

Energiekonzept
für
die Sporthalle Süd

**Willemerstr. 10
60594 Frankfurt a.M.**



Im Auftrag des Hochbauamtes der Stadt Frankfurt

Bearbeiter:

**Ingenieurbüro Kitzerow
Dipl.-Ing. Hans-Gerhard Kitzerow
Dipl.-Ing. (FH) Peter Magyar**

**Mittelstr.10
65550 Limburg-Linter
06431-477337**

2007

1	Einleitung	3
2	Geschichte und bisherige Maßnahmen	3
2.1	Allgemeine Gebäudedaten	3
2.2	Energiebezugsfläche.....	5
2.3	Bauphysik	5
2.4	Anlagentechnik/Haustechnik (HT)	6
2.5	Warmwasserbereitung	8
2.6	Lüftungsanlage.....	8
2.7	Beleuchtung (B)	9
2.7.1	Beleuchtung Zusammenfassung	10
2.8	Sonstige elektrische Verbraucher.....	11
2.8.1	Heiztechnik und Warmwasserpumpen	11
2.8.2	Zentrale Dienste.....	11
2.9	Sanitär/Wasser (S).....	12
3	Energiedaten.....	13
3.1	Verbräuche	13
3.2	Verträge	15
3.3	Lastgänge	15
3.3.1	Monatsprofile Strom	15
3.3.2	Monatsprofile Wärme	17
3.3.3	Monatsprofile Wasser.....	19
4	Leistungen und Verbräuche	21
4.1	Leitfadenberechnung (LEH)	23
4.1.1	Heizwärmebedarf und berechnete Endenergie Sporthalle.....	23
4.2	Leitfaden LEE.....	25
4.2.1	Beleuchtung	25
4.2.2	Lüftung.....	25
4.2.3	Pumpen Sporthalle.....	26
5	Maßnahmen	27
5.1	Optimierung der Energielieferverträge und Organisation.....	27
5.1.1	Hausverwalterverträge	27
5.2	Verbesserung der Wärmedämmung.....	27
5.2.1	Austausch der Fenster	28
5.2.2	Wärmedämmverbundsystem.....	28
5.2.3	Dachdämmung.....	28
5.2.4	Boden gegen Erdreich/Keller.....	28
5.2.5	Boden gegen außen (Austausch gegen VHF)	28
5.2.6	Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen Bauphysik	29
5.3	Verbesserung der Regelungstechnik/Anlagentechnik.....	33
5.3.1	Heizungsregelung	33
5.3.2	Hydraulische Abstimmung der Heizkreise	33
5.4	Lüftung	33
5.5	Pumpen.....	35
5.6	Beleuchtung	35
5.6.1	Beleuchtung Empfangsbereiche.....	35
5.6.2	Beleuchtung Duschen, Umkleieräume, Flure EG	37
6	Organisatorisches/Sonstiges.....	40
6.1	Nachrüsten Strahlschutz Empfangsbereich.....	40
6.2	Boxstrahler demontieren	40
7	Zusammenfassung.....	41
	Verzeichnis der Diagramme, Bilder und Tabellen.....	42

1 Einleitung

Wir erhielten vom Magistrat der Stadt Frankfurt Hochbauamt (Amt 65) den Auftrag, ein Energiekonzept für die Sporthalle Süd zu erstellen.

Das Gebäude liegt im Zentrum der Stadt Frankfurt im Stadtteil Sachsenhausen inmitten eines Wohngebiets neben der Abendhaupt- und Realschule Willemerstraße in der Willemerstraße 12.

Die Sporthalle wird von benachbarten Schulen sowie durch verschiedene Vereine genutzt. Für die bauliche Unterhaltung des Gebäudes ist das Hochbauamt der Stadt Frankfurt zuständig.

Die Stadt Frankfurt dokumentiert seit 1995 die Verbräuche der öffentlichen Liegenschaften. Für die Sporthalle Süd liegen die Daten vor.

2 Geschichte und bisherige Maßnahmen

Die Sporthalle stammt aus den 60er Jahren. Im Jahr 2001 wurden die damaligen Ölkessel gegen zwei neue Gaskessel ausgetauscht. Ebenso wurde eine neue Lüftungsanlage (Heizung) eingebaut. Das Gebäude wird mit Erdgas aus dem Mainova-Netz versorgt.

Im Jahr 2003 bekam das Dach teilweise eine neue Dachabdichtung, eine Dämmung wurde nur sporadisch an wenigen Stellen angebracht.

Die Toiletten wurden 2004 und 2006 erneuert.

Die Beleuchtung in der Sporthalle wurde im Jahr 2006 teilweise erneuert. Es gibt eine separate Beleuchtung für einen Boxring.

2.1 Allgemeine Gebäudedaten

Das Gebäude ist mit seiner Hauptachse parallel zur Willemer Straße in Ost-West –Richtung orientiert. Das Gebäude ist ein rechteckiger Flachdachbau mit zwei Anbauten, in denen sich die Eingänge befinden. Die Sporthalle Süd ist eine Mehrzwecksporthalle mit großer Tribüne, welche ca. 700 Besuchern Platz bietet. Sie wurde 1960 von der Frankfurter Aufbau AG erbaut und gehört der Stadt Frankfurt am Main.

Der Wärmebedarf wurde gemäß dem Hessischen Leitfaden für Energiebewusste Gebäudeplanung im Hochbau (LEH) untersucht.

Der Lageplan in Abbildung1 und das Luftbild in Abbildung2 geben einen ersten Überblick. Die Sporthalle ist mittels einer Trennwand in zwei Trainingshallen unterteilbar. An der Nordseite liegt die Tribüne. Unter ihr befinden sich die Duschräume, die Schüler- und die Lehrerumkleiden.

Am Anbau auf der westlichen Seite befindet sich der Haupteingang. Im Inneren ist der Empfangsbereich mit Garderobe. Weiter sind dort noch zwei kleine Kassenräume, ein Hausmeisterraum und ein Aufenthaltsraum. Hinter dem Treppenhaus, das in den Keller führt, befindet sich noch ein Geräteraum, der aber nur von der großen Sporthalle begehbar ist. Im Westanbau führen zwei Treppen in den Keller. Die eine führt zu den sanitären Anlagen und dem Eingang zum Kriechkeller. Über den anderen Abgang gelangt man zu einem Boxraum und mehreren Abstellräumen.

Abbildung 1 Lageplan SHS

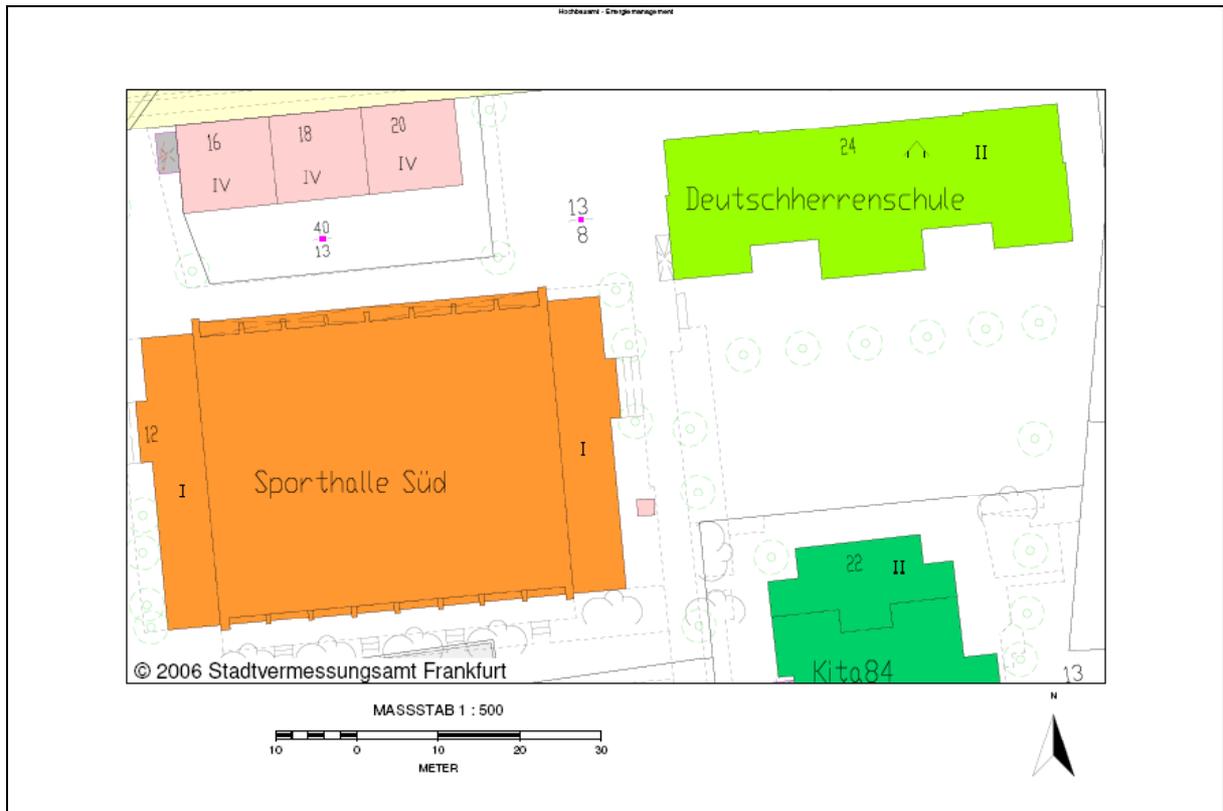


Abbildung 2 Luftbild SHS



Im Ostanbau führt nur eine Treppe in den Keller. Diese führt wieder zu sanitären Anlagen. Dahinter liegt der Eingang zu den Regelungs- und Heizungsräumen. Hier befindet sich die

gesamte Anlagentechnik, u.a. die zentrale Gasheizung und die zentrale Lüftungsanlage sowie die Steuerungs- und Regelungstechnik. .

Alle Räume werden durch statische Heizkörper beheizt. Ausnahmen hiervon sind lediglich der Kriechkeller, welcher unbeheizt ist, und die Technikräume für Regelung und Heizung. Diese sind durch die Abwärmeverluste der Geräte, besonders der Gastherme, sehr warm. Die große Sporthalle wird durch eine Umluftheizung (Lüftungsanlage) beheizt.

2.2 Energiebezugsfläche

Die Energiebezugsfläche (EBF) wurde aus Netto(Innen)maßen aus den Plänen ermittelt.

Die Energiebezugsfläche beträgt: 2.600 m^2
Die eigentliche Sporthalle inklusive Tribüne hat eine (EBF) von rund: 1.530 m^2

Das beheizte Gebäudevolumen beträgt: 16.500 m^3
Die Sporthalle inklusive Tribüne hat ein beheiztes Gebäudevolumen von rund: 12.030 m^3

Die erste Ortsbegehung fand im Zusammenhang mit dem Start up -Termin des Energiegutachtens am 27.08.07 statt. Im Rahmen des Start up -Termins wurden einige Mängel des Gebäudes seitens des Hausverwalter zur Kenntnis gegeben. Insgesamt fanden bis zum **Zwischenbericht/Endbericht** am 31.12.07 noch 4 weitere Ortstermine statt, um möglichst viele Daten des Gebäudes zu erfassen und Betriebszustände bei unterschiedlichen Temperaturen aufzunehmen.

2.3 Bauphysik

Das Gebäude zeigt wie die meisten Gebäude aus den 60-er Jahren fast die gesamte Palette möglicher energetischer Baumängel.

- Wärmebrücken im Bereich der Betondecken und Stützen.
- Wärmebrücken an thermisch nicht entkoppelten Fenstern und Anschlüssen.
- Einfachverglasung in den Empfangsbereichen und Außentüren mit Metallrahmen.
(Kunststoffstegplatten in der Sporthalle).
- Zentimeterbreite Spalte an Außentüren und Fenstern, insbesondere an den unteren Abschlüssen.

Bild 1 Fenster der Umkleieräume



Die Oberflächen sowohl der Außen- und der Innenwände sind recht diffusionsdicht ausgeführt und verfügen über einen unzureichenden Wärmeschutz. Die Aussenwände bestehen aus Vollziegelsteinen in unterschiedlichen Stärken. Die Fassade zeigt Bild 2.

Bild 2 und Bild 3 Aussenfassade Nord und West



Bild 4 und Bild 5 Aussenfassade Süd und Ost



2.4 Anlagentechnik/Haustechnik (HT)

Die Sporthalle Süd wird über zwei Heizkessel beheizt. Diese werden mit Erdgas aus dem Mainova-Netz versorgt. Ein Kessel ist als Brennwertkessel ausgeführt, der andere ist ein konventioneller NT-Kessel. Die Heizungsanlage incl. Lüftungsanlage ist 2001 saniert worden. Der BW-Kessel dient zur Versorgung der Grundlast, während der NT-Kessel für Spitzenlast eingesetzt wird. Die gesamte Leistung beträgt 400 kW. Die Warmwasserbereitung wird über zwei indirekt beheizte 300 Liter-Speicher sichergestellt.

Die Kesseldaten:

Kessel 1:

Hersteller:	Ygnis
Baujahr:	2001
Leistung:	210
Typ:	Brennwertkessel

Brenner: Ygnis

Kessel 2:

Hersteller: Ygnis
Baujahr: 2001
Leistung: 190
Typ: Niedertemperaturkessel
Brenner: Weißhaupt WGN 30 N/1-c
Brennerleistungsbereich: 40-350 KW

Bild 6 und 7 Brennwertkessel und Niedertemperatur



Die Sporthalle wird über die Lüftungsanlage beheizt. Alle Nebenräume und Nutzflächen werden durch Heizkörper beheizt. Ausnahmen hiervon sind lediglich der Kriechkeller, welcher unbeheizt ist sowie die Technikräume.

Bild 8 Heizkörper Eingang Handventil und Heizkörper Treppe ohne Ventilkopf



Die statischen Heizkreise versorgen alle Nebenräume über eine Außentemperatur geführte Vorlauftemperaturregelung. Die Heizkörper haben **überwiegend keine Thermostatventile**. Da die meisten Ventile nicht entsprechend fein eingedrosselt sind und nicht hydraulisch genau

berechnet und abgestimmt wurden, werden meist keine gleichmäßigen Raumtemperaturen erreicht.

2.5 Warmwasserbereitung

Die Sporthalle verfügt über zwei 300 Liter Boiler, der Sollwert beträgt **rund 60 °C**. Bei der Begehung betrug die Speichertemperatur 58 °C bzw. 59 °C. Die Boiler werden über die Heizkessel mit einer Ladepumpe (NT-Pumpe: UPE 32-80 mit einer Leistung von 40-250 W) geladen. Die Ladepumpe läuft von 6 Uhr bis 23.50 Uhr.

Die Zirkulationspumpe läuft über eine Zeitschaltuhr (ausgeschaltet 22-6 Uhr). Eingebaut ist eine Grundfoß UP 25-45 N 150 mit einer Leistung von 150 W.

Im Rahmen der Legionellenvorsorge wird durch die Steuerung einmal täglich die Temperatur auf 65°C erhöht und alle Leitungen gespült.

2.6 Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage der Sporthalle Süd, besteht aus zwei identischen Teilgeräten für den Ost- und den Westteil der Halle. Die Lüftungsanlage ist ohne Wärmerückgewinnung, die Zuluftanlagen verfügen über Heizregister. Die beiden Waschräume werden ebenfalls durch die Lüftungsanlage mitbelüftet.

Es handelt sich hierbei um ein Gerät aus dem Hause Wolf (KG 160), Baujahr 1998, Einbau 2001. Das Gerät arbeitet als Umluftgerät mit einem Aussenluftanteil von maximal ca. 25%. Die installierte Leistung im Zuluftstrang zur Halle beträgt 3,3 kW in Stufe 1 und 9 kW in Stufe 2. Die Betriebsstunden betragen etwa 2000 h in Stufe 1 und 1500 h in Stufe 2. Dabei wird ein Volumenstrom von rund 15000 m³/h je Anlage in der Zuluft gefördert. Die Heizleistung des Heizregisters beträgt jeweils 153,4 kW.

Bild 9 Lüftungsanlage



Die Sporthalle und die Waschräume werden ausschließlich über die Lüftungsanlage beheizt.

Die Zulufttemperatur wird wie die Raumtemperatur geregelt. Zusätzlich wird mit Hilfe eines Sicherheitsthermostats die Temperatur hinter dem Wärmetauscher überwacht und schaltet bei 70-90°C den Brenner ab.

Die Temperaturen im_Vorlauf und Rücklauf waren am Tag der Datenaufnahme (17.7.2006) um etwa 14.00 Uhr:

Vorlauf Halle 62°C
Rücklauf Halle: 62°C

Vorlauf Waschräume: 61°C
Rücklauf Waschräume: 46°C

Die Aussentemperatur lag bei etwa 15°C!!!

Tabelle 1 Technische Daten Lüftung Zuluft

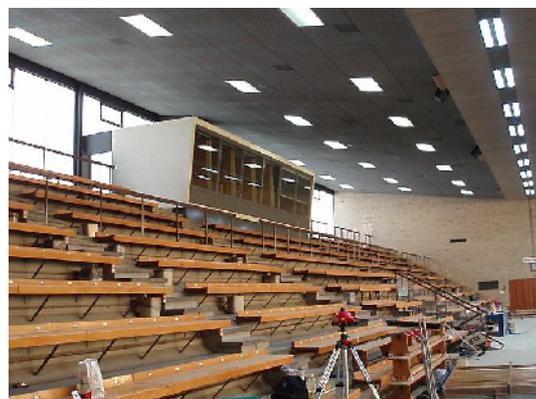
Anlage Nr.	Anlagendaten								Wirkvolumen	
		Luft menge m ³ /h	Druck verlust Pa	inst. Leistung		Betriebsstunden			f	für min. h ⁻¹ m ³ /h
Nr. Anlage				Stufe 1 kW	Stufe2/Volllast kW	Stufe 1 h	Stufe2/Volllast h	kWh/a	-	
Summe	30.000			6,6	18,0			40200		30.000
davon:										0
1 Lüftung West	15.000	800	3,3	9,0	2000,0	1500,0	20100		1	15.000
2 Lüftung Ost	15.000	800	3,3	9,0	2000,0	1500,0	20100		1	15.000

2.7 Beleuchtung (B)

Die Beleuchtung in der Sporthalle besteht aus Spiegelrasterleuchten mit Dreiband-Leuchtstofflampen sowie Schutzgitter. Diese wurden 2006 eingebaut. Es sind insgesamt 312 Lampen in 108 Leuchten a 58 W mit EVG eingebaut. 8 Reihen a 12 Leuchten sind dreiflammig 2 x 58 W, eine Reihe a 12 Leuchten ist zweiflammig. 2 x 58 W.

Die Tribüne besitzt dreiflamige Aufbauleuchten gleicher Bauart (3 x 58 W). Insgesamt 30 Leuchten.

Bild 10 und Bild 11 Sporthalle-Leuchten und Tribüne-Leuchten



Die Verschaltung ist jeweils so konzipiert, das jeweils eines der 9 Lichtbänder in der Sporthalle schaltbar ist, die Tribünenleuchten sind nur zusammen schaltbar. Bei einer

Beleuchtungsstärke von über 500 Lux sind rund 21 W/m² in der Halle, im Tribünenbereich sind rund 15,4 W/m² installiert.

Heute werden nach Leitfaden für Energie im Hochbau (LEE) für 500 lx als Richtwert rund 13 W/m² und als Zielwert rund 10 W/m² angestrebt.

In den Duschen und Umkleieräumen der Sporthalle sind Leuchten mit 1 x 58 W und 2 x 58 W und KVG bestückt.

In den Räumen ist bedingt durch die unterschiedliche Bestückung eine Leuchtenleistung von 3 bis 12 W/m² installiert.

In den Sanitärbereichen sind überwiegend Opalleuchten mit 2 x 15 W ESL installiert. Die installierte Leistung liegt hier bei rund 3-9 W/m²

In den Fluren werden die Leuchten per Hand eingeschaltet. Der Außenlichtanteil ist sehr gering. In den Fluren (100 Lux) beträgt die installierte Leistung ca. 5-15 W/m².

Heute werden nach Leitfaden für Energie im Hochbau (LEE) für 100 lx als Richtwert 2,5 W/m² und als Zielwert 2 W/m² angestrebt.

Bild 12 und Bild 13 Leuchte Umkleieraum und Leuchte Treppenhaus



2.7.1 Beleuchtung Zusammenfassung

Insgesamt sind etwa 300 Leuchten installiert. Die durchschnittliche spezifische Leistung ist mit rund 13,8 W/m² hoch. Herausstechen tut die Sporthalle mit einer spezifischen Leistung von 21 W/m² im Hallenbereich und 15,4 W/m² im Tribünenbereich.

Die weiteren spezifischen Leistungen bewegen sich in den Nebenräumen und Fluren zwischen 8-12 W/m². Die Betriebsstunden betragen im Durchschnitt aller Räume etwa 1600 h, bedingt durch den sehr geringen Tageslichteinfall und die Vereinsnutzung in den Abendstunden sind die Betriebsstunden in der Sporthalle mit rund 2000 h am höchsten.

2.8 Sonstige elektrische Verbraucher

2.8.1 Heiztechnik und Warmwasserpumpen

Insgesamt sind 12 Pumpen installiert. Es sind 5 Heizkreispumpen, 2 WW-Pumpen (Lade und Zirkulation), eine Kesselpumpe sowie zwei Lüftungsanlagenpumpen vorhanden. Insgesamt sind rund 2,6 kW installiert. Im Mittel liegt die Leistung bei 1,5 kW.

Tabelle 2 Technische Daten Heizungspumpen

Art	Ziel	T °C	Pumpe Typ	Her. Leistung in Watt			St
				Min	Mittel	Max	
Summe				637	1504	2630	
VL	NT-Kesselpumpe		UPE 32-80	40	145	250	12
RL				0	0	0	
Bauteil 1							
VL	Lüftung Sporthalle		UPE 65-60	50	250	450	16
VL	Kessel		UPE 50-61	50	65	550	16
VL	Speicher		UPE 32-120F	40	220	400	16
VL	Stat. Heizung		UPS 32-120F	320	350	380	16
VL	Lüftung Waschräume		UPE 32-60	40	70	100	16
Warmwasser Boiler							
VL	WW Zirk		UP 25-45 N 150		105		14
VL	WW Lade		UPS 25-60B	45	67,5	90	14
Lüftung							
VL	Lüftungsgerät West		UPE 32-120F	22	183,5	345	14
VL	Lüftungsgerät West		UPE 32-120F	30	47,5	65	14

2.8.2 Zentrale Dienste

Die Sporthalle hat insgesamt eine geringe Anzahl an sonstigen elektrischen Verbrauchern. Bei den zentralen Diensten ist nur die Aussenbeleuchtung zu erwähnen. Insgesamt sind 12 Aussenstrahler vorhanden, die über eine Leistung von jeweils 200 W verfügen. Die durchschnittliche Betriebszeit ist im Mittel 8 Stunden/Tag.

Bild 14 Aussenbeleuchtung



2.9 Sanitär/Wasser (S)

In den beiden Seitenflügel sind insgesamt 2 größere Toilettenanlagen vorhanden, die Duschen befinden sich im Mitteltrakt im tiefer gelegenen Erdgeschoss. Insgesamt sind zusammen 17 Toiletten, die überwiegend als bodenstehende Tiefspüler ausgeführt sind, vorhanden. Bei den Tiefspülern sind die meisten (Stichprobe) **auf 6 - 6,5 l Wassermenge (Standard Spülkästen für 9 l) eingestellt**. Zusätzlich sind 3 Urinale vorhanden.

Es gibt kein getrenntes Trinkwasser-Brauchwassernetz.

Die insgesamt 18 Waschbecken **verfügen nicht über einstellbare Druckspüler mit mechanischer Zeitabschaltung**.

Die 26 Duschen sind teilweise alte Beckenanlagen ohne Spararmatur und Stoptaste.

3 Energiedaten

3.1 Verbräuche

Für die letzten vier (Strom) bzw. fünf (Gas, Wasser) Abrechnungsperioden liegen die Verbrauchswerte bzw. Abrechnungen vor.

Bezogen auf die Energiebezugsfläche ergeben sich spezifische Verbräuche für

Strom **57,5 kWh/m²*a**

Die installierte Leistung
von 55 kW führt zu **2715** Benutzungsstunden
(Der Richtwert beträgt 2000h)

Wärme **276 kWh/m²*a**

Die installierte Leistung
von 400 kW führt zu **1792** Benutzungsstunden
(Der Richtwert beträgt 1500- 2000h)

Die Energiedaten zeigen dringenden Handlungs-/Sanierungsbedarf!

Der Wasserverbrauch liegt bei rund 20 l/Pers,d. Auf die Fläche bezogen beträgt der Kennwert rund 342 Liter/m²*a. Damit liegt dieser Wert höher als bei vergleichbaren Gebäuden, der Mittelwert für Turnhallen beträgt nach ages, Gertec rund 279 Liter/m²*a.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Verbräuche und Kosten für Strom und Gas, Wasser der Jahre 2002-2006.

Tabelle 3 Energiekosten

Kosten pro Jahr				
	Strom	Gas	Kanal	Wasser
	Summe	Summe	Summe	Summe
	EUR/a	EUR/a	EUR/a	EUR/a
Mittelwert	19.843	29.816	1.418	1.520
Anteil an EK	38%	57%	3%	3%
2002	16.133	22.420	1.584	1.744
2003	12.606	22.247	1.703	1.834
2004	26.504	23.077	1.320	1.393
2005	20.972	33.909	1.695	1.781
2006	23.000	47.425	788	849

Die Verbräuche für Gas sind in 2005 und 2006 erheblich gestiegen. Allerdings lagen uns nur die Excel-dateien vor. Die richtige Übertragung aus den Rechnungen sollte daher noch überprüft werden. Im Winter werden zusätzlich Zählerstandskontrollen vorgenommen, um die Ursachen zu erforschen.

Abbildung 3 Energiekosten und Verteilung 2002-2006

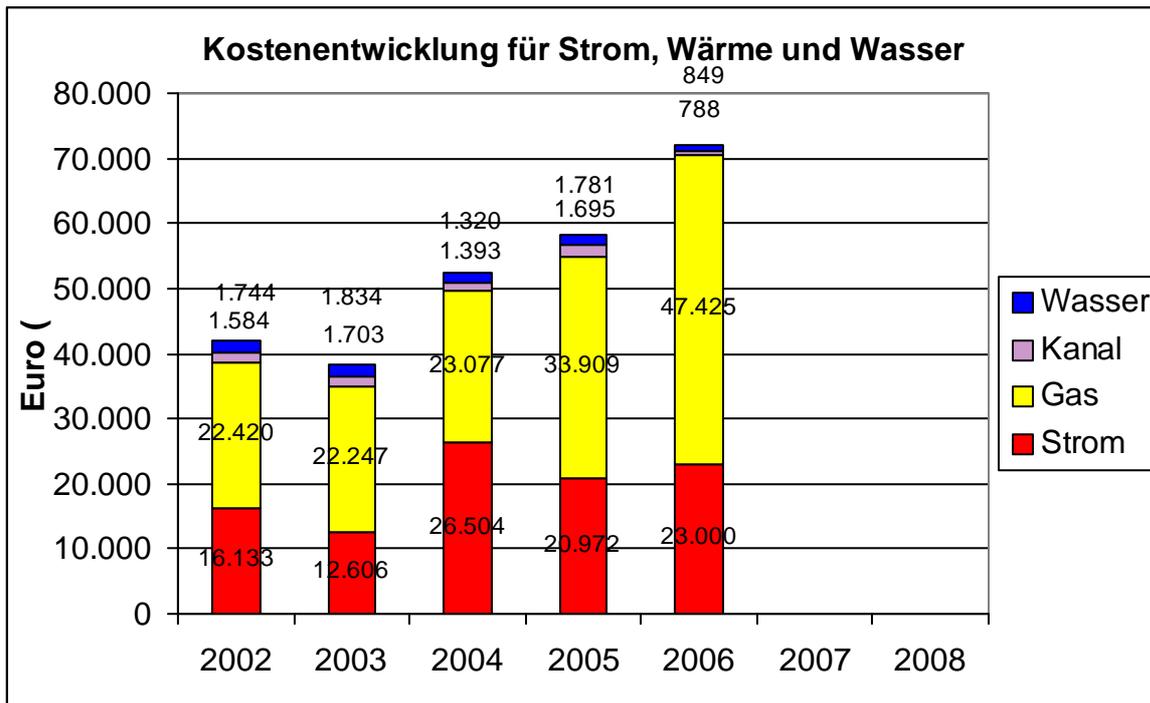


Tabelle 4 Energieverbräuche von 2002-2006

Verbräuche pro Jahr							
EBF	HT Summe	NT Summe	Leistung Summe	Strom Summe	Gas Summe	Kanal Summe	Wasser Summe
	kWh	kWh	KW	kWh	kWh	m ³	m ³
Mittelwert	129.598	19.751	47	149.349	716.653	889	889
2002	119.760	17.320	42	137.080	602.399	900	900
2003	118.000	18.960	42	136.960	607.018	968	968
2004	161.517	23.960	52	185.477	620.270	741	741
2005	119.116	18.764	52	137.880	833.751	946	946
2006	120.000	30.000	52	150.000	919.827	448	448

Tabelle 5 Spezifische Energiekosten

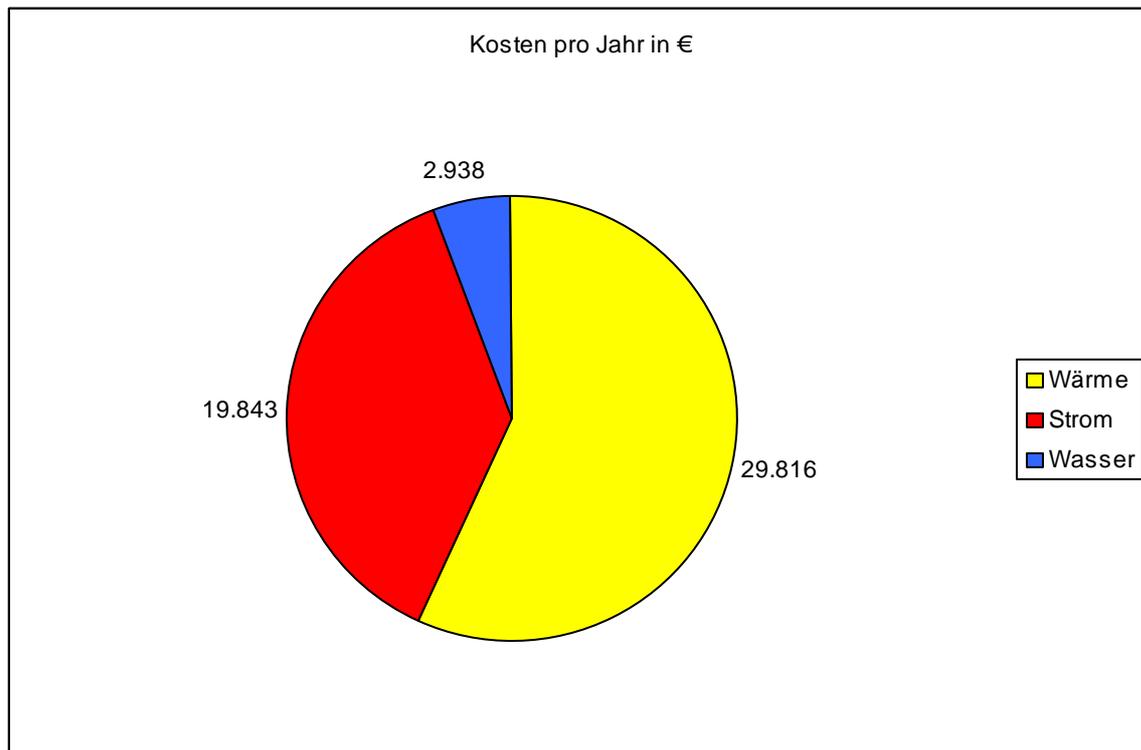
	Strom Summe ct/kWh	Gas Summe ct/kWh	Kanal Summe EUR/m ³	Wasser Summe EUR/m ³
2002	11,77	3,72	1,76	1,94
2003	9,20	3,66	1,76	1,89
2004	14,29	3,72	1,78	1,88
2005	15,21	4,07	1,79	1,88
2006	15,33	5,16	1,76	1,90

Die spezifischen Kosten für Gas und Strom steigen von 2002 bis 2006 kontinuierlich an. Der Wasserpreis bleibt im Abrechnungszeitraum konstant.

Für Energie und Wasser mussten im Mittel rund 53.000 €/a, im letzten Jahr bereits 72.000 €, aufgewandt werden. Abbildung 4 zeigt die Kostenaufteilung zwischen den Verbrauchern für Wasser, Gas und Strom als Mittelwert der letzten 5 Jahre.

Der größte Teil davon entfällt auf die Wärme mit rund 30 T€ pro Jahr. Der Strombezug kostet rund 20 T€ pro Jahr. Daran gemessen sind die Wasserkosten mit 3 T€ pro Jahr eher bescheiden.

Abbildung 4 Kostenaufteilung Energie



3.2 Verträge

Es gelten die Rahmenverträge der Stadt Frankfurt.

3.3 Lastgänge

3.3.1 Monatsprofile Strom

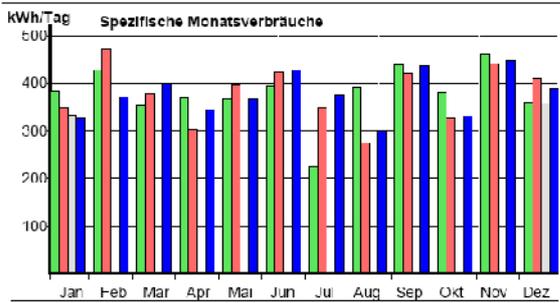
In der Auswertung der Tagesprofile und Monatsprofile zeigt sich, dass die Spitzenwerte mit ca. 500 kWh/d im Prinzip gleichmäßig über das Jahr verteilt sind. In den Ferienzeiten fallen die Tageswerte auf rund 400 kWh/d ab. Hier zeigt sich deutlich die verhältnismäßig starke Vereinsnutzung, die im Gegensatz zum Schulsportbetrieb auch in den Ferienzeiten stattfindet. An den Wochenenden (Samstag und Sonntag fallen die Tageswert auf im Mittel rund 250 kWh/d ab, in den Spitzen sind dies rund 300 kWh/d. Ebenfalls mit durchschnittlich 650 kWh/d auffallend hoch sind die Februarwerte. Die kaum vorhandene Sommer-Winterunterscheidung der Tageswerte zeigt, dass aufgrund des fehlenden Tageslichtanteiles die Beleuchtung fast durchgehend an ist, dies gilt auch für die Laufzeiten der Lüftungsanlage.

0.1202



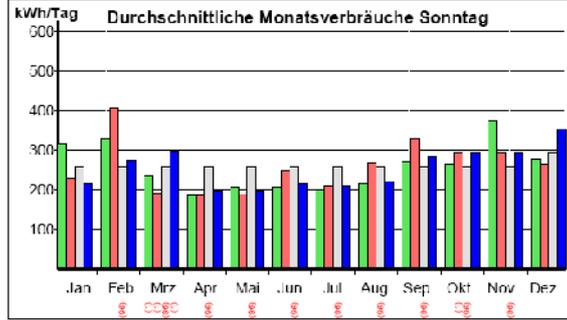
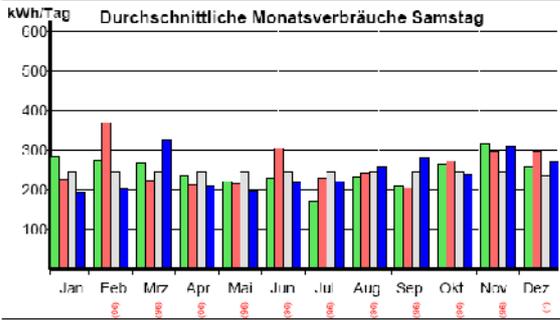
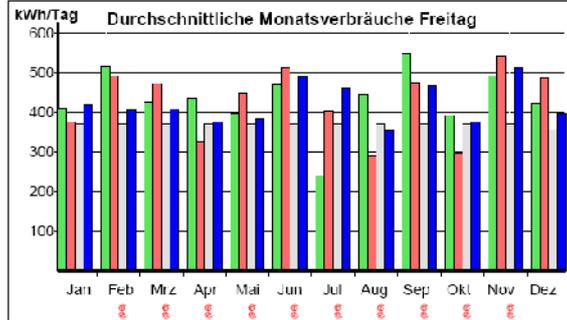
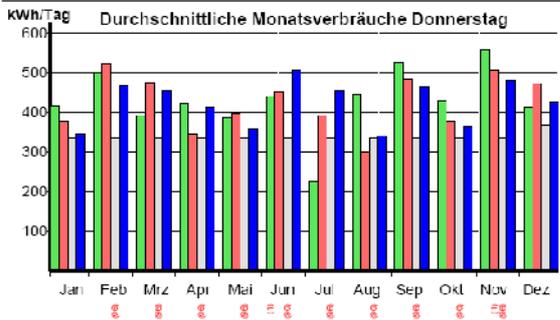
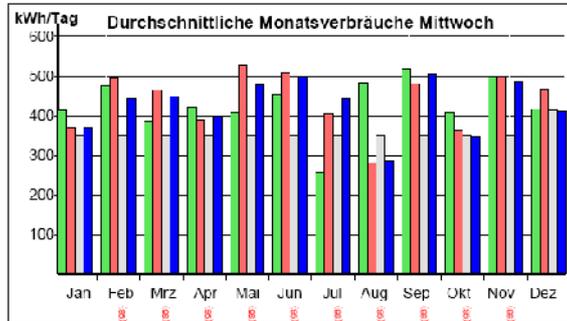
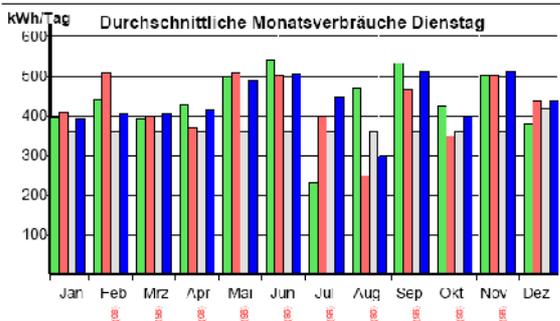
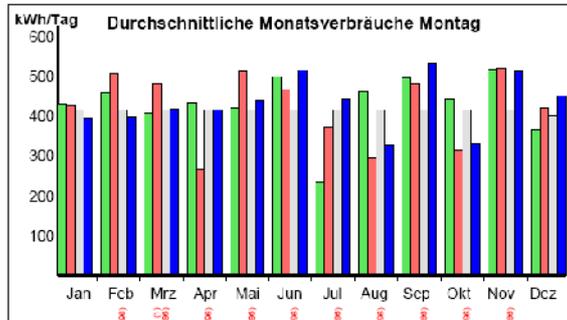
Strom - Monatsprofile

Willemerstraße, Willemerschule/Abendhaupt-u.-realsch., E2 Strom Sporthalle
Zeitraum von Januar 2002 bis Dezember 2005



Hinweis: Spezifische Monatsverbräuche berücksichtigen zur besseren Vergleichbarkeit der Monatsverbräuche die unterschiedliche Anzahl der Tage sowie der Wochentage je Monat.

Absolute Monatsverbräuche in MWh												
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2002	11,8	12,0	9,3	11,1	11,3	11,8	6,9	12,1	13,2	10,1	13,9	11,2
2003	10,8	15,2	11,7	9,1	12,3	12,7	10,8	8,5	12,6	10,1	13,2	12,7
2004	9,5	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	11,1
2005	10,1	10,4	12,3	10,3	11,3	12,0	11,6	9,2	13,1	10,3	13,4	12,1



2002 2003 2004 2005

Objekt: Willemerschule/Abendhaupt-u.-realsch.
Zählerstz-ID: 5474 Erstellt: 17.03.2006



3.3.2 Monatsprofile Wärme

Monats- bzw. Tagesprofile liegen für die Jahre 2002-2003 und 2005 vor, 2004 wurden keine Monatsprofile erstellt.

Die Spitzen Monatsverbräuche werden im Dezember und Januar mit bis zu 116 MWh erreicht.

Auffallend sind die hohen Monatsverbräuche im Juli und August 2006 mit 15,4 und 19,9 MWh hauptsächlich für die Warmwasserbereitung. Hier gibt es erhebliche Optimierungspotentiale hinsichtlich der Steuer- und Regelungstechnik.

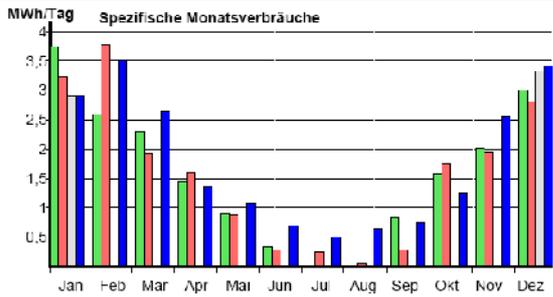
Im Mittel werden täglich in den Wintermonaten 3 MWh Wärme verbraucht, im Sommer noch etwa 0,3 MWh. Der Warmwasserverbrauch entspricht demnach rund ein Zehntel des Gesamtwärmeverbrauches.

0.2001



Wärme - Monatsprofile

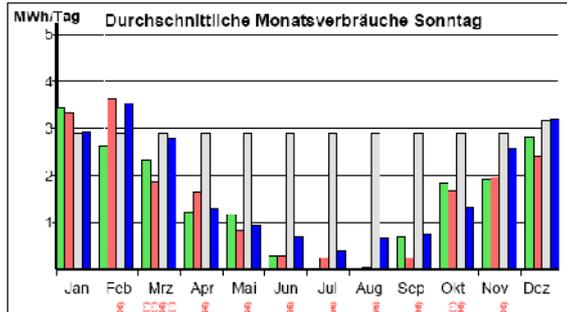
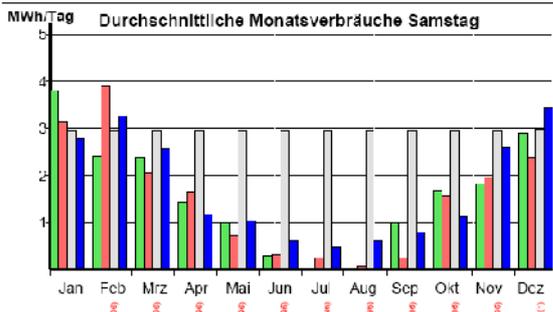
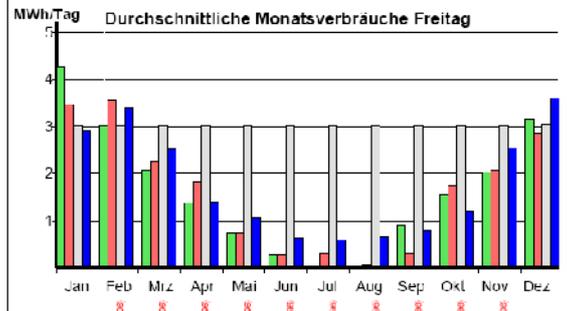
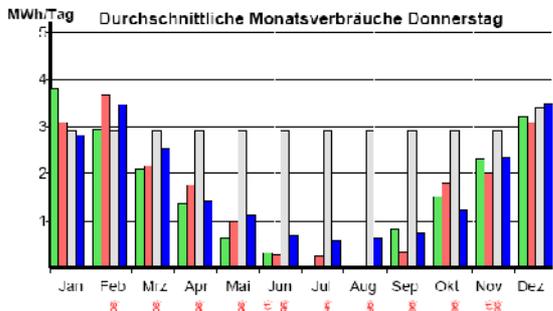
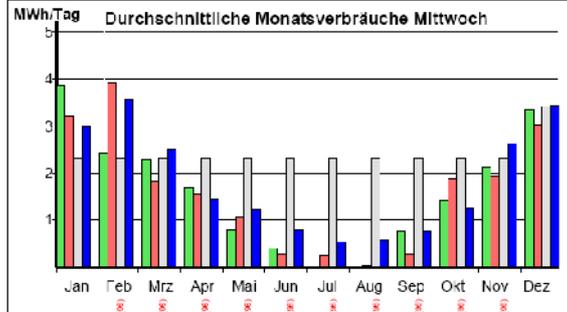
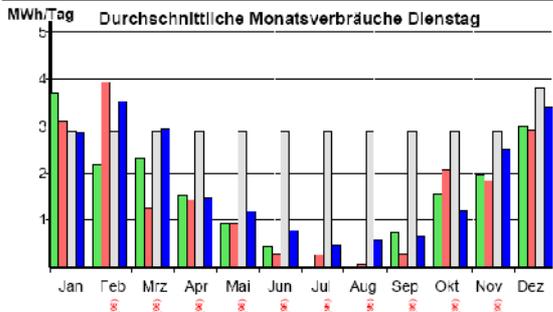
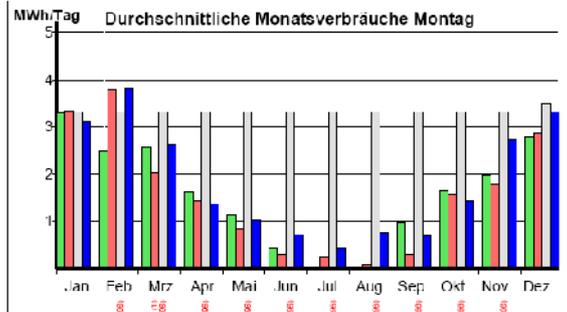
Willemerstraße, Willemerschule/Abendhaupt-u.-realsch., H1 Gas Heizung
 Zeitraum von Januar 2002 bis Dezember 2005



Hinweis: Spezifische Monatsverbräuche berücksichtigen zur besseren Vergleichbarkeit der Monatsverbräuche die unterschiedliche Anzahl der Tage sowie der Wochentage je Monat.

Absolute Monatsverbräuche in MWh

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2002	116,0	72,3	59,3	44,0	27,7	10,3	0,0	0,0	25,4	79,2	60,3	93,3
	(3)	(1)	(47)	(1)	(5)	(4)	(1)		(2)	(1)	(1)	(2)
2003	104,4	106,6	69,7	48,2	27,2	8,7	7,9	1,8	8,7	64,3	69,2	97,1
	(7)	(1)	(5)						(7)	(5)	(3)	(5)
2004	92,5	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	103,1
	(-23)	(-27)	(-27)	(-28)	(-27)	(-28)	(-27)	(-28)	(-27)	(-28)	(-27)	(-28)
2005	96,4	58,4	81,3	40,3	33,6	21,2	15,4	19,5	22,4	39,0	76,8	105,0
		(-4)									(1)	



2002 2003 2004 2005

Objekt: Willemerschule/Abendhaupt u. realsch.
 Zählerpl.-ID: 5475 Fossil: 17.03.2006



Stadt Frankfurt a.M. - Energiemanagement, H.-J.-Ziegler, Tel. 40/12, www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement

3.3.3 Monatsprofile Wasser

Bezüglich des Wasserverbrauches liegen nur für das Jahr 2003 Monats- bzw. Tagesprofile vor.

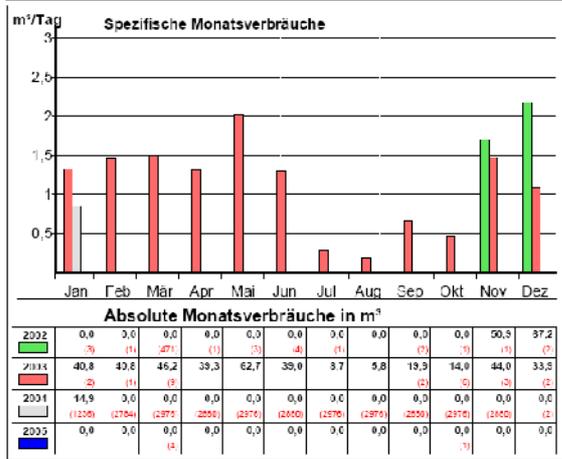
Im Mittel liegt der tägliche Wasserverbrauch im Jahr 2003 bei $1,2 \text{ m}^3$. In den Wintermonaten liegt der Wasserverbrauch bei rund $1,5 \text{ m}^3/\text{d}$, in den Ferienmonaten Juli und August liegt der Wasserverbrauch bei rund $0,3 \text{ m}^3/\text{d}$. Über die Wochentage verteilt liegt der Wasserverbrauch relativ konstant, d.h. auch am Wochenende ist der Breitensport in der Halle aktiv.

0.5001

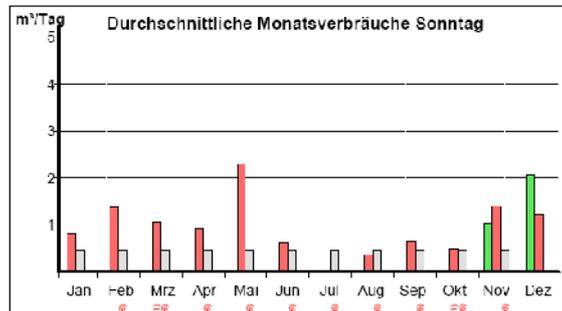
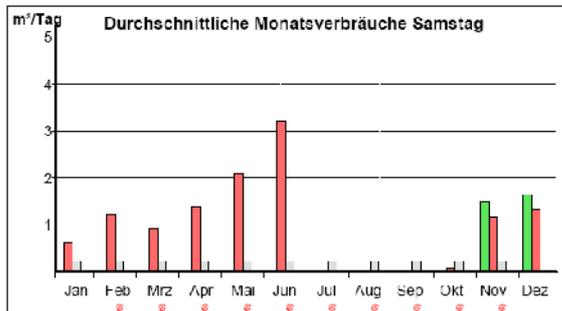
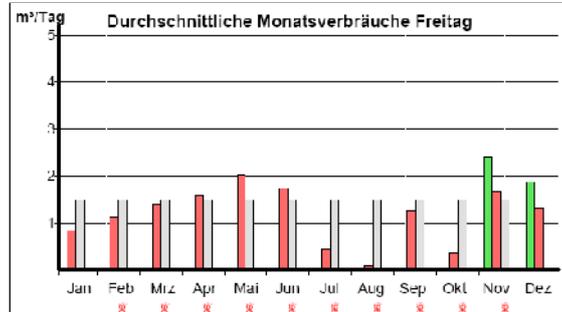
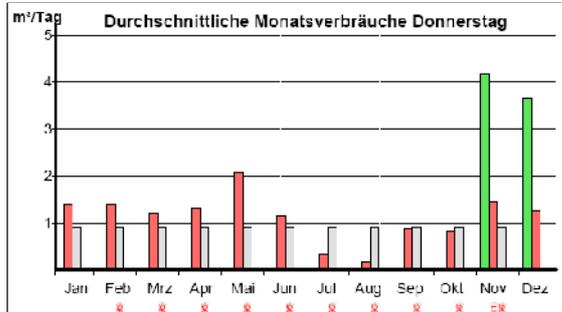
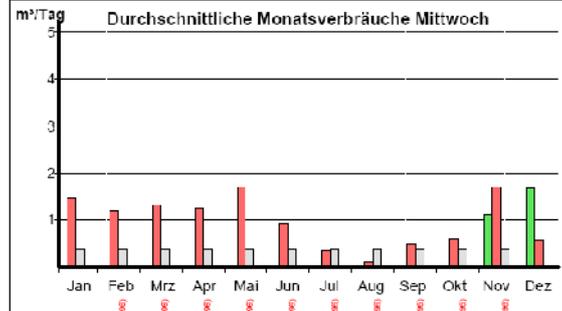
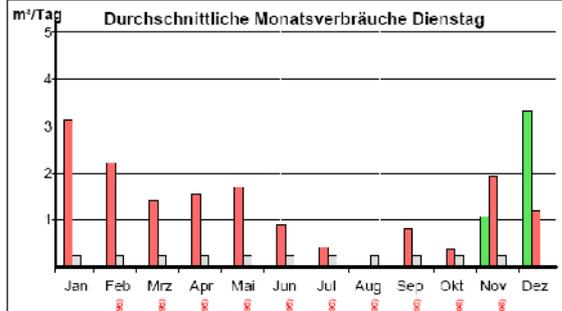
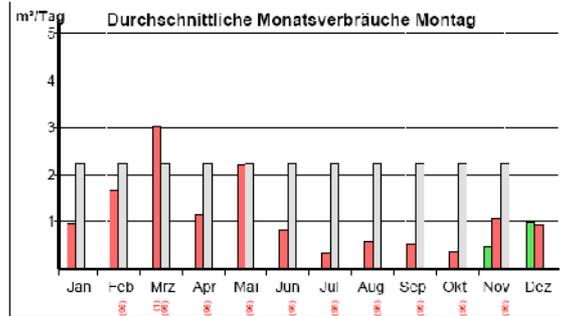


Wasser - Monatsprofile

Willemerstraße, Willemerstraße/Abendhaupt-u.-realsch., W1 Wasser Sporthalle
Zeitraum von Januar 2002 bis Dezember 2005



Hinweis: Spezifische Monatsverbräuche berücksichtigen zur besseren Vergleichbarkeit der Monatsverbräuche die unterschiedliche Anzahl der Tage sowie der Wochentage je Monat.



2002 2003 2004 2005

Objekt: Willemerstraße/Abendhaupt-u.-realsch.
Zählerplatz-ID: 5476 Erstellt: 17.03.2006



Stadt Frankfurt a.M. Energiemanagement, H. J. Ziegler, Tel. 40742, www.stadtfrankfurt.de/energiemanagement

4 Leistungen und Verbräuche

Aus den vorgenannten Leistungsangaben und Daten wurde die Tabelle 8 Leistungen und Verbräuche Strom zusammengestellt.

In einigen Bereichen handelt es sich insbesondere bei den untergeordneten Leistungen um Schätzwerte. Diese können im Rahmen einer Feinanalyse weiter differenziert und präzisiert werden.

Sowohl die Gesamtleistung als auch die Verbräuche treffen die Ergebnisse der Lastgänge und der jährlichen Verbräuche hinreichend genau.

Tabelle 6 Leistungen und Verbräuche Strom

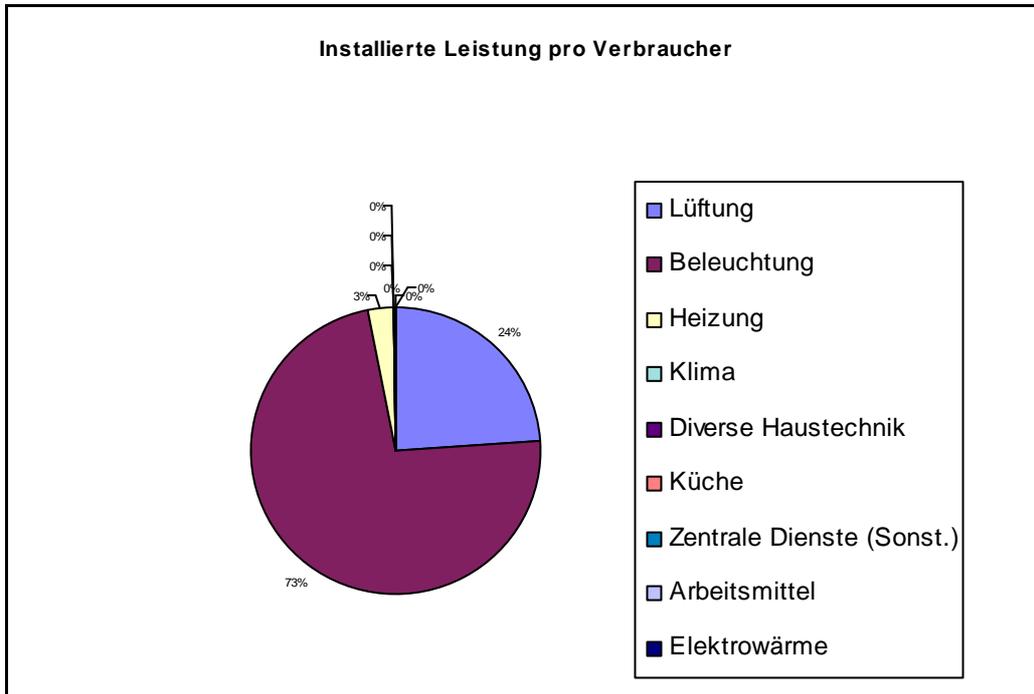
Zentrale Anlage	Leistung installiert W	Leistung spez W/m ²	Vollast pro Jahr h/a	Verbrauch pro Jahr kWh/a	Verbrauch spez kWh/m ² a	Proz. Anteil am Verbrauch %
Strom	EBF	2.600				
- Daten IST Summe	55482	21339			0	
Leistung/Verbrauch berechnet	55482			150.103	58	100,0%
davon:						
HT - Lüftung L	13200	5,1	6.091	80.400	31	53,6%
HT - Beleuchtung B	40578	15,6	1.603	65.048	25	43,3%
HT - Heizung HH	1504	0,6	2.708	4.071	2	2,7%
HT - Klima K	0	0,0		0	0	0,0%
HT - Diverse Haustechnik DT	0	0,0		0	0	0,0%
BR - Küche ZD	0	0,0		0	0	0,0%
BR - Zentrale Dienste (Sonst.) ZD	200	0,1	2.920	584	0	0,4%
BR - Arbeitsmittel AH	0	0,0		0	0	0,0%
HT - Elektrowärme HWW	0	0,0		0	0	0,0%

Die Tabelle zeigt die höchsten Leistungen im Bereich der Beleuchtung und der Lüftung. Die installierte Leistung beträgt zusammen etwa 55 KW.

Bedingt durch die hohe Anzahl der Betriebsstunden der Lüftung und der Beleuchtung beträgt der Verbrauch rund 150 MWh/a. Der spezifische Verbrauch beträgt rund 51 kWh/m²*a.

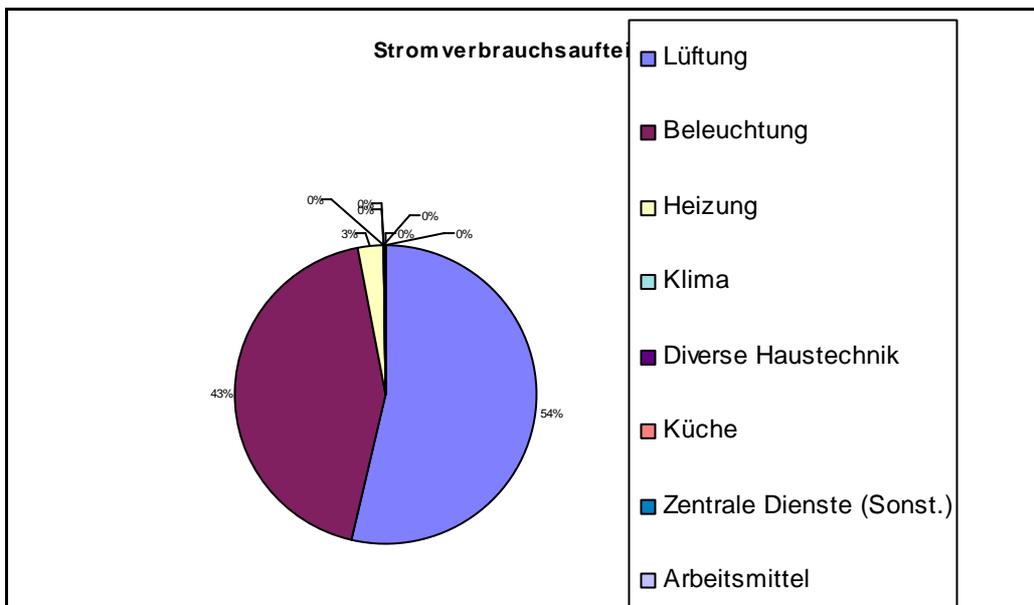
Die Aufteilung des Verbrauchs und der Leistung zeigen die folgenden Diagramme

Diagramm 1 Installierte Leistung nach Bereichen



Der mit Abstand größte Anteil der installierten Leistung fällt auf die Beleuchtung mit etwa 73%. Die Lüftung hat einen Anteil von rund 24%, die heizungsseitige Hilfsenergie Leistung beträgt 3%.

Diagramm 2 Stromverbrauch nach Bereichen



Beim Stromverbrauch beträgt der Anteil der Beleuchtung 43%, der Anteil der Lüftung beträgt rund 54% durch die langen Laufzeiten. Der heizungsseitig bedingte Verbrauch hat einen Anteil von 3%.

4.1 Leitfadenberechnung (LEH)

Die Leitfadenberechnung wurde für alle Bauteile einzeln durchgeführt. Die angenommenen u-Werte (alt: k-Werte) wurden aus dem Gebäudewandaufbau berechnet bzw. abgeschätzt, so dass sie für den Bestand als hinreichend genau angenommen werden können. Dort wo die Abweichung vom DIN-Rechenwert nicht zu groß war, wurde der DIN-Wert eingestellt.

Die Schulgebäude fallen in die Gebäudekategorie IV. Nach Leitfaden ist ein Grenzwert von 60 kWh/m²a und ein Zielwert von 40 kWh/m²a anzustreben. Dies ist durch den Magistratsbeschuß der Stadt Frankfurt noch weiter vermindert worden (Passivhausstandard)

Nach Leitfaden ist ein Luftwechsel von 0,6 h⁻¹ anzunehmen. Dieser wird gerade erreicht, wenn der Luftwechsel im Ruhezustand nicht über 0,2 h⁻¹ liegt. Der Luftwechsel im Betrieb der Lüftungsanlagen liegt gemittelt bei knapp über 1,4 h⁻¹, in Sporthalle in der Spitze bei bis zu 2,5. Durch den 8-stündigen Betrieb ergibt sich dann insgesamt ein mittlerer Luftwechsel von 0,6 h⁻¹.

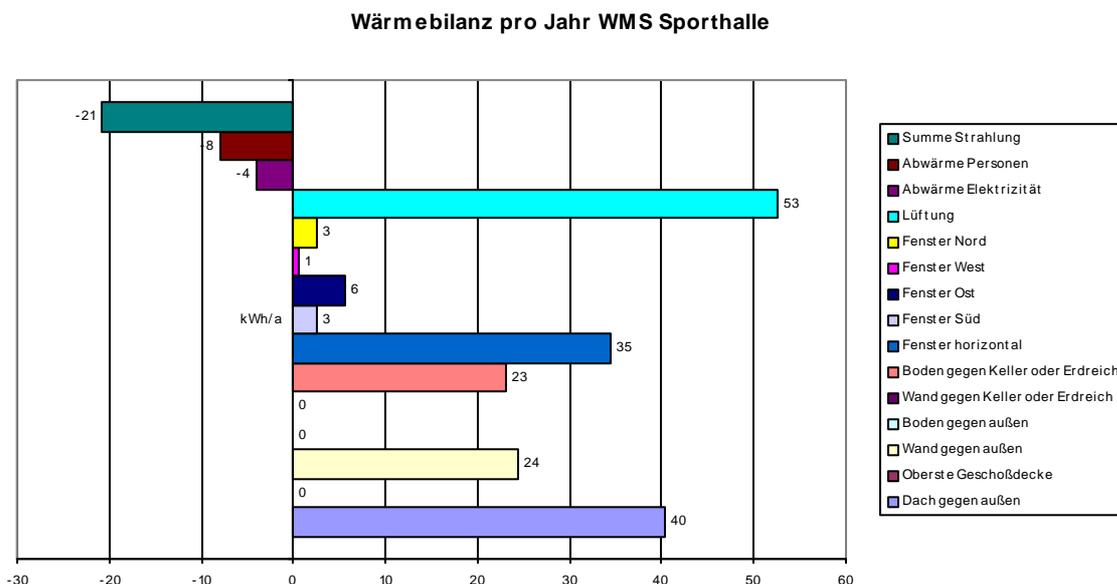
Die tatsächlichen Bedingungen sind durch die insbesondere in den Nebenräumen und Empfangsbereichen undichten Fenster wahrscheinlich schlechter, aber mit der Methodik des Leitfadens nicht genau zu erfassen.

Abschließend wurde mit den vorgenommenen Werten die Heizzahl ermittelt. Für einige Daten mussten anhand der Pläne plausible Abschätzungen vorgenommen werden, da z.B. für Zirkulationsleitungen keine Bestandspläne zum herausmessen vorlagen. Die Heizwärmebedarfsrechnung für die vier Gebäude ergeben nachfolgende spezifische Werte.

4.1.1 Heizwärmebedarf und berechnete Endenergie Sporthalle

Der Heizwärmebedarf beträgt 240 kWh/m²*a und der berechnete Wärmeverbrauch beträgt 255 kWh/m²*a. Der Wärmebedarf (neu Heizlast) nach der alten DIN 4701 liegt bei 331 KW. Die Wärmebilanz ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

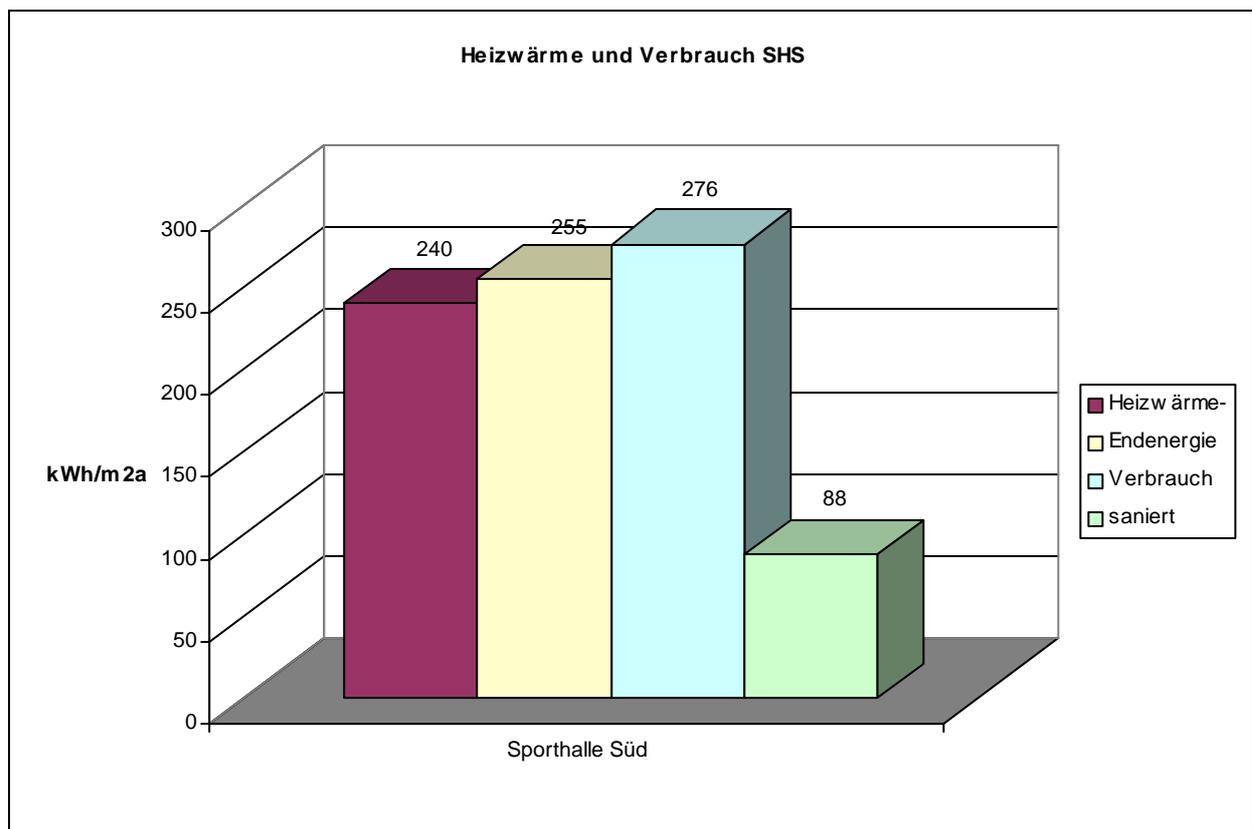
Abbildung 5 Wärmebilanz Sporthalle Süd



Wie die Abbildung zeigt, sind die Wärmeverluste im direkten Vergleich der einzelnen Posten vor allem durch Lüftungsverluste und Verluste über das Dach bestimmt. Auch die Verluste über die Aussenwand und den Boden gegen Erdreich/Keller haben einen großen Anteil.

Die berechneten Endenergiekennwerte und die tatsächlichen Verbräuche sind in dem folgenden Diagramm abgebildet.

Abbildung 6 Heizwärme und Endenergie



Die Grenz- (60 kWh/ m²a) und Zielwerte (40 kWh/m²a) für den Heizwärmebedarf werden somit deutlich überschritten. .

Die berechneten Verbräuche liegen um etwa 15% unter den tatsächlichen Verbräuchen. **Dies liegt insbesondere an den überhöhten Temperaturen in vielen Räumen (über 20°C) und dem höheren als erforderlichen Luftwechsel.**

4.2 Leitfaden LEE

4.2.1 Beleuchtung

Um die Effektivität der bestehenden Lampen und Leuchtensysteme zu beurteilen, wurde die Leitfadensberechnung gemäß LEE für den Bestand und für eine mögliche Sanierung durchgeführt.

Dies wurde unter Zuhilfenahme des Rechenblattes Gesamt WI mit Sp vorgenommen. Hierfür wurden die Umkleieräume, Duschen, Flure und Lehrerräume im EG zusammengefasst. Diese Räume werden im Gegensatz zu den Kellerräumen häufig benutzt, aufgrund des geringen Tageslichtanteils sind wir von Nutzungszeiten von 1200 h/a ausgegangen. Dies entspricht 840 Vollbenutzungsstunden.

Die Umkleieräume, die Duschräume und Flure weisen installierte Leistungen zwischen 5 und 15 W/m² auf. Es handelt sich durchgehend um alte Leuchten mit KVG.

Da der Empfangsbereich erneuert werden soll, wird eine Beleuchtungssanierung mit eingeplant. Im den Eingangs- bzw. Empfangsbereichen betragen die spezifischen Leistungen zwischen rund 7 W/m² und rund 12 W/m². In diesem Zusammenhang haben wir auch die Erneuerung der Beleuchtung der angrenzenden Treppenhäuser berücksichtigt.

Nach den technischen Standards des HBA haben diese Nebenräume eine geforderte Beleuchtungsstärke 100 Lux.

Die Ergebnisse sind im Kapitel 6.6 und in den Tabellenblättern in der Anlage zusammengefasst. Aufgrund der spezifischen Kennzahlen und des neuen Alters der Beleuchtung fällt die Beleuchtung in der der Sporthalle mit 21 W/m² besonders auf.

4.2.2 Lüftung

Die Lüftungsanlagen wurden wie in 2.6 ausgeführt berechnet. Obwohl nicht die gesamte Fläche, sondern nur die Sporthalle und die Waschräume belüftet werden, beträgt die spezifische Leistung rund 4,5 W/ m² EBF. Aus diesem Grund wird eine Sanierung der Lüftungsanlage vorgesehen, alternativ muss bei Sanierung angelehnt an den Passivhausstandard der Komplettaustausch der Lüftungsanlage als Merkposition beachtet werden, falls die Ertüchtigung der Lüftungsanlage nicht ausreichend ist (**beachte Passivhauskriterien**). Der maximale Volumenstrom der Lüftungsanlage mit 30.000 m³/h ermöglicht auf das Gebäudevolumen von rund 16.500 m³ einen zweifachen Luftwechsel, alleine auf die Sporthalle bezogen einen 2,5 fachen Luftwechsel. Die meiste Zeit wird die Anlage im Umluftbetrieb gefahren, wir sind bei den folgenden Berechnungen unter Berücksichtigung der Ruhezeiten von einem 0,4 fachen Luftwechsel ausgegangen.

4.2.3 Pumpen Sporthalle

In der Sporthalle sind folgende Pumpen installiert.

Tabelle 7 Pumpenübersicht Sporthalle Süd

Art	Ziel	T °C	Pumpe Typ	Her.	Leistung in Watt			St	Verbräuche		kWh/a
					Min	Mittel	Max		Stand	H	
Summe					637	1503,5	2630		1503,5		4071
VL RL	NT-Kesselpumpe		UPE 32-80		40	145	250	12	145	2400	348
					0	0	0		0		0
Bauteil 1											
VL	Lüftung Sporthalle		UPE 65-60		50	250	450	16	250	3200	800
VL	Kessel		UPE 50-61		50	65	550	16	65	3200	208
VL	Speicher		UPE 32-120F		40	220	400	16	220	3200	704
VL	Stat. Heizung		UPS 32-120F		320	350	380	16	350	3200	1120
VL	Lüftung										
VL	Waschräume		UPE 32-60		40	70	100	16	70	3200	224
Warmwasser Boiler											
VL	WW Zirk		UP 25-45 N 150			105		14	105	2800	294
VL	WW Lade		UPS 25-60B		45	67,5	90	14	67,5	2800	189
Lüftung											
VL	Lüftungsgerät West		UPE 32-120F		22	183,5	345	14	183,5	280	51
VL	Lüftungsgerät West		UPE 32-120F		30	47,5	65	14	47,5	2800	133

Im Mittel sind rund 1,5 KW installiert, der Verbrauch beträgt rund 4070 kWh/a. Die installierte maximale Leistung liegt am angestrebten 0,8% -Wert für Hilfsleistung (400 kW Heizleistung)

5 Maßnahmen

Die Tabelle 8 zeigt alle im folgenden beschriebenen Maßnahmen auf einen Blick.

Tabelle 8 Maßnahmen

Beschreibung Maßnahme	Verbrauch pro Jahr kWh Bestand	Cash pro Jahr EUR	Einsparung pro Jahr kWh	Investition EUR	ROI Jahre a
	0	-33.000	-487.000	890.000	
Organisation		-3.000	-43.000	0	sofort
Verträge		0	0	0	
Anlagentechnik		-7.000	-60.000	40.000	5,7
Bauphysik		-23.000	-384.000	850.000	37,0
Stromverträge	149.349				
Gasverträge	716.653				
Wasserverträge	889				
Hausverwalterverträge EBN	866.002	-3.000	-43.000		sofort
Dachdämmung	202.998	-11.000	-183.000	260.000	23,6
Wärmedämmung Aussenwand	104.575	-6.000	-91.000	130.000	21,7
VHF Wärmedämmung	16.361	-1.000	-14.000	30.000	30,0
Fenstertausch	125.738	-6.000	-92.000	240.000	40,0
Fenstertausch Lüftungsverluste		0	0	0	
Dämmung Boden gegen Außen		0	0	0	
Sonstige Baukosten		0	0	190.000	
Lüftungsanlage ertüchtigen (Minimallösung)	78.000	-6.000	-39.000	29.000	4,8
Heizungsverriegelung	35.833	-1.000	-18.000	2.000	2,0
Leuchtentausch Umkleideräume mit Bewegungs	3.473	-300	-2.000	6.000	20,0
Leuchtentausch Eingangsbereich	1.709	-100	-1.000	4.000	40,0
Boxstrahler demontieren	100	-20	-100	100	5,0
Strahlenschutz Heizkörper Eingänge	7.167	-200	-4.000	1.000	5,0
Spülkasten auf 6 l	0	0	0	0	

5.1 Optimierung der Energielieferverträge und Organisation

5.1.1 Hausverwalterverträge

Der Hausverwalter wird über das Frankfurter EBN-Modell honoriert. Weitere Einsparungen sind durch richtige Bedienung der Anlagen möglich. Dies sind mindestens 43.000 kWh/a oder 3.000 €

5.2 Verbesserung der Wärmedämmung

Für alle Maßnahmen im Bereich der Wärmedämmung wurden die Bauteilwerte des Hochbauamts (HBA) nach den Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2006, modifiziert

dahingehend, dass die Anforderungen an Bauteile nach den Passivhauskriterien eingehalten werden, zugrunde gelegt. Der Grund hierfür ist der Magistratsbeschuß der Stadt Frankfurt, dass alle Gebäude der Stadt Frankfurt im Passivhausstandard auszurüsten bzw. zu sanieren sind. Dies wurde im Maßnahmenkatalog berücksichtigt.

Für die Berechnung der Einsparung wurden die U-(k) Werte und für die Fenster auch die g-Werte in die Leitfadensberechnung Heizwärme übernommen und die Differenz der Transmissionsverluste als Einsparpotential angenommen. Die tatsächliche Einsparung dürfte höher sein, weil die positiven Effekte der höheren Oberflächentemperaturen und die daraus resultierenden niedrigeren Raumtemperaturen noch nicht berücksichtigt sind.

Alle Maßnahmen wurden mit Kosten gemäß der Tabelle Maßnahmen unter 5. hinterlegt, so dass für jede Einzelmaßnahme eine Abschätzung des ROI möglich ist. Alle Einzelkalkulationen wurden dann im Rahmen der Vollkostenrechnung gemäß HBA in der Gesamtbetrachtung als Bauphysikalische Maßnahme berücksichtigt.

5.2.1 Austausch der Fenster

Insgesamt hat die Sporthalle Süd eine Fensterfläche von 594 m². Der Hauptteil der Fensterfläche befindet sich im Hallenbereich auf der Nord- und Südseite. Bei Austausch der Fenster ändert sich der Transmissionswärmeverlust von 126.000 kWh/a auf 34.000 kWh/a. Das entspricht einer Einsparung von 92.000 kWh/a oder rund 5.500 €/a. Außerdem gibt es Energieeinsparungen im Bereich der Lüftung. Diese sind nicht quantifizierbar, da die Fugenbeiwerte (a-Werte) der Fenster im Bestand nicht bekannt sind. Der Austausch aller Fenster führt zu Gesamtkosten von 240.000 €. Damit beträgt das ROI rund 44 Jahre (ohne Lüftungsverluste!)

5.2.2 Wärmedämmverbundsystem

Bei den Außenwänden handelt es sich um eine Gesamtfläche von 1.240 m². Der Transmissionswärmeverlust verringert sich von 105.000 kWh/a auf rund 13.000 kWh/a. Das entspricht einer Einsparung von 92.000 kWh/a oder rund 5.500 €/a. Die Kosten für die Investition betragen rund 130.000 €. Das ROI berechnet sich damit zu 22 Jahren.

5.2.3 Dachdämmung

Das Dach der Turnhalle hat eine Fläche von 1.840 m². Der Transmissionswärmeverlust verringert sich von 203.000 kWh/a auf 20.000 kWh/a. Das entspricht einer Einsparung von rund 183.000 kWh/a oder 11.000 €/a. Diese Maßnahme ist kostengünstig im Rahmen der nächsten Dachsanierung durchzuführen. Die Kosten für eine Vollsanierung liegen bei ca. 260.000 € und rechnen sich nach 23 Jahren.

5.2.4 Boden gegen Erdreich/Keller

Die Sanierung der Bodenplatte inklusive einer Dämmung ist durch die zahlreichen Nebenarbeiten (Änderung aller Türhöhen usw.) zu aufwendig und wurde hier nicht weiter untersucht. Zudem wurde der Fußboden der Halle gerade (2007) erneuert.

5.2.5 Boden gegen außen (Austausch gegen VHF)

Im Bereich der Tribüne ist eine auskragende Bodenplatte vorhanden. Diese stellt neben den Stützen eine starke Wärmebrücke dar. Aus diesem Grund schlagen wir die Ausführung einer vorgehängten, gedämmten Fassade an dieser Stelle vor, indem eine Fassade von der Bodenplatte bis zum Erdreich gezogen wird. Es handelt sich insgesamt um eine Fläche von 200 m², die als vorgehängte Fassade ausgeführt werden muss. Die bisherige Wärmebrücke hat dagegen eine Fläche von rund 84 m².

Der Transmissionswärmeverlust verringert sich von 16.000 kWh/a auf 2.000 kWh/a. Das entspricht einer Einsparung von rund 14.000 kWh/a oder 900 €/a. Diese Maßnahme ist kostengünstig im Zusammenhang mit der Vollsanierung durchzuführen. Die Kosten liegen bei ca. 30.000 € und rechnen sich nach 27 Jahren.

5.2.6 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen Bauphysik

5.2.6.1 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen Bauphysik mit Passivhauskomponenten

Bei dieser Variante wurden die U-Wert Anforderungen von Passivhauskomponenten zugrundegelegt. Bei der Bauphysik wurden die Maßnahmen 6.2.1. – 6.2.4. in einem Paket zusammengefasst. Die Kostenschätzung ist mit Ausschreibungswerten aus den Daten des Hochbauamts und aktuellen Ausschreibungsergebnissen durchgeführt.

Die Kapitalisierung wurde für einen Zeitraum von 40 Jahren vorgenommen.

Die angenommenen Investitionskosten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Die Investitionskosten betragen bei der Sanierung der Sporthalle Süd mit Passivhauskomponenten rund 850.000 € bei Zugrundelegung von erzielten Ausschreibungspreisen im Jahr 2006. Die Kalkulationsempfehlungen der Abteilung Energiemanagement liegt teilweise noch unter diesen Werten.

Tabelle 9 zeigt die Gesamtkostenaufstellung.

Tabelle 9 Investitionskosten Wärmeschutz (Passivhausstandard)

Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement

A. Allgemeine Daten								
A1	Liegenschaftsbezeichn.	Sporthalle Süd			A2	KStB.		
A3	Gebäudebezeichnung				A4	Str-Nr.		
A5	Straße				A6	Haus-Nr.		
A7	Sanierung	Dämmung Dach und Wand, Fenster						
A8	Bezugsfläche (NGF)	2.598	m ²	A9	Personenzahl	50	P	
B. Kosten nach DIN276 (Fassung Juni 1993)								
(alle Kosten netto)				Investition	Invest./NGF	Wartung	Wartung	
				(€)	(€/m ²)	(%/a)	(€/a)	
100 Grundstück				0	0			
200 Herrichten und Erschließen				0	0			
300 Bauwerk -		Menge	sp. Preis	Investition	Invest./NGF	Wartung	Wartung	
Baukonstruktion		(m ²)	(€/m ²)	(€)	(€/m ²)	(%/a)	(€/a)	
310	Baugrube	0	0	0	0			
320	Gründung: Fundamente	0	0	0	0			
Gründung: Bodenaufbauten		(m ²)	(€/m ²)	(€)	(€/m ²)	(%/a)	(€/a)	
	Boden gegen Keller/Erde	1.756	0	0	0	1,0%	0	
	Boden gegen außen	200	120	24.000	9	1,0%	240	
330	Außenwände	(m ²)	(€/m ²)	(€)	(€/m ²)	(%/a)	(€/a)	
	Wand gegen außen	1.240	93	115.320	44	1,0%	1.153	
	Wand gegen Keller/Erde	755	0	0	0	1,0%	0	
	Außenfenster und -türen	594	400	237.600	91	1,5%	3.564	
		0	0	0	0	0,0%	0	
340	Innenwände	(m ²)	(€/m ²)	(€)	(€/m ²)	(%/a)	(€/a)	
	Innenwände	0	0	0	0	1,0%	0	
	Innentüren und Fenster	0	0	0	0	1,5%	0	
350	Decken	(m ²)	(€/m ²)	(€)	(€/m ²)	(%/a)	(€/a)	
	oberste Geschoßdecke	0	0	0	0	1,0%	0	
	sonstige Geschoßdecken	0	0	0	0	1,0%	0	
360	Dächer	(m ²)	(€/m ²)	(€)	(€/m ²)	(%/a)	(€/a)	
	Dach gegen außen	1.840	121	222.640	86	1,0%	2.226	
		0	0	0	0	0,0%	0	
370 - 390	sonstige Baukonstruktion			115.112	44	0,0%	0	
300	Summe Baukonstruktion			714.672	275	1,0%	7.184	
400 Bauwerk- Technische Anlagen				Investition	Invest./NGF	Wartung	Wartung	
				(€)	(€/m ²)	(%/a)	(€/a)	
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen			0	0	1,5%	0	
420	Wärmeversorgungsanlagen			0	0	3,0%	0	
430	Lufotechnische Anlagen			0	0	3,5%	0	
440	Starkstromanlagen			0	0	1,5%	0	
450	Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen			0	0	3,0%	0	
460	Förderanlagen			0	0	3,5%	0	
470 - 490	sonstige Technische Anlagen			0	0	1,5%	0	
400	Summe Technische Anlagen			0	0	1,5%	0	
500	Außenanlagen			0	0	3,0%	0	
600	Ausstattung und Kunstwerke			0	0	1,5%	0	
700	Baunebenkosten			0	0			
Zur Aufrundung und für Unvorhergesehenes				0	0			
C. Summe Investition u. Wartung				netto	714.672	275	1,0%	7.184
C2	Mehrwertsteuer	19%		135.788	52		1.365	
C3		brutto		850.460	327	1,0%	8.548	

5.2.6.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Varianten

Bei der Gesamtkostenberechnung ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 34 Jahren bei einem Zinssatz von 3,1 % und einer Preissteigerung von 5 %. Die Berechnung ist in der folgenden Tabelle 10 aufgezeigt.

Bei einer Preissteigerung von 10% verkürzt sich die Amortisationszeit bereits auf 11 Jahre.

Diagramm 3 zeigt die Gesamtkosten im Vergleich. Diese sind gleich hoch wie im Bestand.

Diagramm 3 Gesamtkostenbetrachtung der Wärmedämmung nach Passivhausstandard

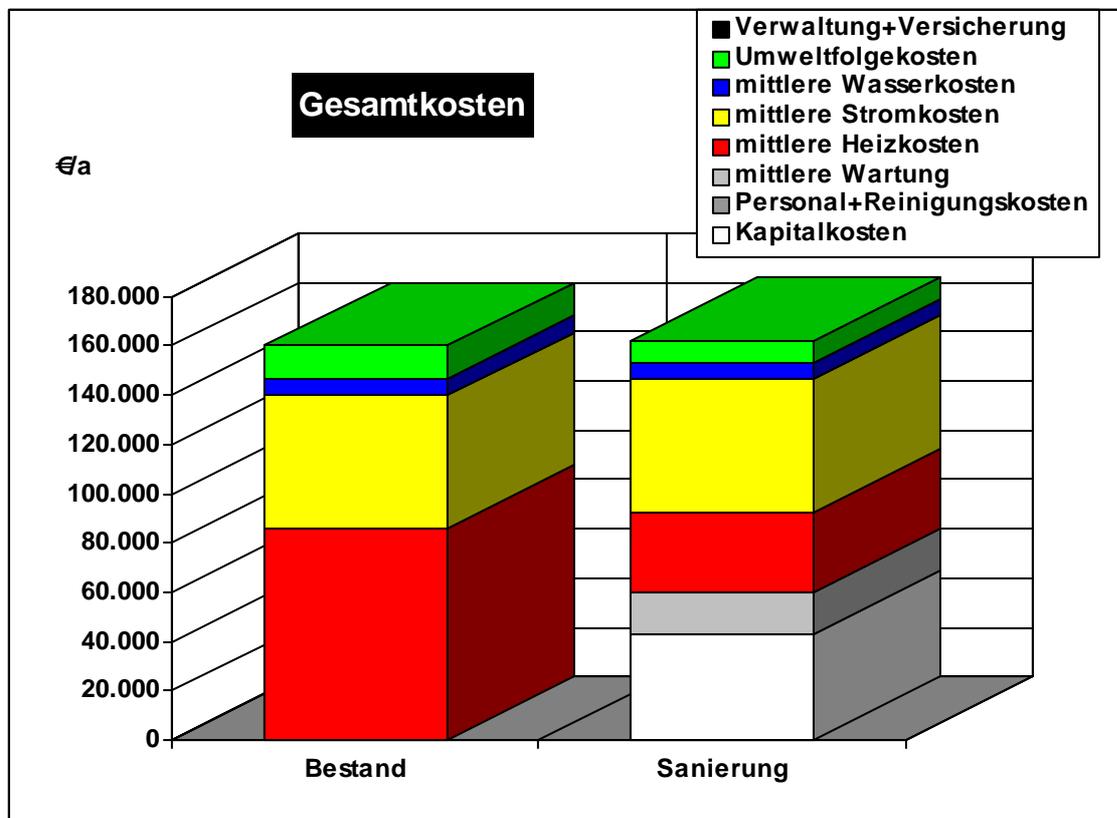


Tabelle 10 Vollkostenrechnung Dämmung Sporthalle Süd

A. Allgemeine Daten							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Sporthalle Süd			A2	KStB.	
A3	Gebäudebezeichnung				A4	Str.-Nr.	
A5	Straße				A6	Haus-Nr.	
A7	Betrachtungszeitraum	30 ^a	A8		Währung	€	
A9	Kapitalzins*	3,1%	A10		Annuitätsfaktor	0,052	
A11	Preissteigerung	5%	A12		Mittelwertfaktor	2,08	
B. Varianten							
B0	Bestand	Ist-Zustand					
B1	Sanierung	Dämmung Dach und Wand, Fenster					
B2	Variante 3						
B3	Variante 4						
B4	Variante 5						
C. Kenngrößen							
		Bestand	Sanierung	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
C1	Bezugsfläche (NGF)	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598	m ²
C2	Personenzahl	50	50	50	50	50	P
C3	spez. Heizwärmebedarf	232	82	274	274	274	kWh/m ² a
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung	95%	94%	96%	96%	96%	%
C5	spez. Strombezug	57	57	57	57	57	kWh/m ² a
C6	spez. CO ₂ -Emissionen	98	60	108	108	108	kg/m ² a
C7	spez. Trinkwasserbezug	16,83	16,83	16,83	16,83	16,83	m ³ /P a
D. Kapitalkosten							
		Bestand	Sanierung	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
D1	Investitionskosten (DIN 276)	0	850.460	414.168	414.168	414.168	€
D2	Zuschüsse/Erlöse						€
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	850.460	414.168	414.168	414.168	€
D4	Kapitalkosten	0	43.953	21.405	21.405	21.405	€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	17	8	8	8	€/m ² a
E. mittl. Betriebskosten							
		Bestand	Sanierung	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
E1	Personal+Reinigungskosten						€/a
E2	Wartung+Instandhaltung	0	8.548	4.142	4.142	4.142	€/a
E3	Heizkosten	41.161	15.411	47.406	47.406	47.406	€/a
E4	Stromkosten	25.965	25.965	25.965	25.965	25.965	€/a
E5	Wasserkosten	3.176	3.176	3.176	3.176	3.176	€/a
E6	Verwaltung+Versicherung						€/a
E7	heutige Betriebskosten	70.301	53.100	80.689	80.689	80.689	€/a
E8	mittl. Betriebskosten	146.471	110.633	168.112	168.112	168.112	€/a
E9	spez. Betriebskosten	56	43	65	65	65	€/m ² a
F. Umweltfolgekosten							
		Bestand	Sanierung	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
F1	CO ₂ -Emissionen (50 €/to)	12.763	7.839	14.068	14.068	14.068	€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m ³)	842	842	842	842	842	€/a
F3	Umweltfolgekosten	13.604	8.680	14.909	14.909	14.909	€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	5	3	6	6	6	€/m ² a
G. Gesamtkosten							
		Bestand	Sanierung	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
G1	Gesamtkosten	160.075	163.266	204.426	204.426	204.426	€/a
G2	spez. Gesamtkosten	62	63	79	79	79	€/m ² a
G2	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		34,1				A

(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)
 * aktuelle Kreditzinsen unter: <http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf>

5.3 Verbesserung der Regelungstechnik/Anlagentechnik

5.3.1 Heizungsregelung

Die Regelung ist zentral. Die Programmierung der Regelung ist bedienungsunfreundlich, dadurch werden die Einsparpotentiale durch Einschränkung der Betriebszeiten nicht genutzt. Hier sollte eine Qualifizierung im Rahmen des Nutzer-Beteiligungsmodell erfolgen, um die Absenkung bzw. Abschaltung in nicht belegten Zeiten bzw. Räumen zu verbessern. (vgl. auch EBN). Ggf. sind Funktionen wie abschalten bei Erreichen der Heizgrenze noch nachzurüsten.

5.3.2 Hydraulische Abstimmung der Heizkreise

Die mangelnde hydraulische Abstimmung der Heizkörper kann zur Unterversorgung von Heizkörpern führen. Letzteres spielt allerdings eine eher untergeordnete Rolle, da die fehlende Spreizung von Vor- und Rücklauftemperaturen bei zeigt, dass große Wassermengen ohne Wärmeabnahme durch das Gebäude gefahren werden. Thermostatventile sind z.T. nicht installiert.

Nach dem Einbau neuer Ventile ist die Eindrosselung der Stränge und Ventile zu veranlassen.

(wird in der Endfassung noch kalkuliert.)

5.4 Lüftung

Hauptproblem der Lüftung sind die durchlaufenden Betriebszeiten ohne einen abgestimmten Aus- und Teillastbetrieb. Dadurch wird unnötig Strom und Wärme verbraucht.

Die Ertüchtigung der Lüftungsanlagen für die Turnhalle inkl. der Nebenräume wurde untersucht. Hierbei ist zu unterscheiden, ob eine wärmetechnische Sanierung durchgeführt wird oder nicht, weil davon die Heizleistung und damit die Betriebszeit und Luftmengen der Lüftung abhängen. Bei einer wärmetechnischen Sanierung wäre der Totalersatz der Lüftungsanlage die bessere Lösung. Da die Anlage erst 2001 eingebaut wurde, wurde eine Minimallösung untersucht. Darüber hinaus sind die zukünftigen Anforderungen an die Halle zu klären. Der Bestuhlungsplan sieht noch 1500 Stehplätze bei Boxkämpfen vor. Sollten diese wegfallen können die vorzuhaltenden Lüftungsraten verringert werden.

In beiden Fällen sind jedoch (Minimallösung) bei einer Reduzierung der Luftmengen im Regelbetrieb (im Ist-Zustand maximal $30\,000\text{ m}^3/\text{h}$) durch einen frequenzgerichteten Umrücker in Verbindung mit CO_2 -Fühlern als Regelgröße erhebliche Wärme- und Stromeinsparungen möglich. Die Gesamtkosten betragen rund $30\,000\text{ €}$ brutto für die Ertüchtigung der Lüftungsanlage mit Frequenzumrichtern und Luftqualitätsfühlern.

Die zu fördernde Luftmenge in der Sporthalle ließe sich im Regelbetrieb auf bis zu $4.000\text{ m}^3/\text{h}$ (Berechnungsbasis $200\text{ Personen} \times 20\text{ m}^3/\text{P}\cdot\text{h}$) reduzieren. Die Vollbetriebsstunden betrügen dann noch rund 3000 h/a . Der spezifische Heizwärmebedarf stiege rechnerisch ohne sonstigen Änderungen am Gebäude von rund $232\text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ auf rund $238\text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$, dies ist bedingt durch die geringeren Gewinne aus der Abwärme der Elektrizität. Gleichzeitig verringert sich allerdings der Außenluftanteil und damit auch die Heizwärmeverluste. (Hierzu werden wir im Winter noch Messungen vornehmen, da keine Daten vorliegen)

Die bestehenden Motoren benötigen jedoch bei der Umrüstung auf Frequenzumrichter eine Mindestdrehzahl. Dies bedeutet eine Mindestluftmenge von rund $6.000\text{ m}^3/\text{h}$ bei der bestehenden Anlage.

Die mittleren jährlichen Stromkosten sinken bei einem aktuellen spezifischen Strompreis von

Tabelle 11 Gesamtkostenvergleich Lüftungsanlagenertüchtigung

1. Gesamtkosten						
Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement						
A. Allgemeine Daten						
A1 Liegenschaftsbezeichnung	Sporthalle Süd			A2 KStB.		
A3 Gebäudebezeichnung				A4 Str.-Nr.		
A5 Straße				A6 Haus-Nr.		
A7 Betrachtungszeitraum	15 ^a	A8 Währung		€		
A9 Kapitalzins*	3,1%	A10 Annuitätsfaktor		0,084		
A11 Preissteigerung	5%	A12 Mittelwertfaktor		1,47		
B. Varianten	Bezeichnung					
B0 Variante 1	Ist-Zustand					
B1 Variante 2	Lüftungsanlagenertüchtigung					
B2 Variante 3						
B3 Variante 4						
B4 Variante 5						
C. Kenngrößen	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
C1 Bezugsfläche (NGF)	2.598	2.598				m ²
C2 Personenzahl	50	50				P
C3 spez. Heizwärmebedarf	232	238				kWh/m ² a
C4 Heizzahl Kessel+Verteilung	95%	96%				%
C5 spez. Strombezug	57	42				kWh/m ² a
C6 spez. CO2-Emissionen	99	90				kg/m ² a
C7 spez. Trinkwasserbezug	16,83	16,83				m ³ /P a
D. Kapitalkosten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
D1 Investitionskosten (DIN 276)	0	29.000				€
D2 Zuschüsse/Erlöse						€
D3 Eigenkapitaleinsatz	0	29.000				€
D4 Kapitalkosten	0	2.447				€/a
D5 spez. Kapitalkosten	0	1				€/m ² a
E. mittl. Betriebskosten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
E1 Personal+Reinigungskosten						€/a
E2 Wartung+Instandhaltung	0	1.015				€/a
E3 Heizkosten	41.683	42.532				€/a
E4 Stromkosten	25.965	20.793				€/a
E5 Wasserkosten	3.176	3.176				€/a
E6 Verwaltung+Versicherung						€/a
E7 heutige Betriebskosten	70.823	67.517				€/a
E8 mittl. Betriebskosten	104.056	99.198				€/a
E9 spez. Betriebskosten	40	38				€/m ² a
F. Umweltfolgekosten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
F1 CO2-Emissionen (50 €/to)	12.872	11.723				€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m ³)	842	842				€/a
F3 Umweltfolgekosten	13.713	12.565				€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	5	5				€/m ² a
G. Gesamtkosten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
G1 Gesamtkosten	117.770	114.210				€/a
G2 spez. Gesamtkosten	45	44				€/m ² a
G2 Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		5,3				a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)						
* aktuelle Kreditzinsen unter: http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf						

15 ct/kWh um rund 5.200 €, die eingesparte Strommenge beträgt rund 40.000 kWh/a. Eine Amortisation der Investition ist (Ertüchtigung der bestehenden Lüftungsanlage durch Nachrüsten mit Frequenz-Umrichtern sowie CO₂- Fühler als Regelgröße)) nach rund 5,3 Jahren, gegeben. Die Daten sind in der folgenden Tabelle 11 dargestellt.

Die Lage der Abluftanlagen Duschen und Umkleiden sind noch unklar.

5.5 Pumpen

Die Pumpen sind überwiegend überdimensioniert. Ein Großteil der Pumpen ist elektrisch regelbar, lässt sich also manuell nicht herunterstellen. Da die Pumpen noch neu sind wird eine Anpassung im Austauschfall empfohlen.

5.6 Beleuchtung

5.6.1 Beleuchtung Empfangsbereiche

In den beiden Eingangsbereichen inklusive der Eingangsbereiche sind bedingt durch die unterschiedliche Bestückung eine Leuchtenleistung von 7 bis 12 W/m² installiert. Der Tageslicht ist recht gering, aber auch bei ausreichendem Tageslicht war die Beleuchtung bei den Begehungen häufig eingeschaltet. Ein bedarfsorientiertes Beleuchtungskonzept ist daher sinnvoll. Um die Beleuchtung nur während der tatsächlichen Benutzung zu gebrauchen, haben wir neben einer neuen Beleuchtung mit EVG und Spiegelrastreranbauleuchten auch eine Variante mit dem Einbau von Bewegungsmeldern (opto/akustisch) untersucht. Dadurch lassen sich die Betriebszeiten auf weniger als 1000 Betriebsstunden vermindern. Ein Austausch der Leuchten erscheint aufgrund der Überdimensionierung der bestehenden Beleuchtung als sinnvoll.

Die Anzahl der Leuchten könnte nach einer ersten überschlägigen Berechnung von rund 33 Leuchten durch eine Sanierung auf ca. 25 Leuchten gesenkt werden. Die mittlere Anschlussleistung sinkt deutlich von rund 74 W/pro Leuchte auf rund 30 W/pro Leuchte

Die mittlere spezifische Leistung sinkt von rund 8 W/m² auf rund 2 W/m² nach der Sanierung. Für die Berechnung wurde von folgenden Investitionskosten im Durchschnitt ausgegangen:

Leuchten mit EVG	135 €
Leuchten mit EVG und Tageslichtsperre (LS)	250 €

Die Kosten basieren auf Ausschreibungsergebnisse und Abrechnungen im Zuge des Beleuchtungsaustausches von 7 Schulen und zwei Sporthallen im Rahmen des stadtinternen Contractings im Jahre 2006 in Frankfurt. Die Kosten verstehen sich als Bruttokosten inkl. der Planungskosten.

Bei angenommenen Betriebsstunden von 700 h/Jahr im Bestand und 450 h/Jahr bei der Tageslichtvariante, verringern sich die Stromkosten von rund 295 €/a auf rund 90 €/a in Variante 1 und 50 €/a bei Variante 2.

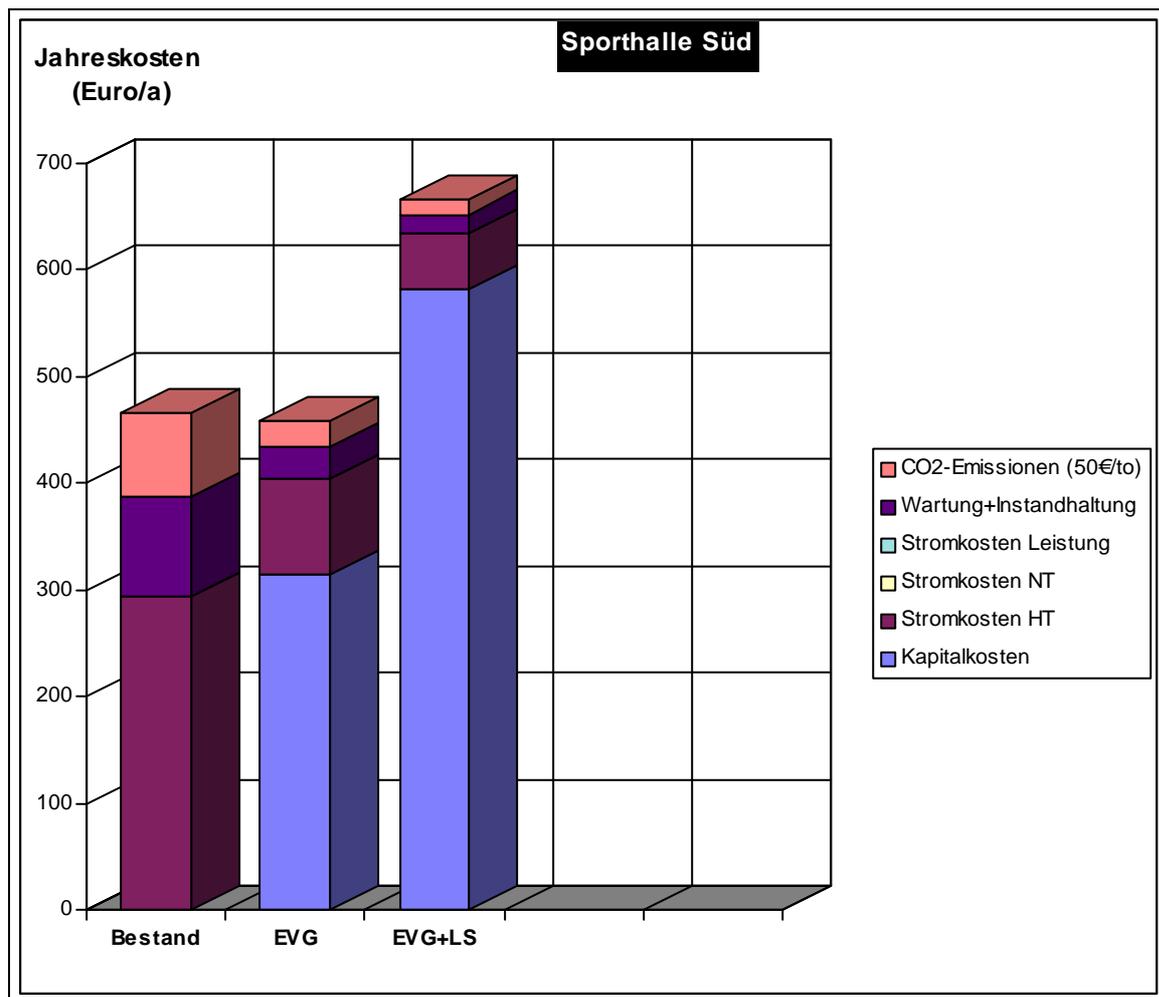
Die Variante 1 amortisiert sich nach rund 9,5 Jahren, Variante 2 mit Lichtsteuerung nach rund 17,5 Jahren.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist in der folgenden Tabelle 12 dargelegt.

Tabelle 12 Wirtschaftlichkeitsrechnung Leuchtentausch

A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Sporthalle Süd			A2 Unterab.	
A3	Gebäudebereich	Leuchtenaustausch Eingang und Treppe			A4 Str-Nr.	
A5	Straße				A6 Haus-Nr.	
A7	Betrachtungszeitraum	15^a				
A8	Kapitalzins	4,5%	A9 Annuitätsfaktor	0,093		
A10	Preissteigerung Energie	5%	A11 Mittelwertfaktor	1,45		
B. Varianten						
	Kürzel	Bezeichnung				
B0	Variante 0	Bestand	Anbauleuchten KVG			
B1	Variante 1	EVG	Anbau Spiegel-Rasterleuchten EVG			
B2	Variante 2	EVG+LS	Anbau Spiegel-Rasterleuchten EVG			
B3	Variante 3		plus Tageslichtsteuerung			
B4	Variante 4					
C. Kenngrößen						
		Bestand	EVG	EVG+LS		
C1	Beleuchtete Fläche	322	322	322	m ²	
C2	Soll-Beleuchtungsstärke	100	100	100	lux	
C3	Ist-Beleuchtungsstärke	200	100	100	lux	
C4	Nutzungsdauer HT	700	700	400	h/a	
C5	Nutzungsdauer NT	0	0	0	h/a	
C6	Anzahl der Leuchten	33	25	25	Stück	
C7	Anschlußleistung Leuchte	74	30	30	W/Leuchte	
C8	Leistung pro Fläche	8	2	2	W/m ²	
C9	Investition pro Leuchte	0	135	250	€/Leuchte	
C10	Strompreis HT	0,172	0,172	0,172	€/kWh	
C11	Strompreis NT	0,145	0,145	0,145	€/kWh	
C12	Leistungspreis	0	0	0	€/kWha	
C13	Anteil Bel. an Leistungsmax.	50%	50%	50%	%	
C14	Lebensdauer der Lampen	7.500	12.000	16.500	h	
C15	Kosten für Lampenwechsel	30	20	30	€/Leuchte	
D. Kapitalkosten						
		Bestand	EVG	EVG+LS		
D1	Investitionskosten	0	3.375	6.250	€	
D2	Zuschüsse/Erlöse				€	
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	3.375	6.250	€	
D4	Kapitalkosten	0	314	582	€/a	
D5	spez. Kapitalkosten	0	1		€/m ² a	
E. mittl. Betriebskosten						
		Bestand	EVG	EVG+LS		
E1	Stromkosten HT	294	90	52	€/a	
E2	Stromkosten NT	0	0	0	€/a	
E3	Stromkosten Leistung	0	0	0	€/a	
E4	Wartung+Instandhaltung	92	29	18	€/a	
E5	heutige Betriebskosten	387	119	70	€/a	
E6	mittl. Betriebskosten	561	173	101		
E7	spez. Betriebskosten	1	0	0	€/m ² a	
F. Umweltfolgekosten						
		Bestand	EVG	EVG+LS	0	
F1	CO2-Emissionen (50€/to)	79	24	14	€/a	
F2	Umweltfolgekosten	79	24	14	€/a	
F3	spez. Umweltfolgekost.	0	0	0	€/m ² a	
G. Gesamtkosten						
		Bestand	EVG	EVG+LS	0	
G1	Gesamtkosten	465	458	666	€/a	
G2	spez. Gesamtkosten	1	1	2	€/m ² a	
	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		9,5	17,4		

Diagramm 4 Vollkostenvergleich Leuchtensanierung



5.6.2 Beleuchtung Duschen, Umkleieräume, Flure EG

Die Duschen und Umkleieräume werden seltener genutzt als die Sporthalle, da sehr wenig Tageslicht vorhanden ist, ist die Beleuchtung aber häufig eingeschaltet. Ein bedarfsorientiertes Beleuchtungskonzept ist daher sinnvoll.

Um die Beleuchtung nur während der tatsächlichen Benutzung zu gebrauchen wird der Einbau von Bewegungsmeldern (opto/akustisch) empfohlen. Dadurch lassen sich die Betriebszeiten auf weniger als 1000 Betriebsstunden vermindern. Ein Austausch der Leuchten ist aufgrund der Überdimensionierung der bestehenden Beleuchtung sinnvoll. In den Fluren werden die Leuchten per Hand eingeschaltet. Allerdings wird so kein Außenlichtanteil berücksichtigt. Dieser ist aber gering, so daß nur an weniger Stunden im Jahr die geforderten 100 Lux erreicht werden (Es wurde eine Orientierungsmessung im Sommer durchgeführt).

Besonders bei den Flurräumen war es während der Begehungen sehr auffällig, dass die Leuchten während der Nutzungszeit der Sporthalle durchgehend in Betrieb waren, dass gilt auch für die an den Flur angrenzenden WC's.

In den Fluren beträgt die installierte Leistung ca. 12-15 W/m². Daher erscheint ein Leuchtentausch sinnvoll. Die Amortisationszeit für einen Leuchtentausch nach ersten Berechnungen unter 10 Jahren.

Die Anzahl der Leuchten könnte nach einer ersten überschlägigen Berechnung im EG von rund 106 Leuchten durch eine Sanierung auf ca. 55 Leuchten gesenkt werden.

Die mittlere spezifische Leistung sinkt von rund 15 W/m² auf rund 5 W/m² nach der Sanierung. Für die Berechnung wurde von folgenden Investitionskosten im Durchschnitt ausgegangen:

Leuchten mit EVG und Bewegungsmelder (LS) 250 €

Die Kosten basieren auf Ausschreibungsergebnisse und Abrechnungen im Zuge des Beleuchtungsaustausches von 7 Schulen und zwei Sporthallen im Rahmen des stadtinternen Contractings im Jahre 2006 in Frankfurt. Die Kosten verstehen sich als Bruttokosten inkl. der Planungskosten.

Bei angenommenen Betriebsstunden von 840 h/Jahr im Bestand und 500 h/Jahr bei der Tageslichtsteuerungsvariante, verringern sich die Stromkosten von rund 600 €/a auf rund 115 €/a in Variante 1. Die Variante 1 amortisiert sich nach rund 6,5 Jahren.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist in der Tabelle 12 dargelegt, den Vollkostenvergleich zeigt Diagramm 5.

Diagramm 5 Vollkostenvergleich Leuchtensanierung UG Duschen, Umkl.,Flure

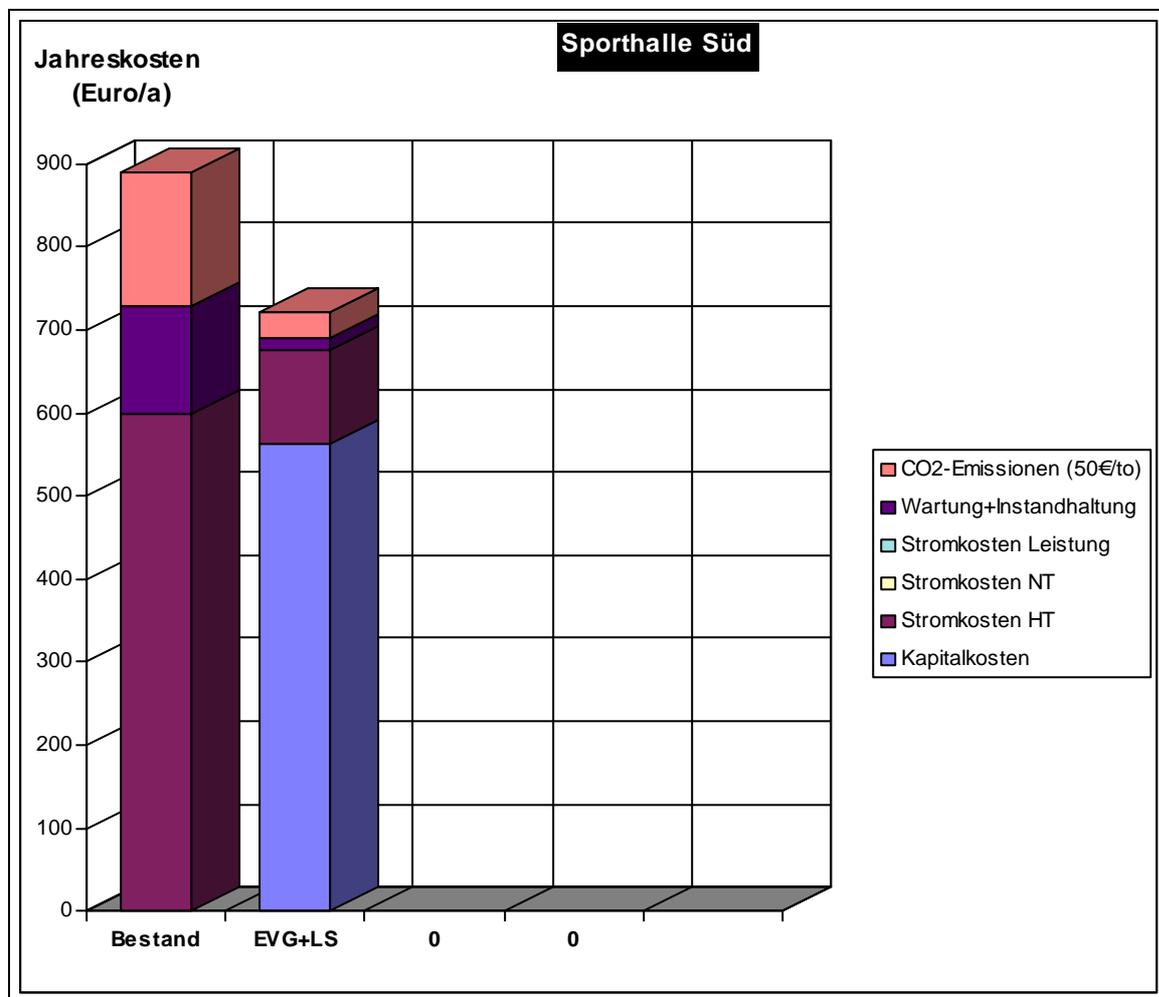


Tabelle 13 Wirtschaftlichkeitsrechnung Leuchtentausch Flure und Nebenräume

A. Allgemeine Daten					
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Sporthalle Süd		A2 Unterab.	
A3	Gebäudebereich	Leuchtenaustausch EG Flur, Umkleide, Duschen		A4 Str-Nr.	
A5	Straße			A6 Haus-Nr.	
A7	Betrachtungszeitraum	15^a			
A8	Kapitalzins	4,5%	A9 Annuitätsfaktor	0,093	
A10	Preissteigerung Energie	5%	A11 Mittelwertfaktor	1,45	
B. Varianten					
	Kürzel	Bezeichnung			
B0	Variante 0	Bestand	Anbauleuchten KVG		
B1	Variante 1	EVG+LS	Anbau Spiegel-Rasterleuchten EVG		
B2	Variante 2		plus Tageslichtsteuerung		
B3	Variante 3				
B4	Variante 4				
C. Kenngrößen					
		Bestand	EVG+LS	0	0
C1	Beleuchtete Fläche	279	279		m ²
C2	Soll-Beleuchtungsstärke	100	100		lux
C3	Ist-Beleuchtungsstärke	300	300		lux
C4	Nutzungsdauer HT	840	500		h/a
C5	Nutzungsdauer NT	0	0		h/a
C6	Anzahl der Leuchten	39	24		Stück
C7	Anschlußleistung Leuchte	106	55		W/Leuchte
C8	Leistung pro Fläche	15	5		W/m ²
C9	Investition pro Leuchte	0	251		€/Leuchte
C10	Strompreis HT	0,172	0,172		€/kWh
C11	Strompreis NT	0,145	0,145		€/kWh
C12	Leistungspreis	0	0		€/kWha
C13	Anteil Bel. an Leistungsmax.	50%	50%		%
C14	Lebensdauer der Lampen	7.500	16.000		h
C15	Kosten für Lampenwechsel	30	20		€/Leuchte
D. Kapitalkosten					
		Bestand	EVG+LS	0	0
D1	Investitionskosten	0	6.036		€
D2	Zuschüsse/Erlöse				€
D3	Eigenkapitaleinsatz	0	6.036	0	€
D4	Kapitalkosten	0	562		€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	2		€/m ² a
E. mittl. Betriebskosten					
		Bestand	EVG+LS	0	0
E1	Stromkosten HT	598	114		€/a
E2	Stromkosten NT	0	0		€/a
E3	Stromkosten Leistung	0	0		€/a
E4	Wartung+Instandhaltung	131	15		€/a
E5	heutige Betriebskosten	729	128		€/a
E6	mittl. Betriebskosten	1.058	186		€/a
E7	spez. Betriebskosten	3	0		€/m ² a
F. Umweltfolgekosten					
		Bestand	EVG+LS	0	0
F1	CO2-Emissionen (50€/to)	160	30		€/a
F2	Umweltfolgekosten	160	30		€/a
F3	spez. Umweltfolgekost.	1	0		€/m ² a
G. Gesamtkosten					
		Bestand	EVG+LS	0	0
G1	Gesamtkosten	889	721		€/a
G2	spez. Gesamtkosten	3	3		€/m ² a
	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		7,2		

6 Organisatorisches/Sonstiges

6.1 Nachrüsten Strahlschutz Empfangsbereich

In den Eingangsbereichen sind die Heizkörper direkt an der Verglasung angebracht, ein Strahlschutz ist nicht vorhanden. Das Anbringen von Strahlschutzverkleidungen spart etwa 3.600 kWh/a bzw. 200 €/a ein, die Investition beträgt rund 1.000 €

6.2 Boxstrahler demontieren

In der Sporthalle sind Boxstrahler montiert. Wir gehen von aus, dass die bestehende Beleuchtung auch für Boxkämpfe ausreichend ist. Das Abklemmen der Strahler spart rund 100 kWh/a bzw. 20 €/a ein, die Investition beträgt rund 100 €

7 Zusammenfassung

Die Liegenschaft der Sporthalle Süd hat eine Energiebezugsfläche von rund 2.600 m². Das beheizte Volumen beträgt rund 17.000 m³.

Für den Bezug von Heizenergie müssen insgesamt rund 40.000 €/a aufgewendet werden, für den Strombezug rund 30.000 €/a, für Wasser werden rund 3.000 €/a aufgewendet.

Der Stromverbrauch beträgt rund **150.000 kWh/a**. Der Heizenergieverbrauch beträgt **720.000 kWh/a**.

Die energetischen Untersuchungen ergeben bauphysikalische und anlagentechnische Einsparpotentiale.

Die Gesamtanierung besteht aus folgenden Maßnahmen:

- Wärmeschutz für das Gebäude (Passivhausstandard) ohne Boden
- Verbesserung der Anlagentechnik Lüftung (Minimallösung)
- Beleuchtungssanierung für den Empfangsbereich und EG Nebenräume

Bis auf die Bodensanierung amortisiert sich die wärmeschutztechnische Verbesserung (Dach, Fenster, Aussenwand).

Durch die Verbesserung der Bauphysik (mit Passivhauskomponenten) lassen sich rund 23.000 €/a an Energiekosten sparen. Die Investitionen betragen ca. 850.000 €.

Auf anlagentechnischer Seite ergeben sich die größten Einsparpotentiale durch die ertüchtigung der Lüftungsanlage der Sporthalle.

Diese Maßnahmen erfordern Investitionen in Höhe von rund 30.000.- € und amortisieren sich nach rund 5 Jahren.

Wirtschaftlich sinnvoll ist auch die Beleuchtungssanierung des Empfangsbereiches sowie der Nutzräume im EG. Durch diese Maßnahmen lassen sich rund 400 €/a einsparen. Die Investitionskosten betragen ca. 9.500 €.

Durch organisatorische Maßnahmen und kleinere Änderungen lassen sich zusätzlich rund 3.000 €/a einsparen. Die Investitionen hierfür betragen rund 1100 €/a.

Durch die Maßnahmen sinkt der spezifische Stromverbrauch von 57 auf 40 kWh/m²a. der Heizwärmebedarf sinkt von 232 auf rund 80 kWh/m²a.

Die Energiekosten reduzieren sich bei einer Gesamtinvestition von rund 87.000 € bei heutigen Energiepreisen um rund 20.000 €/a, der Energieverbrauch sinkt von 860.000 kWh/a um rund 550.000 kWh/a auf rund 310.000 kWh/a.

Linters, den 10.12.07

Verzeichnis der Bilder, Tabellen und Diagramme

Tabelle 1 Technische Daten Lüftung Zuluft	9
Tabelle 2 Technische Daten Heizungspumpen.....	11
Tabelle 3 Energiekosten.....	13
Tabelle 4 Energieverbräuche von 2002-2006	14
Tabelle 5 Spezifische Energiekosten.....	14
Tabelle 6 Leistungen und Verbräuche Strom.....	21
Tabelle 7 Pumpenübersicht Sporthalle Süd.....	26
Tabelle 8	27
Tabelle 9 Investitionskosten Wärmeschutz (Passivhausstandard).....	30
Tabelle 10 Vollkostenrechnung Dämmung Sporthalle Süd	32
Tabelle 11 Gesamtkostenvergleich Lüftungsanlagenertüchtigung	34
Tabelle 12 Wirtschaftlichkeitsrechnung Leuchtentausch.....	36
Tabelle 13 Wirtschaftlichkeitsrechnung Leuchtentausch Flure und Nebenräume	39
Bild 1 Fenster der Umkleieräume	5
Bild 2 und Bild 3 Aussenfassade Nord und West.....	6
Bild 4 und Bild 5 Aussenfassade Süd und Ost.....	6
Bild 6 und 7 Brennwertkessel und Niedertemperatur	7
Bild 8 Heizkörper Eingang Handventil und Heizkörper Treppe ohne Ventilkopf	7
Bild 9 Lüftungsanlage	8
Bild 10 und Bild 11 Sporthalle-Leuchten und Tribüne-Leuchten	9
Bild 12 und Bild 13 Leuchte Umkleideraum und Leuchte Treppenhaus	10
Bild 14 Aussenbeleuchtung	11
Diagramm 1 Installierte Leistung nach Bereichen.....	22
Diagramm 2 Stromverbrauch nach Bereichen	22
Diagramm 3 Gesamtkostenbetrachtung der Wärmedämmung nach Passivhausstandard	31
Diagramm 4 Vollkostenvergleich Leuchtensanierung	37
Diagramm 5 Vollkostenvergleich Leuchtensanierung UG Duschen, Umkl.,Flure	38