahme des Rückspülwassers für die Bewässerungsanlage kann im Regenwassererdtdank (14 m<sup>3</sup>) im westlichen Teil des Stadionbades erfolgen. Hier wird derzeit das Regenwasser der Dachflächen des Werkstatt- und des Umkleidegebäudes West aufgefangen und ungenutzt in eine Sickergrube auf dem Gelände des Golfplatzes gepumpt.

#### Investitionskosten

In Tafel 4.4.4 ist die Kostenschätzung für die notwendigen Investitionen zur Nutzung von Filtrerrückspülwasser zur Rasenbewässerung aufgeführt.

**Tafel 4.4.4 Energiekonzept „Stadionbad“: Investitionskosten für die Nutzung von Filtrerrückspülwasser zur Rasenbewässerung**

		Filtrerrückwasser zur Rasenbewässerung
Pumpen, Armaturen	in EUR	1.300,-
Verrohrung inkl. Erdarbeiten	in EUR	7.8000,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	1.365,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	1.675,-
<b>Brutto-Gesamtkosten</b>	<b>in EUR</b>	<b>12.140,-</b>

Die Gesamtkosten für die untersuchte Maßnahme belaufen sich auf ca. 47.500,- €.

#### Jahreskosten

Für die beschriebene Wassersparmaßnahme wurde eine Jahres-Gesamtkostenrechnung durchgeführt und die Ergebnisse in Tafel 4.4.5 zusammengestellt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang 4.4.3 dargestellt.

**Tafel 4.4.5 Energiekonzept „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für die Nutzung von Filtrückspülwasser zur Rasenbewässerung**

Maßnahme		IST-Zustand	Nutzung Filtrückspülwasser
Investitionskosten	in €		12.140,-
Kapitalkosten	in €/a		1.650,-
Mittlere Betriebskosten			
Instandhaltung/Wartung	in €/a		180,-
Wasserkosten	in €/a	1.090,-	-
Stromkosten	in €/a	-	5,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	1.090,-	185,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	1.270,-	220,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	-	2,-
Trinkwasser	in €/a	400,-	-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>1.670,-</b>	<b>1.872,-</b>
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		12,0

Für die Maßnahme errechnet sich eine Amortisationszeit die mit 12,0 Jahren noch innerhalb der Nutzungszeit der Pumpen liegt.

*Nach Bewertung durch die Bäderleitung sowie des Sport- und Bäderamtes ist die Umsetzung der Maßnahme derzeit nur mit erheblichem technischen Aufwand zu realisieren, so dass eine Aufnahme in den Maßnahmenkatalog bzw. Prioritätenliste nicht sinnvoll erscheint.*

#### 4.4.4 Optimierung der Beckenwasserpumpen (Maßnahme 3.5.IV)

Die 9 installierten Umwälzpumpen der Lose 1-3 werden durch neue, auf den tatsächlichen Bedarf ausgelegte Pumpen ersetzt. Dadurch wird die Pumpenanschlussleistung sowie die Stromwirksamkeit reduziert.

In der folgenden Tafel 4.4.6 sind die tatsächlichen Betriebsdaten sowie die Strombezugswerte für den Ist-Zustand (s. auch Tafel 3.5.2) und die Optimierungsvariante dargestellt.

**Tafel 4.4.6 Energiekonzept „Stadionbad“: Jahresstrombedarf von Umwälzpumpen im Ist- und Soll-Zustand**

Versorgungs-Bereich	Volumen-Strom In m <sup>3</sup> /h	Förder-höhe In mWS	Ist-Zustand		Optimierung	
			Stromverbrauch in kWh/a	Leistungsbedarf in kW	Stromverbrauch in kWh/a	Leistungsbedarf in kW
LOS 1 – P1	312	19	69.168	22	58.164	18,5
P2	180	16	47.160	15	34.584	11
P3	80	14	15.720	5,5	15.720	5,0
LOS2 – P1	240	13	53.448	17	47.160	15
P2	260	15	53.448	17	47.160	15
P3	260	14,5	53.448	17	47.160	15
P4	260	15	53.448	17	47.160	15
LOS 3 – P1	130	14	37.728	12	23.580	7,5
P2	95	13	37.728	12	17.292	5,5
<b>GESAMT</b>			<b>421.296</b>	<b>134,5</b>	<b>337.980</b>	<b>107,5,5</b>
<b>Einsparung gegen Ist</b>					<b>83.316</b>	<b>27,0</b>

Durch den Einbau von neuen auf den tatsächlichen Bedarf ausgelegte Pumpen könnte der jährliche Strombedarf um rund 83.310 kWh vermindert werden. Dies entspricht einer Reduzierung des jährlichen Gesamtstromverbrauchs des Stadionbades um 8,6 %. Durch die bedarfsgerechte Auslegung würde der maximale Gesamtleistungsbedarf der Pumpen um 27 kW verringert.

### Investitionskosten

Für die beschriebene Optimierungsmaßnahme bei den Beckenwasserumwälzpumpen ergeben sich die in Tafel 4.4.7 zusammengestellten Investitionskosten.

**Tafel 4.4.7 Energiekonzept „Stadionbad“: Investitionskosten für den Einsatz bedarfsgerecht ausgelegter Beckenwasserpumpen**

		Installation von neuen Umwälzpumpen (9 Stk.)
Demontage-/Montagekosten	in EUR	2.250,-
Kosten für Pumpen	in EUR	50.205,-
Bau- u. Baunebenkosten (15 %)	in EUR	7.870,-
Mehrwertsteuer (16 %)	in EUR	9.650,-
<b>Brutto-Gesamtkosten</b>	<b>in EUR</b>	<b>69.975,-</b>

### Reduzierung Stromverbrauch und -kosten

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 4.1 aufgeführten spezifischen Strompreise sowie den in Tafel 4.4.8 dargestellten Stromverbrauchswerten ergeben sich folgende Jahresstromkosten für Ist-Zustand und Optimierung.

**Tafel 4.4.8 Energiekonzept „Stadionbad“: Stromkosten für Ist-Zustand und Optimierung der Beckenwasserumwälzpumpen**

		Ist-Zustand	Optimierung
Kosten für Wirkarbeit	in EUR/a	25.320,-	20.310,-
Ökosteuern	in EUR/a	10.025,-	8.045,-
Leistungskosten	in EUR/a	8.990,-	7.190,-
<b>GESAMT</b>	in EUR/a	<b>44.335,-</b>	<b>35.545,-</b>
Einsparung gegen Ist	in EUR/a		8.790,-

Durch die Optimierung der Beckenwasserumwälzpumpen durch Einbau von neuen bedarfsgerecht ausgelegten Pumpen können die jährlichen Stromkosten um knapp 10 % bzw. 8.800,- € reduziert werden.

### Jahreskostenberechnung

In der Tafel 4.4.9 sind die Ergebnisse der Gesamtkostenberechnung für die Optimierung der Beckenwasserumwälzpumpen im Stadionbad aufgeführt. (Berechnungsblatt s. Anhang 4.4.4)

**Tafel 4.4.9 Energiekonzept „Stadionbad“: Gesamtkostenberechnung für den Einbau von bedarfsgerechten Beckenwasserumwälzpumpen**

Maßnahme		IST-Zustand	Optimierung
Investitionskosten	in €		69.975,-
Kapitalkosten	in €/a		7.205,-
Mittlere Betriebskosten			
Instandhaltung/Wartung	in €/a		1.050,-
Stromkosten		44.335,-	35.545,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	44.335,-	36.595,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	54.805,-	45.265,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	13.690,-	10.985,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>68.495,-</b>	<b>63.455,-</b>
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		7,2

Die Berechnungen zeigen, dass die Gesamtkosten durch den Einbau von neuen bedarfsgerecht ausgelegten Beckenwasserumwälzpumpen im Vergleich zum derzeitigen Ist-Zustand um jährlich rund 5.000,- € gesenkt werden können. Diese Maßnahme ist aus energetischen und wirtschaftlichen Gründen zu empfehlen und sollte realisiert werden, wenn die Umrüstung der Beckenwasseraufbereitung auf eine Vakuum-Anschwemmfilteranlage innerhalb der nächsten 7 Jahre nicht zu erwarten ist.

#### 4.5 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Optimierungsmaßnahmen an Elektroanlagen

Wie im Abschnitt 3.6 beschrieben, ergibt sich für den Bereich der Elektroanlagen im Stadionbad nur für die Beleuchtungsanlagen eine Optimierungsvariante (3.6.I) durch den Einbau von elektronischen Vorschaltgeräten mit Leuchtstofflampen des Werkstattgebäudes.

Die Gesamtinvestitionskosten für neue freistrahkende Lichtleisten mit EVG (einschl. Demontage der alten Leuchten) liegen bei 15.250,- €.

Die Leuchtstofflampen werden derzeit nur wenig eingeschaltet, so dass sich durch eine Umrüstung nur eine jährliche Stromkosteneinsparung für Wirkarbeit von 8.470 kWh ergibt. Dies Strombezugsleistung wird um 3,7 kW reduziert. 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 „Stadionbad“: Gesamtkostenrechnung für die untersuchten Optimierungsmaßnahmen für die Beleuchtung**

Maßnahme		IST-Zustand	Optimierung
Leuchten		Ist	Neu mit EVG
Investitionskosten	in €		15.250,-
Kapitalkosten	in €/a		1.570,-
Mittlere Betriebskosten			
Stromkosten	in €/a	5.450,-	4.590,-
Heutige Betriebskosten	in €/a	5.450,-	4.590,-
Mittlere Betriebskosten	in €/a	6.740,-	5.680,-
Umweltfolgekosten			
CO <sub>2</sub> -Emissionen	in €/a	1.615,-	1.340,-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>in €/a</b>	<b>8.355,-</b>	<b>8.590,-</b>
Amortisationszeit			
Basis Ist-Zustand	in a		-

Unter Berücksichtigung der derzeitigen Nutzungsstruktur ergibt sich keine Wirtschaftlichkeit für die untersuchte Optimierungsmaßnahme der Beleuchtung. Die Maßnahme wird durch die jährliche Betriebs- und Umweltfolgekosteneinsparung in Höhe von rund 1.335,- € nicht refinanziert. Aus diesem Grund sollte der Austausch im Rahmen der Bauunterhaltung erfolgen.

## **A N H A N G**

**Anhang zum Abschnitt 2.1 – Elektrischer Strombedarf und –verbrauch****Anhang 2.1.1 Energiekonzept Stadionbad – Monatlicher Stromverbrauch und Leistungsbezug (ohne Werkstattgebäude) – Zählernummer 171514**

Jahr / Monat	HT in kWh/Mo	NT in kWh/Mo	Wirkarbeit - Gesamt in kWh/Mo	Leistung in kW	Bemerkung
Jan 2003	20.320	23.850	44.170	72	Rechnung
Feb 2003	19.800	21.670	41.470	80	Rechnung
März 2003	18.430	20.100	38.530	80	Rechnung
April 2003	66.730	76.080	142.810	360	Rechnung
Mai 2003	80.630	85.000	165.630	372	Rechnung
Juni 2003	54.486	66.593	121.079		Mainova/geschätzt
Juli 2003	56.302	68.813	125.115		geschätzt
Aug 2002	63.410	72.510	135.920	332	Rechnung
Sep 2002	23.300	30.820	54.120	332	Rechnung
Okt 2002	7.840	9.490	17.330	44	Rechnung
Nov 2002	18.150	20.240	38.390	64	Rechnung
Dez 2002	21.700	24.640	46.340	72	Mainova
<b>Gesamt</b>	<b>451.097</b>	<b>519.807</b>	<b>970.904</b>		

**Anhang 2.1.2 Energiekonzept Stadionbad – Monatlicher Stromverbrauch der Unterzähler**

Jahr/ Monat	Wärme- pumpe in kWh/Mo	Maschinen Haus in kWh/Mo	Kiosk Fa. Zirkel Nichtschwimmer in kWh/Mo	Mutter/ Kind in kWh/Mo	Umkl. West Fa. Zirkel in kWh/Mo	Speicherhgzg Büro in kWh/Mo	Lüftungs anlage in kWh/Mo	Beleuchtung in kWh/Mo
Jan 2003						4.032	36.456	3.682
Feb 2003						3.024	32.928	5.518
Mrz 2003						2.621	34.633	1.276
April 2003	25.840	78.960				1.613	10.800	1.300
Mai 2003	38.080	111.720	332	104		806	5.580	1.250
Juni 2003	0	109.920	611	287	63	0	5.400	850
Juli 2003	20.880	112.440	542	259	57	0	4.092	750
Aug 2002	10.240	111.480	547	248	104,9	0	4.092	1.100
Sep 2002	6.400	34.680	216	42	0,2	605	2.520	1.200
Okt 2002						1.613	14.582	1.135
Nov 2002						2.419	31.752	4.219
Dez 2002						3.226	36.456	6.658
<b>Gesamt</b>	<b>101.440</b>	<b>559.200</b>	<b>2.249</b>	<b>939</b>	<b>225</b>	<b>19.958</b>	<b>219.292</b>	<b>28.938</b>
<b>Prozent</b>	<b>10,4%</b>	<b>57,6%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,1%</b>	<b>2,1%</b>	<b>22,6%</b>	<b>3,0%</b>

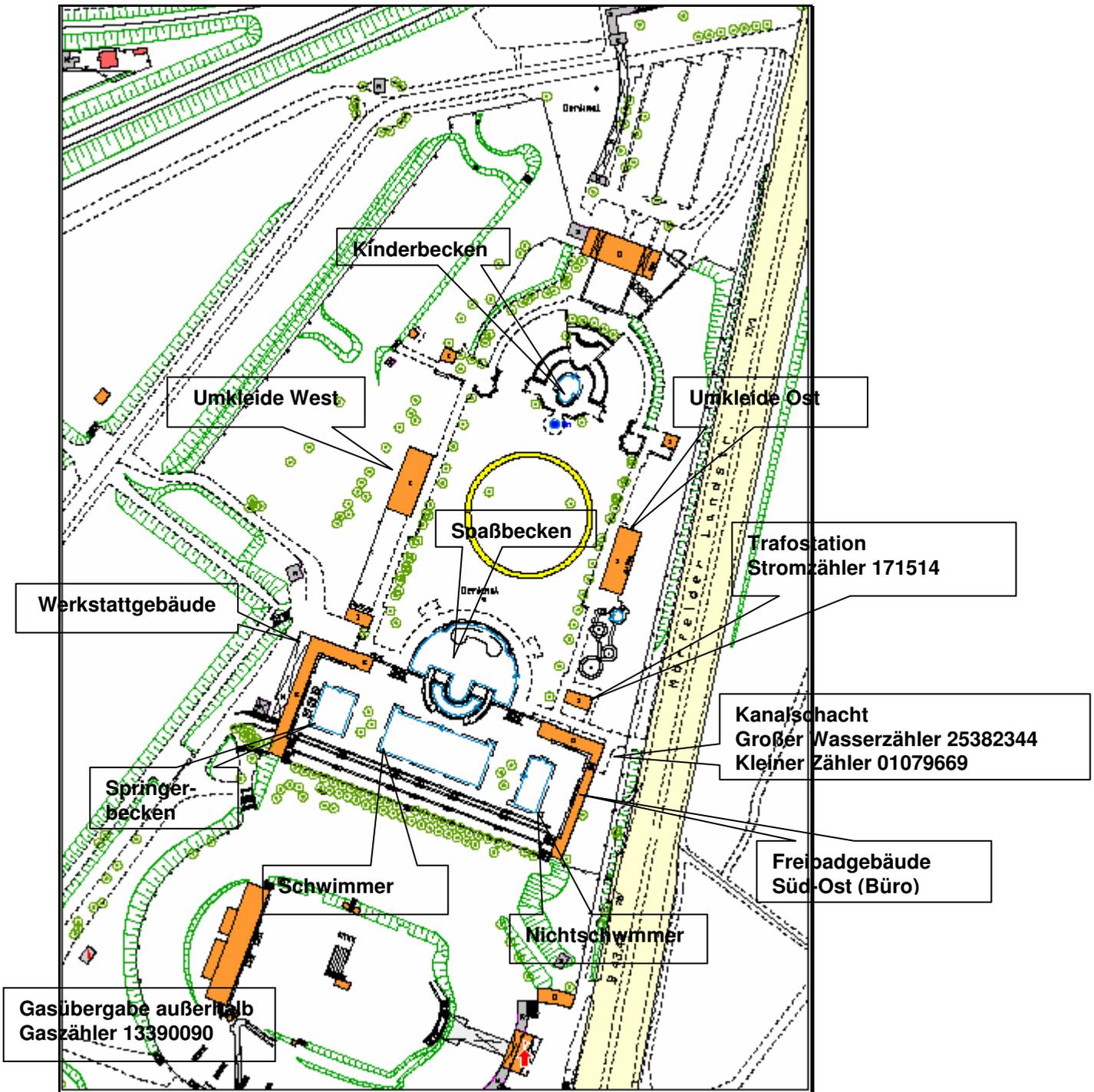
## Anhang zum Abschnitt 2.3 – Wasserverbrauch

### Anhang 2.3.1 Energiekonzept Stadionbad – Monatlicher Wasserverbrauch der Unterzähler

Monat	Chloranlage	LOS 1	LOS 2	LOS 3	Rasen sprenger	Kiosk Um- kleide West	Kiosk Mutter/Kind	Gesamt
2002	in m <sup>3</sup> /Mo	in m <sup>3</sup> /Mo	in m <sup>3</sup> /Mo					
Jan								8
Feb								106
März								140
April								7.652
Mai	1.407	205	139	239	2	0	0	7.181
Juni	5.185	0	175	85	3	0	1	7.627
Juli	5.229	113	193	204	278	10	3	8.644
Aug	5.435	115	60	172	88	10	1	7.791
Sep	5.599	54	82	139	5	0	1	1.793
Okt	1.722	42	0	22	1	0	0	134
Nov								210
Dez								176
<b>Gesamt</b>	<b>24.577</b>	<b>529</b>	<b>649</b>	<b>861</b>	<b>377</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>41.462</b>
<b>Prozent</b>	<b>59,3%</b>	<b>1,3%</b>	<b>1,6%</b>	<b>2,1%</b>	<b>0,9</b>	<b>0,05 %</b>	<b>0,01%</b>	

### Anhang zum Abschnitt 3.1 – Allgemeine Objektbeschreibung

#### Anhang 3.1.1 Energiekonzept Stadionbad – Lageplan mit Zählerstandorten und Nummern



## Anhang zum Abschnitt 3.2 – Werkstattgebäude - Gebäude und Bauteile

### Anhang 3.2.1 Energiekonzept Stadionbad – Gebäudekenndaten Werkstattgebäude

Gebäude		Stadionbad
Reale Energiebezugsfläche	in m <sup>2</sup>	562,5
Beheiztes Gebäudevolumen	in m <sup>3</sup>	1.378
Außenwandfläche	in m <sup>2</sup>	375,1
Dachfläche	in m <sup>2</sup>	630,6
Grundfläche	in m <sup>2</sup>	630,6
Außenwand gegen Erdreich	in m <sup>2</sup>	116,0
Fensterflächen		
- Ost	in m <sup>2</sup>	22,7
- West	in m <sup>2</sup>	25,1
- Nord	in m <sup>2</sup>	10,1
- Süd	in m <sup>2</sup>	9,1

### Anhang 3.2.2 Energiekonzept Stadionbad – u-Werte und Flächen der Gebäudebauteile Werkstatt

Gebäudeteil	u-Wert in W/m <sup>2</sup> *K	Flächenanteil in m <sup>2</sup>
Außenwand Altbau (Dicke ca. 1,00 m)	1,04	375,1
Dachboden	0,60	454,43
Decke gegen außen	0,94	176,2
Grundfläche – Fußboden OG gegen außen	1,21	454,43
Grundfläche – Kellerfußboden	0,59	176,2
Außenwand gegen Erdreich	1,5	116,0
Fenster/Außentüren		
- Ost	3,2	22,7
- West	3,2	25,1
- Nord	3,2	10,1
- Süd	3,2	9,1

### Anhang 3.2.3 Energiekonzept Stadionbad – Berechnung des Heizenergiebedarfs nach Leitfaden „Energiebewusste Gebäudeplanung“ für das Werkstattgebäude

#### GEBÄUDEDATEN

GEBÄUDEDATEN			
Energiebezugsfläche	EBF	582,5	m <sup>2</sup>
davon mechanisch belüftete Fläche	0 %		m <sup>2</sup>
Personenbelegung		14	P
Durchschnittliche Raumhöhe	H	2,45	m
Luftvolumen (=EBF * Raumhöhe)	V	1.378	m <sup>3</sup>
Luftwechselrate unbelüftete Räume	$\beta$	0,6	(h <sup>-1</sup> )
Luftwechselrate mechanisch belüftete Räume	$\beta$		(h <sup>-1</sup> )
Grenzwert nach Hessischen Leitfaden		75	KWh/m <sup>2</sup> a

#### TRANSMISSIONS- UND LÜFTUNGSWÄRMEVERLUSTE

Transmissionswärmeverluste	Bauteilbezeichnung	Fläche in m <sup>2</sup>	u-Wert in W/m <sup>2</sup> K	Gt in kKh/a	Verluste	
					in kWh/a	in %
Außenwand	AW	375,06	1,04	81	31.520	26,7%
Fenster	AF-Ost	22,73	3,20	81	5.890	5,0%
	AF-West	25,13	3,20	81	6.514	5,5%
	AF-Nord	10,10	3,20	81	2.618	2,2%
	AF-Süd	9,1	3,20	81	2.356	2,0%
Dach	Dachboden	454,43	0,60	81	22.180	18,8%
	Decke gegen außen	176,19	0,94	81	13.420	11,4%
Fußboden	Kellerfußboden	176,19	0,59	40,5	4.231	3,6%
	Fußboden gegen außen	454,43	1,21	40,5	22.264	18,9%
Erdberührende Wände	AW	116,03	1,50	40,5	7.049	6,0%
<b>Summe Transmissionswärmeverluste QT</b>					118.041	(kWh/a)

Lüftungswärmeverluste QL	$\beta$ (1/h)	V (m <sup>3</sup> )	c (Wh/m <sup>3</sup> K)	Gt (kKh/a)		
Unbelüftete Fläche	0,6	1.378	0,33	81	22.101	(kWh/a)
Mechanisch belüftete Fläche			0,33	81		(kWh/a)
<b>Summe Lüftungswärmeverluste</b>					22.101	(kWh/a)
<b>Summe Verluste</b>					<b>140.141</b>	<b>(kWh/a)</b>

## WÄRMEGEWINNE

	r	Fensterfläche (m <sup>2</sup> )	g-Wert	Strahlung (kWh/m <sup>2</sup> a)	Gewinne (kWh/a)
Horizontal	0,68	0,0	0,70	331	0
Nord	0,68	10,1	0,70	121	582
West	0,68	25,1	0,70	217	2.596
Ost	0,68	22,7	0,70	212	2.293
Süd	0,68	9,1	0,70	353	1.527
Summe Solargewinne	QS				6.998
Freie Wärme Elektrizität	QE				7.000
Freie Wärme Personen	QP				2.117
Wärmebedarf Brauchwassererwärmung	Qwa				5.220
Summe Innere Wärmegewinne	QI=QE+QP-Qwa				3.897
Summe Freie Wärme	QF=QS+QI				10.895
Gewinnfaktor Freie Wärme	x=1-0,3*QF/QV				0,977
<b>Wärmegewinne</b>	<b>QG=x*QF</b>				<b>10.641</b>

## HEIZWÄRMEBEDARF “Werkstattgebäude”

Heizwärmebedarf	QH=QV-QG	129.501	(kWh/a)
Energiekennwert Heizwärme	QH/EBF	230,2	(kWh/m <sup>2</sup> a)
Grenzwert		75	(kWh/m <sup>2</sup> a)
Grenzwertüberschreitung		207	(%)
Grenzwert erfüllt	<b>nein</b>		

**Anhang zum Abschnitt 4. – Wirtschaftlichkeitsberechnung****Anhang 4.2.1 Gegenüberstellung der untersuchten Beckenwassererwärmungssysteme (Maßnahme 3.3.Ia)**

1. Gesamtkosten						
<b>A. Allgemeine Daten</b>						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.		
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.		
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.		362
A7 Betrachtungszeitraum	20a		A8 Währung	€		
A9 Kapitalzins	6%		A10 Annuitätsfaktor	0,09		
A11 Preissteigerung	3%		A12 Mittelwertfaktor	1,31		
<b>B. Varianten</b>						
	<b>Bezeichnung</b>					
B0 Variante 1	Wärmepumpenanlage					
B1 Variante 2	Brennwertkesselanlage					
<b>C. Kenngrößen</b>						
	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>				
C1 Bezugsfläche (NGF)	1.720	1.720				m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl						P
C3 spez. Heizwärmebedarf	247	247				kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung		105%				%
C5 spez. Strombezug	54,93					kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen	37,90	54,14				kg/m <sup>2</sup> a
<b>D. Kapitalkosten</b>						
	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>				
D1 Investitionskosten (DIN 276)	244.790	214.100				€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0				€
D3 Eigenkapitaleinsatz	244.790	214.100				€
D4 Kapitalkosten	21.342	18.666				€/a
D5 spez. Kapitalkosten	12	10,85				€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>						
	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>				
E1 Personal+Reinigungskosten						€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	3.672	3.212				€/a
E3 Heizkosten		13.094				€/a
E4 Stromkosten	10.265					€/a
E5 Wasserkosten						€/a
E6 Verwaltung+Versicherung						€/a
E7 heutige Betriebskosten	13.937	16.306				€/a
E8 mittl. Betriebskosten	18.224	21.322				€/a
E9 spez. Betriebskosten	10,60	12,40				€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>						
	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>				
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)	3.259	4.656				€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	0	0				€/a
F3 Umweltfolgekosten	3.259	4.656				€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	2	3				€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>						
	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>				
G1 Gesamtkosten	42.826	44.644				€/a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

**Anhang 4.2.2 – Installation einer Beckenwasserabdeckung (Maßnahme 3.3.Ib)**

<b>1. Gesamtkosten</b>					
<b>A. Allgemeine Daten</b>					
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.	
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362
A7 Betrachtungszeitraum	20a	A8 Währung		€	
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,09	
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,31	
<b>B. Varianten</b>					
		<b>Bezeichnung</b>			
B0 Istzustand	Ist-Zustand				
B1 Variante 1	Beckenabdeckung für Los 1 und 3				
<b>C. Kenngrößen</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
C1 Bezugsfläche (NGF)		1.720	1.720		m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl					P
C3 spez. Heizwärmebedarf		247	96		kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung					%
C5 spez. Strombezug		54,93	21,28		kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen		37,90	14,68		kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug					m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
D1 Investitionskosten (DIN 276)		0	283.800		€
D2 Zuschüsse/Erlöse			0		€
D3 Eigenkapitaleinsatz		0	283.800		€
D4 Kapitalkosten		0	24.743		€/a
D5 spez. Kapitalkosten		0	14,39		€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
E1 Personal+Reinigungskosten			2.165		€/a
E2 Wartung+Instandhaltung		0	2.838		€/a
E3 Heizkosten					€/a
E4 Stromkosten		7.926	3.071		€/a
E5 Wasserkosten					€/a
E6 Verwaltung+Versicherung					€/a
E7 heutige Betriebskosten		7.926	8.074		€/a
E8 mittl. Betriebskosten		10.365	10.558		€/a
E9 spez. Betriebskosten		6,03	6,14		€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)		3.259	1.263		€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )		0	0		€/a
F3 Umweltfolgekosten		3.259	1.263		€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.		2	1		€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
G1 Gesamtkosten		13.624	36.564		€/a
G2 spez. Gesamtkosten		7,9	21,3		€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)					a

(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)

### Anhang 4.2.3 – Installation einer Solarabsorberanlage für das Nichtschwimmerbecken (LOS 3) (Maßnahme 3.3.Ic)

1. Gesamtkosten						
<b>A. Allgemeine Daten</b>						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.		
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.		
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362	
A7 Betrachtungszeitraum	20a	A8 Währung		€		
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,09		
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,31		
<b>B. Varianten</b>						
		<b>Bezeichnung</b>				
B0 Istzustand	Ist-Zustand					
B1 Variante 2.1	Solarabsorberanlage ohne Beckenabdeckung					
B2 Variante 2.2	Solarabsorberanlage mit Beckenabdeckung					
<b>C. Kenngrößen</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 2.1</b>	<b>Variante 2.2</b>		
C1 Bezugsfläche (NGF)		313	313	313		m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl						P
C3 spez. Heizwärmebedarf		352	214	80		kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung						%
C5 spez. Strombezug		78,16	47,64	17,78		kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen		53,93	32,87	12,27		kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug						m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 2.1</b>			
D1 Investitionskosten (DIN 276)		0	70.750	121.750		€
D2 Zuschüsse/Erlöse			0			€
D3 Eigenkapitaleinsatz		0	70.750	121.750		€
D4 Kapitalkosten		0	6.168	10.615		€/a
D5 spez. Kapitalkosten		0	19,74	33,97		€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 2.1</b>	<b>Variante 2.2</b>		
E1 Personal+Reinigungskosten			2.100	3.180		€/a
E2 Wartung+Instandhaltung		0	1.061	1.826		€/a
E3 Heizkosten						€/a
E4 Stromkosten		2.049	1.249	466		€/a
E5 Wasserkosten						€/a
E6 Verwaltung+Versicherung						€/a
E7 heutige Betriebskosten		2.049	4.410	5.472		€/a
E8 mittl. Betriebskosten		2.680	5.767	7.156		€/a
E9 spez. Betriebskosten		8,57	18,46	22,90		€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 2.1</b>	<b>Variante 2.1</b>		
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)		843	514	192		€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )		0	0	0		€/a
F3 Umweltfolgekosten		843	514	192		€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.		3	2	1		€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 2.1</b>	<b>Variante 2.1</b>		
G1 Gesamtkosten		3.522	12.449	17.962		€/a
G2 spez. Gesamtkosten		11,3	39,8	57,5		€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)						a

**Anhang 4.2.4 – Austausch Elektrofen Büro Bäderleitung (Maßnahme 3.3.II)**

1. Gesamtkosten						
<b>A. Allgemeine Daten</b>						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.		
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.		
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362	
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€		
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10		
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24		
<b>B. Varianten</b>						
		<b>Bezeichnung</b>				
B0 Istzustand	Ist-Zustand					
B1 Variante 1	Austausch Elektrofen im Büro					
<b>C. Kenngrößen</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
C1 Bezugsfläche (NGF)	30	30				m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl	2	2				P
C3 spez. Heizwärmebedarf		210				kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung		88%				%
C5 spez. Strombezug	300,00	0,00				kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen	204,00	50,11				kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug						m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	3.550				€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0				€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	3.550				€
D4 Kapitalkosten	0	366				€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	12,19				€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
E1 Personal+Reinigungskosten						€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	36				€/a
E3 Heizkosten		221				€/a
E4 Stromkosten	541	0				€/a
E5 Wasserkosten						€/a
E6 Verwaltung+Versicherung						€/a
E7 heutige Betriebskosten	541	256				€/a
E8 mittl. Betriebskosten	669	317				€/a
E9 spez. Betriebskosten	22,30	10,56				€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)	306	75				€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	0	0				€/a
F3 Umweltfolgekosten	306	75				€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	10	3				€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
G1 Gesamtkosten	975	757				€/a
G2 spez. Gesamtkosten	32,5	25,2				€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		7,8				a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

**Anhang 4.2.5 – Thermische Solaranlage zur Duschwassererwärmung (Maßnahme 3.3.III)**

<b>1. Gesamtkosten</b>						
<b>A. Allgemeine Daten</b>						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.		
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.		
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362	
A7 Betrachtungszeitraum	20a	A8 Währung		€		
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,09		
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,31		
<b>B. Varianten</b>						
		<b>Bezeichnung</b>				
B0 Istzustand	Ist-Zustand					
B1 Variante 1	Einbau thermische Solaranlage					
<b>C. Kenngrößen</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
C1 Bezugsfläche (NGF)	30	30				m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl	2	2				P
C3 spez. Heizwärmebedarf	1.159	722				kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung	80%	80%				%
C5 spez. Strombezug	0,00	0,20				kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO2-Emissionen	304,33	189,71				kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug						m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	18.060				€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0				€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	18.060				€
D4 Kapitalkosten	0	1.575				€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	52,49				€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
E1 Personal+Reinigungskosten						€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	181				€/a
E3 Heizkosten	1.339	834				€/a
E4 Stromkosten	0	9				€/a
E5 Wasserkosten						€/a
E6 Verwaltung+Versicherung						€/a
E7 heutige Betriebskosten	1.339	1.023				€/a
E8 mittl. Betriebskosten	1.751	1.338				€/a
E9 spez. Betriebskosten	58,37	44,61				€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
F1 CO2-Emissionen (50 €/to)	457	285				€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	0	0				€/a
F3 Umweltfolgekosten	457	285				€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	15	9				€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>						
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
G1 Gesamtkosten	2.208	3.197				€/a
G2 spez. Gesamtkosten	73,6	106,6				€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		-				a

## Anhang 4.2.6 – Unterbrechung der WW-Zirkulation im Umkleidegebäude West (Maßnahme 3.3.IV)

1. Gesamtkosten					
<b>A. Allgemeine Daten</b>					
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.	
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€	
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10	
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24	
<b>B. Varianten</b>					
<b>Bezeichnung</b>					
B0 Istzustand	Ist-Zustand				
B1 Variante 1	Zirkulationsunterbrechung WW-Verteilung Umkleidegeb.West				
<b>C. Kenngrößen</b>					
<b>Istzustand      Variante 1</b>					
C1 Bezugsfläche (NGF)	90	90			m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl					P
C3 spez. Heizwärmebedarf	522	496			kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung	80%	80%			%
C5 spez. Strombezug	2,03	1,35			kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen	138,31	131,11			kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug					m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>					
<b>Istzustand      Variante 1</b>					
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	250			€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0			€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	250			€
D4 Kapitalkosten	0	26			€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	0,29			€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>					
<b>Istzustand      Variante 1</b>					
E1 Personal+Reinigungskosten					€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	3			€/a
E3 Heizkosten	1.808	1.719			€/a
E4 Stromkosten	11	7			€/a
E5 Wasserkosten					€/a
E6 Verwaltung+Versicherung					€/a
E7 heutige Betriebskosten	1.818	1.728			€/a
E8 mittl. Betriebskosten	2.249	2.138			€/a
E9 spez. Betriebskosten	24,99	23,75			€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>					
<b>Istzustand      Variante 1</b>					
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)	622	590			€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	0	0			€/a
F3 Umweltfolgekosten	622	590			€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	7	7			€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>					
<b>Istzustand      Variante 1</b>					
G1 Gesamtkosten	2.872	2.754			€/a
G2 spez. Gesamtkosten	31,9	30,6			€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		1,9			a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)					

## Anhang 4.2.7 – Nachträgliche Isolierung von Rohrleitungen und Armaturen (Maßnahme 3.3.V)

1. Gesamtkosten						
<b>A. Allgemeine Daten</b>						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.		
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.		
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362	
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€		
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10		
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24		
<b>B. Varianten</b>						
<b>Bezeichnung</b>						
B0 Istzustand	Ist-Zustand					
B1 Variante 1	Isolierung Rohrleitungen und Armaturen					
<b>C. Kenngrößen</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
C1 Bezugsfläche (NGF)	650	650				m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl						P
C3 spez. Heizwärmebedarf	3	1				kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung	85%	85%				%
C5 spez. Strombezug						kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen	0,63	0,12				kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug						m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	1.350				€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0				€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	1.350				€
D4 Kapitalkosten	0	139				€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	0,21				€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
E1 Personal+Reinigungskosten						€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	14				€/a
E3 Heizkosten	60	12				€/a
E4 Stromkosten	0	0				€/a
E5 Wasserkosten						€/a
E6 Verwaltung+Versicherung						€/a
E7 heutige Betriebskosten	60	25				€/a
E8 mittl. Betriebskosten	74	31				€/a
E9 spez. Betriebskosten	0,11	0,05				€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)	20	4				€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	0	0				€/a
F3 Umweltfolgekosten	20	4				€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	0	0				€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
G1 Gesamtkosten	95	174				€/a
G2 spez. Gesamtkosten	0,1	0,3				€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		!				a

### Anhang 4.3.1 – Umrüstung Lüftungsanlage „Technikebene“ auf Heizwasserbetrieb (Maßnahme 3.4.I)

1. Gesamtkosten					
<b>A. Allgemeine Daten</b>					
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.	
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€	
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10	
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24	
<b>B. Varianten</b>					
<b>Bezeichnung</b>					
B0 Istzustand	Ist-Zustand				
B1 Variante 1	Umrüstung elektr. Beheizung RLT-Anlage "Technikebene"				
<b>C. Kenngrößen</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
C1 Bezugsfläche (NGF)	560	560			m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl					P
C3 spez. Heizwärmebedarf		345			kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung		85%			%
C5 spez. Strombezug	351,69				kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen	239,15	85,15			kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug					m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	41.700			€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0			€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	41.700			€
D4 Kapitalkosten	0	4.294			€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	7,67			€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
E1 Personal+Reinigungskosten					€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	626			€/a
E3 Heizkosten		6.994			€/a
E4 Stromkosten	16.524	0			€/a
E5 Wasserkosten					€/a
E6 Verwaltung+Versicherung					€/a
E7 heutige Betriebskosten	16.524	7.619			€/a
E8 mittl. Betriebskosten	20.440	9.425			€/a
E9 spez. Betriebskosten	36,50	16,83			€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)	6.696	2.384			€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	0	0			€/a
F3 Umweltfolgekosten	6.696	2.384			€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	12	4			€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
G1 Gesamtkosten	27.136	16.103			€/a
G2 spez. Gesamtkosten	48,5	28,8			€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		3,1			a

(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)

### Anhang 4.4.1 – Optimierung der Beckenwasseraufbereitungsanlage (Maßnahme 3.5.I)

1. Gesamtkosten					
<b>A. Allgemeine Daten</b>					
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.	
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€	
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10	
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24	
<b>B. Varianten</b>					
<b>Bezeichnung</b>					
B0 Istzustand	Ist-Zustand				
B1 Variante 1	Einbau Vakkum-Anschwemmfilteranlage				
B2 Variante 2	Wie Var. 1 jedoch mit Sondermüllkosten für Aktivkohleentsorg.				
<b>C. Kenngrößen</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>		
C1 Bezugsfläche (Becken)	3.178	3.178	3.178		m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl	125.000	125.000	125.000		P
C3 spez. Heizwärmebedarf					kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung	0%	0%	0%		%
C5 spez. Strombezug	140,24	56,36	56,36		kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO2-Emissionen	95,36	38,32	38,32		kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug	0,21	0,04	0,04		m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>		
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	653.660	659.160		€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0	0		€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	653.660	659.160		€
D4 Kapitalkosten	0	67.303	67.869		€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	21,18	21,36		€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>		
E1 Personal+Reinigungskosten	0	4.585	6.878		€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	9.805	9.887		€/a
E3 Betriebsmittel	6.670	6.670	6.670		€/a
E4 Stromkosten	37.392	15.026	15.026		€/a
E5 Wasserkosten	70.938	13.807	13.807		€/a
E5a Entsorgungskosten			2.921		€/a
E7 heutige Betriebskosten	114.999	49.894	55.190		€/a
E8 mittl. Betriebskosten	142.251	61.717	68.268		€/a
E9 spez. Betriebskosten	44,76	19,42	21,48		€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>		
F1 CO2-Emissionen (50 €/to)	15.153	6.089	6.089		€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	26.080	5.076	5.076		€/a
F3 Umweltfolgekosten	41.233	11.166	11.166		€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	13	4	4		€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>		
G1 Gesamtkosten	183.483	140.185	147.302		€/a
G2 spez. Gesamtkosten	57,7	44,1	46,4		€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		7,5	8,2		a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)					

**Anhang 4.4.2 – Nutzung von Brunnenwasser zur Beckenwassernachspeisung (Maßnahme 3.5.II)**

1. Gesamtkosten						
Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement						
<b>A. Allgemeine Daten</b>						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.		
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.		
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362	
A7 Betrachtungszeitraum	20a	A8 Währung		€		
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,09		
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,31		
<b>B. Varianten</b>						
<b>Bezeichnung</b>						
B0 Istzustand	Ist-Zustand					
B1 Variante 1	Nutzung von Brunnenwasser					
<b>C. Kenngrößen</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
C1 Bezugsfläche	1	1				m²
C2 Personenzahl	1	1				P
C3 spez. Heizwärmebedarf						kWh/m²a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung						%
C5 spez. Strombezug						kWh/m²a
C6 spez. CO2-Emissionen						kg/m²a
C7 spez. Trinkwasserbezug	5.200,00	0,00				m³/P a
<b>D. Kapitalkosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	85.000				€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0				€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	85.000				€
D4 Kapitalkosten	0	7.411				€/a
D5 spez. Kapitalkosten						€/m²a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
E1 Personal+Reinigungskosten	0	0				€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	1.275				€/a
E4 Stromkosten	0	0				€/a
E5 Wasserkosten	14.144	0				€/a
E6 Verwaltung+Versicherung	0	0				€/a
E7 heutige Betriebskosten	14.144	1.275				€/a
E8 mittl. Betriebskosten	18.495	1.667				€/a
E9 spez. Betriebskosten	18.495,08	1.667,22				€/m²a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
F1 CO2-Emissionen (50 €/to)	0	0				€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m³)	5.200	0				€/a
F3 Umweltfolgekosten	5.200	0				€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	5.200	0				€/m²a
<b>G. Gesamtkosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
G1 Gesamtkosten	23.695	9.078				€/a
G2 spez. Gesamtkosten	23.695,1	9.077,9				€/m²a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		4,5				a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

**Anhang 4.4.3 – Nutzung von Filtrerrückspülwasser zur Rasenbewässerung (Maßnahme 3.5.III)**

1. Gesamtkosten						
<b>A. Allgemeine Daten</b>						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.		
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.		
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362	
A7 Betrachtungszeitraum	10a	A8 Währung	€			
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor	0,14			
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor	1,16			
<b>B. Varianten</b>						
<b>Bezeichnung</b>						
B0 Istzustand	Ist-Zustand					
B1 Variante 1	Filtrerrückspülwasser zur Rasenbewässerung					
<b>C. Kenngrößen</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
C1 Bezugsfläche	1	1				m²
C2 Personenzahl	1	1				P
C3 spez. Heizwärmebedarf						kWh/m²a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung						%
C5 spez. Strombezug		65,00				kWh/m²a
C6 spez. CO2-Emissionen		42,25				kg/m²a
C7 spez. Trinkwasserbezug	400,00	0,00				m³/P a
<b>D. Kapitalkosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	12.140				€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0				€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	12.140				€
D4 Kapitalkosten	0	1.649				€/a
D5 spez. Kapitalkosten						€/m²a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
E1 Personal+Reinigungskosten	0	0				€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	182				€/a
E4 Stromkosten	0	5				€/a
E5 Wasserkosten	1.088	0				€/a
E6 Verwaltung+Versicherung	0	0				€/a
E7 heutige Betriebskosten	1.088	188				€/a
E8 mittl. Betriebskosten	1.267	218				€/a
E9 spez. Betriebskosten	1.266,61	218,34				€/m²a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
F1 CO2-Emissionen (50 €/to)	0	2				€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m³)	400	0				€/a
F3 Umweltfolgekosten	400	2				€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	400	2				€/m²a
<b>G. Gesamtkosten</b>						
<b>Istzustand      Variante 1</b>						
G1 Gesamtkosten	1.667	1.870				€/a
G2 spez. Gesamtkosten	1.666,6	1.869,9				€/m²a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		12,0				a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						

**Anhang 4.4.4 – Optimierung der Beckenwasserumwälzpumpen (Maßnahme 3.5.IV)**

1. Gesamtkosten					
<b>A. Allgemeine Daten</b>					
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.	
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€	
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10	
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24	
<b>B. Varianten</b>					
		<b>Bezeichnung</b>			
B0 Istzustand	Ist-Zustand				
B1 Variante 1	Austausch der Umwälzpumpen				
<b>C. Kenngrößen</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
C1 Bezugsfläche (Becken)	3.178	3.178			m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl					P
C3 spez. Heizwärmebedarf					kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung					%
C5 spez. Strombezug	132,57	106,35			kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO2-Emissionen	86,17	69,13			kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug					m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	69.979			€
D2 Zuschüsse/Erlöse		0			€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	69.979			€
D4 Kapitalkosten	0	7.205			€/a
D5 spez. Kapitalkosten					€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
E1 Personal+Reinigungskosten	0	0			€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	1.050			€/a
E4 Stromkosten	44.306	35.544			€/a
E5 Wasserkosten	0	0			€/a
E6 Verwaltung+Versicherung	0	0			€/a
E7 heutige Betriebskosten	44.306	36.594			€/a
E8 mittl. Betriebskosten	54.805	45.265			€/a
E9 spez. Betriebskosten	17,25	14,24			€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
F1 CO2-Emissionen (50 €/to)	13.692	10.984			€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	0	0			€/a
F3 Umweltfolgekosten	13.692	10.984			€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	4	3			€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>					
	<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>			
G1 Gesamtkosten	68.497	63.455			€/a
G2 spez. Gesamtkosten	21,6	20,0			€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		7,2			a

(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)

**Anhang 4.5.1 – Optimierung der Beleuchtungsanlage (Maßnahme 3.6.I)**

1. Gesamtkosten					
<b>A. Allgemeine Daten</b>					
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Stadionbad			A2 Unterab.	
A3 Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	
A5 Straße	Mörfelder Landstraße			A6 Haus-Nr.	362
A7 Betrachtungszeitraum	15a	A8 Währung		€	
A9 Kapitalzins	6%	A10 Annuitätsfaktor		0,10	
A11 Preissteigerung	3%	A12 Mittelwertfaktor		1,24	
<b>B. Varianten</b>					
		<b>Bezeichnung</b>			
B0 Istzustand	Ist-Zustand				
B1 Variante 1	Einbau Leuchtstofflampen mit EVG				
<b>C. Kenngrößen</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
C1 Bezugsfläche (Becken)		560	560		m <sup>2</sup>
C2 Personenzahl					P
C3 spez. Heizwärmebedarf					kWh/m <sup>2</sup> a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung					%
C5 spez. Strombezug		88,77	73,65		kWh/m <sup>2</sup> a
C6 spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen		57,70	47,87		kg/m <sup>2</sup> a
C7 spez. Trinkwasserbezug					m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
D1 Investitionskosten (DIN 276)		0	15.250		€
D2 Zuschüsse/Erlöse			0		€
D3 Eigenkapitaleinsatz		0	15.250		€
D4 Kapitalkosten		0	1.570		€/a
D5 spez. Kapitalkosten					€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
E1 Personal+Reinigungskosten		0	0		€/a
E2 Wartung+Instandhaltung		0	0		€/a
E4 Stromkosten		5.447	4.592		€/a
E5 Wasserkosten		0	0		€/a
E6 Verwaltung+Versicherung		0	0		€/a
E7 heutige Betriebskosten		5.447	4.592		€/a
E8 mittl. Betriebskosten		6.737	5.680		€/a
E9 spez. Betriebskosten		12,03	10,14		€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)		1.616	1.340		€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )		0	0		€/a
F3 Umweltfolgekosten		1.616	1.340		€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.		3	2		€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>					
		<b>Istzustand</b>	<b>Variante 1</b>		
G1 Gesamtkosten		8.353	8.590		€/a
G2 spez. Gesamtkosten		14,9	15,3		€/m <sup>2</sup> a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)			19,9		a

(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MwSt.)